# OPERACIJSKI MENADŽMENT

**Urednica: Dragana Grubišić**
**Autori: Martina Briš Alić, Dragana Grubišić, Marija Kaštelan Mrak, Marija Martinović, Jasna Prester, Nenad Vretenar**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
UNIVERSITAS STUDIORUM FLUMINENSIS · SVEUČILIŠTE U RIJECI ·
SVEUČILIŠTE U SPLITU
UNIVERSITAS STUDIORUM ZAGRABIENSIS MDCLXIX

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM JOSEPHI GEORGII STROSSMAYER OSIJEKENSIS
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM FLUMINENSIS
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U RIJECI

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM SPALATENSIS
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U SPLITU

MANUALIA UNVERSITATIS STUDIORUM ZAGREBIENSIS
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Izdavači:
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku
Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet
Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet
Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet

Autori:
Izv. prof. dr. sc. Martina Briš Alić
Prof. dr. sc. Dragana Grubišić
Prof. dr. sc. Marija Kaštelan Mrak
Izv. prof. dr. sc. Marija Martinović
Prof. dr. sc. Jasna Prester
Izv. prof. dr. sc. Nenad Vretenar

Urednica:
Prof. dr. sc. Dragana Grubišić

Recenzenti:
Dr. sc. Dražen Barković, prof. emeritus, Ekonomski fakultet u Osijeku
Prof. dr. sc. Srećko Goić, Ekonomski fakultet u Splitu
Prof. dr. sc. Iztok Palčić, Strojarski fakultet u Mariboru
Prof. dr. sc. Zdravko Zekić, Ekonomski fakultet u Rijeci

Lektura i korektura:
Gordana Radić, prof.

Priprema za tisak i dizajn korica:
Dalmacija papir Split

ISBN: 978-953-346-172-4 (tiskano izdanje, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet)
ISBN: 978-953-7813-70-3 (e-izdanje, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet)

Odlukom Senata Sveučilišta u Osijeku, KLASA 611-01/22-01/2, URBROJ 2158-60-01-21-02 od 09. 03. 2022. ovo se djelo objavljuje kao izdanje Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
Odlukom Senata Sveučilišta u Rijeci KLASA 007-01/22-03/02, URBROJ 2170-57-01-22-23 od 25. 01. 2022. ovo se djelo objavljuje kao izdanje Sveučilišta u Rijeci.
Odlukom Senata Sveučilišta u Splitu, KLASA 003-08/21-05/10, URBROJ 2181-202-3-01-21-9 od 28.10. 2021. ovo se djelo objavljuje kao izdanje Sveučilišta u Splitu.
Odlukom Senata Sveučilišta u Zagrebu KLASA 032-01/2121-02/19, URBROJ 380-061/36-21-2 od 16. 11. 2021. ovo se djelo objavljuje kao izdanje Sveučilišta u Zagrebu.

*Sva prava pridržana. Nijedan dio ovog djela ne smije se reproducirati ni prenositi ni u kojem obliku bez prethodne suglasnosti autora i izdavača. Izvori slika djelo su autora udžbenika. One koje nisu djelo autora udžbenika posebno su označene.*

Urednica: Dragana Grubišić

Autori: Martina Briš Alić, Dragana Grubišić,
Marija Kaštelan Mrak, Marija Martinović,
Jasna Prester, Nenad Vretenar

# OPERACIJSKI MENADŽMENT

Osijek, Rijeka, Split, Zagreb, 2022.

# PREDGOVOR

Cijenjeni čitatelji!

Udžbenik koji držite u rukama rezultat je rada profesora i znanstvenika s vodećih sveučilišta u Republici Hrvatskoj koji se bave operacijskim menadžmentom u području ekonomije. Ideja da se izda udžbenik jedinstven za sva sveučilišta postoji već dugo, ali je trebalo vremena dok se ona nije realizirala. Važan poticaj za pisanje ovog udžbenika bio je u činjenici da je domaća ekonomska literatura oskudijevala u publikacijama koje se bave operacijskim menadžmentom za ekonomiste, a posebno za menadžere, na cjelovit i sustavan način. Naime, postoji značajna razlika u izučavanju ove tematike između ekonomskih i tehničkih znanosti, o čemu je trebalo voditi računa prilikom pisanja ovog udžbenika. Dok se u tehničkim znanostima može naći dosta literature orijentirane na norme i izračune potrebne u projektiranju, trebalo je osmisliti i napisati sadržaj koji će povezati tehnološke i organizacijske obrasce s ekonomskim, poslovnim i financijskim ishodima. Sada, kada je ovaj udžbenik pred vama, nadamo se da ćete lakše razumjeti, učiti i primijeniti u praksi spoznaje iz operacijskog menadžmenta. A to je i bila svrha pisanja i izdavanja ovog udžbenika.

Zašto naziv *Operacijski menadžment*? Naziv se koristi u poslovnom i sveučilišnom svijetu anglosaksonskog govornog područja (engl. *Operations management*) i kao takav je dobio svoju hrvatsku inačicu. Operacijski menadžment odnosi se na donošenje odluka vezanih za uspješno provedbeno poslovanje svakog poslovnog subjekta, bez obzira bavi li se on proizvodnjom proizvoda, pružanjem usluga ili obavlja neku javnu funkciju. Svaki od tih poslovnih subjekata mora organizirati svoje procese u kojima dolazi do transformacije inputa (sirovina, materijala, informacija) u outpute (proizvode ili usluge). U središtu interesa svakog poslovnog subjekta stoga je *upravljanje operacijama* jer, neovisno o tome događaju li se te operacije u proizvodnji ili uslugama, treba jednako pažljivo donositi odluke o tome kako operacije oblikovati, organizirati, izabrati adekvatne procese i tehnologije, napraviti što bolji raspored sredstava za rad, kontrolirati kvalitetu, planirati kapacitete, terminirati, upravljati repovima čekanja, upravljati zalihama te unapređivati operacijsko poslovanje.

Mada je po broju poglavlja i stranica obiman, udžbenik Operacijski menadžment pisan je razumljivim jezikom. Ono što se može smatrati doprinosom jest činjenica da su svi stručni pojmovi pisani i obrazloženi na hrvatskom jeziku te da svako poglavlje sadrži pregled ključnih pojmova. Time se, nadamo se, izbjeglo različito tumačenje istog pojma. Nadalje, kroz cijeli udžbenik se navode brojni primjeri iz prakse kojima se zorno objašnjavaju kategorije iz pojedinih poglavlja. Treba istaknuti da je većina navedenih primjera vezana za naša poduzeća. Također, udžbenik ima brojne primjere riješenih zadataka, kao i zadataka za vježbu, koji čitateljima mogu pomoći u razumijevanju, učenju i primjeni stečenih znanja.

Ovaj udžbenik je namijenjen prije svega studentima preddiplomskih i diplomskih sveučilišnih studija iz područja ekonomije koji pohađaju kolegij Operacijski menadžment ili neki srodni kolegij. Nadalje, kolegij Operacijski menadžment se sluša i na nekim tehničkim fakultetima pa su i

njihovi studenti potencijalni korisnici udžbenika. Ovo ukazuje na značajnu akademsku važnost udžbenika. S druge strane, ne treba zanemariti ni praktičnu vrijednost udžbenika, jer je isti namijenjen i menadžerima koji upravljaju, bilo proizvodnim, bilo uslužnim operacijama i žele dopuniti svoje znanje iz ovog područja.

Udžbenik Operacijski menadžment podijeljen je u pet cjelina te sadrži 21 poglavlje.

U prvoj cjelini, **Uvodu**, nalaze se dva poglavlja: *Operacijski menadžment - pojam, razvoj i značaj* te *Operacijska strategija i ciljevi*.

Druga cjelina, **Oblikovanje**, obuhvaća sedam poglavlja: *Oblikovanje u operacijskom menadžmentu, Oblikovanje proizvoda i usluga, Izbor procesa, Analiza toka procesa, Prostorni raspored sredstava za rad, Tehnologija i održavanje* te *Oblikovanje posla.*

Treća cjelina, **Kvaliteta**, obuhvaća dva poglavlja: *Upravljanje kvalitetom* i *Kontrola kvalitete.*

Četvrta cjelina, **Planiranje**, sadržava osam poglavlja: *Prognoziranje, Planiranje kapaciteta, Agregatno planiranje, Terminiranje, Upravljanje projektima, Upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji, Upravljanje zalihama u zavisnoj potražnji* te *Upravljanje repovima čekanja*.

U petoj cjelini, **Poboljšanja**, nalaze se dva poglavlja: *Poboljšanje operacija* i *Operacijsko savjetovanje*.

Na kraju svakog poglavlja nalazi se pregled *ključnih pojmova*, *studije slučaja*, koje su u nekim poglavljima provučene kroz tekst jer nadopunjuju i omogućavaju lakše shvaćanje obrađivane tematike, zatim *riješeni zadaci* kod onih poglavlja za koja su ti zadaci karakteristični, potom *pitanja za provjeru znanja*, *zadaci za provjeru znanja*, ako je dotično poglavlje imalo zadatke, te *korištena literatura*.

Na kraju udžbenika nalaze se prilozi, kao što su: Pregled formula (*Prilog 1*), Tablica površina ispod normalne krivulje (*Prilog 2*), Koeficijenti za kontrolne karte (*Prilog 3*), te Tablica preračunavanja grešaka u sigme (*Prilog 4*).

Početak svake cjeline prati kratak osvrt, što omogućava čitatelju da se upozna s ciljevima svake cjeline, njezinim poglavljima i njihovim temama.

Na kraju, želimo izraziti nadu da će svatko tko bude koristio ovaj udžbenik moći s lakoćom razumjeti njegov sadržaj, koristiti ga kao temeljni alat za učenje i rješavanje problema iz područja operacijskog menadžmenta. Koristimo priliku pozvati sve čitatelje da nam se obrate s pitanjima, ali i sugestijama u cilju poboljšanja sadržaja ovog udžbenika.

Zahvaljujemo recenzentima dr. sc. Draženu Barkoviću, profesoru emeritusu, prof. dr. sc. Srećku Goiću, prof. dr. sc. Iztoku Palčiću i prof. dr. sc. Zdravku Zekiću koji su svojim sugestijama pomogli da ovaj udžbenik izgleda upravo ovako.

Autori
U Dubrovniku, Osijeku, Rijeci, Splitu i Zagrebu, 2022.

# KRATAK SADRŽAJ

**I. UVOD ..... 1**

1. OPERACIJSKI MENADŽMENT – POJAM, RAZVOJ I ZNAČAJ (Marija Kaštelan Mrak) .... 3
2. OPERACIJSKA STRATEGIJA I CILJEVI (Marija Kaštelan Mrak) ..... 27

**II. OBLIKOVANJE ..... 51**

3. OBLIKOVANJE U OPERACIJSKOM MENADŽMENTU (Marija Kaštelan Mrak) ..... 53
4. OBLIKOVANJE PROIZVODA I USLUGA (Dragana Grubišić) ..... 73
5. IZBOR PROCESA (Marija Martinović) ..... 107
6. ANALIZA TOKA PROCESA (Jasna Prester) ..... 125
7. PROSTORNI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD (Nenad Vretenar) ..... 159
8. TEHNOLOGIJA I ODRŽAVANJE (Nenad Vretenar) ..... 191
9. OBLIKOVANJE POSLA (Marija Martinović) ..... 221

**III. KVALITETA ..... 253**

10. UPRAVLJANJE KVALITETOM (Dragana Grubišić) ..... 255
11. KONTROLA KVALITETE (Dragana Grubišić) ..... 287

**IV. PLANIRANJE ..... 327**

12. PROGNOZIRANJE (Martina Briš Alić) ..... 331
13. PLANIRANJE KAPACITETA (Martina Briš Alić) ..... 395
14. AGREGATNO PLANIRANJE (Marija Kaštelan Mrak) ..... 433
15. TERMINIRANJE (Jasna Prester) ..... 481
16. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA (Jasna Prester) ..... 523
17. UPRAVLJANJE ZALIHAMA U NEZAVISNOJ POTRAŽNJI (Martina Briš Alić) ..... 559
18. UPRAVLJANJE ZALIHAMA U ZAVISNOJ POTRAŽNJI (Marija Martinović) ..... 603
19. UPRAVLJANJE REPOVIMA ČEKANJA (Martina Briš Alić) ..... 627

**V. POBOLJŠANJA ..... 659**

20. POBOLJŠANJE OPERACIJA (Marija Martinović) ..... 661
21. OPERACIJSKO SAVJETOVANJE (Jasna Prester) ..... 695

**PRILOZI ..... 717**

1. PREGLED FORMULA PO POGLAVLJIMA ..... 717
2. POVRŠINE ISPOD NORMALNE KRIVULJE ..... 734
3. KOEFICIJENTI ZA IZRAČUN KONTROLNIH KARATA ..... 735
4. TABLICA ZA PRERAČUNAVANJE GREŠAKA NA MILIJUN KOMADA U SIGME ..... 737

**POPIS SLIKA ..... 739**

**POPIS TABLICA ..... 743**

**INDEKS ..... 747**

# SADRŽAJ


**I. UVOD ..... 1**

1. OPERACIJSKI MENADŽMENT – POJAM, RAZVOJ I ZNAČAJ ..... 3

1.1. UVOD ..... 3

1.2. POLOŽAJ OPERACIJSKOG MENADŽMENTA U POSLOVNOM SUSTAVU ..... 4

1.2.1. Odnos strateškog i operacijskog menadžmenta ..... 4

1.2.2. Razvoj operacijskog menadžmenta kao proizvodno orijentirane poslovne funkcije ..... 5

1.2.3. Odnos operacijskog menadžmenta i ostalih funkcijskih područja u poduzeću ..... 6

1.3. UTJECAJ OPERACIJSKOG MENADŽMENTA NA USPJEŠNOST POSLOVNOG SUSTAVA ..... 7

1.3.1. Efektivnost, efikasnost i proizvodnost ..... 8

1.3.2. Operacijski proces kao odrednica poslovnog uspjeha ..... 10

1.4. POVIJEST RAZVOJA OPERACIJSKOG MENADŽMENTA KAO ZASEBNE DISCIPLINE ..... 14

1.5. OPERACIJSKI MENADŽMENT U USLUŽNIM DJELATNOSTIMA ..... 16

1.6. ZAKLJUČAK ..... 19

1.7. KLJUČNI POJMOVI ..... 20

1.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ..... 21

1.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ..... 22

LITERATURA ..... 26

2. OPERACIJSKA STRATEGIJA I CILJEVI ..... 27

2.1. UVOD ..... 27

2.2. ULOGA OPERACIJSKIH STRATEGIJA U UPRAVLJANJU KONKURENTNOŠĆU POSLOVNOG SUSTAVA ..... 28

2.2.1. Poslovna strategija kao polazište za oblikovanje operacijske strategije ..... 29

2.2.2. Odluke u postupku pripreme operacijske strategije ..... 31

2.2.3. Primjeri strateških prioriteta ..... 33

2.3. OBILJEŽJA OPERACIJSKIH SUSTAVA BITNA ZA TRŽIŠNO POZICIONIRANJE ..... 34

2.4. CILJEVI OPERACIJSKOG MENADŽMENTA ..... 37

2.4.1. Opći ciljevi operacijskog menadžmenta ..... 38

2.4.2. Operacionalizacija općih operacijskih ciljeva ..... 40

2.4.3. Postupak razrade operacijskih ciljeva ..... 41

2.5. ZAKLJUČAK ..... 44

2.6. KLJUČNI POJMOVI ..... 46

2.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ..... 48

2.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ..... 48

LITERATURA ..... 49

**II. OBLIKOVANJE ..... 51**

3. OBLIKOVANJE U OPERACIJSKOM MENADŽMENTU ..... 53

3.1. UVOD ..... 53

3.1.1. Pojmovno određenje oblikovanja ..... 54

3.1.2. Poslovni značaj oblikovanja ..... 55

3.1.3. Proces oblikovanja ... 55
3.2. OBLIKOVANJE U OPERACIJSKOM MENADŽMENTU ... 56
3.2.1. Sastavnice oblikovanja u operacijskom menadžmentu ... 56
3.2.2. Važnost integriranog pristupa oblikovanju ... 57
3.2.3. Praktični primjeri učinaka oblikovanja ... 58
3.3. SUVREMENI NAGLASCI U OBLIKOVANJU ... 61
3.3.1. Fleksibilizacija operacijskog sustava ... 62
3.3.2. Proširenje obuhvata operacijskog oblikovanja ... 64
3.3.3. Društvena odgovornost i ekološki zahtjevi ... 66
3.4. ZAKLJUČAK ... 67
3.5. KLJUČNI POJMOVI ... 68
3.6. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 70
3.7. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 70
LITERATURA ... 71
4. OBLIKOVANJE PROIZVODA I USLUGA ... 73
4.1. UVOD ... 73
4.2. ZNAČAJ OBLIKOVANJA U INDUSTRIJI ... 73
4.3. ČIMBENICI UTJECAJA NA OBLIKOVANJE PROIZVODA ILI USLUGE ... 74
4.4. POSTUPAK RAZVOJA I OBLIKOVANJA NOVOG PROIZVODA ... 76
4.4.1. Stvaranje ideja ... 77
4.4.2. Izbor proizvoda ... 78
4.4.3. Prethodno oblikovanje proizvoda ... 78
4.4.3.1. Oblikovanje forme proizvoda ... 79
4.4.3.2. Funkcionalno oblikovanje proizvoda ... 79
4.4.3.3. Oblikovanje proizvodnje ... 82
4.4.4. Izrada prototipa, testiranje i konačno oblikovanje ... 85
4.5. METODE RAZVOJA PROIZVODA ... 86
4.6. OBLIKOVANJE PROIZVODA I OKOLIŠ ... 89
4.7. OBLIKOVANJE USLUGA ... 91
4.7.1. Razlike u oblikovanju proizvoda i usluga ... 91
4.7.2. Razvoj nove usluge ... 93
4.7.3. Uspješno oblikovanje usluge i uslužnog procesa ... 96
4.8. ZAKLJUČAK ... 97
4.9. KLJUČNI POJMOVI ... 98
4.10. STUDIJ SLUČAJA: KAKO JE PROPAO AIRBUS A380, NAJVEĆI PUTNIČKI ZRAKOPLOV ... 101
4.11. RIJEŠENI ZADACI ... 103
4.12. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 104
4.13. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 105
LITERATURA ... 106
5. IZBOR PROCESA ... 107
5.1. UVOD ... 107
5.2. TIPOVI PROCESA ... 108
5.2.1. Radionički tip procesa ... 109
5.2.2. Ponavljajući tip procesa ... 111

5.2.3. Kontinuirani tip procesa ... 112
5.2.4. Projektni tip procesa ... 113
5.3. USPOREDBA TIPOVA PROCESA ... 113
5.4. ČIMBENICI UTJECAJA NA IZBOR TIPA PROCESA ... 116
5.5. IZBOR PROCESA U USLUŽNIM DJELATNOSTIMA ... 117
5.6. TEHNOLOŠKE INOVACIJE I IZBOR PROCESA ... 119
5.7. ZAKLJUČAK ... 121
5.8. KLJUČNI POJMOVI ... 122
5.9. STUDIJ SLUČAJA: NOVI SORTIRNI CENTAR HRVATSKE POŠTE ... 122
5.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 124
LITERATURA ... 124
6. ANALIZA TOKA PROCESA ... 125
6.1. UVOD ... 125
6.2. RAZUMIJEVANJE PROCESA ... 125
6.3. CRTANJE DIJAGRAMA TOKA PROCESA ... 127
6.4. MJERENJE PERFORMANSI PROCESA ... 131
6.5. POBOLJŠANJE PROCESA ... 141
6.5.1. Preporuke za poboljšanje ... 141
6.5.2. Implementiranje poboljšanih procesa ... 143
6.6. ZAKLJUČAK ... 146
6.7. KLJUČNI POJMOVI ... 147
6.8. STUDIJI SLUČAJA ... 148
6.9. RIJEŠENI ZADACI ... 150
6.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 157
LITERATURA: ... 158
7. PROSTORNI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD ... 159
7.1. UVOD ... 159
7.2. FUNKCIONALNI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD ... 160
7.3. PROIZVODNO ORIJENTIRANI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD ... 171
7.4. GRUPNI ILI ĆELIJSKI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD ... 180
7.5. RASPORED SREDSTAVA ZA RAD KOD PROJEKATA – RASPORED S FIKSNOM LOKACIJOM ... 181
7.6. ZAKLJUČAK ... 182
7.7. KLJUČNI POJMOVI ... 183
7.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 184
7.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 184
LITERATURA ... 190
8. TEHNOLOGIJA I ODRŽAVANJE ... 191
8.1. UVOD ... 191
8.2. IZBOR TEHNOLOGIJE ... 192
8.3. DISRUPTIVNE TEHNOLOGIJE ... 199
8.4. POUZDANOST I ODRŽAVANJE SREDSTAVA I OPREME ... 201
8.4.1. Pouzdanost sredstava za rad ... 202
8.4.2. Održavanje sredstava za rad ... 204

8.4.2.1. Vrste održavanja ..... 207
8.4.2.2. Pristupi održavanju ..... 210
8.5. ZAKLJUČAK ..... 211
8.6. KLJUČNI POJMOVI ..... 213
8.7. ZADATAK ZA PROVJERU ZNANJA ..... 214
8.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ..... 216
LITERATURA ..... 216
DODATAK 8.1. Plan održavanja strojeva u AB Produktu ..... 218
DODATAK 8.2. Plan održavanja aparata za zavarivanje u AB Produktu ..... 219
DODATAK 8.3. Shema dviju radionica za održavanje u Brodogradilištu Viktor Lenac ..... 220
9. OBLIKOVANJE POSLA ..... 221
9.1. UVOD ..... 221
9.2. OBLIKOVANJE POSLOVA U POVIJESNOJ PERSPEKTIVI ..... 223
9.2.1. Znanstveni menadžment ..... 223
9.2.2. Bihevioralni pristup oblikovanju posla ..... 226
9.2.3. Sociotehnički pristup oblikovanju poslova ..... 229
9.3. RADNO OKRUŽENJE ..... 230
9.3.1. Radni uvjeti ..... 230
9.3.2. Nagrađivanje (kompenzacija) ..... 232
9.4. PRISTUPI PROUČAVANJU RADA ..... 233
9.4.1. Studij rada ..... 233
9.4.2. Studij pokreta ..... 235
9.4.3. Studij vremena ..... 238
9.5. ZAKLJUČAK ..... 247
9.6. KLJUČNI POJMOVI ..... 248
9.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ..... 249
9.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ..... 250
LITERATURA ..... 250
**III. KVALITETA ..... 253**
10. UPRAVLJANJE KVALITETOM ..... 255
10.1. UVOD ..... 255
10.2. POJAM KVALITETE ..... 255
10.2.1. Kvaliteta sa stajališta proizvođača i potrošača ..... 256
10.2.2. Usklađivanje pogleda proizvođača i potrošača s obzirom na kvalitetu ..... 257
10.3. KVALITETA I SUKLADNOST SA SPECIFIKACIJAMA ..... 258
10.4. RAZVOJ KVALITETE ..... 263
10.5. GURUI KVALITETE ..... 265
10.6. TROŠKOVI KVALITETE ..... 270
10.7. ALATI ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM ..... 273
10.8. NAGRADE ZA KVALITETU ..... 274
10.8.1. Hrvatski pogled na kvalitetu ..... 275
10.8.2. Etika i kvaliteta ..... 276
10.9. ZAKLJUČAK ..... 278
10.10. KLJUČNI POJMOVI ..... 279

10.11. STUDIJ SLUČAJA: PUREX D.O.O. HRVACE ... 281
10.12. PITANJA I ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 283
LITERATURA ... 285
11. KONTROLA KVALITETE ... 287
11.1. UVOD ... 287
11.2. POJAM KONTROLE KVALITETE ... 287
11.3. OBLIKOVANJE SUSTAVA KONTROLE KVALITETE ... 289
11.4. STATISTIČKA KONTROLA PROCESA ... 290
11.4.1. Varijabilnost procesa ... 291
11.4.2. Sposobnost procesa ... 292
11.5. KONTROLNE KARTE ... 295
11.5.1. KONTROLNE KARTE ZA VARIJABILNE KARAKTERISTIKE KVALITETE ... 296
*11.5.1.1. $\bar{x}R$ - kontrolne karte ... 297*
*11.5.1.2. $\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte ... 302*
11.5.2. KONTROLNE KARTE ZA DISKONTINUIRANE VRIJEDNOSTI KARAKTERISTIKA KVALITETE ... 305
11.5.2.1. p - kontrolne karte ... 306
11.5.2.2. *np* - kontrolne karte ... 308
11.5.2.3. u - kontrolne karte ... 310
11.5.2.4. c - kontrolne karte ... 314
11.6. ZAKLJUČAK ... 316
11.7. KLJUČNI POJMOVI ... 317
11.8. STUDIJ SLUČAJA: KONTROLA KVALITETE U SARDINI D.O.O. ... 318
11.9. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 320
11.10. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 321
LITERATURA ... 325
IV. PLANIRANJE ... 327
12. PROGNOZIRANJE ... 331
12.1. UVOD ... 331
12.2. ZAJEDNIČKE KARAKTERISTIKE METODA PROGNOZIRANJA ... 332
12.3. ELEMENTI DOBRE PROGNOZE ... 333
12.4. KORACI U PROCESU PROGNOZIRANJA ... 334
12.5. TOČNOST PROGNOZE ... 335
12.6. PRISTUPI PROGNOZIRANJU ... 338
12.6.1. Kvantitativne metode ... 338
12.6.1.1. Modeli vremenskih serija ... 339
12.6.1.1.1. Naivna metoda ... 339
12.6.1.1.2. Metoda pomičnog prosjeka ... 347
12.6.1.1.3. Ponderirani pomični prosjek ... 352
12.6.1.1.4. Eksponencijalno izglađivanje ... 356
12.6.1.1.5. Metoda projekcije trenda ... 361
12.6.1.1.6. Učinci trenda i eksponencijalno izglađivanje ... 366
12.6.1.1.7. Metode sezonalnosti ... 371

*12.6.1.1.7.1. Sezonski indeks* ... *371*
*12.6.1.1.7.2. Sezonski indeks i trend* ... *376*
12.6.1.2. Asocijativni modeli ... 383
12.6.1.2.1. Metoda linearne regresije ... 383
12.6.1.2.2. Metoda višestruke regresije ... 383
12.6.2. Pregled kvalitativnih metoda ... 383
12.6.2.1. Mišljenje stručnjaka ... 384
12.6.2.2. Delphi metoda ... 384
12.6.2.3. Prognoza prodaje ... 384
12.6.2.4. Istraživanje tržišta ... 385
12.7. ZAKLJUČAK ... 385
12.8. KLJUČNI POJMOVI ... 386
12.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 389
12.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 392
LITERATURA ... 393
13. PLANIRANJE KAPACITETA ... 395
13.1. UVOD ... 395
13.2. POJAM I MJERENJE KAPACITETA ... 396
13.3. STRATEŠKE ODLUKE O KAPACITETIMA ... 398
13.4. PLANIRANJE KAPACITETA PREMA VREMENSKOM HORIZONTU ... 399
13.4.1. Dugoročno planiranje kapaciteta ... 400
13.4.2. Srednjoročno i kratkoročno planiranje kapaciteta ... 402
13.5. LOKACIJA PODUZEĆA ... 404
13.6. KRITERIJI ZA IZBOR LOKACIJE ... 407
13.6.1. Kriteriji za izbor lokacije proizvodnih poduzeća ... 410
13.6.2. Kriteriji za izbor lokacije uslužnih poduzeća i maloprodaje ... 411
13.7. METODE OCJENJIVANJA POTENCIJALNIH LOKACIJA ... 412
13.7.1. Lokacijska analiza troškova i količine ... 412
13.7.2. Metoda ocjene čimbenika ... 417
13.7.3. Metoda centra gravitacije ... 419
13.8. ZAKLJUČAK ... 424
13.9. KLJUČNI POJMOVI ... 424
13.10. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 427
13.11. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 431
LITERATURA ... 432
14. AGREGATNO PLANIRANJE ... 433
14.1. UVOD ... 433
14.2. OBUHVAT AGREGATNOG PLANIRANJA ... 435
14.2.1 Vremenski horizont agregatnog planiranja ... 437
14.2.2. Informacijski zahtjevi agregatnog planiranja ... 438
14.2.2.1. Jedinica ekvivalentnog proizvoda/usluge ... 439
14.2.2.2. Informacije (varijable) u agregatnom planiranju ... 440
14.2.3. Ekonomske odrednice agregatnog planiranja ... 441
14.2.4. Pristupi usklađivanju proizvodnje i potražnje ... 442

14.3. STRATEGIJE AGREGATNOG PLANIRANJA ... 444
14.4. METODE AGREGATNOG PLANIRANJA ... 448
14.4.1. Intuitivne (vizualne) metode ... 449
14.4.2. Metoda optimalizacije ... 455
14.5. ZAKLJUČAK ... 473
14.6. KLJUČNI POJMOVI ... 475
14.7. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 477
14.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 479
LITERATURA ... 480
15. TERMINIRANJE ... 481
15.1. UVOD ... 481
15.2. POLOŽAJ TERMINIRANJA U UKUPNOM PROCESU PLANIRANJA PROIZVODNJE ... 482
15.3. TERMINIRANJE RAZLIČITIH TIPOVA PROIZVODNJE ... 484
15.3.1. Terminiranje linijskih procesa ... 486
15.3.2. Terminiranje prekidanih procesa ... 487
15.3.2.1. Input-output kontrola (ulazno – izlazna kontrola) ... 488
15.3.2.2. Opterećivanje poslovima ... 490
15.3.2.3. Određivanje redoslijeda poslova ... 491
15.3.2.4. Pravila prioriteta ... 492
15.3.3. Terminiranje projekata ... 499
15.4. TERMINIRANJE USLUGA ... 500
15.5. ZAKLJUČAK ... 504
15.6. KLJUČNI POJMOVI ... 506
15.7. STUDIJE SLUČAJA ... 507
15.8. RIJEŠENI ZADACI ... 515
15.9. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 519
DODATAK 15.1. PRAVILO REDUKCIJE ... 520
LITERATURA ... 522
16. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA ... 523
16.1. UVOD ... 523
16.2. PLANIRANJE PROJEKTA ... 524
16.3. TERMINIRANJE PROJEKTA ... 526
16.3.1. Metode terminiranja projekata ... 526
16.3.1.1. Gantogrami ... 526
16.3.1.2. Metode mrežnog planiranja ... 528
16.3.2. Skraćivanje projekta ... 536
16.4. KONTROLA PROJEKTA ... 541
16.5. ZAKLJUČAK ... 542
16.6. KLJUČNI POJMOVI ... 543
16.7. RIJEŠENI ZADACI ... 544
16.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 554
16.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 554
LITERATURA ... 555
DODATAK 16.1. PRAVILA CRTANJA MREŽNOG DIJAGRAMA ... 556

17. UPRAVLJANJE ZALIHAMA U NEZAVISNOJ POTRAŽNJI ... 559
17.1. UVOD ... 559
17.2. POJAM I VRSTE ZALIHA TE NJIHOVA ULOGA ... 559
17.3. ZAHTJEVI ZA EFIKASNIM UPRAVLJANJEM ZALIHAMA ... 564
17.4. SUSTAVI UPRAVLJANJA ZALIHAMA U NEZAVISNOJ POTRAŽNJI ... 571
17.4.1. Kontinuirani sustavi ... 573
17.4.1.1. Ekonomična količina narudžbe ... 573
17.4.1.2. Ekonomična količina proizvodnje ... 578
17.4.1.3. Popusti na količinu ... 583
17.4.1.4. Točka ponovne narudžbe ... 586
17.4.2. Sustav periodičnog nadgledanja zaliha ... 592
17.5. ZAKLJUČAK ... 594
17.6. KLJUČNI POJMOVI ... 595
17.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 598
17.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 599
LITERATURA ... 601
18. UPRAVLJANJE ZALIHAMA U ZAVISNOJ POTRAŽNJI ... 603
18.1. UVOD ... 603
18.2. OPĆENITO O PLANIRANJU POTREBA MATERIJALA (PPM) ... 603
18.3. FUNKCIONIRANJE PPM SUSTAVA ... 605
18.4. REZULTATI (OUTPUTI) PPM SUSTAVA ... 614
18.5. SUSTAV UPRAVO NA VRIJEME (UNV) ... 614
18.6. KANBAN SUSTAV ... 617
18.7. USPOREDBA SUSTAVA PPM I UNV ... 619
18.8. ZAKLJUČAK ... 620
18.9. KLJUČNI POJMOVI ... 621
18.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 622
18.11. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ... 622
LITERATURA ... 625
19. UPRAVLJANJE REPOVIMA ČEKANJA ... 627
19.1. UVOD ... 627
19.2. CILJ UPRAVLJANJA REPOVIMA ČEKANJA ... 628
19.3. KARAKTERISTIKE SUSTAVA REPOVA ČEKANJA ... 630
19.3.1. Karakteristike dolazaka ... 630
*19.3.1.1. Veličina populacije ... 630*
*19.3.1.2. Distribucija dolazaka ... 631*
*19.3.1.3. Ponašanje korisnika sustava ... 631*
19.3.2. Karakteristike repa čekanja ... 632
*19.3.2.1. Dužina repa ... 632*
*19.3.2.2. Disciplina repa ... 632*
19.3.3. Karakteristike uslužnog sustava ... 633
*19.3.3.1. Oblikovanje uslužnog sustava ... 633*
*19.3.3.2. Distribucija usluživanja ... 636*
19.4. MODELI REPOVA ČEKANJA ... 636

19.4.1. Beskonačni ili neograničeni izvor ..... 638
*19.4.1.1. Model **M/M/1*** ..... *638*
*19.4.1.2. Model **M/M/S*** ..... ***641***
*19.4.1.3. Model **M/D/1*** ..... *646*
19.4.2. Konačni ili ograničeni izvor – ***M/M***/1 ..... 649
19.5. ZAKLJUČAK ..... 652
19.6. KLJUČNI POJMOVI ..... 652
19.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ..... 655
19.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ..... 655
LITERATURA ..... 657
**V. POBOLJŠANJA ..... 659**
20. POBOLJŠANJE OPERACIJA ..... 661
20.1. UVOD ..... 661
20.2. PRISTUPI POBOLJŠANJU ..... 663
20.2.1. Potpuno upravljanje kvalitetom ..... 664
20.2.2. Šest sigma ..... 667
20.2.2.1. Šest sigma timovi ..... 670
20.2.2.2. Krugovi poboljšanja ..... 671
20.2.3. Vitki menadžment ..... 673
20.2.3.1. Nastanak vitkog menadžmenta ..... 674
20.2.3.2. Eliminacija gubitaka i 3M ..... 676
20.2.3.3. Vitka proizvodnja ..... 678
20.2.3.4. Proizvodnja bez zaliha ..... 680
20.2.4. Reinženjering poslovnih procesa ..... 683
20.3. ALATI ZA POBOLJŠANJE PERFORMANSI ..... 683
20.3.1. Dijagram toka ..... 683
20.3.2. Dijagram rasipanja ..... 684
20.3.3. Analiza „zašto“ ..... 685
20.3.4. Dijagram uzrok-posljedica ..... 685
20.3.5. Pareto analiza ..... 687
20.4. ZAKLJUČAK ..... 689
20.5. KLJUČNI POJMOVI ..... 690
20.6. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ..... 691
20.7. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA ..... 691
LITERATURA ..... 693
21. OPERACIJSKO SAVJETOVANJE ..... 695
21.1. UVOD I DEFINICIJA OPERACIJSKOG SAVJETOVANJA ..... 695
21.1.1. Tržište operacijskog savjetovanja ..... 695
21.1.2. Vrste operacijskog savjetovanja ..... 697
21.1.3. Razlozi traženja savjetodavnih usluga ..... 700
21.2. ORGANIZACIJA SAVJETNIČKE DJELATNOSTI ..... 701
21.3. FAZE U PROCESU OPERACIJSKOG SAVJETOVANJA ..... 703
21.4. ALATI ZA PROVEDBU SAVJETOVANJA ..... 704
21.5. SMJERNICE ZA PROVEDBU SAVJETODAVNIH PROJEKATA ..... 711

21.6. ZAKLJUČAK ... 713
21.7. KLJUČNI POJMOVI ... 714
21.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA ... 715
21.9. ZADATAK ZA PROVJERU ZNANJA ... 715
LITERATURA: ... 715
**PRILOZI ... 717**
1. PREGLED FORMULA PO POGLAVLJIMA ... 717
Poglavlje 1. Operacijski menadžment – pojam, razvoj i značaj ... 717
Poglavlje 4. Dizajn novih proizvoda i usluga ... 717
Poglavlje 6. Analiza toka procesa ... 717
Poglavlje 7. Prostorni raspored sredstava za rad ... 718
Poglavlje 9. Oblikovanje posla ... 719
Poglavlje 11. Kontrola kvalitete ... 720
Poglavlje 12. Prognoziranje ... 723
Poglavlje 13. Planiranje kapaciteta ... 725
Poglavlje 14. Agregatno planiranje ... 726
Poglavlje 15. Terminiranje ... 727
Poglavlje 16. Upravljanje projektima ... 727
Poglavlje 17. Upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji ... 728
Poglavlje 18. Upravljanje zalihama u zavisnoj potražnji ... 731
Poglavlje 19. Upravljanje repovima čekanja ... 731
Poglavlje 20. Poboljšanje operacija ... 733
2. POVRŠINE ISPOD NORMALNE KRIVULJE ... 734
3. KOEFICIJENTI ZA IZRAČUN KONTROLNIH KARATA ... 735
4. TABLICA ZA PRERAČUNAVANJE GREŠAKA NA MILIJUN KOMADA U SIGME ... 737
**POPIS SLIKA ... 739**
**POPIS TABLICA ... 743**
**INDEKS ... 747**

# I.
# Uvod

U Uvodu se nalaze dva poglavlja koja uvode čitatelja u pojam i značaj operacijskog menadžmenta te operacijske strategije i njezinih ciljeva. Navedeno predstavlja osnovu temeljem koje se lakše mogu pratiti sva ostala područja unutar kojih operacijski menadžment treba donositi odluke za uspješno poslovanje poslovnog subjekta. Tako se u prvom poglavlju, Operacijski menadžment - pojam, razvoj i značaj, objašnjava položaj i povijesni razvoj operacijskog menadžmenta kao jedne od poslovnih funkcija poduzeća te ukazuje na njegov utjecaj na uspješnost poslovanja. Posebno se analizira uloga operacijskog menadžmenta u uslužnim djelatnostima, jer se i u tim djelatnostima treba uspostaviti operacijski sustav koji je sposoban u zadanim rokovima isporučiti zadanu kvalitetu učinaka.

U drugom poglavlju, Operacijska strategija i ciljevi, objašnjava se odnos operacijske strategije i poslovnih strategija te posebno uloga operacijske strategije u upravljanju konkurentnošću organizacije. Naglašava se važnost shvaćanja da je oblikovanje operacijske strategije moguće sagledati kao odluku, tj. odabir određenog modela tržišnog ponašanja, ali i kao proces razrade niza (hijerarhijski) povezanih odluka. U oba slučaja razvidna je menadžerska dilema o tome kako postići pravu mjeru stabilnosti i fleksibilnosti operacijskog sustava. Nadalje, u ovom se poglavlju ističe važnost razrade operacijskih strategija putem operacijskih ciljeva. Ciljevi predstavljaju važnu stavku u strateškom pozicioniranju poslovnog sustava, s tim da je opće strateške ciljeve moguće i poželjno konkretizirati kroz preciznije operacijske ciljeve koji kvantificiraju očekivane operacijske ishode. Vjerojatnost provedbe operacijske strategije raste usporedo sa stupnjem njezine razrađenosti. Dobro odabranom operacijskom strategijom mogu se relativno trajno predodrediti konkurentske sposobnosti poduzeća, financijsko poslovanje i uopće prilike za razvoj.

# 1. OPERACIJSKI MENADŽMENT – POJAM, RAZVOJ I ZNAČAJ



## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti položaj operacijskog menadžmenta kao jedne od funkcija poslovnog sustava*
- *usporediti uloge strateškog i operacijskog menadžmenta*
- *definirati i usporediti efektivnost i operativnu efikasnost*
- *usporediti značenje proizvodnosti kao tehničkog i ekonomskog pojma*
- *prepoznati najčešće korištene akronime i objasniti njihovo značenje*
- *usporediti materijalne proizvode i usluge sa stanovišta utjecaja na operacijski menadžment.*

## 1.1. UVOD

Cilj je ovog poglavlja ukazati na značenje operacijskog menadžmenta u poslovnom sustavu. Premda je operacijski sustav hijerarhijski podređen srednjem i vrhovnom menadžmentu, on predstavlja podlogu cjelovitoj administrativnoj nadgradnji. Operacijski je sustav onaj dio organizacije u kojem se izvodi osnovna poslovna djelatnost, ona koja opisuje predmet poslovanja, bila to proizvodnja, trgovina, pružanje usluga ili neka druga poslovna aktivnost. Financijska uspješnost poslovanja, tržišna fleksibilnost, zadovoljstvo radnika te mogućnost razvoja poslovanja i strateškog tržišnog pozicioniranja izravno su uvjetovane kvalitetom operacijskog sustava. Zbog značenja operacijskog menadžmenta za cjelokupni poslovni uspjeh te kao odraz respektabilnog povijesnog razvoja pripadajućeg sustava znanja, operacijski menadžment danas čini zasebnu i cijenjenu istraživačko-znanstvenu i nastavnu disciplinu.

Izraz „operacijski“ na hrvatski jezik se može prevesti kao neposredni izvedbeni dio bilo kojeg poslovnog sustava. Ili, jednostavno, kao proces transformacije. Pojmom operacijski menadžment označava se skup aktivnosti oblikovanja, uspostavljanja i provedbe ustrojbenih obrazaca kojima se nastoji **optimalizirati temeljne organizacijske procese stvaranja vrijednosti**. Primjerice, poduzeće se može osnovati da bi se bavilo određenom djelatnošću u sklopu koje proizvodi dobra ili usluge namijenjene tržištu. Na sličan način, tijelo javne vlasti može biti osnovano da bi provodilo nadzor nad nekim oblikom društvenog djelovanja ili u svrhu pružanja određene javne usluge. U oba slučaja, riječ je o obavljanju određenih društveno korisnih aktivnosti, odnosno stvaranju određenog oblika vrijednosti koje društvo zahtijeva i prepoznaje. Proces pretvaranja ulaznih vrijednosti u društveno korisne proizvode i usluge, tj. proces stvaranja novog oblika vrijednosti, naziva se **operacijski proces**.

U osnovi, operacijski menadžment teži razumijevanju, oblikovanju i vođenju potrebnih **procesa pretvorbe** ulaznih resursa u izlazno dobro ili uslugu. Svaka organizacija, sukladno svojoj djelatnosti i ustroju, koristi niz sebi svojstvenih ulaznih vrijednosti (inputa) kako bi proizvela ciljani oblik izlaznih vrijednosti (outputa). Svrha operacijskog menadžmenta je u optimaliziranju omjera inputa i outputa.

## 1.2. POLOŽAJ OPERACIJSKOG MENADŽMENTA U POSLOVNOM SUSTAVU

Operacijski dio poslovanja bilo kojeg poslovnog subjekta je onaj koji najčešće koristi najznačajniji dio raspoloživih organizacijskih resursa; zapošljava veći dio osoblja, raspolaže proizvodnom opremom, troši najviše energije i slično. Ulaganja u operacijski dio poslovanja često su kapitalno intenzivna i pretpostavljaju višegodišnje razdoblje povrata ulaganja. K tome, oprema operacijskog (proizvodnog) sustava je ograničeno fleksibilna u pogledu mogućnosti radikalnije promjene svojstava proizvoda/usluga i asortimana u kratkom vremenskom razdoblju.

Položaj operacijskog menadžmenta u poslovnom sustavu moguće je razgraničiti vertikalno (upravljačko-hijerarhijski) i horizontalno (funkcijski). Razumijevanje položaja operacijskog menadžmenta u poslovnom sustavu važno je za razaznavanje najznačajnijih komunikacijskih kanala o kojima ovisi uspješnost, kako samog operacijskog menadžmenta, tako i sveukupnog poslovnog sustava.

### 1.2.1. Odnos strateškog i operacijskog menadžmenta

Unutar uobičajene raščlane hijerarhije upravljačkih razina u poslovnom sustavu operacijski menadžment predstavlja provedbenu razinu upravljanja, onu koja provodi (ili operacionalizira) odluke koje je donio strateški menadžment. Menadžment operacijske razine upravljanja posjeduje neposredna saznanja o procesu stvaranja vrijednosti te ostvaruje neposredan utjecaj na tehnološku dimenziju oblikovanja organizacije. Sukladno navedenom, operativna razina organizacije u značajnoj mjeri predodređuje mnoge odrednice ukupne poslovne uspješnosti utječući na: sastav zaposlenih (brojnost i obrazovni profil), interne mehanizme koordinacije (oblik, učestalost, troškove), strukturu troškova poslovanja (odnos direktnih i indirektnih troškova), raspon i fleksibilnost ponude, kao i manevarski prostor za reagiranje na izazove koji nose promjene u tehnološkom, tržišnom i društveno-ekonomskom okruženju. Tablica 1.1. nudi usporedni prikaz odrednica strateškog i operacijskog menadžmenta.[1]

Usporedbom odrednica strateškog i operacijskog menadžmenta zaključuje se da je operacijski menadžment orijentiran prema provedbi (operacionalizaciji) ciljeva i poslovnih modela koje donosi nadređena (strateška) razina upravljanja.

Povijesno su djelokrug nadležnosti operacijskog menadžmenta činili zadaci oblikovanja sustava proizvodnje i koordinacija same proizvodnje, te organiziranja sustava podrške neposrednoj proizvodnji. Takva „uža specijalizacija“ operacijskog menadžmenta proizišla je iz razvoja funkcijskog modela organizacijske hijerarhije u poduzećima masovne proizvodnje. Proizvodna orijentacija operacijskog menadžmenta razvija se pretežito tijekom prve polovice 20. stoljeća o čemu će biti više riječi u točkama 1.2.2. i 1.2.3.

[1] Prilagođeno prema: https://keydifferences.com/difference-between-strategic-planning-and-operational-planning.html

***Tablica 1.1. Usporedba odrednica strateškog i operacijskog menadžmenta***

| Odrednica | Strateški menadžment | Operacijski menadžment |
|---|---|---|
| Odnos prema trendovima | Gledanje u budućnost i naslućivanje trendova | Prilagodba na trendove |
| Vremenski horizont | Dugoročna orijentacija | Kratkoročna orijentacija |
| Pristup u detektiranju problema | Orijentacija na okolinu | Interna orijentacija |
| Odnos prema poslovnim resursima | Uočavanje i stvaranje sustava za kontrolu kritičnih resursa; usmjerenost na **buduće poslovanje** | Upošljavanje **raspoloživih** organizacijskih resursa; sudjelovanje u (pre)ustroju resursa |
| Zadatak | Oblikovanje i implementacija **poslovnog modela** | Oblikovanje i implementacija **učinkovitih poslovnih procesa** |
| Kriterij | Naglasak na efektivnosti i agilnosti | Naglasak na efikasnosti |

Danas model decentraliziranog funkcijskog upravljanja koriste praktično svi veći poslovni sustavi. Kod njega najviša strateška razina upravljanja odabire temeljni razvojni pravac poslovnog sustava, primjerice, ciljna tržišta ili tehnologije, ali ne razrađuje detalje provedbe. Provedbu razrađuju profesionalno specijalizirani odjeli: tržišno-marketinški, financijski i tehničko-tehnološki odjeli,[2] svaki u svojoj domeni nadležnosti. I premda svi funkcijski odjeli operacionaliziraju središnju poslovnu strategiju, s vremenom se pojam operacijskog menadžmenta vezao upravo uz tehničku dimenziju operacionalizacije strateških odluka. Funkcijska specijalizacija odjela pokazala se uspješnim modelom upravljanja u složenim poslovnim sustavima te postupno biva prenesena i na druge djelatnosti i oblike poslovanja kao što su uslužne djelatnosti, javno-upravna tijela i ustanove, itd. Stoga se i kod uslužnih djelatnosti koristi pojam operacijskog menadžmenta za opis provedbene razine upravljanja poslovanjem.

## 1.2.2. Razvoj operacijskog menadžmenta kao proizvodno orijentirane poslovne funkcije

Premda se danas pojam operacijski menadžment koristi da bi označio upravljanje dijelom poslovnog sustava neposredno angažiranog u procesu stvaranja vrijednosti, neovisno o djelatnosti (proizvodnoj ili uslužnoj), povijesno se operacijski menadžment vezivao uz organizaciju proizvodnje.

Naime, na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće mnoga velika poduzeća razvijala su za ono vrijeme inovativne modele ustroja organizacije čiji se sustav odlučivanja temeljio na specijalizaciji funkcijskih područja i razgraničenjima ovlasti prema razinama zapovjednog lanca. Cilj takvih, tada inovativnih modela upravljanja bio je „oponašati motivacijske i poduzetničke prednosti malih poduzetnika usporedo s razvojem ekonomija razmjera“, kako to navodi M. Best. Smatra se da je prvi ovakav sustav uspostavljen još 1857. godine u željezničkom poduzeću Pennsylvania Railroad u SAD-u.[3]

---

[2] Neki autori, primjerice Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011. *Operations Management – Creating Value along the Supply Chain.* 7th edition. John Wiley & Sons. str. 2) će još navoditi funkciju upravljanja ljudskim potencijalima kao četvrto funkcijsko područje među temeljnim funkcijskim područjima.

[3] Vrlo zoran prikaz povijesnog razvoja suvremenih modela organizacijske strukture moguće je pronaći kod Best, M. (1996). *The New Competition - Institutions of Industrial Restructuring*. Polity Press. str. 103. Jedna od teza koje zagovara Best je da je upravo sustav masovne proizvodnje doveo do razvoja funkcijskih organizacijskih struktura kakve danas poznajemo.

U prvoj polovici 20. stoljeća velika su poduzeća težila skraćivanju trajanja proizvodnih ciklusa te ujednačavanju kapaciteta duž proizvodnog lanca radi što boljeg korištenja visoko vrijedne specijalizirane opreme. Za to su im bili potrebni inženjeri koji će sustavno izučavati proizvodni proces. Njihovi napori rezultirali su podizanjem brzine protoka, smanjivanjem troškova držanja zaliha, stabilnom kvalitetom te, posljedično, boljom tržišnom pozicijom i višom profitnom maržom.

Protokom vremena, prateći porast složenosti poslovanja, rastao je broj funkcionalno specijaliziranog osoblja, osobito onog angažiranog u sektoru proizvodnje, što je dovelo do formiranja pod-odjela unutar same proizvodne funkcije. Razgranati sustav odjela i pod-odjela otežavao je osobnu komunikaciju među stručnjacima iz različitih funkcijskih područja. Štoviše, funkcijski specijalizirani odjeli vremenom ne samo da su teže međusobno surađivali, već su se i sukobljavali pri pokušaju da vlastito viđenje poslovanja predoče središnjim upravljačkim razinama u poduzeću.

Operacijski menadžment koji je početkom 20. stoljeća još predstavljao središnju poslovnu funkciju, od sredine 20. stoljeća pomalo gubi utjecaj pod pritiskom tržišnih nestabilnosti i financijskih pritisaka.[4] Ponovno će pažnju šire poslovne zajednice privući u devedesetima.[5] Tada naime, raste svijest da je proizvodnja ona tehnološka baza koja postavlja granice lijepim željama, što operacijski menadžment ponovno dovodi u središte poslovnog sustava.

Danas je, umjesto govora o proizvodnom menadžmentu, češće u upotrebi izraz operacijski menadžment. Naime, operacijski je sustav onaj dio organizacije u kojem se izvodi osnovna poslovna djelatnost, ona koja opisuje predmet poslovanja, bila to proizvodnja, trgovina, pružanje usluga ili neka druga poslovna aktivnost. Drugim riječima, operativnu funkciju, tj. potrebu upravljanja operacijama, posjeduju svi poslovni sustavi. Bilo da se bave proizvodnjom materijalnih proizvoda, bilo da se bave proizvodnjom nematerijalnih usluga, svi oni moraju profesionalno donositi odluke o proizvodnim/uslužnim strategijama, o potrebnim resursima i načinu njihovog optimalnog korištenja, o politici kvalitete itd.

## 1.2.3. Odnos operacijskog menadžmenta i ostalih funkcijskih područja u poduzeću

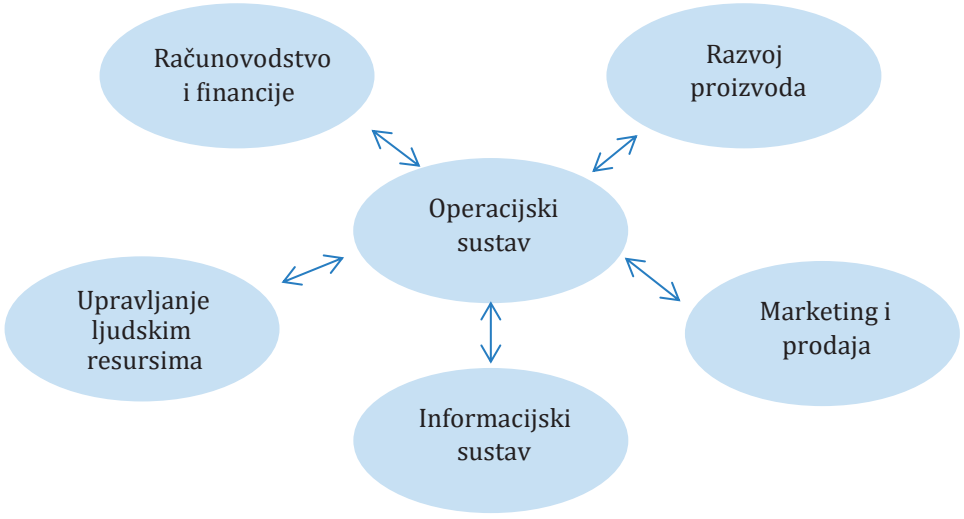
Važno je naglasiti da je za uspješno osmišljavanje i provedbu zadaća operacijskog menadžmenta bitno unutar poslovnog sustava osigurati dobru suradnju i komunikacijske veze među funkcijskim područjima. Predodžbu o međuzavisnosti pojedinih funkcijskih područja nudi slika 1.1.[6]

---

4 Žugaj, M. i Strahonja, V. (1992). *Informacijski sustavi proizvodnje*. Zagreb: Informator. str. 3-4.

5 Pored već spomenutog autora M. Besta iz 1990. iste godine izlazi vrlo popularan naslov: *The Machine that Changed the World – How Lean Production Revolutionized the Global Car Wars*, autora Womack, J. P., Jones, D. T. i Roos, D. (2007), koji tematizira razlike između modela masovne proizvodnje i *vitke (lean)* proizvodnje, odnosno organizacijskih modela plitke hijerarhije.

6 Prilagođeno prema: Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson. str. 8.




***Slika 1.1. Odnos operacijske funkcije s ostalim temeljnim funkcijama i funkcijama podrške***

Odraz „proizvodno" orijentiranog razdoblja u razvoju operacijskog menadžmenta vidljiv je i danas. Očituje se i u načinu na koji je strukturiran sadržaj u visokoškolskim udžbenicima o operacijskom menadžmentu. Naglasak je na razrađenim preporukama o upravljanju postrojenjima/kapacitetima, politikama zaliha i tokovima materijala, međuzavisnosti funkcijskih područja poslovanja, te utjecaju koji organizacija temeljnih proizvodnih procesa ostvaruje na tržišni položaj poslovnog subjekta u odnosu na konkurenciju i u sklopu njegovog vrijednosnog lanca. Procesna orijentacija, danas toliko popularna u menadžerskom diskursu, zapravo je zasnovana na principima i učenjima operacijskog menadžmenta, počevši od politika proizvoda i asortimana, oblikovanja toka proizvodnih procesa, planiranja i održavanja spleta pratećih usluga do mreže dobavljača/poslovnih partnera.

Činjenica je da je danas operativnu dimenziju poslovanja moguće izdvojiti u svakoj organiziranoj aktivnosti koju je moguće unaprijediti analizom i preoblikovanjem procesa. Tako se primjena principa i tehnika razvijenih u sklopu operacijskog menadžmenta danas javlja i u uslužim djelatnostima. Nije potrebno posebno isticati i da se, u svakoj većoj organizacijskoj cjelini, procesno može pristupiti organizaciji poslova uredskog tipa ili organizaciji i vođenju projektnih timova. Svakako, procesni pristup pokazuje se kao neizbježan u razvoju sustava odnosa s poslovnim partnerima ili pak potrošačima/korisnicima usluga.

## 1.3. UTJECAJ OPERACIJSKOG MENADŽMENTA NA USPJEŠNOST POSLOVNOG SUSTAVA

Ekonomska i tehnička dimenzija uspješnosti poslovnog sustava tijesno su povezane. Uloga operacijskog menadžmenta je uspostaviti organizaciju operacijskog sustava na način koji će postići maksimalnu ekonomsku i tehničku uspješnost proizvodnog procesa.[7] U tom smislu važno je

[7] O dimenzijama performansi operacijskih sustava više se može vidjeti kod Wild, R. (2002). *Operations Management.* 6th edition. Thomson Learning. str. 773-775.

povezati proizvodnu sposobnost (kapacitet), proizvodnost i racionalnost (efikasnost) u korištenju resursa.[8]

Operacijski menadžment predstavlja poslovnu funkciju čija je temeljna zadaća oblikovati tehnički sustav/proces stvaranja vrijednosti poštujući pritom princip ekonomske racionalnosti. **Princip racionalnosti** kaže da je učinkovit onaj operacijski sustav ili proces koji je u stanju bolje iskoristiti kapacitete raspoloživih resursa, tj. racionalan je onaj sustav koji u potpunosti iskorištava potencijal raspoloživih resursa, odnosno onaj sustav koji nema viškova ili manjkova resursa bilo koje vrste. Slijedi da je racionalnost stanje (ili organizacija) sustava koje se postiže dobrim usklađivanjem svih raspoloživih resursa. U tu svrhu operacijski menadžment koristi razne politike i planove.

Korištenjem različitih mjera uspješnosti operacijski menadžment može procijeniti jesu li proizvodni sustavi i procesi uspješno organizirani te je li potrebno poduzimati određene mjere, primjerice promjene organizacije procesa, promjene asortimana, promjene korištenih materijala, uvođenje nove opreme u proces i slično.

## 1.3.1. Efektivnost, efikasnost i proizvodnost

Za operativno planiranje od najveće je važnosti realno planirati. Planovima se usklađuju razine potrebnih resursa i razine aktivnosti po svim fazama koje se planira provesti u nekom planskom razdoblju. Kako bi se planovima predviđeni ciljevi ostvarili, potrebno je osigurati efektivnost planova. **Efektivnost** izražava mjeru postignutog učinka, tj. razinu ostvarenja zacrtanih ciljeva.[9]

Izostane li pravovremenost ili zadovoljavajuća razina kvalitete izvršavanja aktivnosti u međufazama kontinuiranog poslovnog/operacijskog procesa, stradat će efikasnost. Efikasnost predstavlja temeljnu mjeru ekonomske uspješnosti. **Efikasnost** mjeri odnos novostvorene ekonomske vrijednosti u odnosu na vrijednost angažiranih resursa, kako se navodi u nastavku:

$$E_{fik} = \frac{UP}{VAR} \qquad (1.1)$$

gdje su:

$E_{fik}$ = efikasnost
$UP$ = ukupni prihod (vrijednost proizvedenih proizvoda i usluga)
$VAR$ = vrijednost angažiranih resursa

Naime, istu proizvedenu vrijednost je moguće postići s većom količinom angažiranih resursa u odnosu na neku optimalnu, odnosno nužnu potrebnu količinu resursa. U tom je slučaju efikasnost smanjena. Izraz za utvrđivanje razine efikasnosti moguće je stoga pronaći i u sljedećem obliku:[10]

$$E_{fik} = \frac{K}{RK} * 100 \qquad (1.2)$$

---

8 Kratak opis pojmova iznose Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management*. Pearson. str. 46-47.

9 Operacijski menadžment koristi pojam **efektivnog kapaciteta** kako bi označio realnu planiranu količinu proizvodnje.

10 Smith, A. (2013). *How Are We Doing? Tracking Efficiency, Utilizationa and Productivity.* Universal Journal of Industrial and Business Management. vol. 1. br. 4. str. 137.

gdje su:

$K$ = ostvarena/proizvedena količina
$RK$ = efektivno raspoloživi kapacitet

Efikasnost ujedno ukazuje na ekonomičnost u korištenju resursa. Efikasan je onaj sustav koji ima manje škarta, sustav koji nema praznog hoda i slično. Inženjere će posebno zanimati „fizički" izraz iskorištenosti raspoloživih resursa, dok će se ekonomisti i financijski stručnjaci više baviti financijskim procjenama efikasnosti. Za ekonomiste i financijske stručnjake zanimljiva je **ekonomska efikasnost**, tj. racionalnost korištenja resursa izražena omjerima koristi u odnosu na ulaganja. Prikladna mjera ekonomske efikasnosti može biti omjer prihoda i rashoda ili stopa povrata na ulaganja. Oba će pokazatelja biti izražena u novčanim jedinicama.

Za razliku od općeg menadžmenta kojeg zanimaju financijski rezultati poslovanja, operacijski menadžment će inpute i outpute često izražavati u fizičkim, tj. naturalnim jedinicama. Naime, **operacijske menadžere zanima efikasno oblikovanje operacijskog procesa**. Fizičke jedinice mjere dozvoljavaju precizno planiranje količina potrebnog materijala kao i potrebnih vremena obrade koji često zavise od tehničkih obilježja i razine kvalitete potrebnih proizvodnih inputa. No ponekad će i operacijski menadžment koristiti novčane jedinice, primjerice u slučaju izrade planova angažiranja kapaciteta za heterogen proizvodni program.

Još jedan pojam koji se koristi za procjenu uspješnosti poslovanja je proizvodnost (engl. *productivity*). Hrvatski leksikon[11] definira **proizvodnost** kao sposobnost proizvođenja, tj. stvaranja nekog oblika vrijednosti na temelju raspoloživih resursa. Proizvodnost također predstavlja omjer outputa i inputa koji je moguće mjeriti kako u fizičkim tako i u financijskim izrazima.

Za potrebe operacijskog menadžmenta proizvodnost se nastoji mjeriti omjerom fizički iskazanih outputa u odnosu na input, odnosno kao omjer količine proizvedenih proizvoda ili usluga i količine angažiranih resursa, uz pretpostavku održavanja standardne razine kvalitete.[12] Proizvodnost se utvrđuje tako da se ukupna količina proizvedenih proizvoda ili usluga podijeli s ukupno korištenim resursima, tj. omjerom:

$$P_{izv} = \frac{K}{KR} \qquad (1.3)$$

gdje su:

$P_{izv}$ = proizvodnost
$KR$ = količina korištenih resursa

Proizvodnost se često računa odvojeno za pojedine skupine resursa. To je tzv. parcijalna proizvodnost nasuprot integralnoj proizvodnosti. U izračun se često uzimaju resursi kao što su: rad (koliko je proizvoda ili usluga moguće proizvesti uz uložene sate rada; hoće li se proizvodnost promijeniti promjenom broja radnika), kapital (koliko je proizvoda ili usluga moguće proizvesti pomoću raspoložive opreme), materijal (koliko je proizvoda ili usluga moguće proizvesti s raspoloživim materijalom, utrošenom energijom i slično).

---

11 https://www.hrleksikon.info/definicija/proizvodnost.html

12 Grönroos, C. i Ojasalo, K. (2004). *Service Productivity: Toward a Conceptualization of the Transformation of Inputs into Consumer Value in Services*. vol. 57. br. 4. str. 415.

Grönroos i Ojasalo naglašavaju da se pojam proizvodnosti izvorno koristio za proizvođače materijalnih dobara. Napominju da je stoga praćenje uspješnosti poslovanja putem proizvodnosti otežano u uslužnom sektoru. Razlozi tome leže u samom načinu odvijanja procesa stvaranja vrijednosti (interakcijama korisnika i davatelja usluge) te u složenom odnosu dviju perspektiva kvalitete; one tehničke i one koju percipira korisnik usluge. Tehničku dimenziju kvalitete/proizvodnosti označavaju kao „internu efikasnost" dok percipiranu vrijednost usluge za potrošača označavaju eksternom efikasnošću.

Iz navedenog je vidljivo da su efikasnost i proizvodnost u velikoj mjeri povezane, dapače, praktično se preklapaju. Zajedničko im je da i proizvodnost i efikasnost predstavljaju relativne mjere. Smisao im je omogućiti usporedbu: bilo djelovanja istog sustava u različitim vremenskim razdobljima, bilo dvaju ili više sustava međusobno.

Kod praćenja proizvodnosti, naglasak je na kretanju proizvedene količine dobra ili usluga po jedinici ulaganja. Kod praćenja efikasnosti, naglasak je na organizaciji strukture resursa ili toka procesa. Glavno pitanje koje se nameće kod analize efikasnosti je mogu li se resursi, tj. uloženi proizvodni čimbenici, bolje iskoristiti ako se primijeni drugačiji postupak ili drugačija organizacija?

Grönroos i Ojasalo vide **proizvodnost kao funkciju efikasnosti**, pri čemu su u pojmu efikasnosti objedinjene: interna efikasnost, eksterna efikasnost i efikasnost korištenja kapaciteta.[13] Zapravo tvrde da će, ako se povećava efikasnost, rasti i output (proizvodnost). Shvaćanje proizvodnosti kao funkcije efikasnosti sukladno je temeljnom ekonomskom principu već spominjanih ekonomija razmjera, tj. očekivanju da je proizvodnja većih količina standardiziranih proizvoda na istim postrojenjima povezana s boljim iskorištavanjem raspoloživog vremena rada.

## 1.3.2. Operacijski proces kao odrednica poslovnog uspjeha

Uvodno je utvrđeno da je operacijski menadžment usredotočen na proces stvaranja vrijednosti. Želi li se znati kako operacijski menadžment obavlja svoju ulogu, proučit će se kako je ustrojen proces stvaranja vrijednosti, odnosno kakva je organizacija toka procesa. Za određenu tehnologiju, rezultat dobre organizacije toka procesa jest postizanje očekivanog učinka **(količine ishoda) u jedinici vremena**. Operacijski menadžment osobito zanima učinak koji je ostvaren u odnosu na vrijeme aktivnog korištenja kapaciteta, odnosno vrijeme angažiranja kapaciteta (engl. *resource utilization performance*). Veća brzina odvijanja proizvodnog procesa za zadanu ( u pravilu stabilnu) količinu i kvalitetu proizvoda povećava efikasnost poslovanja.

Navedeni učinak odražava tzv. princip protoka, koji je jedan od temeljnih ciljeva operacijskog menadžmenta. **Princip protoka** (engl. *principle of flow*) nalaže da propusnost (engl. *flow rate, throughput*) proizvodnog sustava bude maksimalno moguća u promatranoj jedinici vremena jer se tako maksimalno iskorištava raspoloživa proizvodna sposobnost ili kapacitet. Zapravo je ravnomjernost protoka, izbjegavanje podkapacitiranosti i prekapacitiranosti u pojedinim fazama proizvodno-poslovnog procesa u središtu zanimanja operacijskog menadžmenta.

[13] Grönroos, C. i Ojasalo, K. (2004). *op.cit.* str. 418.

Važnost principa protoka pokazat će se na primjeru dvaju sustava koji proizvode isti proizvod s istom tehnologijom i tokom aktivnosti, ali se razlikuju po kapacitetima ugrađenim u pojedinim fazama sustava.

Kako bi se pojasnilo kako operacijski menadžment može utjecati na uspješnost poslovanja, u nastavku će se usporediti ishodi dvaju linijskih modela proizvodnoga toka: model A i model B (slika 1.2).

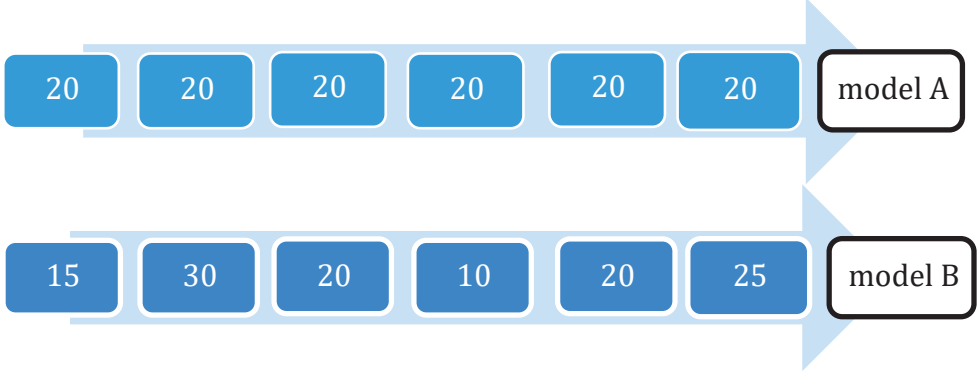
Pretpostavi li se da oba sustava proizvode isti proizvod koristeći identičnu tehnologiju, to bi značilo da oba sustava u svakoj fazi procesa koriste istu vrstu opreme i iste postupke obrade materijala. Također je i redoslijed postupaka obrade po fazama procesa identičan.

Ono što se razlikuje u navedenim dvama modelima je organizacija radnih mjesta, odnosno način na koji je operacijski menadžment odlučio rasporediti raspoložive resurse.

Kako bi primjer bio što jednostavniji, pretpostavit će se i da jedna jedinica proizvodnog učinka nastaje radom jedne osobe na jednom stroju. To znači da premještanjem radnika s jedne proizvodne pozicije na drugu nema gubitaka u proizvodnosti pojedinog radnika.[14] Nadalje, pretpostavit će se i da su ukupno raspoloživi financijski resursi jednaki u oba modela te da je sva oprema, neovisno u kojoj se fazi procesa koristi, jednake nabavne vrijednosti i amortizacijskog vijeka. Oba modela proizvodnog sustava raspolažu istim ukupnim raspoloživim brojem radnih mjesta koje čine kombinacije radnik/stroj. U oba slučaja, taj broj iznosi 120 radnih mjesta.

Uz navedene pretpostavke, naizgled jedina razlika između ova dva toka procesa može biti u organizaciji rasporeda radnika, tj. načinu grupiranja opreme/kapaciteta. Način na koji će operacijski menadžment rasporediti raspoložive resurse ne utječe na visinu početnog ulaganja, no utječe na strukturu ulaganja. Posljedica razlike u organizaciji procesa odrazit će se u proizvodnosti i efikasnosti proizvodnog procesa.

Na slici 1.2. je svaka faza proizvodnog procesa predočena plavim pravokutnikom. Pravokutnici predstavljaju faze proizvodnog procesa, a brojke u pravokutnicima protočnost pojedine faze procesa (količinu obrađenog materijala/dijelova) u jedinici vremena.




***Slika 1.2. Proizvodni kapacitet kod dva različito organizirana toka procesa***

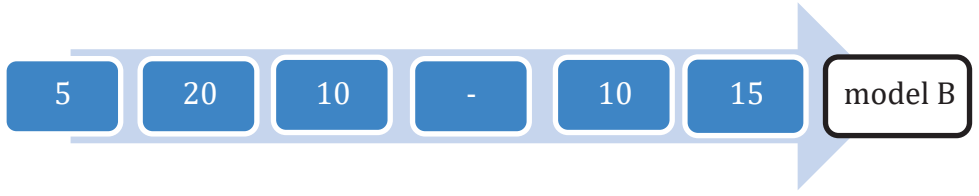
[14] U stvarnim prilikama, premještanje radnika s jednog na drugo radno mjesto obično traži neko vrijeme prilagodbe. U razdoblju prilagodbe, dok se radnik još privikava na nove zadatke, proizvodnost opada.

Slika 1.2. ukazuje da model A ima uravnotežene kapacitete, tj. jednake proizvodne sposobnosti u jedinici vremena u svim fazama proizvodnog procesa, dok se kod modela B vide neusklađenosti - neke faze procesa imaju veći, a neke manji kapacitet. Postavi li se sada pitanje koliki je kapacitet (učinak) svakog pojedinog proizvodnog lanca, dobit će se odgovor o efikasnosti proizvodnog procesa.

U slučaju modela A, proizvodni kapacitet cijelog lanca je 20 jedinica proizvoda u jedinici vremena. Ujedno, ovaj je model i efikasan budući da postiže maksimalno mogući učinak u jedinici vremena. Svaka drugačija organizacija sustava, koristeći raspoložive resurse, rezultirat će manje efikasnim proizvodnim procesom.

Takvu hipotetsku situaciju pokazuje model B. Premda raspolaže jednakovrijednim resursima, uslijed neprikladne organizacije resursa (neusklađenosti protoka materijala, odnosno različitog rasporeda kapaciteta obrade po fazama procesa), količina učinka koju će sustav moći isporučiti u jedinici vremena odgovarat će kapacitetu najslabije karike u lancu. **Kapacitet najslabije karike** iznosi 10 komada proizvoda u jedinici vremena. To je dvostruko manje od proizvodnog učinka modela A, premda oba koriste istu vrijednost resursa.

Slika 1.3 prikazuje gdje se u proizvodnom lancu nalazi tzv. „usko grlo“. U prikazanom slučaju radi se o četvrtoj fazi procesa. **Usko grlo** je faza u procesu proizvodnje čiji je kapacitet protoka u potpunosti iskorišten. Samim time što ne postoji mogućnost povećanja protoka u toj fazi postavljen je limit obujma proizvodnje (onemogućena je proizvodnja većih količina proizvoda u zadanoj jedinici vremena). Zbog postojanja uskog grla nastaju prividni „viškovi kapaciteta“, odnosno proces posjeduje raspoloživi kapacitet kojeg nije moguće iskoristiti u svim ostalim fazama procesa.




***Slika 1.3. Prividni viškovi kapaciteta u modelu B***

Postavlja se pitanje kako se taj **neiskorišteni kapacitet** odražava na razne aspekte poslovanja. Načelno je moguće predvidjeti više negativnih učinaka.

Kao prvo, sva radna mjesta neće biti ravnomjerno opterećena. Tamo gdje postoje „viškovi kapaciteta“ radnici će imati više slobodnog vremena, moći će sporije raditi, iako možda pažljivije, ali svakako nije vjerojatno da će iskoristiti svoj puni radni potencijal. Dakle, izgubit će dio svoje potencijalne proizvodnosti.

Nadalje, kolege manje opterećenih radnika, oni koji rade u fazama procesa u kojima ne postoje viškovi kapaciteta, radit će napornije i bez vremena za predah te, najvjerojatnije, neće smatrati podjelu rada pravednom. Kao posljedicu toga moguće je pretpostaviti probleme s vođenjem, zadovoljstvom radnika i kvalitetom rada.

Treća negativna posljedica je nepotpuna iskorištenost opreme. Ako kapacitet u pojedinim fazama ostaje neiskorišten, znači da poduzeće snosi trošak financiranja opreme, a da pri tome nema odgovarajući povrat na ulaganje. Naime, tek ako se oprema „stavi u funkciju", proizvodi se nova vrijednost koju je moguće kroz prodaju pretvoriti u prihode kojima će se vraćati ulaganja u opremu. Izravni negativni odraz sporog povrata ulaganja je duži amortizacijski vijek opreme, a neizravni trošak proizlazi iz povećanog rizika zastarijevanja opreme prije nego bude u potpunosti otplaćena.[15]

Posljedice loše organiziranog toka procesa odrazit će se na cijenu proizvodnje jedinice proizvoda. Ako postoji tržišna cijena po kojoj se proizvod prodaje (sjetimo se da je tehnologija proizvodnje, kao i visina početnih ulaganja, kod oba sustava jednaka), postoji dodatni rizik da se proizvodnja uopće neće isplatiti.

***Tablica 1.2. Usporedba financijskih pokazatelja dva proizvodna sustava***

| Pokazatelj | Model A | Model B |
|---|---|---|
| Godišnja proizvodnja u kom. (*K)* (za 300 radnih dana) | **6.000** | **3.000** |
| Ukupni direktni trošak (*UDT*)<br>(broj proizvoda *K* * 1 n.j.) | 6.000 | 3.000 |
| Ukupni indirektni trošak (*UIT*)<br>(120 radnih mjesta * 200 n.j.) | 24.000 | 24.000 |
| Ukupni godišnji trošak proizvodnje (*UT* = *UDT*+*UIT*) | 30.000 | 27.000 |
| Cijena koštanja (*CK*) po jedinici proizvoda (*UT/K*) | 5 | 9 |
| Tržišna prodajna cijena proizvoda (*PC*) | 10 | 10 |
| Razlika u cijeni po jedinici<br>(d - dobit po jedinici proizvoda) | **5** | **1** |
| Dobit za ukupnu količinu<br>(*D* = *K* * *PC*) | **30.000**<br>(6.000 x 5) | **3.000**<br>(3.000 x 1) |

U tablici 1.2. uspoređene su mjesečne cijene koštanja proizvoda proizvedenog u modelima A i B. Kako je riječ o vrlo pojednostavljenom primjeru, to je niz polaznih pretpostavki za izračun ekonomsko-financijskih posljedica pojedinog modela također pojednostavljen. Pretpostavljeno je tako da direktan trošak rada i materijala za svaki proizvedeni proizvod iznosi jednu novčanu jedinicu (1 n.j.), kao i da je indirektni trošak proizvodnje samo trošak amortizacije koji godišnje iznosi 200 n.j. za svako angažirano strojno radno mjesto, tj. jedinicu kapaciteta čovjek/ stroj.

Za potrebe ovog primjera pretpostavljeno je i to da se svi proizvodi mogu prodati. Dodatno, pošlo se od pretpostavke da su proizvodi proizvedeni u oba sustava, ekonomskim rječnikom rečeno, apsolutni supstituti i da za oba vrijedi ista prodajna cijena. Dakle, pod navedenim hipotetskim okolnostima, ostvarena dobit kod Modela A bila bi 10 puta veća u odnosu na dobit Modela B. Lako je izvesti zaključak o tome koji će proizvodni sustav imati više prilika za opstanak i tržišni napredak.

[15] Oprema s kojom se više ne može konkurirati na tržištu, jer postoji tehnološki naprednija oprema, naziva se tehnološki zastarjela oprema.

U stvarnom svijetu, odluke o organizaciji operativnog sustava mnogo su složenije. Ovaj udžbenik će pomoći u uočavanju kritičnih točaka operativnog sustava. Podpoglavlja u nastavku objasnit će polazišta analize pojedinih operacijskih problema te uputiti čitatelja u praktične tehnike za analizu i poboljšanje operacijskih sustava.

## 1.4. POVIJEST RAZVOJA OPERACIJSKOG MENADŽMENTA KAO ZASEBNE DISCIPLINE

Operacijski menadžment pretpostavlja da korištenje određenog pojmovnog modela (konceptualnog modela) te sustavno preispitivanje (kontinuirano poboljšanje) vode ka **operacijskoj izvrsnosti**. Pod operacijskom izvrsnošću podrazumijevaju se ciljevi vezani uz efikasnost i efektivnost, mada se operacijska uspješnost sve češće povezuje i sa zadovoljstvom potrošača/korisnika usluga.

Teško je utvrditi točku u vremenu u kojoj se operacijski menadžment specijalizira kao posebna profesija. No, svakako se ona veže uz pojavu velikih poslovnih sustava koji, slijedom industrijske revolucije, izdvajaju proizvodni menadžment kao zasebnu funkcijsku jedinicu internog hijerarhijskog ustroja. Upravo stoga, najčešći prikaz razvoja operacijskog menadžmenta u udžbeničkoj literaturi započinje s manufakturnim načinom proizvodnje, nastavljajući se kroz **industrijsku revoluciju** do početka dvadesetog stoljeća i industrijskog upravljanja. Nakon toga slijedi njegova evolucija.

Ta evolucija prati ključne teme koje se javljaju u propitivanju opće poslovne politike ili strategije poduzeća. Tako se sredinom dvadesetog stoljeća, počevši od 1930-ih, nameću teme motivacije i humanog oblikovanja radnih mjesta; 1960-ih godina uočava se intenziviranje brige o postizanju konkurentske prednosti kroz analitički pristup projektiranju i vođenju operacijskog dijela poslovanja, dok se od 1970-ih godina naglašava važnost programskih alata i informatičke komponente. Svi su ovi trendovi aktualni do danas. Ono što se dobilo razvojnim procesom je složenost tema koje dotiču operacijski menadžment. Posljedica toga je da se u menadžerskoj praksi proširio popis zadataka koji spadaju u domenu operacijskog menadžmenta. Paralelno se širio popis tema koje su obrađivali autori koji su pisali o operacijskom menadžmentu.[16] Tablica 1.3. ukazuje na čitav niz izazova koji oblikuju suvremeni operacijski menadžment. Tablica nudi prikaz aktualizacije pojedinih tema tijekom posljednjih stotinjak godina. Mnoge od njih zadiru mnogo dalje od neposredne tehničko-tehnološke osnove poslovanja.

[16] Adams, E. E. i Swamidass, P. M. (1989. *Assessing Operations Management from a Strategic Perspective.* Journal of Management. vol.15. br. 2. str. 185.) temeljem pregleda literature navode 17 tema koje se tijekom 1980-ih pojavljuju u empirijskim istraživanjima raznih autora. U popis uključuju: politiku kapaciteta, proizvodnost, oblikovanje proizvoda, isporuku, distribuciju, odnose s radnicima, fleksibilnost itd.

***Tablica 1.3. Razvoj operacijskog menadžmenta u posljednjih stotinjak godina***

| Godina | Strateški ciljevi | Odabrani pristupi i alati OM |
|---|---|---|
| 1910-1920-te | Industrijski model proizvodnje i pokret za objektivizaciju upravljanja proizvodnjom | Studij vremena i pokreta (Taylorov studij rada)<br>Oblikovanje proizvoda i procesa (Fordovo industrijsko upravljanje)<br>Uspostava kontinuiteta sustava planiranja i kontrole (Fayolov menadžerski lanac) |
| 1930–1940-te | Industrijska praksa i istraživanja ukazuju na važnost međuljudskih odnosa (Hawthorne istraživanja) | Nastavak analitičkog pristupa oblikovanju proizvoda i procesa<br>Povećana pažnja posvećena odnosima podređenih i nadređenih |
| 1950-te | Mirnodopsko razdoblje i puna zaposlenost potiču masovnu potražnju | Industrijsko oblikovanje, planiranje proizvodnje i zaliha, naglasak na brzom rastu i ekonomijama razmjera koje postaju kritičan problem kod investicija u specijaliziranu opremu |
| 1960-te | Intenziviranje konkurencije na nacionalnim tržištima | Segmentacija tržišta i dizajn prilagođen tržišnom segmentu/niši |
| 1970-te | Cjeloviti sustavi proizvodnog planiranja i kontrole | Prognoziranje prodaje (istraživanje tržišta prethodi projektiranju/proizvodnji)<br>Politike zaliha – planiranje potreba materijala (engl. *materials requirements planning, MRP I*) |
| 1980-te | Ubrzavanje pratećih aktivnosti poput razvoja proizvoda i tehnologija te planiranja | Računalni sustavi za planiranje zaliha i rokova proizvodnje (MRP II)<br>Računalom podržano oblikovanje/proizvodnja (engl. *computer-assited desing/computer-assited manufacturing, CAD/CAM*)<br>Računalom povezano upravljanje proizvodnjom (engl. *computer-integrated manufacturing, CIM*) |
| 1990-te | Konkurentnost na međunarodnom tržištu kroz kvalitetu<br>Odgovor zapada na japansku „prijetnju“ | Potpuno upravljanje kvalitetom (engl. *total quality management, TQM*)<br>Proizvodnja upravo na vrijeme (engl. *just in time, JIT*) |
| 2000-te | Integriranje poslovanja (jačanje položaja) duž lanca vrijednosti | Upravljanje vrijednosnim lancem<br>Upravljanje odnosima s kupcima/korisnicima usluga (engl. *customer relationship management*, CRM)<br>Upravljanje lancem opskrbe (engl. *supply chain management*, SCM) |
| 2010-te | Personalizacija proizvoda/usluge<br>Relativizacija granica uslužnog i proizvodnog (poslovna eksploatacija subjektivne vrijednosti) | Proizvodnja po narudžbi – izvorno posebni vid kvalitete dostupan najzahtjevnijoj i platežno sposobnijoj populaciji potrošača u prikladno oblikovanim operacijskim sustavima postaje dostupan širokoj populaciji |
| 2020-te | „Povratak“ operacijskog upravljanja u središte poslovnog upravljanja | Integracija svih sfera upravljanja poslovanjem nastavlja se i intenzivira kako bi se povećala spremnost poslovnog sustava za brže reakcije na neočekivane promjene u okolini (pandemije, politički izazovi, nestabilnost potražnje i ograničena kontrola nad izvorima opskrbe). |

Iz tablice 1.3. vidi se da se operacijski menadžment kao funkcijsko područje prilagođava poslovnim i konkurentskim politikama poslovnog sustava u čijem sastavu djeluje. Važno je napomenuti da suvremeni operacijski menadžment uvažava principe koji su nastajali tijekom cijelog razdoblja. Naime, aktualizacija novog izazova ne poništava principe izvornosti na kojima se zasnivaju ranija razvojna razdoblja. Ispravno bi bilo reći da se principi operacijskog menadžmenta jedan na drugoga nadograđuju. Suvremeni operacijski menadžment mora razumjeti principe operacijskog menadžmenta i poznavati ih kako bi mogao pomoći središnjem menadžmentu u odabiru i oblikovanju održivih strategija razvoja poslovnog sustava.

Tako, primjerice, **pojam vrijednosnog lanca**, kojeg je 1985. uveo Michael Porter,[17] opisujući organizaciju poslovnog sustava japanskog proizvođača fotokopirnih uređaja (Canon), zapravo je opis operativnog procesa suglasan principu protoka koji se kroz operacijski menadžment provlači od njegovih početaka. Novi naglasak Porterovog pristupa je u tome da se **proces stvaranja vrijednosti** sagledava kroz **niz poslovno povezanih subjekata**.

Smisao upravljanja vrijednosnim lancem je spoznati temeljne aktivnosti poslovnog sustava, tj. one aktivnosti koje stvaraju (dodaju) vrijednost za konačnog kupca, te povezati sudionike proizvodno-prometnog lanca (poduzeća povezanih snabdijevanjem, od sirovinskih izvora do konačnog pojedinačnog potrošača, primjerice, kupca u maloprodaji). Uz takozvane temeljne aktivnosti, poput aktivnosti transporta, skladištenja, oglašavanja, pred-prodajnih (primjerice savjetovanja) i post-prodajnih usluga (primjerice ugradnje, obuke korisnika, održavanja opreme i slično), svaki menadžment ustrojava i potporne aktivnosti. Potporne aktivnosti jesu one koje stvaraju vrijednost unutar poslovnog sustava/poduzeća, poput brige za ljudske resurse, brige za vlastitu proizvodnu opremu (tehnologiju), aktivnosti istraživanja i razvoja novih proizvoda i, pomalo iznenađujuće u to vrijeme, stvaranje mreže dobavljača. Današnji pristup operacijskom menadžmentu Porterovu inicijativu uvažava kroz spomenuti SCM i CRM.

Slijedom navedenog, postavlja se opravdano pitanje: uvaži li se činjenica da proces stvaranja vrijednosti nadilazi granice jednog poslovnog subjekta, znači li to da djelokrug utjecaja operacijskog menadžmenta nadilazi strateški menadžment, premda mu je hijerarhijski podčinjen? Ispravan odgovor bio bi ne. No, nitko bolje od djelatnika iz „tehničke sfere“ ne poznaje objektivne prednosti i slabosti operacijskog sustava vlastitog poduzeća. Slijedi da je potrebno omogućiti da osoblje koje posjeduje saznanja iz polja operacijskog menadžmenta bude aktivno uključeno u savjetovanje središnjeg menadžmenta u donošenju strateških odluka. Kao što će se vidjeti u sljedećem poglavlju o oblikovanju strategija i ciljeva, mnoge odluke koje se donose vezano uz tehničko-poslovno područje dalekosežno utječu na dugoročnu konkurentsku sposobnost poduzetnika.

## 1.5. OPERACIJSKI MENADŽMENT U USLUŽNIM DJELATNOSTIMA

Prethodno je rečeno da se u suvremenom poslovanju sve više zamagljuje granica između logike proizvodnog i uslužnog poslovanja. No, prije nego se prihvati ovaj stav, potrebno je vidjeti kako se u prošlosti uspoređivalo proizvodno i uslužno poslovanje. Glavnina ovih usporedbi nastala je u

[17] Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage.* New York. The Free Press

drugoj polovici 20. stoljeća kad je struka propitkivala mogu li se organizacijski modeli razvijeni u okviru sustava masovne industrijske proizvodnje prilagoditi i za potrebe ustrojavanja organizacija u uslužnom sektoru. Tablica 1.4. daje prikaz razlika proizvodnih i uslužnih sustava.

***Tablica 1.4. Usporedba uslužnog i proizvodnog poslovnog sustava***

| Kriterij usporedbe | Uslužni poslovni sustav | Proizvodni poslovni sustav |
|---|---|---|
| Odrednice oblikovanja proizvoda i procesa | Jedinstvenost, prilagođenost korisniku usluge | Ponavljanje, standardizacija |
| Veličina serije istovrsnih proizvoda<br>Prostor za ostvarivanje ekonomije razmjera (*scalability*) | Svaki je komad jedinstven<br><br>Ograničen prostor za ostvarivanje ekonomija razmjera | Moguće su velike i vrlo velike serije<br><br>Otvoren prostor za ostvarivanje ekonomija razmjera |
| Trajnost istovjetnog proizvodno-procesnog modela | Relativno dugo<br>Model je fleksibilan i promjene su postupne | Relativno dugo<br>Model je nefleksibilan i promjene su skokovite (investicijski ciklusi su izraženi) |
| Mogućnosti planiranja vremena proizvodnje | Postoje, ali je planiranje manje precizno | Vrlo su izražene, precizno planiranje je preduvjet optimalizacije protoka i visoke iskorištenosti kapaciteta |
| Ritam odvijanja proizvodnog procesa | Prilagođen potrebama zahtjeva korisnika usluge<br>Tok procesa neujednačen i diskontinuiran<br>Često simultana proizvodnja i potrošnja (primjerice, turistička usluga) | Ujednačen i kontinuiran |
| Trajnost proizvoda /usluge (Mogućnost skladištenja) | Kratkotrajna usluga, vremenski pomak korištenja usluge nemoguć ili znatno narušava vrijednost (korištenje usluge često je istovremeno s procesom pružanja usluge) | Duža očekivana trajnost, skladištenje je moguće i često se koristi u funkciji boljeg iskorištavanja kapaciteta |
| Mogućnost sudjelovanja kupca/korisnika u oblikovanju proizvoda ili usluge | Značajna i predviđena oblikovanjem sustava | Žrtvovana radi racionalnosti (ostvarivanja principa protoka) |
| Raspon mogućih prodajnih cijena za isti tip proizvoda/ usluge | Veći, ovisno o utrošenom vremenu generiranom jedinstvenim zahtjevima svakog kupca | Manji, pretežno ovisan i o elastičnosti potražnje |
| Mogućnost prilagodbe pojedinom korisniku | Velika i značajna za diferencijaciju od konkurenata | Manja, jer zahtijeva kompromise koji vode gubitku efikasnosti |

Popis razlika proizvodnih i uslužnih sustava mogao bi se i dalje nastaviti. Smisao istaknutih razlika je u promišljanju jesu li razlike toliko izražene da se principi operacijskog menadžmenta koji su vrijedili za velika industrijska poduzeća ne mogu primijeniti kod usluga.

Jedno od značajnih zapažanja koje je vodilo prihvaćanju teze da se principi operacijskog menadžmenta razvijeni za sustave masovne proizvodnje mogu primjenjivati i u uslužnim djelatnostima jeste da se proizvodi iste namjene ponekad značajnije razlikuju u cijeni. Ne samo da im je prodajna cijena različita, već imaju i značajno različite profitne marže. Razlog zašto je to tako nalazi se u subjektivnoj procjeni vrijednosti. Prodajna cijena nije odraz direktnih proizvodnih troškova, već prije razlike objektivne cijene koštanja i subjektivne vrijednosti za kupca. Već spomenuti M. Porter[18] i ovdje daje inovativna zapažanja tvrdeći da postoje dvije jednako vrijedne poslovne strategije u prihodovnom smislu: strategija troškovnog vodstva i strategija diferencijacije.

Prva se zasniva na principima masovne proizvodnje i prikladna je za najveće konkurente na nekom tržištu, tj. za one koji mogu postići izražene ekonomije standardizacije, odnosno razmjera. Alternativna strategija, strategija diferencijacije, sastoji se u odabiru specifičnog tržišnog segmenta koji iskazuje specifične potrebe koje proizvođač sa sustavom masovne proizvodnje ne može u potpunosti podmiriti. Za proizvode koji su „prilagođeni" užem tržišnom segmentu moguće je očekivati da će postizati veću profitnu maržu. Razlozi zašto bi kupac bio spreman platiti više za takav proizvod leži u subjektivnoj procjeni vrijednosti (dodatne korisnosti) koja može, odnosno trebala bi, nadmašiti dodatne troškove nastale manje izraženim ekonomijama razmjera. U tom kontekstu, vrijednost materijalnog proizvoda čiji je proces stvaranja u sustavu tehnički zadan, čime je ujedno objektivnije definirana cijena koštanja, dozvoljava „kreativnije" oblikovanje i izvedbu, sve dok profitna marža dozvoljava „odstupanja" od principa stabilnog protoka. U mjeri u kojoj se proizvod po svojim svojstvima i procesu njegova stvaranja odmiče od ideala standardiziranog proizvoda, on poprima obilježja koja su sličnija uslugama.

No, potrebno je istaknuti da se danas sustavi koji „proizvode" usluge nastoje približiti efikasnim organizacijskim modelima razvijenima za sustave masovne proizvodnje standardiziranih proizvoda. Naime, i kod pružanja usluga teži se troškovnoj konkurentnosti koja se postiže analizom i racionalizacijom procesa. Sustavnim proučavanjem protoka, identifikacijom faza procesa, utvrđivanjem čimbenika njihove pojedinačne i zajedničke uspješnosti dolazi se do optimalnog korištenja raspoloživih ljudskih resursa (znanja, vještina) kao i tehničkih kapaciteta.

Kako bi se bolje iskoristili raspoloživi kapaciteti i u uslužnim djelatnostima se primjenjuju principi specijalizacije, standardizacije i planiranja. Naime i ovdje se konkurentnost postiže upravljanjem procesnim tokovima i kontrolom troškova. Dobar primjer primjene principa standardizacije moguće je pronaći u lancima brze hrane. Ni banke ne zaostaju, dapače. Ako se usporede politike proizvoda i asortimana proizvodnih i uslužnih djelatnosti, ponovno se nailazi na sličnosti. I usluge se mogu raščlaniti na sastavne dijelove, tj. usluge se mogu promatrati kao paket pod-usluga (engl. *bundle of services*).

S druge strane, suvremeni trendovi u proizvodnji materijalnih proizvoda sve više idu ka prilagođavanju proizvoda kupcu, dakle preuzimaju obilježja organizacije proizvodnog sustava kojeg bi nekada vezivali uz usluge. Može se stoga tvrditi da su granice između proizvodnih i uslužnih sustava danas mnogo manje izražene nego sredinom 20. stoljeća.

[18] Porter, M. E. (1980). *op.cit.*

Intenziviranje konkurencije između proizvođača materijalnih proizvoda na globalnoj razini sve češće nameće traženje prostora za fleksibilizaciju proizvodnih sustava. Istovremeno, materijalni proizvod postaje tržištu zanimljiviji, tj. povećava se vrijednost za kupca, ukoliko je proizvod popraćen i dodatnim uslugama. Izrazi koji se danas susreću u znanstvenoj zajednici jesu „integrirana rješenja" (engl. *integrated solutions*), proizvodno-uslužni sustavi (engl. *product-service systems,* PSS), uslužno vođene strategije (engl. *service-led growth strategies*) i slično. Ovakvi pristupi traže da se u projektiranju proizvodnog sustava predvidi mogućnost neujednačenih tokova, promjene alata, skraćivanja ili produžavanja vremena obrade radi postizanja različitih proizvodnih učinaka sukladno zahtjevima pojedinog kupca/naručitelja (engl. *customer*). Zapravo, otuda i engleski izraz *customization* kao naziv za trend prilagodbe izvedbi proizvoda ili usluga sve manjem broju korisnika koji iskazuju jedinstvene potrebe kojima nije moguće u potpunosti udovoljiti standardiziranim proizvodima ili uslugama.

## 1.6. ZAKLJUČAK

Operacijski menadžment se vezuje uz poslovnu funkciju tehničkog osmišljavanja procesa stvaranja vrijednosti unutar poduzeća. U proizvodnim poduzećima to je funkcija proizvodnje (operacija), a u uslužnim i javnim funkcijama neposredne transformacije usluge (informacija, klijenata). Operacijski menadžment zadužen je za aktivnosti oblikovanja i uspostave operacijskog sustava, planiranja i pokretanja operacijskih procesa, kao i za razvoj i praćenje poboljšanja operativnog dijela poslovanja. Izvorno se operacijski menadžment razvijao kroz analizu i organizaciju proizvodnih aktivnosti u poduzećima koja su se orijentirala na serijsku i masovnu proizvodnju. Precizno oblikovanje (dizajn) proizvoda i procesa zahtijevalo je identifikaciju i analizu elementarnih jedinica proizvodnih sposobnosti (kapaciteta) radnika i stroja, ujednačavanje kvalitete obrade i protoka materijala. Usklađivanje proizvodnje po količini i sastavu (asortimanu) proizvoda zahtijevalo je pažljivo planiranje izvora snabdijevanja i vremena obrade. Znanja koja su posjedovali operacijski menadžeri bila su važna za racionalizaciju poslovanja. Tercijalizacijom gospodarstva, postavilo se pitanje kako prilagoditi principe operacijskog menadžmenta uslužnim djelatnostima. Razvojem velikih poduzeća i povećanjem broja neproizvodnog osoblja, uočila se mogućnost korištenja principa analize proizašlih iz polja proizvodnog ili uslužnog menadžmenta i analize pratećih administrativnih procesa. Naime, i u uslužnoj djelatnosti nije ništa manje važna uloga operacijskog menadžmenta koji mora uspostaviti operacijski sustav sposoban u zadanim vremenskim rokovima racionalno isporučivati zadanu kvalitetu učinaka.

## 1.7. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***K*** | |
| ***Kapacitet*** | Radna sposobnost; očekivana ili raspoloživa količina učinka koju je moguće proizvesti s određenim proizvodnim resursom u jedinici vremena. Često korištena mjera radne sposobnosti nekog oblika opreme, stroja ili postrojenja (lanca/sustava strojeva). |
| ***N*** | |
| ***Načelo (princip) djelotvornosti*** | Zahtjev za postizanjem predviđenog učinka; izražava se omjerom postignutog učinka u odnosu na predviđeni.<br>Naziva se još i načelom efektivnosti. |
| ***Načelo (princip) protoka*** | Zahtjev za stalnim i ravnomjernim tokom odvijanja operacijskog procesa; za izbjegavanjem zastoja i praznih hodova. Visoka protočnost osigurava visoku razinu iskorištavanja kapaciteta. |
| ***Načelo (princip) racionalnosti*** | Načelo kojim se označava usmjerenost na snižavanje količina resursa potrebnih za postizanje nekog ishoda, te time i troškova. Niže troškove moguće je postići i korištenjem zamjenskih (jeftinijih) resursa, no uobičajeno je da se u operacijskom menadžmentu racionalnost nastoji postići što potpunijim iskorištavanjem raspoloživih proizvodnih mogućnosti, posebice kapaciteta opreme. |
| ***Načelo (princip) učinkovitosti*** | Zahtjev za postizanjem istih učinaka pri nižoj razini ukupnih ulaganja ili više razine učinaka pri postojećoj razini ukupnih ulaganja. Postiže se usklađivanjem omjera potrebnih resursa. Izražava se kroz različite izvedenice omjera proizvedene vrijednosti u odnosu na vrijednost/razinu iskorištenih resursa.<br>Naziva se još i načelom efikasnosti. |
| ***O*** | |
| ***Operacijski menadžment*** | Funkcija upravljanja operacijskim sustavom. Pojam označava osoblje zaduženo za upravljanje operacijskim sustavom kao i sustav odnosa, principa i pravila usmjerenih na oblikovanje djelatnog i učinkovitog operacijskog sustava. |
| ***Operacijski proces*** | Slijed aktivnosti kojima se ulazne vrijednosti pretvaraju u proizvode i usluge koji su predmet poslovanja organizacije. |
| ***Operacijski sustav*** | Uređeni sustav odnosa materijalnih i nematerijalnih resursa. Pretpostavka je da je operacijski sustav osmišljen i ustrojen sukladno poslovnim i operacijskim strategijama organizacije. |
| ***P*** | |
| ***Proizvodnost*** | Vid učinkovitosti često korišten pri analizi proizvodnih sustava. Količina proizvedenih dobara ili proizvoda (po čemu se i izvodi pojam) pri stalnoj razini raspoloživih kapaciteta. |

| | |
|---|---|
| ***Proizvodni sustav*** | Operacijski sustav koji stvara opipljive proizvode. Iz njega proizlazi novostvoreni oblik vrijednosti koji posjeduje jasna fizička (materijalna) svojstva. Kad se pojavljuje kao pojam suprotstavljen uslužnom sustavu, ukazuje na teorijski model operacijskog sustava usmjerenog na oblikovanje zasnovano na optimalizaciji odnosa fizičkih (materijalnih) resursa i fizičkih tokova, što ga čini relativno objektivnim. Usmjerenost operacijskog menadžmenta na materijalnu sastavnicu oblikovanja operacijskog sustava često je podržana kapitalnom intenzivnosti poslovne djelatnosti. |
| ***Proizvodno-uslužni sustavi*** | Hibridni sustavi koji objedinjuju principe oblikovanja koje koriste proizvodni sustavi i uslužni sustavi (engl. *product-service systems,* PSS). |
| ***U*** | |
| ***Usko grlo*** | Faza u procesu proizvodnje koja ograničava kapacitet protoka u nekom proizvodnom lancu. |
| ***Uslužni sustav*** | Operacijski sustav koji stvara neopipljive proizvode. Kada se pojavljuje kao pojam suprotstavljen proizvodnom sustavu, ukazuje na teorijski model operacijskog sustava usmjerenog na stvaranje doživljajnih oblika vrijednosti. Budući da je doživljajni značaj ponekad važniji od fizičkog, očekuje se da će ovi sustavi biti organizacijski fleksibilniji te da će zadovoljstvo korisnika usluge uvelike ovisiti o osobnom pristupu korisniku usluge. Zbog toga se, pri usporedbi s proizvodnim sustavima, uslužni sustavi smatraju radno intenzivnim. |
| ***V*** | |
| ***Vrijednosni lanac*** | Tok aktivnosti duž lanca dodavanja vrijednosti, po uzoru na tok procesa proizvodnje. Izraz se koristiti za opisivanje slijeda procesa proizvodnje i prometa duž ukupnog lanca proizvodnje koji obuhvaća više poslovnih subjekata i seže od sirovinskog izvora do dovršenog proizvoda u završnoj razini pojedinačne/osobne potrošnje. |

## 1.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Koja je uloga operacijskog menadžmenta u poslovnom sustavu?
2. Što podrazumijeva pojam operacijski proces?
3. Po čemu se operacijski menadžment razlikuje od strateškog menadžmenta?
4. Kako biste protumačili pojam ekonomija razmjera?
5. Što su efektivnost, efikasnost i proizvodnost?
6. Što podrazumijeva princip protoka?
7. Kakav je učinak „uskog grla“ u proizvodnom lancu na proizvodnost operacijskog procesa? Koje su posljedice „uskog grla“ za poslovni uspjeh?
8. Koje su sličnosti, a koje razlike između principa protoka i principa racionalnosti?
9. Koji trendovi su se javljali u operacijskom menadžmentu posljednjih 50-tak godina?
10. Po čemu se razlikuju proizvodni i uslužni proces?

## 1.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Provedite usporedbu proizvodnih sustava dvaju konkurentskih poduzeća; poduzeća „SVEPOPLANU“ i poduzeća „LAKOĆEMO“. Tablica 1.5. sadrži osnovne podatke koji opisuju tok i obilježja njihovih proizvodnih procesa.

***Tablica 1.5. Usporedba proizvodnih sustava poduzeća „SVEPOPLANU“ i „LAKOĆEMO“***

| Stavka | Poduzeće SVEPOPLANU | Poduzeće LAKOĆEMO |
|---|---|---|
| Broj faza proizvodnog procesa (svaka faza procesa = 1 radno mjesto) | 5 radnih mjesta | 5 radnih mjesta |
| Efektivni kapacitet proizvodnje | 500 | 300 |
| Kapaciteti po fazama procesa | 500-600-600-500-600 | 300-400-300-300-300 |
| Stopa iskorištenosti ugrađenih kapaciteta - odgovor na c) | | |
| Direktni trošak | | |
| Indirektni trošak po jedinici ($UFT/K$) | | |
| Ukupni trošak po jedinici ($UT_j = UDT + UFT/K$) | | |
| Prodajna cijena po jedinici proizvoda ($PC$) | 30,00 kn | 30,00 kn |
| Dobit po jedinici proizvoda ($d = PC\text{-}UT_j$) | | |
| Ukupna dobit ($D = d * K$) | | |

UPUTE I PITANJA:

a) Kod kojeg je od ova dva poduzeća proces proizvodnje bolje usklađen s principom ravnomjernog protoka? Koje će poduzeće ostvariti izraženije ekonomije razmjera? Polazeći od prethodnih odgovora, objasnite koje se poduzeće nalazi u povoljnijem tržišnom položaju.

b) U oba procesa razvidna je neusklađenost razina protoka. Koji je postotak ugrađenih kapaciteta trajno neiskorišten zbog tog nesklada? (Utvrdite koliki je ukupno ugrađeni kapacitete po svim fazama i podijelite s 5 koliki je broj faza procesa. Potom efektivni kapacitet podijelite s dobivenim brojem kako biste dobili postotak iskorištenosti kapaciteta). Je li se nakon izračuna što promijenilo u Vašem prethodnom odgovoru?

c) Pretpostavite da su sastav opreme kojom poduzeća raspolažu, kao i organizacije toka proizvodnog procesa, posljedice odluka menadžera koji su nekad vodili poduzeća. Današnji menadžeri raspolažu investicijskim sredstvima kojima mogu dograditi 100 jedinica kapaciteta. Kako biste uložili ta sredstva i kakvu biste tada imali iskorištenost kapaciteta?

d) Izračunajte financijske učinke za oba poduzeća ako je prodajna cijena po proizvodu 100 kuna, direktni trošak materijala 20 kuna, trošak amortizacije opreme na jednom radnom mjestu 500 kuna. Postupite analogno slučajevima predstavljenim u točki 1.3.2. (tablica 1.2) i izračunajte najprije indirektne troškove po jedinici proizvoda, potom ukupne troškove po

jedinici proizvoda i na kraju dobit po jedinici proizvoda i ukupno.

e) Usporedite financijske učinke u oba poduzeća u uvjetima kada je tržišna potražnja dostatna za prodaju sveukupne količine proizvedenih proizvoda s tržišnom situacijom kada oba poduzeća uspijevaju iskoristiti tek polovicu efektivnih kapaciteta uslijed oslabljene potražnje na tržištu. Prokomentirajte kratkoročni i dugoročni konkurentski položaj oba poduzeća.
f) Pokušajte mijenjati neke od (ostalih) polaznih pretpostavki i proučite njihov učinak na troškove i dobit.

**Zadatak 2.** Novi pristupi u definiranju domene operacijskog menadžmenta (prilog uz točku 1.3. ZA ONE KOJI ŽELE ZNATI VIŠE, tablica 1.6. u nastavku). Smisao je ovog zadatka razviti sposobnost uočavanja/analize novih sadržaja te provjere razumijevanja proučenog gradiva.

U ovom zadatku potrebno je:

a) Pronaći značenje nepoznatih akronima koji se pojavljuju u tablici 1.6.
b) Objasniti koristi koje je moguće očekivati zbog boljeg međusobnog razumijevanja (ili povezivanja) tržišno usmjerene poslovne funkcije (nabava, prodaja, istraživanje tržišta, promidžba) i operativne poslovne funkcije.
c) Objasniti moguće poteškoće koje se mogu pojaviti pri pokušaju dogovaranja (ili povezivanja) navedenih dviju funkcija.

***Tablica 1.6. Usporedba operativne izvrsnosti i potrošačevog/korisnikovog iskustva***

| Stavka | Potrošačevo/korisnikovo iskustvo | Operativna izvrsnost (procesna izvrsnost) |
|---|---|---|
| Smisao/svrha | Razumjeti i oduševiti korisnika | Jeftinije, bolje i brže voditi poslovanje i istovremeno isporučivati vrijednost korisnicima i ostalim dionicima |
| Način mjerenja | NPS (engl. *net promoter score* - omjer lojalnih korisnika i onih kojih se povlače od kupovine)<br>CLV (engl. *customer life-cycle value* - mjera ostvarene vrijednosti za korisnika tijekom životnog vijeka proizvoda/usluge)<br>CTR (engl. *click through rate* - broj *klikova* na internetske oglase ili ponude)<br>VOC (engl. *voice of the customer* – tehnika za redefiniranje funkcionalnosti proizvoda putem istraživanja tržišta) | Udio neispravnih proizvoda, mjerenje rizika, mjerenje kvalitete, mjerenje sigurnosti, mjerenje pouzdanosti/ sukladnosti |
| Alati | Mapiranje ponašanja potrošača | *Lean* menadžment, Six Sigma, Kaizen |
| Način razmišljanja | Desnom polutkom mozga | Lijevom polutkom mozga |
| Fokus | Oblikovanje doživljaja | Kontinuirano poboljšanje |
| Zrelost discipline | U razvoju (nezrela) | Razvijena (zrela) |
| Tipičan „sponzor“ | Rukovodeće osoblje u marketinškim odjelima | Izvršni menadžeri i operacijski menadžeri |

| | | |
|---|---|---|
| Tehnološki fokus | Više-kanalni marketing<br>Upravljanje odnosima s dobavljačima (engl. *customer relationship management,* CRM), uspravljanje sadržajem, analitika potrošača | Oblikovanje procesa, automatizacija, programski paketi za vođenje operativnog poslovanja Upravljanje poslovnim resursima (engl. *enterprise resource planning*, ERP)<br>Upravljanje opskrbnim lancem (engl. *Supply Chain Management*, SCM)<br>Planiranje životnog ciklusa proizvoda (engl. *product life-cycle management*, PLM) |
| Procesna orijentacija | Proces vođen potrošačem | Završna faza procesa; često interna orijentacija |

Izvor: Moore, C. (2017). *Customer Experience and Operations Excellence Join Forces for Digital Transformation*, http://www.digitalclaritygroup.com/customer-experience-operational-excellence-join-forces-digital-transformation/, pristup: 25.10.2017.

**Zadatak 3.** Usporedite obilježja dviju vrsta usluga i dviju vrsta proizvoda. Zamislite da je jedna od usluga profesionalno savjetovanje, dok je druga usluga frizura za maturalnu zabavu, da je standardni proizvod bijela muška pamučna košulja, a personalizirani proizvod haljina za maturalnu zabavu šivana po narudžbi. Povežite svoja razmišljanja uz opis proizvoda standardne kvalitete i personaliziranog proizvoda iz točke 1.5:

a) Najprije pojedinačno, a potom zajednički usporedite sastavnice potrošačevog/korisnikovog doživljaja proizvoda ili usluge (pomoći Vam može tablica 1.4.).
b) Usporedite emocionalni naboj, tj. snagu osjećaja i pojedinačni značaj koji osoba pridaje nabavci pojedinog od navedenih dobara.
c) Objasnite kakav je očekivani utjecaj osjećaja pri nabavci (gdje je on veći, a gdje manji).
d) Možete li navedene usluge/proizvode usporediti prema stupnju standardizacije?

***Tablica 1.7. Usporedba proizvoda i usluga***

| **Kriterij usporedbe** | **Usluge** | | **Proizvodi** | |
|---|---|---|---|---|
| | **Savjet** | **Frizura** | **Bijela košulja** | **Maturalna haljina** |
| Kratak opis bitnog sadržaja | Skup informacija | Privremena „umjetnička instalacija“ | Uobičajen muški odjevni predmet za svečane prigode | Jedinstven simbolički obilježen proizvod za jedinstven doživljaj u životu |
| Dostupnost osjetilima (vida, opipa…) | | | | |
| Mogućnost izražavanja količine i/ili kvalitete u prirodnim i fizikalnim jedinicama (broj, težina u kg...) | | | | |
| Mogućnost usporedbe sa sličnim proizvodom | | | | |
| Trajnost proizvoda/usluge u vremenu | | | | |
| Mogućnost opetovanog (kontinuiranog) korištenja od strane iste osobe | | | | |
| Očekivani utjecaj na korisnikov osjećaj vrijednosti proizvoda/usluge u slučaju da se identična usluga/proizvod omogući drugim korisnicima | | | | |
| Dodajte još neka usporedna obilježja koja smatrate prikladnima | | | | |

Vjerojatno se pri usporedbi doživljajnih odrednica proizvoda i usluga nailazi na dileme. Možda je haljina sašivena po mjeri naručena kako bi se omogućio jedinstven doživljaj u životu (kao što je maturalna zabava). Ako da, tada smo svjesni da naručujući haljinu za maturalnu zabavu zapravo kupujemo neopipljiv osobni doživljaj. Cijena koju je netko spreman platiti u velikoj je mjeri subjektivna odluka (ovisi o vrijednosnim stavovima, o platežnim mogućnostima, možda čak o tome tko je partner na maturalnoj zabavi). Ne samo da je osoba koja je haljinu naručila spremna izdvojiti dosta novca, već je spremna i na sudjelovanje u cijelom procesu nastanka proizvoda, od nabave tkanine i dodatka, do višestrukih posjeta krojačici kako bi haljina savršeno pristajala. Prethodni slučaj zapravo ukazuje na određene okolnosti koje mogu proces izrade materijalnog proizvoda prilično poistovjetiti s razvojem/izvedbom nematerijalnog proizvoda.

## LITERATURA


1. Adams, E. E. i Swamidass, P. M. (1989). *Assessing Operations Management from a Strategic Perspective*. Journal of Management. vol. 15. br. 2.
2. Best, M. (1996). *The New Competition - Institutions of Industrial Restructuring*. Polity Press
3. Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management*. 7th edition. McGraw-Hill. Irwin
4. Gaither, N. (1992). *Production and Operations Management*. 5th edition. The Dryden Press. International edition
5. Grönroos, C. i Ojasalo, K. (2004). *Service Productivity: Toward a Conceptualization of the Transformation of Inputs into Consumer Value in Services*. Journal of Business Research. vol. 57. br. 4.
6. Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management*. Pearson
7. Hirschhorn, L. i Gilmore, T. (1992). *The New Boundaries of the "Boundaryless" Company*. Harvard Business Review. May-June
8. Porter, M. E. (1980). *Competitive Strategy*. New York: The Free Press
9. Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage*. New York: The Free Press
10. Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management – Creating Value along the Supply Chain*. 7th edition. John Wiley & Sons
11. Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th editon. Pearson
12. Smith, A. (2013). *How Are We Doing? Tracking Efficiency, Utilizationa and Productivity*. Universal Journal of Industrial and Business Management 1 (4)
13. Wild, R. (2002). *Operations Management*. 6th edition. Thomson Learning
14. Womack, J. P., Jones, D. T. i Roos, D. (2007). *The Machine that Changed the World – How Lean Production Revolutionized the Global Car Wars*. London: Simon and Schuster
15. Žugaj, M. i Strahonja, V. (1992). *Informacijski sustavi proizvodnje*. Zagreb: Informator


## Internet izvori


1. https://keydifferences.com/difference-between-strategic-planning-and-operational-planning.html
2. https://www.hrleksikon.info/definicija/proizvodnost.html
3. Moore, C. (2017). *Customer Experience and Operations Excellence Join Forces for Digital Transformation.* http://www.digitalclaritygroup.com/customer-experience-operational-excellence-join-forces-digital-transformation/

# 2. OPERACIJSKA STRATEGIJA I CILJEVI

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *razlučiti i opisati sadržaj pojmova operacijski sustav, operacijski menadžment, operacijska strategija i operacijski plan*
- *objasniti odnos operacijskih strategija i poslovnih strategija*
- *objasniti ulogu operacijske strategije u upravljanju konkurentnošću organizacije*
- *navesti i objasniti alternative pri odabiru konkurentskih prioriteta*
- *opisati postupak razvoja operacijske strategije*
- *navesti neke od uobičajenih ciljeva vezanih uz operacijske strategije*
- *usporediti dva operacijska sustava i obrazložiti izvore njihovih konkurentskih prednosti*
- *opisati značenje operacionalizacije operacijske strategije.*

## 2.1. UVOD

U prethodnom je poglavlju utvrđeno da je operacijski menadžment značajan čimbenik poslovne uspješnosti. To je i očekivano budući da je operacijski menadžment zadužen za značajan dio provedbe općih poslovnih strategija. Ovo poglavlje proširit će i preciznije opisati kako operacijski menadžment, putem operacijske strategije i ciljeva, doprinosi izgradnji specifičnog načina stvaranja vrijednosti pojedinog poslovnog sustava.

Zadatak je ovog poglavlja objasniti kako operacijska strategija utječe na konkurentnost pojedinog poslovnog sustava te kako obilježja operacijskog sustava predodređuju odabir operacijskih strategija. Navest će se elementi operacijskih strategija te ukazati na strateške implikacije obilježja operacijskih sustava. Posebno će biti obrađeni ciljevi operacijskog menadžmenta, kako na razini strateških opredjeljenja, tako i na razini praćenja izvršenja operacijskih strategija.

Upravljajući operacijskim sustavom poslovanja operacijski menadžment mora donositi odluke o čitavom nizu pitanja. Neke od tih odluka su dugoročne prirode**.** Obično se radi o odlukama koje ukazuju na relativno trajna opredjeljenja u pogledu odabira principa vlastitog operativnog poslovanja. **Osnovni smisao** izrade i donošenja operacijske strategije je osigurati skladnost (konzistentnost) dugoročnog upravljanja operativnim resursima te razviti sposobnost uspješnog prilagođavanja zahtjevima poslovne okoline. Bude li operacijski menadžment djelovao konzistentno, odluke o različitim elementima operativnog sustava međusobno će se podupirati, neovisno o tome tko ih bude donosio, u kojem trenutku i pod kojim okolnostima.

Operacijska strategija pojašnjava **željeni smjer razvoja operacijskog sustava.** No, kako će u konačnici neki operacijski sustav izgledati i koliko će biti u stanju doprinijeti uspješnosti sveukupnog poslovanja ovisit će o mnogobrojnim čimbenicima od kojih mnogi nadilaze neposredni prostor utjecaja operacijskog menadžmenta. Takvi su, primjerice, raspoloživost investicijskih sredstava, očekivani prinosi na ulaganja, tržišni odnosi (odnosi snaga i segmentacija tržišta među konkurentima), opća gospodarska situacija, očekivana kretanja potražnje, dinamičnost

tehnološkog razvoja itd.[19] Unatoč tome što operacijski menadžment ne odlučuje, barem ne izravno, o mnogim od navedenih čimbenika, oni ulaze u sferu interesa operacijskog menadžmenta te se prate i analiziraju u cilju **odabira najpovoljnijih strateških alternativa.**

Operacijska strategija, i njoj pridruženi operacijski ciljevi, pruža cjelovito razumijevanje odrednica operativnog poslovanja. Imajući jasniju predodžbu o tome što sustav čini uspješnim svaki će operacijski menadžer, neovisno o položaju i području nadležnosti, lakše razlučiti kako se njegova odluka uklapa u temeljni model poslovanja. Naime, jedno od temeljnih određenja organizacije i uspješnosti poduzeća je način na koji ostvaruje konkurentnost, tj. kako odabire prioritetne ciljeve pri tržišnom natjecanju. Dugoročnim i međufunkcijski usklađenim promišljanjem dugoročne operacijske strategije povećava se vjerojatnost poslovnog uspjeha. Sustavi koji posjeduju uređenu informacijsku podlogu i dobru međufunkcijsku koordinaciju spremnije pristupaju odlukama o odabiru tehnologije, izboru proizvodnog asortimana, oblikovanju proizvoda, odnosima s dobavljačima, kooperantima i kupcima, obuci i zapošljavanju radnika, izvorima financiranja tekućeg poslovanja i novih ulaganja.

Operacijska strategija često, ali ne i nužno, podrazumijeva **formalno usvojen dokument** koji objedinjuje temeljne smjernice za dugoročno upravljanje operacijskim sustavom.[20] Poslovni svijet pojam strategije opisuje kao **metodu i plan za postizanje ciljeva** ili rješavanje problema, te kao vještinu i znanost **efektivnog i efikasnog upravljanja resursima**.[21]

Dužina razdoblja za koje se oblikuju operacijske strategije varira ovisno o poslovnoj djelatnosti i opredjeljenjima poslovnog subjekta koji strategiju donosi. Dužinu strateškog razdoblja nazivamo **strateški horizont.** Obično se vremenski horizonti operacijskih strategija, kao uostalom i poslovnih strategija, prilagođavaju trajanju konjunkturnih i investicijskih ciklusa u pojedinoj djelatnosti. Oni poduzetnici koji posluju u izrazito dinamičnoj tehnološkoj i tržišnoj okolini imat će kraće vremenske horizonte. Oni pak koji koriste kapitalno intenzivnu opremu ili ne očekuju znatnije promjene tehnologije kroz koje desetljeće, svoje će strategije osmišljavati (i prilagođavati) za duže vremensko razdoblje.

## 2.2. ULOGA OPERACIJSKIH STRATEGIJA U UPRAVLJANJU KONKURENTNOŠĆU POSLOVNOG SUSTAVA

Operacijske strategije su bitan konstitutivni dio sveukupnog strateškog planiranja jednog poslovnog sustava. Veza općeg menadžmenta i operacijskog menadžmenta je uzajamna. Poslovna strategija koju donosi opći menadžment značajno utječe na visinu i strukturu ulaganja u operacijski dio poslovanja. S druge strane, upravo su operacije onaj dio poslovanja koji čini svaki

19 Zbog mnogobrojnih okolnosti koje je potrebno uvažiti pri oblikovanju strategije kako bi strategija bila realna, operacijski menadžment mora usko surađivati s općim menadžmentom te menadžmentom ostalih funkcijskih područja u poduzeću.

20 Naime, poslovna literatura također poznaje pojam **implicitnih strategija**, tj. neformalnih strategija. Implicitnim strategijama označavaju se spontano razvijeni principi djelovanja nekog sustava ili skupine. Pretpostavka je da su implicitne strategije duboko usađene u formalnu organizacijsku strukturu nekog sustava te da su dio organizacijske kulture, tj. sustava vrijednosti, vjerovanja i s njima povezanih obrazaca ponašanja. Smatra se da su implicitna i eksplicitna strategija u odnosu međuzavisnosti.

21 Poslovni rječnik (www.*businessdictionarry.com,* pristup: 31.01.2019.)

poslovni sustav jedinstvenim, pružajući različiti sklop operacijskih prednosti u odnosu na operacijske sustave konkurentskih poslovnih subjekata.

Na razini poslovnog sustava, tri su temeljna pitanja obuhvaćena strateškim promišljanjem: 1. što i kako će se proizvoditi ili koja će se usluga pružati; 2. za koga; 3. može li se taj pothvat financirati i koji je očekivani povrat na ulaganje. Odgovori na ta pitanja dobivaju se uvažavanjem informacija koje posjeduju sva funkcijska područja poslovanja. Saznanja koja posjeduje operacijska funkcija (proizvodna funkcija, sektor operative), tržišna funkcija (marketing, služba za odnose s korisnicima usluge) te financijska funkcija (plan i analiza, računovodstvo, služba za razvoj) koordiniraju se i usklađuju da bi utvrdili opće poslovne strategije i planove za buduće poslovanje.

### 2.2.1. Poslovna strategija kao polazište za oblikovanje operacijske strategije

Često se problem oblikovanja poslovne strategije sagledava kroz prizmu odabira između dvije teorijski zasnovane strateške alternative. U osnovi, polariziranjem dviju strateških alternativa te vezivanjem ostvarivanja strategije uz određeni oblik (dugoročne) konkurentske prednosti, pojednostavljuje se promišljanje o konzistentnosti strategije i u njoj sadržanih strateških ciljeva.

Kako bi se bolje razumjelo specifičan sadržaj operacijskih strategija u ovom pristupu, potrebno je najprije objasniti raspoložive strateške izbore u okviru polazišne poslovne strategije. Ponekad se poslovne strategije naziva i strategijama tržišnog pozicioniranja. Naime, sa stanovišta općeg menadžmenta, osnovna dilema koja se javlja pri odabiru poslovne strategije je kako odrediti vlastiti tržišni prostor i sukladno tome izgraditi organizacijske resurse koji podržavaju odabranu poslovnu strategiju. Pri tome se nastoji uravnotežiti dva suprotstavljana principa; princip stabilnosti i princip fleksibilnosti. Oba su bitna za postizanje maksimalnih financijskih učinaka poslovanja u što dužem vremenskom razdoblju.[22]

Proizvođači materijalnih proizvoda često koriste **specijalizirane proizvodne linije** koje im omogućavaju maksimalnu protočnost proizvodnje. Ovakve strategije, zovemo ih **strategijama troškovnog vodstva**, obično računaju da tržišni udio drže zahvaljujući niskoj cijeni koštanja proizvodnje cjenovno-kvalitativno dobro uravnoteženog i stoga tržišno poželjnog proizvoda. Sa stanovišta kupca, privlačnost proizvoda proizlazi prvenstveno od niže prodajne cijene za proizvod zadovoljavajuće funkcionalnosti. Za proizvođača, jedna od manje poželjnih strana ravnomjerne proizvodnje (i punog iskorištavanja proizvodnih kapaciteta) može biti izrazita ograničenost širine i elastičnosti proizvodnog programa. Također, zadiranje u konstrukcijska rješenja ili sastav proizvoda često zahtijeva otpis ili značajne izmjene postojeće proizvodne opreme. Brze ili učestalije promjene na sirovinskim i prodajnim tržištima te u dobavnom ili distribucijskom lancu mogu poremetiti odnose između, za ranije prilike, dobro projektiranih planova materijala i pravilnih tijekova procesa. Posljedice mogu biti porast troškova proizvodnje, što može značajno smanjiti tržišni udio i ugroziti nastavak poslovanja poduzetnika.

[22] Veća stabilnost poslovanja u pravilu omogućava izrazitije ekonomije razmjera, ravnomjernost protoka i preciznije planiranje, a time veću predvidivost načina odvijanja operacijskih procesa što vodi racionalnosti u iskorištavanju raspoloživih resursa. Tržišne promjene pak traže mogućnost odstupanja u pogledu sastava/konstrukcijske izvedbe proizvoda, veličine serija, primijenjenih tehnoloških postupaka i slično.

Alternativu konkuriranju, kroz dobar omjer cijene i kvalitete, predstavljaju tzv. **strategije diferencijacije**. One smjeraju na manje tržišne segmente, ali svoje proizvode i usluge nastoje izdvojiti od masovnih proizvoda natprosječnom kvalitetom ili nekim drugim poželjnim svojstvom koji kupcu opravdava plaćanje više tržišne cijene.

Pored poslovnih sustava koji se svjesno opredjeljuju za određenu strategiju tržišnog pozicioniranja, postoje i oni poduzetnici čiji su odgovori na tržišne izazove stihijski i sporadični, odnosno javljaju se kao naknadne reakcije. Ovdje je u pravilu riječ o poduzetnicima koji su manje osviješteni o važnosti operacijskog menadžmenta, koji probleme rješavaju kako najbolje znaju onda kada se oni pojave. Primjerice, uoči li se pad prodaje u nekoliko posljednjih mjeseci, a gotovi se proizvodi gomilaju na prepunom skladištu, poduzetnici će postaviti pitanja poput: Može li se sniziti prodajna cijena? Koliko dugo je moguće izdržati s negativnim povratom na ulaganja? Je li bolje obustaviti proizvodnju, ili nastaviti unatoč neizvjesnoj prodaji? Hoće li se prodavati već nabavljena sirovina ili neka druga imovina? Što s radnicima? I slično.

Strateško promišljanje suprotstavlja se prostom prepuštanju slijedu zbivanja. Najbolje ga je objasniti kao svjestan odabir izvora konkurentskih prednosti za duže vremensko razdoblje. Pitanja koje se tada postavljaju su: Je li za poduzeće primjerenije konkurirati cijenom ili kvalitetom? Posjeduje li poduzeće zaštićene tehnologije ili proizvodne sposobnosti koje ga po nečemu čine jedinstvenim, primjerice tehnološkim predvodnikom? Kako se lokacija postojećih postrojenja odražava na tokove i troškove nabavljanja, proizvodnje i isporuke? Je li moguće restrukturirati vlastiti lanac vrijednosti, u kojim fazama i što time dugoročno dobivamo?

Ovom je prigodom dobro naglasiti da suvremeni poslovni svijet uvažava i **strategije brzih reakcija na tržišne promjene** (engl. *competing on response*)**.** Takav je primjer proizvodnje po narudžbi ili pak pružatelja usluga organiziranih na tehnološkim platformama koje podržavaju ekonomije dijeljenja.[23] No, u ovakvom slučaju, postoji razlika u odnosu na prethodno opisanu situaciju od tržišta „nametnute" reakcije, a to je da se u odabir strategije sada ide svjesno i prema izabranoj strategiji se oblikuje kako operacijski sustav, tako i čitava organizacija.

**Na usvojene poslovne strategije nadovezuju se operacijske strategije.** Njih priprema i provodi operacijski menadžment. Operacijski menadžment najbolje razumije u kojoj je mjeri operativni podsustav sposoban podržati ostvarivanje razvojnih i konkurentskih ciljeva poslovnog subjekta.[24] Da bi operacijski menadžment svoj zadatak mogao izvršiti na najbolji mogući način, on analizira odrednice poslovne/konkurentske strategije te procjenjuje što bi bio najbolji način razvoja vlastitog operacijskog sustava.

---

[23] Prikazi i komentari poslovnih sustava koji djeluju u Hrvatskoj, a organiziranih na osnovama ekonomija dijeljenja, mogu se sve češće pronaći u tisku. Riječ je o poslovnom modelu koji objedinjuje resurse više osoba, privatnih i poslovnih, te ih zajednički nudi uz pomoć tehnoloških platformi.

[24] Veza između funkcijskih strategija nije dana samo kroz potrebu usklađivanja stavova prilikom donošenja zajedničkih poslovnih strategija i planova. Postoji i povratna veza koja se ostvaruje temeljem provedbi strategija, primjerice, opća financijska uspješnost otvara prostor za nova ulaganja, a time i razvoj operativne dimenzije poslovnog sustava. Ako je ukupno poslovanje financijski uspješno, otvara se prostor za daljnja ulaganja u usavršavanje cijele organizacije, uključujući dogradnju (ili mijenjanje) operacijskog sustava.

## 2.2.2. Odluke u postupku pripreme operacijske strategije

Oblikovanje operacijske strategije je složen proces. Kako bi se smanjila mogućnost previda bitnih informacija i pogrešnih procjena, nastoji se oblikovanju operacijskih strategija pristupiti procesno, kroz slijed povezanih odluka. **Procesni pristup razvoju strategije** ukazuje na logičnu slijednost odluka kojima se oblikuje operacijski sustav.

Tako N. Gaither,[25] promatrajući sustave materijalne proizvodnje, navodi pet razina odluka koje određuju operacijsku strategiju. Odluke su sistematizirane hijerarhijski, počevši od onih koje se odnose na najduži vremenski horizont, prema onima koje se odnose na kraća vremenska razdoblja. Riječ je o sljedećim odlukama:

1. odluke o pozicioniranju operacijskog sustava
2. odluke o stupnju fokusiranja proizvodnje
3. odluke o izboru tehnoloških procesa i tehnologija
4. odluke o alokaciji resursa prema strateškim alternativama
5. odluke o veličini, lokaciji i rasporedu kapaciteta

**Odlukama o strateškom pozicioniranju operacijskog sustava** određuje se način konkurentskog nadmetanja. Odluka će u velikoj mjeri ovisiti o tržišnom udjelu pojedinog proizvođača. A taj je, u pravilu, povijesno zadan.

Teoretski, dvije su suprotstavljane opcije: konkurirati cijenom ili diferencijacijom. U pogledu implikacija za oblikovanje operacijskog sustava odluka o strateškom pozicioniranju odrazit će se na izbor tehnologije, obilježja instalirane opreme i razinu kapaciteta. Dugoročno gledano, tehnologija je ta koja predodređuje hoće li se proizvoditi velike količine standardiziranih proizvoda ili će se manjim serijama prilagođenih proizvoda ciljati na manje tržišne populacije i biti u prilici češće inovirati proizvod.

Ako proizvođač svoj konkurentski položaj zasniva na nižoj cijeni proizvodnje funkcionalno konkurentnog proizvoda pouzdane kvalitete, birat će ***proizvodno-orijentirane (specijalizirane) proizvodne linije*** u čije je oblikovanje spreman uložiti značajna sredstva. Uvjet koji opravdava ulaganje financijski značajnih sredstava u specijaliziranu opremu zasniva se na pretpostavci kontinuiteta potražnje barem u vremenu dok traje amortizacija ulaganja. Prednost ovakvog sustava je maksimalna efikasnost, što je jamstvo niskih troškova proizvodnje; nedostatak je ograničavanje manevarskih sposobnosti. Sustav suprotne orijentacije koji preferira fleksibilnost nad niskom cijenom proizvodnje, tzv. ***procesno orijentirani sustav*****,** pogodan je ako se očekuje nestabilnost potražnje. Proizvodni sustav se tada projektira na način koji omogućuje kasnije promjene ili nadogradnje. Ovaj sustav ujedno je pogodniji za varijabilnost proizvoda i proizvodnju po narudžbi. Nedostatak mu je viša jedinična cijena proizvoda.[26]

[25] Gaither, N. (1992). *Production and Operations Management*. 5th edition. The Dryden Press. International edition. str. 54-56. Gaither zapravo ovih pet razina odluka naziva sastavnicama (elementima) operacijskih strategija. Kasnije, u istoj knjizi (str. 126-129), kao temeljne čimbenike koji utječu na odluke o oblikovanju procesa Gaither navodi: prirodu potražnje, stupanj vertikalne integracije, fleksibilnost proizvodnje, stupanj automatizacije, razinu kvalitete i intenzitet odnosa s kupcem/korisnikom.

[26] Uobičajeni teorijski prikazi strateških alternativa pretpostavljaju da je strateški izbor moguć između dvije teorijski suprotstavljene krajnosti. Takav se pristup zapaža i u ovoj razradi, ali i pri većini kasnije izloženih sistematizacija strategija i strateških ciljeva.

**Odluke o razini fokusiranja** odnose se na politike proizvoda i asortimana**.** Traži se ona kombinacija proizvoda ili usluga koja će u konkretnom vremenu optimalno iskoristiti potencijale što ih pružaju postojeći kapaciteti, distribucijski kanali i spoznaje o zahtjevima tržišta. Gledano s aspekta planskog horizonta, u usporedbi s odlukama o strateškom pozicioniranju, ove se odluke vezuju za kraća vremenska razdoblja.

Još od 1980-ih izražen je trend fokusiranja. Prednosti fokusiranja uključuju bolju preglednost tržišta i tehnologija, jednostavniju administrativnu strukturu i procese planiranja i, što je također važno, mogućnost stvaranja zaštićenih tržišnih niša. Prednosti više verzija proizvoda i šireg asortimana je u poboljšanju izbora za kupca/korisnika i manjoj izloženosti riziku tržišta. Nedostaci su prvenstveno manje uravnotežen ritam proizvodnje uz nižu popunjenost kapaciteta, složeniji sustav skladišta i nabave, složenije planiranje i praćenje izvršenja, problemi s rokovima, suprotstavljeni interesi i manje jasni prioriteti.

**Odluke o izboru tehnoloških procesa i tehnologije** podrazumijevaju odabir, a ponekad i projektiranje opreme i postrojenja. Ovisit će o zahtijevanoj brzini i točnosti obrade, potrebnoj protočnosti pojedinih faza tehnološkog procesa, poželjnim (i dostupnim) stupnjem automatizacije, predviđenim tržišnim fluktuacijama i drugim čimbenicima koji određuju pojedini operacijski sustav.

**Odluke o alokaciji resursa** jesu one koje određuju kriterije raspodjele rijetkih resursa. To mogu biti financijska sredstva, ali i raspoloživi kapaciteti, postojeće zalihe, prostor, osoblje itd.

**Odluke o veličini, lokaciji i rasporedu kapaciteta** proizlaze iz prethodnih odluka i postavljaju relativno fiksni okvir u kojem će operacijski menadžment operirati u tekućem vremenu.

Pet spomenutih odluka definira temeljnu strukturu operacijske funkcije.[27] Naime, strateške odluke predodređuju sadržaj gotovo svih odrednica operacijskog upravljanja vezanih uz **pojedinačne sastavnice operacijskog sustava**. Tu su obuhvaćene odluke i politike vezane uz:[28]

1. oblikovanje proizvoda i usluga
2. razinu kvalitete
3. obilježja operacijskog procesa
4. odabir lokacije
5. raspored opreme
6. radnike i oblikovanje posla
7. snabdijevanje i suradnju s tržišnim partnerima (kooperaciju)
8. zalihe
9. sustav planiranja
10. održavanje

Popis područja odlučivanja koje razmatra operacijski menadžment, dakako, nije teorijski zadan. Dapače, popis područja djelovanja je vrlo fleksibilan i ovisi najviše o tome kako u pojedinom poslovnom sustavu menadžment sagledava svoje ovlasti i odgovornosti.

---

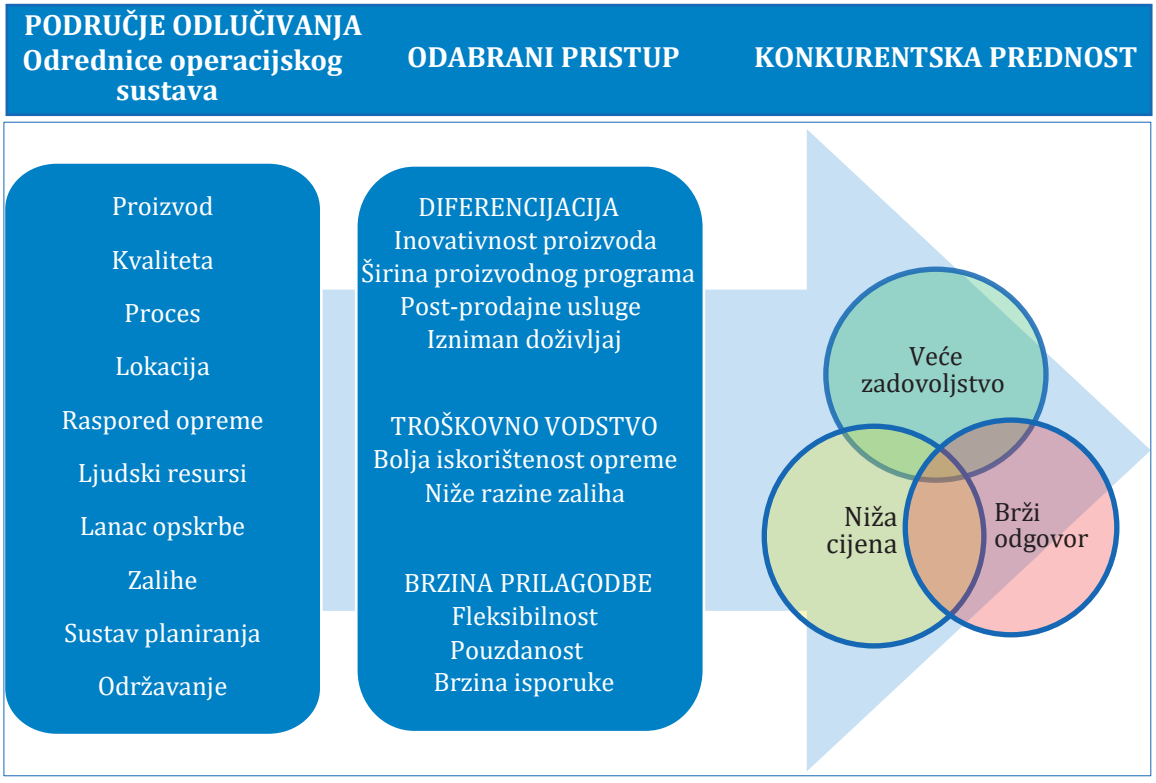
27 Gaither, N. (1992). *op.cit*. str. 121.

28 Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management*. Pearson. 8th edition. str. 70.

## 2.2.3. Primjeri strateških prioriteta

Preciziranjem načina kako će ostvariti konkurentske prednosti sukladno odabranoj poslovnoj strategiji (diferencijacije proizvoda ili troškovnog vodstva), operacijska strategija ujedno predodređuje oblik operacijskog sustava i način korištenja kritičnih resursa. U stvari, poslovna strategija izdvaja strateške prioritete, dok operacijska strategija preuzima zadatak procjene najpovoljnijeg načina na koji će se oblikovati strateške sposobnosti (kompetencije) operacijskog sustava. Na određen način, konkurentski ciljevi poslovnog sustava postaju „područja djelovanja" operacijskog menadžmenta. Budući da poznaje način funkcioniranja operacijskog sustava te najbolje razumije zahtjeve i posljedice odabira određenog pristupa tržišnog pozicioniranja, od operacijskog se menadžmenta očekuje da sastavnice prilagodi postizanju konkurentskih (poslovnih) ciljeva.

U nastavku je izložen prikaz utjecaja odluka vezanih uz operacijski menadžment na ostvarivanje konkurentskih prednosti u poslovanju poslovnih sustava (slika 2.1).[29]




***Slika 2.1. Odnos operacijske strategije i konkurentnosti poslovnog sustava***

Slika 2.1. ukazuje na povezanost poslovne strategije i operacijske strategije.[30] U prvom su stupcu popisana područja odlučivanja koja pripadaju u nadležnost operacijskog menadžmen-

[29] Prilagođeno prema: Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 70.

[30] Operacijska strategija zadana je poslovnom strategijom. To znači da operacijska strategija odražava opće poslovne ciljeve zadane poslovnom strategijom, te ih razrađuje na razini onih provedbenih odluka koje su u nadležnosti operacijskog menadžmenta. U prvom je poglavlju detaljnije objašnjena veza poslovnog i operacijskog menadžmenta i s njima povezanih strategija.

ta. Radi se o resursima, sustavima i sposobnostima koji čine odrednice djelovanja određenog operacijskog sustava, odnosno temeljnu (infra)strukturu na kojoj se zasniva poslovanje svakog pojedinog poduzetnika. Ta je struktura jedinstvena za svaki poslovni sustav, a nastaje slijedom mnogobrojnih odluka i postupanja koja prate povijesni razvoj poduzetnika.

Iz zatečene kombinacije resursa i sposobnosti proizlazi tekući tržišni potencijal poduzetnika: razina prodajnih cijena i razina zadovoljstva kupca u određenom trenutku. Promjenu trenutnog tržišnog položaja moguće je postići promjenom obilježja odrednica operacijskog sustava iz prvog stupca. Drugi stupac navodi primjere mogućih pristupa promjeni odrednica operacijskog sustava. Smisao odabira određenog pristupa je postizanje odabranih vidova konkurentskih prednosti. Njih slika prikazuje u trećem stupcu. Treći stupac ujedno upućuje na ispreplenost ishodišta konkurentnosti poduzetnika.

Kako je prethodno naznačeno, zadaća operacijskih strategija je razraditi i oživotvoriti planove tržišnog pozicioniranja. Operacijska strategija procjenjuje kako **ključne strateške prioritete**, značajne svim poslovnim sustavima, provesti na **način primjeren točno određenom poslovnom sustavu**. Svaki će poduzetnik, procjenjujući obilježja djelatnosti u kojoj djeluje, tržišne prilike te vlastiti položaj u odnosu na konkurenciju, odabirati one ciljeve koje smatra najprimjerenijim. Tako će avioprijevoznik koji nudi nisko-budžetske letove postaviti različite strateške prioritete od avioprijevoznika koji nudi luksuzne prijevozne usluge. Proizvođači elektroničkih naprava ili telekomunikacijskih usluga odabirat će strategije čiji je cilj izdvojiti upravo njihov proizvod ili uslugu u odnosu na konkurente. U tom će smislu točke koje slijede nastojati pojasniti opće odrednice konkurentskih sposobnosti te ukazati na postupak razrade sustava provedbenih ciljeva.

## 2.3. OBILJEŽJA OPERACIJSKIH SUSTAVA BITNA ZA TRŽIŠNO POZICIONIRANJE

Nekoliko je čimbenika koji određuju strateške izbore pri oblikovanju operacijskih strategija. To su, prije svega, relativna tržišna i financijska snaga (veličina) tržišnog subjekta u odnosu na konkurente, očekivane količine (volumen) proizvodnje i stabilnost proizvedenih količina kroz vrijeme. Zatim slijede mogućnosti i troškovi uvođenja izmjena u sastavu proizvoda i proizvodnog programa te načinu izvedbe proizvodnih operacija. Ova posljednja dva obilježja određuju **tip operacijskog ili proizvodnog sustava**; hoće li to biti linijski (proizvodno orijentirani) sustav ili složeniji (nelinearni), ali ujedno fleksibilniji, procesno orijentirani sustav.

Prvi, **linijski model organizacije operacijskog sustava** je osobito **pogodan za stabilnu tržišnu potražnju.** Ovdje tehnološki proces može biti vrlo složen, što zahtijeva pomno planirano oblikovanje tehnološkog procesa i specijalizaciju opreme. Složenost procesa razvoja proizvoda i specijalizirane opreme, posebno projektirane i proizvedene da zadovolji zahtjeve specifičnog proizvoda, odražavaju se kako na visinu početnog ulaganja, tako i na vrijeme otplate ulaganja. Ovakvo je ulaganje u pravilu rizično. Ulaz na tržište vezuje se uz značajna početna (nepovratna) ulaganja, a planirano vrijeme povrata ulaganja, dođe li do poremećaja na tržištu, može biti duže od stvarnog komercijalnog vijeka opreme. Zbog toga je financijska stabilnost poslovanja

takvog poduzetnika značajno ovisna o njegovoj sposobnosti održavanja stabilnog volumena proizvodnje i stabilnog volumena prodaje u dužem vremenskom razdoblju. Bitni su i utjecaji vanjske okoline na koje poduzeće može manje utjecati, osobito na stabilnost cijena na nabavnim i prodajnim tržištima. Ekonomski princip koji opisuje poslovnu logiku ovih poduzetnika je **princip ekonomije razmjera aktivnosti** (engl. *economies of scale*). Vrlo često su poslovni subjekti ovog tipa vezani uz jednu djelatnost.

Drugi model, **složeni operacijski sustav**, odgovara operacijskim procesima prilagođenima proizvodnji šireg asortimana. Pogleda li se tlocrtni raspored procesa stvaranja vrijednosti, on je često složen, razgranat, moguće linearan u dijelovima procesa, ali nelinearan na razini cjelokupnog procesa. Ovaj model organizacije proizvodnje ublažava problem tržišne izloženosti (apsorbira dio tržišnih rizika), ali značajno povećava složenost procesa i troškove administrativnog planiranja i praćenja tokova procesa unutar vlastitog poslovnog sustava i u mreži važnijih poslovnih partnera. To što planiranje postaje složenije, ne znači i da će biti preciznije od planiranja u stabilnom proizvodno orijentiranom sustavu. Uz u pravilu više cijene proizvodnje po jedinici proizvoda, financijsko bi poslovanje moglo vjerojatno biti ugroženo i niskom iskorištenošću kapaciteta, neutvrđenim gubicima vremena u procesu itd. Ovakav sustav često odabiru poslovni subjekti koji konkuriraju u više djelatnosti po **principu ekonomije raspona aktivnosti** (engl. *economies of scope*).

Kako je prethodno naznačeno, odabirom modela operacijskog sustava poduzetnici ujedno odabiru i ključni princip koji ih vodi u izgradnji stvarnog sustava pa odabiru opremu, dobavljače, načine planiranja proizvodnje i slično, svjesni da pri tom optimaliziraju poslovanje po jednoj dimenziji uspješnosti, žrtvujući oblike uspješnosti svojstvene alternativnom modelu poslovanja. U literaturi se svojstva koja opisuje strateški okvir, ili uvjetno rečeno prednosti i slabosti određenog modela operacijskog sustava, mogu naći pod nazivom **4V**. Četiri slova "V" na engleskom jeziku označavaju: **količinu** (engl. *volumen*), **raznovrsnost** (engl. *variety*), **promjenjivost** (engl. *variability*), i **preglednost** (engl. *visibility*). Svaki bi poduzetnik rado ostvarivao visoke i stabilne razine proizvodnje, a ujedno nudio i veliku i raznoliku ponudu proizvoda i usluga te ostvarivao potpuni nadzor nad poslovanjem. No, opredjeljenjem za određeni model organizacije operacijskog sustava, poduzetnik prihvaća i stanovita strateška ograničenja.

**Strateška ograničenja uzrokovana svojstvima odabranog operacijskog sustava** izdvojena su u tablici 2.1.[31] Na lijevoj strani popisana su obilježja linijskog proizvodnog sustava, dok su desno obilježja nelinearnih, a time i složenijih sustava. (Oznake u stupcima označavaju: V - visoko izraženo obilježje, N - nisko izraženo obilježje i M – manje izraženo obilježje).

[31] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: McGraw-Hill Education. str. 26.

***Tablica 2.1. Svojstva operacijskih sustava***

| Linijski sustav | Razlikovno obilježje | | | Složeni sustav |
|---|---|---|---|---|
| Izraženo ponavljanje<br>Izražena specijalizacija<br>Sustavnost i preciznost oblikovanja i planiranja<br>Kapitalno intenzivna oprema/postrojenje | V | OBUJAM (količina istovrsnih proizvoda) | M | Manje ponavljanja<br>Manje izražena specijalizacija<br>Manje izražena preciznost oblikovanja i planiranja<br>Visoka jedinična cijena proizvodnje |
| Precizno definiran tijek procesa<br>Važnost rutina i standardizacije | N | RAZNOVRSNOST proizvoda i asortimana | V | Fleksibilan sustav<br>Složen sustav<br>Moguće je uvažiti zahtjeve korisnika/kupca |
| Stabilnost<br>Predvidivost<br>Rutina<br>Visok stupanj iskorištenja kapaciteta | M | FLUKTUACIJE POTRAŽNJE ulaznih i izlaznih cijena, načina i rokova izvedbe | V | Primjenjivo korištenje kapaciteta<br>Prognoziranje tržišnih potreba prethodi planiranju proizvodnje<br>Fleksibilnost |
| Proizvodnja i potrošnja su odvojene vremenski i prostorno<br>Niska tolerancija na zastoje<br>Visoka razina iskorištavanja kapaciteta<br>Prilagodba korisniku može uzrokovati značajnije poskupljenje proizvoda | V | PREGLEDNOST | N | Kratko vrijeme između proizvodnje i potrošnje (nekad moguće istovremeno)<br>Zadovoljstvo ovisi o korisnikovoj osobnoj percepciji vrijednosti<br>Mogućnosti prilagodbe korisniku su izražene |
| Niska jedinična cijena proizvodnje | | Odraz na jediničnu cijenu | | Visoka jedinična cijena proizvodnje |

Tablica 2.1. ilustrira razlike između **dva teorijski suprotstavljena modela proizvodnih sustava**.[32] Prvi model, model **specijalizirane proizvodne linije** (linearnog procesa) zapravo može djelovati i kod više proizvodnih poduzeća.[33] Uvjet je da se prema svakom pojedinačnom proizvodu iz proizvodnog asortimana specijalizira vlastita proizvodna linija.

**Alternativni način** na koji je moguće teorijski sistematizirati operacijske sustave je polarizacija operacijskog modela prema pristupu tržišnog pozicioniranja. Suvremeni autori,[34] obrazlažući strategije orijentirane kupcima/korisnicima usluga, govorit će o strategijama **konkuriranja prilagođenošću usluge** određenom tržišnom segmentu (engl. *competing on response*). Riječ je o verziji

[32] U stvarnom svijetu, zadatak je operacijskog menadžmenta izgraditi konzistentan operacijski sustav. Prepoznavanje teorijskih modela kojima određeni sustav nalikuje olakšava sagledavanje usklađenosti odabranih ciljeva i politika vezanih uz pojedine elemente operacijskih sustava. Ujedno, modeli sugeriraju i ograničenja koja se odabirom određenih ciljeva i politika nameću pri upravljanju operacijama.

[33] Smatra se da kod poduzeća koja proizvode raznolik proizvodni program (tzv. diversificirana poduzeća) ekonomije razmjera nisu primaran strateški prioritet. No, i takva poduzeća mogu ostvarivati značajne ekonomije razmjera uz uvjet da je investicijski kapacitet dovoljan za postizanje optimalnih razmjera ulaganja u svaku, ili barem većinu, proizvodnih linija u sastavu poduzeća.

[34] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit*. str. 67-69.

strategija diferencijacije čiji je cilj stvoriti maksimalno moguću (individualiziranu) vrijednost za kupca/korisnika putem diferencijacije doživljaja. Ukoliko pak poduzeće smatra da njegove specifične konkurentske prednosti proizlaze iz relativne veličine u odnosu na konkurenciju, budući da manji konkurenti nisu u mogućnosti razviti sustav jeftinije proizvodnje, odabrat će strategiju velikih serija i **troškovnog vodstva** (engl. *competing on costs*). Ova strategija maksimalizira ukupnu funkcionalnost koju je moguće dostići uz relativno nisku razinu troškova proizvodnje.

Neovisno o kojoj je sistematizaciji operacijskih sustava riječ, bitno je da se njima implicira važnost strategija za oblikovanje samih proizvoda i proizvodnih procesa. Pri tome je naglasak na relativnoj trajnosti obilježja poslovnog sustava. Kada se jednom usvoji određena strategija te se krene u oblikovanje i izgradnju operacijskog sustava, promjene strategije moguće su jedino uz značajne dodatne troškove.

Posebnu teorijsku[35] kategoriju operacijskih sustava čine **fleksibilni proizvodni sustavi (FPS)**. Oni se zasnivaju na pretpostavci da je oblikovanje i izgradnju operacijskog sustava moguće unaprijed postaviti tako da istovremeno ostvaruje visoku iskorištenost kapaciteta visoko složenih i vrijednih postrojenja, a da se pri tom ne žrtvuje prilagodljivost (fleksibilnost) kroz vrijeme. Postizanje ovog vida fleksibilnosti u pravilu podrazumijeva korištenje suvremene tehnologije i integrirano računalno planiranje zaliha i korištenja proizvodnih kapaciteta.

## 2.4. CILJEVI OPERACIJSKOG MENADŽMENTA

Ciljevi operacijskog menadžmenta vezani su uz opće poslovne ciljeve i okvir koji zadaje usvojena operacijska strategija. Odabir i značaj operacijskih ciljeva razlikuje se od jednoga do drugoga poslovnog subjekta. Svaki se operacijski sustav, sa svim svojim komparativnim konkurentskim prednostima, razvija postupno kao rezultat poslovnih odluka donesenih u prošlosti. Ukoliko je u prošlosti postojala konzistentna politika razvoja resursa i konkurentskih sposobnosti, operativni će sustav biti sličniji određenom teorijskom uzoru. U protivnom, vjerojatno će iskazivati stanovite nekonzistentnosti. Stoga poduzeća nastoje razviti sustav operacijskih ciljeva kako bi se provjerila konzistentnost operacijskih strategija te olakšala njezina provedba.

Ciljevi se mogu izraziti na različite načine. Također, ciljeve je moguće definirati na više razina te s većom ili manjom preciznosti. Postoje tako ciljevi koji iskazuju opća strateška opredjeljenja, koji daju **smjernice** djelovanja. Moguće ih je opisati kao opće ciljeve operacijskog menadžmenta. No, postoje i precizniji operacijski ciljevi koji služe provedbi (operacionalizaciji) strategija te praćenju izvršenja plana (implementaciji) strategije. Takvi su, primjerice, ključni pokazatelji uspješnosti (KPI) koji se obrađuju nakon prikaza općih operacijskih ciljeva.

[35] Potrebno je podsjetiti se da u stvarnosti operacijski sustavi „streme“ teorijskim modelima poslovanja. Naime, dihotomna teorijska obrazloženja služe da bi olakšala sagledavanje posljedica (žrtvi) koje nastaju određenim odabirom, te za usporedbu odrednica uspješnosti između različitih modela poslovanja.

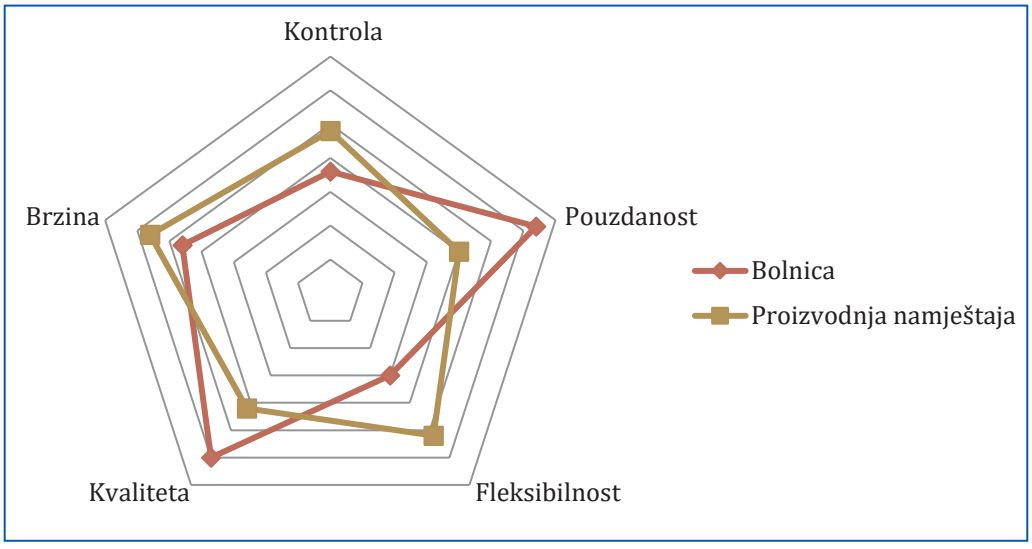
## 2.4.1. Opći ciljevi operacijskog menadžmenta

Opći ciljevi operacijskog menadžmenta određuju strateška opredjeljenja ključna za postavljanje organizacije operacijskih sustava. Sukladno Steven onu,[36] riječ je o odabirima vezanim uz:

1. kontrolu (mogućnosti snižavanja) troškova
2. pouzdanost
3. fleksibilnost
4. kvalitetu
5. brzinu

Opredjeljenje oko općih ili temeljnih ciljeva stvara okvir za buduće djelovanje operacijskog menadžmenta i služi podržavanju usklađenosti između specifičnih operacijskih strategija. Drugim riječima, radi se o ciljevima koji definiraju poželjan **pravac djelovanja**, tj. relativnu prisutnost ili budući ciljani značaj nekog od ovih pet ciljeva. Ono što se razlikuje, sukladno strateškom opredjeljenju, je važnost pojedinog cilja za uspjeh poslovnog sustava.

Moguće je pretpostaviti da će određene djelatnosti pokazivati veću osjetljivost za pojedinu kategoriju ciljeva, kao što to pokazuje slika 2.2.



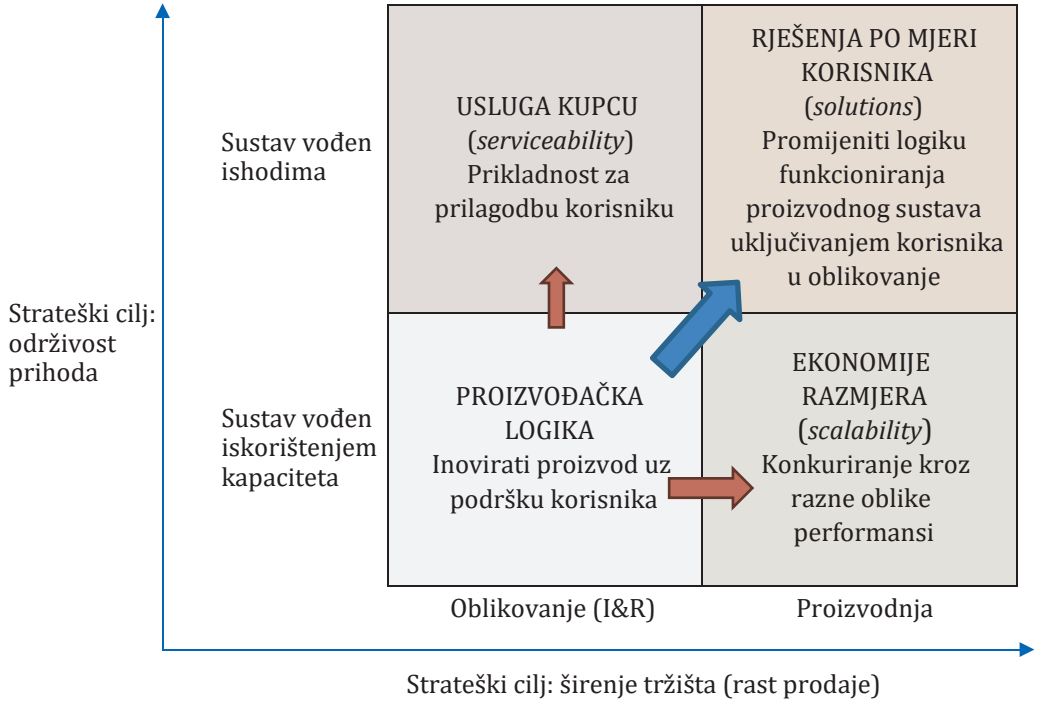

***Slika 2.2. Usporedba ciljeva poslovnih subjekata u dvije različite djelatnosti***

No, i unutar iste djelatnosti, čak unutar istog poslovnog subjekta (u slučajevima kad je djelatnost diversificirana), mogu se očekivati razlike u procjeni ranga pojedinog cilja. Može se tako pretpostaviti da će služba prve pomoći najveći naglasak staviti na brzinu i eventualno kvalitetu zbrinjavanja unesrećenih, što je drugim bolničkim djelatnostima manje važno. Proizvođač namještaja za zahtjevne segmente tržišta, koji namještaj proizvodi u malim serijama relativno luksuznih proizvoda, naglasak će staviti na kvalitetu i fleksibilnost, dok će tradicionalni sustav masovne proizvodnje na prvo mjesto istaknuti pouzdanost i kontrolu troškova.

[36] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 58.

Pravilo je da svaka organizacija ciljeve nastoji dovesti u prikladan omjer kojim će postići **ravnotežu operacijskih i poslovnih ciljeva**. Naime, maksimalizacija jednog od ciljeva može značajno narušiti izvršenje ostalih. Maksimalizacija kvalitete može umanjiti brzinu procesa, a vjerojatno može narušiti i poslovne ciljeve financijske prirode ukoliko je pretjerana pažnja posvećena procesima identificiranja i nadzora mnogobrojnih čimbenika koji doprinose kvaliteti. Kako bi se izbjegli nepovoljni učinci usredotočenosti na samo jednu skupinu ciljeva, kroz analize ciljeva se nastoje pronaći prihvatljivi kompromisi. Time se dobiva jedinstven splet ciljeva, a time i jedinstven oblik vrijednosti kojim jedna organizacija konkurira drugoj. Uspoređivanje s drugima te time povezano praćenje postupanja drugih poslovnih subjekata (engl. *benchmarking*), u današnje je vrijeme postalo toliko popularno i zahtjevno da poduzeća često upošljavaju specijalizirane savjetnike kako bi im razradili sustav organizacijski specifičnih ciljeva.

Evo još jednog zanimljivog načina prikaza odnosa među kategorijama ciljeva. Ranije spominjani uslužno orijentirani proizvodni sustavi (engl. *production service sistem, PSS*) mogu strateške operacijske ciljeve sagledati prema matrici prikazanoj na Slici 2.3.[37]




***Slika 2.3. Pravci razvoja proizvodno-uslužnog sustava***

Slika 2.3. sagledava mogućnost istovremenog slijeđenja dviju kategorija strateških ciljeva: 1. stabilnost prihoda i 2. rast prodaje. Razgraničenjem po vertikalnoj osi, dobiju se četiri kombinacije ciljeva koje upućuju na četiri strateška prioriteta. Matrica predviđa pod-strategije[38] za

[37] Raja, J. Z. (2017). *Exploring the managerial dilemmas encountered by advanced analytical equipment providers in developing service-led growth strategies*. International Journal of Production Economics. br. 192. str. 120-132.

[38] Strategija nije nužno samo formalni dokument usvojen kroz određenu formalnu proceduru. U tom smislu svaka strategija i svaki strateški cilj može imati svoje vlastite (pod)strategije izvođenja. Podsjetite se uvodne definicije strategije kao metode i plana za postizanje nekog cilja.

provedbu konkretne operacijske strategije ustroja uslužno-orijentiranog proizvodnog sustava ovisno o ciljanim vrijednostima. Sukladno smjernicama koje operacijski i opći menadžment postavljaju (širenje tržišta ili stabilnost prihoda), predviđena su tri moguća pravca djelovanja: daljnje ulaganje u ekonomije razmjera (ulaganje u povećanje kapaciteta; engl. *scalability*); uključivanje korisnika u proces oblikovanja proizvoda (redizajniranje operacijskog procesa; engl. *solutions*) ili poboljšanje usluge korisniku (povećanje funkcionalnosti proizvoda kroz dodavanje novih svojstava samog proizvoda ili dodavanje pratećih usluga). Najveća strelica sugerira da je strategija koja najbolje maksimalizira oba cilja preoblikovanje načina djelovanja. Također, na horizontalnoj osi, identificirana su i ključna područja provođenja strategije, uvažavajući mogućnost da se ključnim područjima smatraju ili istraživanje i razvoj ili sama proizvodnja.

## 2.4.2. Operacionalizacija općih operacijskih ciljeva

Ciljevi se definiraju ne samo kao opći ciljevi, već se u pravilu dalje razrađuju i tako mogu poslužiti kao upute za postupanje. Takva detaljnija razrada ciljeva, tj. njihova **operacionalizacija nužna je i za provedbu i praćenje izvršenja operacijske strategije.**

U postupku **operacionalizacije ciljeva**, ciljevi se povezuju u složenu i ujedno komplementarnu cjelinu. Postupak se odvija kroz dva temeljna koraka. Prvi je odrediti provedbene ciljeve, a drugi je odabrati prikladne indikatore ciljeva.

Operacionalizacija operacijske strategije provodi se tako da se opći ciljevi razrade kroz identifikaciju ciljeva nižeg reda, tj. ciljeva vezanih uz pojedinačne elemente operacijskog sustava. Postupak se nastavlja pridruživanjem mjeriteljima postignuća, tj. fizičkim ili financijskim mjerama izvršenja. Drugim riječima, u postupku operacionalizacije ciljeva potrebno je razraditi metriku koja će omogućiti planiranje aktivnosti razvoja operacijskog sustava te praćenje izvršenja planova razvoja operacijskog poslovanja.

U poslovnoj praksi poduzeća izražavaju strateške operacijske ciljeve na različite načine. Činjenica je i da je postizanje odabranih ciljeva moguće ostvariti na različite načine. Drugim riječima, operacionalizacijom strateških ciljeva nastoji se u više pojedinosti **opisati način ostvarivanja općih strateških ciljeva** i to u obliku prikladnom za sustavno planiranje dinamike razvoja operacijskog poslovanja.

Vodeći računa o međusobnoj usklađenosti ciljeva uobičajeno je ciljeve vezati, bilo uz određeni aspekt poslovanja, bilo uz resurse (inpute) ili ishode (outpute).

Ukoliko se **ciljevi vezuju uz resurse**, naglasak je na izgradnji vlastitih poslovnih sposobnosti, tj. ulaznim čimbenicima (inputima). Tada će se, nakon što su utvrđeni ključni resursi, izvoditi ciljevi koji utvrđuju načine djelovanja na ključne resurse. Tako se ciljevi vezani uz zaposlene mogu preciznije odrediti kroz željena svojstva radnika, primjerice sigurnost radnika, motivaciju radnika koja se namjerava postići kroz ugodnu ili poticajnu radnu okolinu, sadržajne radne zadatke, mogućnosti osobnog razvoja uz doprinos organizaciji, zadovoljstvo poslom i slično.

**Ciljeve vezane uz ishode** moguće je opisati kao načine postizanja odabranog oblika strateškog tržišnog ponašanja. Primjerice, nije neobično da se kao strateški operacijski cilj navede tehno-

loško vodstvo. Tada će ciljevi stremiti inovativnosti, povoljnoj tržišnoj percepciji potencijalnih ulagača i samih kupaca/korisnika usluge. Poseban oblik strateškog ponašanja je postizanje konkurentnosti kroz brzinu reagiranja na tržišne prilike (engl. *time-based competition*).[39] Ovakva operacijska strategija zahtijevat će drugačiji pristup razvoju novih proizvoda (primjerice, osmišljavanje procesa i tehnologije potrebnih za kontinuiranu dogradnju svojstava postojećih proizvoda), osmišljavanje procesa „migracija" proizvoda (procesa postupne zamjene sastava proizvodnog programa) te usvajanje novih tehnologija planiranja proizvodnje kojima će se omogućiti fleksibilno upravljanje zalihama i kapacitetima.[40]

Alternativno, ciljevi vezani uz ishode mogu opisivati buduća svojstva proizvoda ili usluga koje poduzeće stavlja na tržište. Primjer takvog cilja bila bi usmjerenost na ponudu personaliziranih proizvoda ili usluga. Ovakva bi strategija zahtijevala mehanizme suradnje s korisnicima usluga i mogućnost integracije zahtjeva kupaca u proces projektiranja i same izrade proizvoda, odnosno procesa oblikovanja usluge. Konačno, kao što je prethodno spomenuto, ciljevi se mogu vezivati i uz **dobrobit šire društvene zajednice**. Takvi su, primjerice, ciljevi koji ističu: socijalnu osviještenost, zaštitu okoliša, energetsku učinkovitost, dobrobit lokalne zajednice. Zajedničko obilježje strateških operacijskih ciljeva vezanih uz ishode je naglašena orijentacija na procese u okolini, osobito na prednosti i slabosti vlastitog operacijskog sustava u odnosu na konkurenciju.

## 2.4.3. Postupak razrade operacijskih ciljeva

Oblikovanje operacijskih ciljeva slijedi hijerarhijsku logiku  pa se **opći operacijski ciljevi** raščlanjuju na detaljnije, **provedbene ciljeve**. Naime, jedan od temeljnih problema kod postavljanja operacijskih ciljeva je osiguravanje konzistentnosti odnosa ciljeva i operacijske strategije.

Primjer razrade općeg strateškog cilja donosi tablica 2.2. Za razliku od općih operacijskih ciljeva koji određuju strateška opredjeljenja, ovdje se radi o razradi konkretnih zadataka.

Smanjivanje troškova izrade moguće je provesti na različite načine. U prikazanom primjeru se radi o strateškom cilju umanjenja prodajne cijene proizvoda kojim poduzeće namjerava poboljšati svoj položaj na prodajnom tržištu. Stoga će se razrada općeg cilja izvršiti kroz definiranje onih provedbenih aktivnosti koje u svojoj nadležnosti ima operacijski menadžment.

---

39 Heizer, J. i Barry, R. (2011). *Principles of Operations Mangement*. 8th international edition. Pearson. str. 200-201.

40 U kontekstu strategije brze prilagodbe na tržišne zahtjeve razvijeni su i računalni alati za upravljanje razvojem proizvoda koji se susreću pod akronimom PLM (Product Life-cycle Management), spominjani u prvom poglavlju.

***Tablica 2.2. Razrada temeljnih operacijskih ciljeva definiranjem pripadajućih provedbenih ciljeva***

| **Cilj zadan operacijskom strategijom: Osigurati konkurentsku prednost kroz niže troškove izrade** | |
|---|---|
| Operacijski cilj 1:<br>Smanjiti broj pozicija (sastavnih dijelova proizvoda) | Preispitati konstrukcijsko rješenje proizvoda i zamijeniti materijal izvedbe jeftinijim. |
| Operacijski cilj 2:<br>Skratiti trajanje ciklusa proizvodnje | Prilagoditi proizvodni proces i procijeniti uštede u vremenu i novcu koje bi se postigle uvođenjem novog (bržeg) stroja |
| Operacijski cilj 3:<br>Smanjiti ulazne troškove | Promijeniti izvore snabdijevanja, preispitati stavke iz ugovora s dobavljačima i/ili promijeniti dobavljača |
| Operacijski cilj 4:<br>Povećati razinu standardizacije | Smanjiti raspon proizvodnog programa, fokusirati program na proizvode koji se prodaju na lokalnim tržištima |
| Operacijski cilj 5:<br>Povećati stupanj iskorištavanja kapaciteta | Redefinirati veličine serija kako bi se smanjio udio pripremno-završnog vremena u strukturi vremena proizvodnje |
| Operacijski cilj 6:<br>Skratiti vrijeme držanja zaliha | Prerasporediti skladišni prostor, dio skladišta ustupiti (uz primjerenu naknadu) kooperantima |

Popis provedbenih aktivnosti može biti vrlo detaljan i iscrpan. Svaku aktivnost moguće je shvatiti kao određeni cilj.

Ciljeve je moguće izraziti kvalitativno i kvantitativno. U tablici 2.2. prikazani su primjeri **kvalitativno određenih ciljeva**. U pravilu se rokovi izvršenja provedbenih aktivnosti mogu planirati dosta precizno, no problem je navesti indikatore razmjera očekivanih promjena.

U tu svrhu organizacije koriste preciznije izražene ciljeve pogodne za praćenje izvršenja. Za ciljeve koji su određeni i vremenom ostvarivanja i razinom ostvarenosti koristi se izraz **količinski (kvantitativno) određen cilj**.

Ciljevi koji su predočeni količinski postaju vrlo dobri mjeritelji izvršenja aktivnosti. Praćenjem izvršenja ciljeva u dužem razdoblju poduzeće može uočiti opadanje ili povećanje vrijednosti odabranih pokazatelja te pravovremeno poduzimati mjere da bi dodatno poticalo aktivnosti koje napreduju sporije od predviđenog plana.

Količinski izraženi ciljevi najčešće traže neke prethodne analize. Nakon analize moguće je znatno preciznije opisati očekivani tijek događanja, tj. razraditi **plan provedbe strateškog cilja**. Plan provedbe može odrediti i mjerne točke (i čvorišta) u procesu izvršenja plana. Primjerice, veći dio ciljeva navedenih u tablici 2.2. upućuju na promjene u količinama. No, način izražavanja ciljeva i nadalje je opisni jer se ne navodi izrijekom kolike (u jasnim iznosima) moraju biti te promjene. Određuje se tek smjer promjena: *manji* broj dijelova, *kraće* vrijeme trajanja i sl. Tako, cilj br.1, koji traži redukciju broja sastavnih dijelova proizvoda, sam po sebi predstavlja složeni projekt. Ustvari, tek će nakon analize konstrukcijskog rješenja proizvoda biti moguće procijeniti može li se i isplati li se u nekoj mjeri smanjiti broj ugradbenih dijelova. Također, tek će se nakon provedene analize procesa izrade moći procijeniti posljedice koje smanjenje broja

dijelova izrade ima za reorganizaciju samog procesa proizvodnje. Jednako tako, završetkom analize, postat će jasnije je li i u kojoj mjeri potrebno pristupiti redefiniranju lanca opskrbe, promjenama sustava planiranja, praćenja proizvodnje itd.

Što je više aktivnosti predviđeno, to je važnija mjerljivost i vremenska usklađenost ciljeva. Sustav funkcionalno povezanih ciljeva čini **operacijski plan.**

Kako bi se osigurala sustavnost razrade operacijskih ciljeva, u novije se vrijeme koriste sustavi unaprijed definiranih pokazatelja. To su tzv. **ključni pokazatelji ishoda (performansi)** ili **KPI** (engleski: *key performance indicators*) koji mogu poslužiti kao podsjetnik i pripomoć pri izradi plana provedbe operacijske strategije. Jedan od dostupnih popisa za mjerenje (metriku) operacijskih sustava uključuje čak 59 indikatora. Među njima su:

1. iskorištenost imovine (engl. *asset utilization*)
2. dostupnost (engl. *availability*)
3. izbjegnuti troškovi (engl. *avoided cost*)
4. iskorištenost kapaciteta (engl. *capacity utilization*)
5. komparativna razrada proizvoda, pogona, odjela i poduzeća (engl. *comparative analytics for products, plants, divisions, companies*)
6. sukladnost s propisanim standardima (engl. *compliance rates for government regulations*)
7. broj žalbi kupca/korisnika (engl. *customer complaints*)
8. zadovoljstvo kupca/korisnika (engl. *customer satisfaction*)
9. trajanje proizvodnog ciklusa (engl. *cycle time*)
10. predviđanje potražnje (engl. *demand forecasting*)
11. broj nedostataka utvrđen prije izrade proizvoda (engl. *faults detected prior to failure) itd.*[41]

Popisi ključnih pokazatelja ishoda predstavljaju donekle ujednačene popise područja djelovanja (postignuća) koja su bitna za operacijski menadžment. Pregledom gornjeg popisa lako je uočiti da je veći dio KPI-a izražen na način pogodan za **izražavanje u mjernim jedinicama**. Primjerice, iskorištenost imovine ili dostupnost usluge je moguće izraziti u postotku; izbjegnuti troškovi mogu se izraziti popisom vrsta troškova koji izostaju, ali i novčanim iznosima. U tom su smislu KPI pogodni ne samo za praćenje dostignuća, tj. odvijanja procesa provedbe strategije prema prihvaćenom planu, već i za procjenjivanje je li operacijska strategija ispravno postavljena. Naime, veća odstupanja od planiranih ciljeva mogu se protumačiti kao indikacija za reviziju bilo same operacijske strategije, bilo pojedinih razina operacijskih ciljeva.

Veliki broj i raznoliki sastav pokazatelja izvršenja omogućava uspostavu nedvosmislenih (objektivnih) ciljeva čime je izvršenje moguće precizno mjeriti. Izbor određenog broja KPI-a pomaže operacijsku razradu jasnih planova ostvarivanja odabrane strategije. Zato je važno da **odabir indikatora odražava izabranu operacijsku strategiju** te se očekuje da će temeljni operacijski ciljevi spomenuti u točki 2.4.1. biti zastupljeni kroz veći broj pokazatelja, dok će se manje značajnim ciljevima dodijeliti manji broj pokazatelja. Primjerice, operacijski menadžment koji slijedi strategiju postizanja konkurentnosti putem snižavanja proizvodnih troškova, nastojat

[41] Popise KPI-a je moguće potražiti na Internetu. Postoje vrlo opsežni popisi, primjerice, jedan Internet izvor nudi više od 200 KPI za potrebe upravljanja proizvodnjom (https://opsdog.com/products/production-kpi-collection). Ovdje je korišten izvor: https://kpidashboards.com/kpi/industry/manufacturing, pristup: 11.12.2017.

će kontrolirati stupanj iskorištavanja imovine i proizvodnih kapaciteta, trajanje proizvodnog ciklusa i slične pokazatelje kojima se nastoji izbjeći „prazne hodove" i zadržati niske cijene proizvodnje po jedinici proizvoda.[42] Nasuprot tome, izvršavanje operacijske strategije koja slijedi strateški cilj visoke razine usluge izabrat će određene mjeritelje iskorištenosti resursa, no i veći broj mjeritelja kojima se nadziru: usklađenost s propisanim standardima, dostupnost usluge, broj aktivnih sati rada prije kvara uređaja i slični ishodi.

Temeljem prethodno rečenog, može se zaključiti da je oblikovanje operacijskih strategija složen ali i vrlo kreativan proces. U proces odabira i razrade operacijskih strategija uključeni su mnogobrojni koraci. S obzirom na mnoge sastavnice operacijskih strategija, počevši od izbora općih (dugoročnih) operacijskih ciljeva, preko razrade provedbenih ciljeva i odabira pokazatelja njihovog izvršenja, moguće je očekivati veliku raznolikost strateških aktivnosti koje provodi operacijski menadžment. Oni menadžeri koji dobro poznaju prednosti i slabosti vlastitog operacijskog sustava u odnosu na konkurentske i koji uspiju dobro odmjeriti složenost svojih operacijskih strategija, bit će uspješniji. Previše detaljno razrađene strategije mogu biti administrativno zahtjevne (primjerice, ako predvide praćenje prevelikog broj pokazatelja), ali i teško prilagodljive promjenama u poslovnoj okolini.

## 2.5. ZAKLJUČAK

Operacijska strategija jedna je od sastavnica razrade poslovne strategije, a za mnoge poslovne sustave ujedno i najvažnija poluga postizanja i zadržavanja konkurentnosti. Više je razloga za to. Ponajprije stoga što operacijski proces predstavlja dio organizacije koji angažira ekonomski najvrjedniju opremu te stvara ključan set tehnoloških i organizacijskih znanja na kojima se zasniva konkurentnost poslovnih sustava. Također, obilježja operacijskog sustava predodređuju značajan dio hijerarhijskih i međuljudskih odnosa u jednoj organizaciji.

S druge strane, operacijski je sustav  često najmanje fleksibilan dio poslovnog sustava. Jednom poduzeta ulaganja, primjerice u opremu, ili u razvoj proizvoda i tehnologije, imaju dugi rok povrata. Stoga je važno da se operacijska strategija dobro uskladi s općom poslovnom strategijom te da se osigura njena provedivost.

Oblikovanje operacijske strategije moguće je sagledati kao odluku, tj. odabir određenog modela tržišnog ponašanja o čemu govori točka 2.2.1, ali i kao proces razrade niza (hijerarhijski) povezanih odluka, kako je to prikazano u točki 2.2.2. U oba je slučaja razvidna menadžerska dilema o tome kako postići pravu mjeru stabilnosti i fleksibilnosti operacijskog sustava. Naime, ono što obilježava stvaranje bilo kojeg oblika konkurentskih prednosti je kompromis.

Proces oblikovanja operacijskih strategija podrazumijeva donošenje odluka o konkurentskim prioritetima te razradu ciljeva i politika za provedbu operacijske strategije. Naime, ciljevi pred-

[42] Popularni izraz „prazni hod" slikovito odražava vrijeme rada sustava u kojem nema aktivnih radnji dodavanja vrijednosti, tj. neaktivno vrijeme u kojem nema protoka materijala i tehnoloških postupaka kojima bi se mijenjala svojstva materijala u obradi. U tom smislu, izraz označava vrijeme u kojem nastaju određeni troškovi amortizacije, troškovi radnika, režijski troškovi i sl. Budući da se ne stvara nova vrijednost, raste jedinična cijena jedinice proizvoda jer će se u raspoloživom vremenu proizvesti manji ukupni broj proizvoda na koje će se prevaliti ukupni troškovi proizvodnje. Sličan učinak opisan je u poglavlju 1 u točki 1.3.2.

stavljaju važnu stavku u strateškom pozicioniranju poslovnog sustava. Opći strateški ciljevi izražavaju vremenski relativno trajno opredjeljenje za određeni pravac djelovanja. Opće strateške ciljeve moguće je i poželjno konkretizirati kroz preciznije operacijske ciljeve.

Provedivost operacijske strategije temelji se na skladu (konzistentnosti) svih elemenata operacijske strategije te dostatnoj, no ne i pretjeranoj, razini razrađenosti.

Vjerojatnost provedbe operacijske strategije raste usporedno sa stupnjem njene razrađenosti. Detaljnije razrađenu operacijsku strategiju s operacionaliziranim ciljevima bit će lakše provesti (implementirati) i pratiti. Naime, mogućnost izražavanja ciljeva u mjernim jedinicama olakšava razdiobu zadataka pojedinačnim nositeljima te poboljšava praćenje izvršenja strategija. Svaki operacijski cilj poželjno je odredili u vremenu, tj. tako de se smišljeno odredi vrijeme ispunjenja cilja. Bitna je i pravilna raspodjela ciljeva zaduženim nositeljima (osobama ili službama). Izostane li jasnoća i nedvosmislenost pri definiranju ciljeva, teže će biti pratiti dostignutu razinu ostvarivanja željenog učinka. Nemogućnost praćenja provedbe usporava detektiranje problema s provedbom strategije i planova te odgađa radnje nužne za reprogramiranje djelovanja operacijskog sustava.

Razvidno je da se dobro odabranom **operacijskom strategijom mogu preduhitriti mnogi problemi u poslovanju.** Određeni izbori relativno trajno predodređuju konkurentske sposobnosti poduzeća, financijsko poslovanje i uopće prilike za razvoj. Za svaki je pojedinačni operacijski sustav bitno odrediti izvore vlastitih konkurentskih prednosti, ali i prepreke pri nastojanju postizanja zajedničkih ciljeva na način kako bi ih možda zamišljao marketinški sektor, financijski sektor ili središnja uprava.

## 2.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***E*** | |
| ***Ekonomija dijeljenja*** (engl. *sharing economy*) | Novi model poslovanja, te time i poseban vid operacijskog sustava kojeg čini više poduzetnika čiji se rad i resursi koordiniraju iz jednog središta, često internetske platforme. Mrežno povezani davatelji usluga, tj. građani-pojedinci i mali poduzetnici, kao ugovorni partneri, u sustav unose vlastiti rad i/ili operativne resurse u svojem vlasništvu (smještajne jedinice, prijevozna sredstva), dok središnjica čini proizvodnu (operativnu) osnovu poslovanja. Središnjica provodi upravljačke i tržišne aktivnosti te koordinira angažiranje resursa ugovornih partnera. |
| ***F*** | |
| ***Fleksibilni proizvodni sustavi*** | Proizvodni sustavi oblikovani prema pretpostavci da je djelovanje operacijskog sustava moguće uspostaviti tako da istovremeno ostvaruje visoku iskorištenost kapaciteta visoko složenih i vrijednih postrojenja, pri tom ne žrtvujući prilagodljivost (fleksibilnost). |
| ***Fokusiranje proizvodnog/ uslužnog programa*** | Odabir raspona proizvoda i usluga koji najbolje odgovaraju tržišnom položaju i proizvodnim mogućnostima poslovnog subjekta. |
| ***I*** | |
| ***Implicitna operacijska strategija*** | Način postupanja određenog poduzetnika iz kojeg je moguće iščitati sličnost s nekim od tipičnih strateških pristupa. |
| ***K*** | |
| ***Ključni pokazatelji ishoda*** *(engl. key performance indicators, KPI)* | Mjeritelji (kriteriji) stupnja dostizanja nekog cilja. Tipizirane jedinice mjere uspješnosti pogodne za planiranje ciljeva u različitim funkcijskim područjima. |
| ***L*** | |
| ***Linijski sustav*** | Jedan od dva temeljna teorijska načina odvijanja operacijskog procesa. Pretpostavlja izraženu slijednost koraka (faza) operacijskog procesa i nisku jediničnu cijenu proizvoda; vezuje se za stabilne, velikoserijske, oblike proizvodnje. |
| ***N*** | |
| ***Načelo ujednačavanja (standardizacije)*** | Zahtjev za smanjivanjem složenosti sustava planiranja i izrade proizvoda kroz ograničavanje raznolikosti u materijalima, postupcima izrade i obrade. |
| ***O*** | |
| ***Opći (operacijski) cilj*** | Iskaz strateškog opredjeljenja u operacijskom polju; vezuje se uz strateške odrednice uspješnosti operacijskog sustava. Moguće ga je vezati uz različite ishode važne za tržišni uspjeh, poput: brzine isporuke, točnosti i kvalitete izrade, pružene razine zadovoljstva, pouzdanosti, fleksibilnosti procesa u odnosu na proizvedene količine ili fleksibilnosti u oblikovanju proizvoda, preglednosti i jasnoći sustava planiranja itd. |
| ***Operacionalizacija operacijske strategije*** | Postupak razrade općeg cilja kroz identifikaciju ciljeva nižeg reda. |

| | |
|---|---|
| ***Operacijska strategija*** | Strateški dokument koji predviđa dugoročne mjere za usklađivanje operacijskog sustava s poslovnom strategijom poduzeća. Podrazumijeva usklađeno promišljanje različitih sastavnica operacijskog sustava (ulaganje u opremu, planiranje kapaciteta, formiranje zaliha, razvoj radnika, osiguranje kvalitete itd.). |
| ***P*** | |
| ***Provedbeni cilj*** | Sastavnica nužna za izvršavanje cilja više, strateške ili opće razine. Cilj razrađen temeljem prethodno utvrđenog popisa nužnih provedbenih aktivnosti. |
| ***Poslovna strategija*** | Strateški dokument nadređen operacijskoj strategiji: podrazumijeva usklađeno promišljanje svih funkcijskih područja. |
| ***Pozicioniranje poslovnog sustava*** | Odabir ciljnog tržišta te načina suprotstavljanja konkurenciji u tržišnoj utakmici. |
| ***S*** | |
| ***Složeni sustav (radionički sustav)*** | Jedan od dva temeljna teorijska načina odvijanja operacijskog procesa. Pretpostavlja manje izraženu stabilnost te dozvoljava značajne prilagodbe kako sastava proizvodnog programa, tako i proizvedenih količina te oblikovnih svojstava proizvoda; vezuje se za fleksibilne, maloserijske i pojedinačne oblike proizvodnje. |
| ***Strategija proizvodnog vodstva*** | Strateški pristup pogodan za poduzeća s jasno razgraničenim tržišnim udjelom (tržišnim segmentom) kojeg obilježava sklonost ka određenim obilježjima proizvoda ili usluge. Još se naziva i strategijom proizvodne diferencijacije. Zasniva se na postizanju konkurentskih prednosti polazeći od principa visoke usklađenosti svojstava proizvoda i ciljane skupine potrošača. |
| ***Strategija troškovnog vodstva*** | Strateški pristup pogodan za poduzeća s velikim tržišnim udjelom i stabilnim proizvodnim programom. Zasniva se na postizanju konkurentskih prednosti polazeći od principa standardizacije i fokusiranja kojima se jamči niska jedinična cijena proizvoda (visoka proizvodnost). |
| ***Strateška alternativa (u operacijskoj strategiji)*** | Jedan od nekoliko mogućih scenarija budećeg razvoja operacijskog sustava. |
| ***Strateški horizont*** | Razdoblje obuhvaćeno strateškim promišljanjem. Operacijske strategije najčešće se odnose na razdoblje od 2-10 godina. |

## 2.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Što je operacijska strategija i koja je njezina uloga u upravljanju konkurentnošću poslovnog sustava?
2. Koje vrste poslovnih/konkurentskih strategija poznajete? Koja od navedenih strategija pretpostavlja veću stabilnost poslovanja? U kojoj se strategiji kriju izraženiji rizici u pogledu izvjesnosti povrata ulaganja u proizvodnu opremu?
3. Koja su pitanja najčešće obuhvaćena operacijskim strategijama?
4. Koja svojstva imaju operacijski sustavi?
5. Koji su mogući ciljevi operacijskih sustava?
6. Koje bi elemente operacijskih sustava naveli za koje vjerujete da će biti najviše podložni promjenama ukoliko se mijenja operacijskih strategija? Zašto ste odabrali upravo te elemente?
7. Kojim biste redoslijedom posložiti strateške operacijske prioritete restorana studentske prehrane? Objasnite Vaš odabir.
8. Zašto se očekuje da poduzeća iz iste djelatnosti mogu imati različite strateške prioritete?
9. Kako bi povezali organizacijske ciljeve uz resurse?
10. Kako bi povezali organizacijske ciljeve uz ishode?
11. Na koji se način strateški operacijski ciljevi operacionaliziraju? Zašto je bitna mjerljivost ciljeva?
12. Što znači akronim KPI? Da li biste malim poduzetnicima preporučili ovaj pristup? Objasnite svoj odgovor.

## 2.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Procijenite što bi bio prikladan vremenski horizont za operacijsku strategiju proizvođača mobitela u Kini. Procijenite što bi bio prikladan vremenski horizont za operacijsku strategiju termoelektrane.

PITANJA:

a) Započnite zadatak tako što ćete opisati poslovnu i tržišnu okolinu: što utječe na formiranje ulaznih cijena (strukturu troškova proizvodnje); što utječe na formiranje cijena završnog proizvoda?
b) Koliki je očekivani tržišni vijek proizvoda ili njegove verzije?
c) Koliko su raznoliki, brojni i poznati/pouzdani izvori snabdijevanja?
d) Koliko je stabilan volumen očekivane prodaje s protokom vremena?
e) Pokušajte sad zamisliti razvoj operacijske strategije hrvatskog proizvođača mobitela. Koji bi bili njihovi strateški ciljevi? U kojem bi smjeru razvijali svoj operacijski sustav?

**Zadatak 2.** Objasnite koje oblike konkurentske prednosti, u usporedbi sa sličnim tradicionalno organiziranim pružateljima usluga, ostvaruju poslovni modeli zasnovani na tzv. ekonomijama dijeljenja. (Kratak popis i opis takvih primjera u Republici Hrvatskoj moguće je pronaći na poveznici: https://lider.media/aktualno/tvrtke-i-trzista/poslovna-scena/modeli-ekonomije-dijeljenja-prisutni-u-hrvatskoj/ (pristup: 01. veljače 2019).

**Zadatak 3.** Objasnite koje prednosti poduzeća mogu ostvariti vezano uz stabilnost sustava i s njima povezanih prednosti, poput nadmoćnih ekonomija razmjera, stupnja iskorištenosti kapaciteta i slično. Osvrnite se i na pitanje fleksibilnosti, odnosno sposobnosti prilagodbe sustava promjenama u poslovnoj okolini.

Vezano uz prethodno obrađeni zadatak 2. objasnite perspektivu poduzetnika koji je član poslovnog sustava zasnovanog na ekonomiji dijeljenja.

Obratite pažnju i na činjenicu da su poslovni modeli zasnovani na ekonomiji dijeljenja često predmet prijepora u stručnoj javnosti, ekonomskoj i pravnoj.[43] Mnogi smatraju da narušavaju pravila pravednog tržišnog natjecanja, te su neke države zabranile pojedine platforme. Mijenjaju li se vaše preporuke poduzetnicima nakon što ste proučili pravne i poslovne argumente onih koji zaziru od mrežnih ekonomija?

**Zadatak 4.** Procijenite i usporedite poslovanje javne bolnice u velikom gradu i privatne poliklinike. Temeljem toga:

a) Opišite i grafički prikažite njihove strateške ciljeve (slično kao što je to učinjeno na slici 2.2)
b) Objasnite u kakvoj su vezi operacijski ciljevi i njihove tržišne strategije.
c) Odaberite neke od ključnih pokazatelja ishoda (KPI) koji bi mogli doprinijeti boljem praćenju izvršenja strategije.

## LITERATURA


1. Gaither, N. (1992). *Production and Operations Management*. 5th international edition. The Dryden Press.
2. Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management*. 8th edition. New Jersey: Pearson
3. Raja, J. Z. (2017). *Exploring the Managerial Dilemmas Encountered by Advanced Analytical Equipment Providers in Developing Service-led Growth Strategies.* International Journal of Production Economics. br. 192.
4. Reid, D. R. i Sanders, N. R. (2013). *Operations Management: An Integrated Approach*. 5th edition. Singapore: John Wiley & Sons
5. Reid, R. D. i Sanders, N. R. (2016). *Operations management: An Integrated Approach*. 6th edition. New Jersey: John Wiley & Sons
6. Samson, D. i Singh, P. J. (2013). *Operations Management: An Integrated Approach.* Cambridge University Press
7. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*, 12 th edition. New York: McGraw-Hill Education
8. Tan, K. H. i Matthews, R. L. (2009). *Operation Strategy in Action: A Guide to the Theory and Practice of Implementation.* Edward Elgar Publishing Limited


[43] Oni koji žele više znati o ekonomijama dijeljenja mogu više informacija pronaći na Internetu. Zgodan članak moguće je pronaći na: https://archive.intereconomics.eu/year/2017/1/regulating-the-european-sharing-economy-state-of-play-and-challenges/, pristup 01. veljače 2019.

## Internet izvori

1. https://kpidashboards.com/kpi/industry/manufacturing
2. https://opsdog.com/products/production-kpi-collection
3. www.businessdictionarry.com
4. https://kpidashboards.com/kpi/industry/manufacturing
5. https://lider.media/aktualno/tvrtke-i-trzista/poslovna-scena/modeli-ekonomije-dijeljenja-prisutni-u-hrvatskoj/
6. https://archive.intereconomics.eu/year/2017/1/regulating-the-european-sharing-economy-state-of-play-and-challenges/
7. Laslavić, Ž. (2015). *Modeli ekonomije dijeljenja prisutni u Hrvatskoj*. Leader, poslovni tjednik. Zagreb. 25. studeni 2015., dostupno na: https://lider.media/aktualno/tvrtke-i-trzista/poslovna-scena/modeli-ekonomije-dijeljenja-prisutni-u-hrvatskoj/
8. Munkøe, M. M. (2017). *Regulating the European Sharing Economy: State of Play and Challenges, Intereconomics*. Review of European Economic Policy. vol. 52. br. 1., dostupno na: https://archive.intereconomics.eu/year/2017/1/regulating-the-european-sharing-economy-state-of-play-and-challenges/

# II.
# Oblikovanje



*Druga cjelina bavi se odlukama koje donosi operacijski menadžment vezano za oblikovanje proizvoda i/ili usluga, posla, ali i odlukama vezanim za oblikovanje toka procesa temeljenog na izabranom tipu procesa, zatim za raspored sredstava, postrojenja i/ili opreme u funkciji poboljšanja toka materijala, informacija ili klijenata, kao i za izbor odgovarajuće tehnologije i njezino održavanje. Ključno je razumjeti da odluke kojima se oblikuju predmeti, postupci i tokovi aktivnosti imaju dugoročne i kratkoročne posljedice na poslovanje poduzeća. Odluke o tipu procesa i tehnologiji proizvodnje dugoročno određuju uspješnost poslovanja nekog poduzeća jer se niti tip procesa niti instalirana tehnologija ne mogu lako promijeniti. Za razliku od tih odluka, odluke vezane za tok procesa ili raspored sredstava za rad idu u smjeru poboljšanja izabranih procesa te one mogu u kratkom vremenu donijeti bolje rezultate. O čemu sve treba odlučiti operacijski menadžment kada je u pitanju oblikovanje govori se detaljnije od trećeg do devetog poglavlja.*

*Treće poglavlje ovog udžbenika, Oblikovanje u operacijskom menadžmentu, bavi se značenjem oblikovanja kao općeprisutnoj menadžerskoj aktivnosti. Oblikovanje predstavlja ključnu aktivnost kojom operacijski menadžment nastoji razviti tržištu zanimljive proizvode i usluge i ujedno uspostaviti efikasnu organizaciju složenih operativnih procesa. Potrebno je razumjeti da su aktivnosti oblikovanja koje se provode u okviru operacijskog menadžmenta neposredno povezane s izborom i mogućnostima dostizanja strateških ciljeva, što se odražava na poslovni uspjeh poduzeća. Stoga je, kako prilikom oblikovanja operacijskih strategija, tako i prilikom oblikovanja proizvoda/usluga i operacijskih procesa, važno prepoznati međuzavisnost različitih sastavnica, faza i sudionika procesa oblikovanja. Time se doprinosi cjelovitijoj predodžbi o učincima oblikovanja te je moguće utvrditi kako će se novo uspostavljeni modeli proizvoda ili operacijskih procesa odraziti na ukupno poslovanje, odnosno na operacijske i na opće poslovne ciljeve.*

*Četvrto poglavlje, Oblikovanje proizvoda i usluga, bavi se definiranjem svojstava proizvoda i usluga čime se izravno utječe na oblik, sastav i kvalitetu proizvoda i usluga. Postupak oblikovanja prolazi kroz određeni broj faza, a koliko će ih biti u nekom poduzeću ovisi prvenstveno o složenosti proizvoda. U ovom poglavlju objašnjavaju se pristupi oblikovanju proizvodnje, od pojednostavljenja i standardizacije, do suvremenih pristupa te metode oblikovanja, kao što su analiza vrijednosti i razvoj funkcije kvalitete. S obzirom na sve veću svjesnost utjecaja čovjeka na zagađenje okoliša u proizvodnji i potrošnji, dio poglavlja bavi se ulogom i važnošću uključivanja proizvođača u održive proizvodnje koje uključuju recikliranje ili ponovnu upotrebu dijelova/komponenti, ali i brigu o zbrinjavanju neupotrebljivih dijelova/komponenti. Mada između*

*proizvodnje proizvoda i usluga postoje sličnosti, specifičnost usluge zahtijevala je da se posebno objasne oblikovanje usluge i uslužnog procesa, što je napravljeno u zadnjem dijelu poglavlja.*

*U petom poglavlju, Izbor procesa, polazi se od toga da je izbor operacijskog (proizvodnog ili uslužnog) procesa strateško pitanje svakog poduzeća jer se time određuje raspoloživi kapacitet, tehnologija, prostorni raspored opreme/postrojenja i slično, što pored strateške, tj. dugoročne, ima i operativnu, tj. kratkoročnu reperkusiju na uspješnost poslovnog subjekta. Naime, odluka o tipu procesa utječe na troškove, kvalitetu, brzinu isporuke i fleksibilnost proizvodnje. U tom su smjeru objašnjeni osnovni tipovi procesa (radionički, proizvodnja u serijama, ponavljajući, kontinuirani i projektni tip procesa), njihove prednosti i nedostaci te čimbenici koji utječu na njihov izbor. Posebno su elaborirane specifičnosti kreiranja i izbora uslužnog tipa procesa. Na kraju poglavlja istaknuta je važnost tehnoloških inovacija (tehnologija procesa i informatička tehnologija) o kojima operacijski menadžeri trebaju imati određena znanja jer one mogu utjecati na automatizaciju procesa.*

*U šestom poglavlju, Analiza toka procesa, objašnjeno je kako se može poboljšati izabrani proces. Naime, izborom procesa poduzeće dugoročno određuje svoju budućnost, ali analizom toka procesa može poboljšavati tokove materijala, ljudi ili informacija, i time ublažiti posljedice izabranog tipa procesa ili još više poboljšati izabrani tip procesa. U okviru ovog poglavlja objašnjen je temeljni alat analize procesa, dijagram toka, te je na nizu primjera prikazano kako je moguće poboljšati proces. Ključnu ulogu u poboljšanju procesa ima identificiranje uskoga grla.*

*Sedmo poglavlje, Prostorni raspored sredstava za rad, također analizira moguća poboljšanja izabranog procesa na način da se razmještajem opreme, postrojenja, strojeva ili drugih sredstava za rad taj proces učini efikasnijim. U poglavlju su objašnjeni osnovni tipovi prostornog rasporeda, kao što su: funkcionalni, proizvodno orijentirani, grupni ili ćelijski te raspored s fiksnom lokacijom, kao i njihove prednosti i nedostaci. Kroz primjere i riješene zadatke prikazano je kako je moguće poboljšati postojeći raspored sredstava za rad.*

*U osmom poglavlju, Tehnologija i održavanje, objašnjene su neke od posljedica odluka o izboru tehnologije na poslovanje poduzeća. U ovom poglavlju objašnjene su disruptivne tehnologije i njihov utjecaj na određenu industriju ili granu industrije. Pored navedenih odluka koje imaju dugoročni utjecaj na poslovanje poduzeća, razmatran je i mikroekonomski aspekt uloge tehnologije na uspješnost poduzeća. Riječ je o važnosti razumijevanja održavanja sredstava za rad i odluka koje se donose vezano za vrstu i pristup održavanju.*

*Kroz deveto poglavlje, Oblikovanje posla, objašnjeni su temeljni pristupi oblikovanja posla: znanstveni menadžment, bihevioralni pristup i socio-tehnički pristup. Svaki od ovih pristupa bavio se strukturiranjem posla pojedinca ili tima, definiranjem radnoga mjesta i tehnologije koja se koristiti pri obavljanju definiranog posla. Posebno je objašnjeno radno okruženje kao čimbenik zadovoljstva radnika, jer kada je radno okruženje radnika dobro, velika je vjerojatnost da će zadovoljstvo radnika biti veće, a time i njegova proizvodnost. U drugom dijelu poglavlja detaljno su opisani i kroz primjere objašnjeni pristupi proučavanja rada: studij rada, studij pokreta i studij vremena.*

# 3. OBLIKOVANJE U OPERACIJSKOM MENADŽMENTU

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *odrediti sadržaj pojma oblikovanja*
- *imenovati i opisati sadržaj oblikovanja u nadležnosti operacijskog menadžmenta*
- *navesti uobičajene korake u procesu oblikovanja*
- *objasniti kako oblikovanje utječe na ostvarivanje operacijskih ciljeva i iznijeti primjer kojim potvrđuju svoje argumente*
- *objasniti utjecaj oblikovanja na ostvarivanje poslovnih ciljeva i iznijeti primjer kojim potvrđuju svoje argumente*
- *navesti neke od novih pristupa u suvremenom oblikovanju proizvoda i procesa.*



## 3.1. UVOD

Cilj ovog poglavlja je objasniti sadržaj i važnost oblikovanja u operacijskom menadžmentu. Dok se u ovom poglavlju oblikovanje opisuje kao opći pojam, u poglavlju 4. bit će objašnjeno djelovanje oblikovanja u svojstvu instrumenta razvoja novog proizvoda. Oblikovati se mogu poslovni modeli, strategije, proizvodi, procesi obrade i sklapanja, radni postupci i radna mjesta, poslovni odnosi, pa i međuljudski odnosi. Zapravo, postupku oblikovanja se podvrgava svaka pojava ili aktivnost za koju se pretpostavlja pozitivan učinak nekog oblika svjesnog i organiziranog postupanja.

Poticaji oblikovanju mogu doći s različitih strana, iz same organizacije i iz poslovne okoline. U slučaju operacijskog menadžmenta, oblikovanje je visoko stručan proces kojim se bavi posebno izučeno osoblje. I ovdje oblikovanje predstavlja svjesnu aktivnost raščlambe (analize) složenih pojava i procesa s ciljem njihovog ponovnog ustrojavanja prema zahtjevima cilja koji se želi postići. Zacrtani ciljevi oblikovanja u operacijskom sustavu se mogu odnositi na ubrzanje procesa, skraćivanje rokova isporuke, poboljšanje kvalitete za kupca/korisnika usluge, na humanizaciju uvjeta rada, i slično.

Kako navodi Hrvatska enciklopedija, dizajn ili oblikovanje „obuhvaća širok raspon teorijskih i kritičkih pristupa kao i praktičnih djelatnosti u oblikovanju sveukupne predmetne okoline."[44] U osnovi, oblikovanje podrazumijeva davanje željenog oblika nekom predmetu, postupku, pojavi ili ponašanju. Oblikovati se mogu i praktično sve sfere života i djelovanja. Primjerice, državna tijela svojim regulatornim mjerama oblikuju ponašanje poslovnih subjekata, tržišne odnose, te usmjeravaju ekonomske i društvene procese.

U dnevnoj upotrebi koristi se više izraza koje je moguće smatrati **istoznačnicama** pojma oblikovanja. Odabir određene inačice uglavnom je društveno i povijesno uvjetovan. Pojmovi sličnog značenja su: dizajn, projektiranje, istraživanje i razvoj proizvoda, izgradnja i dr.. U određenom trenutku, unutar nekog profesionalnog kruga, prevagnut će određeni izraz koji će potom postati standardan oblik izražavanja (žargon) određene profesionalne skupine. Primjerice, kada se umjesto izraza oblikovanje koristi *dizajn*, obično se želi implicirati kreativna dimenzija oblikovanja.

[44] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=15545, pristup: 15.04.2019.

No, oblikovanje se može promatrati i kao *projektiranje*, kada se naglasak želi staviti na tehničku dimenziju. Kad je riječ o oblikovanju proizvoda, uobičajeno je koristiti izraz *razvoj proizvoda*, ili pak *istraživanje i razvoj* (I&R), što je prijevod engleskog izraza *research and development* (R&D).

Ono što oblikovanje razlikuje u odnosu na druge aktivnosti sustavnog promišljanja stvarnosti jeste njegova izričita usmjerenost ka cilju. Cilj oblikovanja je uspostaviti **novi ustroj** predmeta, procesa ili sustava. Operacijski menadžment bavit će se oblikovanjem **predmeta** (primjerice, funkcionalnog sastava nekog proizvoda ili usluge), **aktivnosti** (primjerice, tokom proizvodnog procesa kojeg uvjetuje prostorni raspored opreme, shema sklapanja, dijagram toka procesa) ili **odnosa** (primjerice, hijerarhijskim ustrojem organizacije ili odnosom suradnje između dva povezana radna mjesta). Rezultat aktivnosti oblikovanja je određeni **model stvarnosti** koji olakšava razumijevanje odnosa zavisnosti među dijelovima neke funkcionalne cjeline.

## 3.1.1. Pojmovno određenje oblikovanja

Oblikovanje je vrlo široko korišten pojam. Oblikovanjem se utvrđuju sastavnice nekog predmeta ili procesa, preispituju se njihova svojstva u kontekstu promatrane logične cjeline te se dovodi u optimalne odnose, tj. takve odnose koji poboljšavaju djelovanje cjeline.

Slijedom navedenog, govori se o grafičkom oblikovanju, industrijskom oblikovanju, računalnom oblikovanju, likovno-grafičkom oblikovanju, oblikovanju krajolika, oblikovanju zapisa, oblikovanju glasova, i slično.[45] Moguće je govoriti i o društvenom oblikovanju (engl. *social design*)[46] čime se izlazi iz polja pretežito „tehničkog promišljanja" oblikovanja i prelazi na društveno (sociološko) oblikovanje ljudskog ponašanja u zajednici.

Iz navedenog popisa, operacijskom je menadžmentu najbliže **industrijsko oblikovanje**. Hrvatska enciklopedija definira ga sljedećim opisom: „Industrijsko oblikovanje (industrijski dizajn), estetsko i tehničko **oblikovanje predmeta**, osobito onih koji se proizvode u velikim serijama (kućanski uređaji, vozila, pokućstvo, tehnički pribor, predmeti široke potrošnje), vezano je uz suvremenu industrijsku proizvodnju kojom se nastoji ostvariti najveća moguća fizička i psihološka upotrebljivost proizvoda."

Operacijskom menadžmentu blizak je i pojam **organizacijskog oblikovanja** kojim je obuhvaćana šira organizacijska stvarnost, a ne samo oblikovanje proizvoda. Organizacijsko oblikovanje provodi se kroz niz aktivnosti svjesnog usklađivanja formalnih i neformalnih dijelova poslovanja, uključujući vrijednosne tokove, strukturu, tehnologiju, upravljačke alate i sustave, ljudsko ponašanje, odnose s poslovnim partnerima, sve kako bi se stvorio poslovni sustav sposoban ostvarivati svoje poslovne strategije.[47] Za očekivati je da će se ovakvo, šire shvaćanje pojma oblikovanja, koristiti kako bi se istaknula obilježja specifične organizacijske kulture nekog poslovnog sustava ili pak doživljaj potrošača.[48]

[45] Izrazi su preuzeti s portala Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje. http://ihjj.hr/kolokacije/search/?q=oblikovanje&search_type=basic, pristup: 24.04.2019.

[46] Chen, D. S., Cheng, L. L., Hummels, C. i Koskinen, I. (2015). *Social design: An Introduction, International Journal of Design*. 10 (1). str. 1-5.

[47] LaScola, M. i Turgoose, P. (2016). *What's the Difference Between Organization Development and Organization Design?* https://on-the-mark.com/od-vs-od/, pristup: 24.04.2019.

[48] Kolko, J. (2015). *Design Thinking Comes of Age*. Harvard Business Review. September. str. 66-71.

## 3.1.2. Poslovni značaj oblikovanja

**Oblikovanje u poslovnom svijetu** predstavlja važan **izvor konkurentskih prednosti.** Dobro oblikovan proizvod lakše pronalazi kupca te korisniku pruža veće zadovoljstvo pri njegovom korištenju. Dobro oblikovan proizvodni postupak ili proizvodni proces snižava troškove izvedbe, ili olakšava praćenje upravljanja operacijskim sustavom. Oblikovanje operacijskog sustava pogoduje ostvarivanju strateških ciljeva organizacije, poput kvalitete, fleksibilnosti i sličnog.

Svjetska iskustva pokazuju da ona poduzeća koja svjesno izgrađuju svoju organizaciju usmjerenu oblikovanju (dizajnerski orijentirana) postižu bolje poslovne rezultate.[49]

Svaki je operacijski sustav jedinstven, on je završni rezultat mnogobrojnih pokušaja usavršavanja zatečenog stanja. Jedinstvenost operativnih sustava rezultat je povijesnog razvoja kojim se ustrojava poslovni model na kojem su zasnovane bitne odrednice uspješnog poslovanja: racionalnost, konkurentnost i održivost poslovanja.

Kada se u poslovnom svijetu govori o **oblikovanju u opće-poslovnom smislu**, ne naglašava se nužno njegova vezanost uz operacijski dio poslovanja. Ono što se želi naglasiti je da se oblikovanje promatra kao **proces sustavnog razmišljanja**. Pojam oblikovanja koristit će se tada često uz izraz „dizajnersko" promišljanje (engl. *design thinking*).

Za neke djelatnosti i tržišta, upravo kvalitetno oblikovanje proizvoda i usluga može značajno doprinijeti konkurentnosti poslovanja. Dapače, čak je stvorena inačica tržišnog vodstva nazvana „analitičko vodstvo" (engl. *analytical leadership*).[50] Takvu bi konkurentsku strategiju slijedila ona poduzeća koja oblikovanju pristupaju kao poslovnoj filozofiji, ne vezujući oblikovanje uz neku pojedinačnu poslovnu funkciju, nego koja oblikovanje doživljavaju kao implicitnu vrijednost sadržanu u stavovima svih zaposlenih.

Oblikovanje može biti tehnički i financijski vrlo zahtjevna aktivnost. Zbog toga mnoga poduzeća nastoje zadaće vezane uz oblikovanje i formalno ustrojiti, bilo kao radno mjesto (ili više njih), bilo kao zaseban organizacijski odjel. Na taj način, oblikovanju se pripisuje istaknutiji položaj u formalnom organizacijskom ustroju čime se potiče stručna izobrazba osoblja koje radi na postupcima oblikovanja. Profesionalizacija odjela doprinosi sustavnosti u postupcima oblikovanja te pojačanim naporima u praćenju rezultata koji nastaju kao posljedica oblikovanja. U većim poduzećima, najčešće će specijalizirani odjeli za oblikovanje proizvoda i procesa biti ustrojeni upravo u sklopu operacijske funkcije.

## 3.1.3. Proces oblikovanja

Aktivnost oblikovanja zasniva se na postupku racionalnog promišljanja stvarnosti. Oblikovanje uključuje analiziranje promatranih pojava i osmišljanje novih načina povezivanja dijelova nekog predmeta, procesa i sustava u poboljšanu funkcionalnu cjelinu.[51]

[49] Sheppard, B. et al. (2018). *The Business Value of Design*. McKinsey Quarterly. https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-design/our-insights/the-business-value-of-design?cid= other-eml-alt-mip-mck&hlkid=2892c66f0fc84abaab5c448872189784&hctky=9864556&hdpid=f2fb5e68-ba89-47b8-8dec-b67989fbe986

[50] Ibidem.

[51] Aktivnost oblikovanja je usmjerena na kreiranje modela, tj. razumijevanje principa povezivanja dijelova u funkcionalnu cjelinu, dok je planiranje usmjereno na pravodobno predviđanje svih resursa i/ili koraka nužnih za provedbu određenog cilja ili nakane.

Postupak oblikovanja zapravo slijedi faze općeg procesa racionalnog odlučivanja. On se odvija u nekom zadanom vremenu, a često je zadan i popis sudionika u postupku te raspoloživi iznos sredstava namijenjenih oblikovanju. Ovisno o predmetu oblikovanja, ali i o opažanjima osobe koja nudi sistematizaciju postupka oblikovanja, oblikovanje se razrađuje kroz više faza ili koraka. Ponekad je tih faza četiri do pet, ponekad i više. Neka opća shema procesa oblikovanja obuhvatila bi sljedeće korake:

1. **utvrđivanje (identifikacija) problema** i definiranje cilja (ili sustava ciljeva)
2. raščlambu (**analizu**) predmeta oblikovanja
3. ispitivanje odnosa među izdvojenim dijelovima
4. utvrđivanje (konstruiranje, **sinteza**) mogućih modela rješenja
5. **odabir optimalnog modela**, tj. usporedbu predloženih varijantnih rješenja s obzirom na sposobnost dostizanja ciljeva
6. provedbu odabranog modela u praksi (**implementacija**).

## 3.2. OBLIKOVANJE U OPERACIJSKOM MENADŽMENTU

Operacijski menadžment slijedi opći model sustavnog oblikovanja predmeta interesa. Pri tom se sam postupak primjenjuje vrlo detaljno, nastojeći doprijeti do elementarnih jedinica predmeta ili procesa, težeći maksimalnoj objektivnosti. Obilježja elementarnih dijelova predmeta oblikovanja izražavaju se fizikalnim jedinicama mjere, kako bi se izbjegle bilo kakve nedoumice u interpretaciji načina provedbe zacrtanog modela. Točnost i pouzdanost podataka vrlo su bitni za planiranje u operacijskom menadžmentu. Naime, što je precizniji opis dijelova nekog proizvoda ili elementarnih faza procesa njegove izrade, to će i planiranje biti preciznije, a ekonomski ishodi bolji.

U operacijskom menadžmentu, oblikovanje će prvenstveno obuhvatiti proizvode i njihove sastavne dijelove, zatim različite procese, radne zadatke i postupke te radna mjesta, ali oblikovati se mogu i odnosi i strukture upravljanja, uključujući i sam sustav operacijskog planiranja.

Budući da kvaliteta provedbe aktivnosti oblikovanja ima dalekosežne posljedice za poslovanje, važno je oblikovanju sistematično pristupiti. To znači da je potrebno unaprijed predvidjeti aktivnosti koje će biti potrebno provesti te planirati njihovo izvršenje u vremenskom, tehničko-kadrovskom i financijskom pogledu.

### 3.2.1. Sastavnice oblikovanja u operacijskom menadžmentu

Kako je prethodno rečeno, proces oblikovanja moguće je primijeniti na različite predmete, sustave i pojave. U nadležnosti je operacijskog menadžmenta oblikovati ključne elemente uspješnih operacijskih segmenata poslovanja. Budući da veći broj čimbenika utječe na ishode (uspješnost) operacijskog menadžmenta, te je njihovo djelovanje međusobno uvjetovano, to se razni predmeti oblikovanja mogu sagledavati kao dimenzije složenog postupka osmišljavanja i uspostave jednog operacijskog sustava.

Postupku oblikovanja obično podliježu sljedeći dijelovi operacijskog sustava:[52]

[52] Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management*. 8th global edition. Pearson. Autori navedenih šest elemenata obrađuju kao zasebna poglavlja druge cjeline udžbenika, naslovljene Dizajniranje operacija.

- proizvodi i usluge
- sustav kvalitete
- neposredni operacijski procesi
- sustav uspostave i planiranja kapaciteta
- raspored opreme
- radne operacije i postupci praćenja izvršenja

U nastavku udžbenika posebno su naglašeni pristupi i postupci koji se koriste pri oblikovanju proizvoda i procesa. Ovdje je tek korisno naglasiti da se oblikovanjem jedne od prethodnih sastavnica često zadire i u ostale.

U slučajevima kada se (pre)oblikovanjem operacijskog sustava želi značajnije mijenjati način poslovanja, može se govoriti o oblikovanju modela poslovanja. U takvom je slučaju složenost aktivnosti oblikovanja najveća - uključivat će više dionika, trajati duže, zahtijevati više sredstava i tražiti zahtjevno planiranje. Smisao takvog složenog postupka preoblikovanja načina poslovanja je povećati sveukupnu uspješnost poslovanja.

## 3.2.2. Važnost integriranog pristupa oblikovanju

U operacijskom menadžmentu vrlo je izražena međuzavisnost pojedinih elemenata oblikovanja. Ta se povezanost odražava i u uobičajenom slijedu aktivnosti planiranja koje najčešće kreću od oblikovanja proizvoda ili usluge da bi se potom prešlo na oblikovanje procesa neposredne proizvodnje, a potom i potpornih aktivnosti/procesa. Integrirani pristup oblikovanju povećava efikasnost operacijskih procesa.

Zašto je to tako? Većina industrijskih proizvoda su sklopovi. Sastoje se iz većeg broja dijelova (komponenti) koji se sklapaju u više koraka, tj. višestrukih faza u procesu proizvodnje. Dobavu ili izradu svih pojedinih komponenti potrebno je uskladiti kvalitativno i vremenski.[53]

U sustavu veliko serijske i masovne proizvodnje, pravilo je da se slijedom procesa izrade i sklapanja određuje raspored strojeva i opreme u prostoru. Posljedično, što je proizvod jednostavniji, što je manji broj dijelova koje je potrebno rastaviti, to je potreban manji prostor za izvršenje proizvodnje. Može se pretpostaviti da su tada i nabava i skladištenje jednostavniji i da angažiraju manje financijskih sredstava. Jednostavniji, a ujedno često i precizniji, bit će tada i prateći procesi planiranja. Ista težnja pojednostavljivanju složenosti operacijskih procesa vrijedi i za oblikovanje asortimana. Što je asortiman uži, te što je veći broj zajedničkih dijelova ili zajedničkih faza obrade za različite proizvode, to je raspored opreme u prostoru jednostavniji, tok procesa ravnomjerniji i planiranje preciznije.

Ovaj, u osnovi klasičan pristup vremenske slijednosti oblikovanja koji podrazumijeva da se najprije pristupa proizvodu, a tek potom procesu, zamjećuje se i u nazivu organizacijskih jedinica

[53] Zapravo su točke sklapanja u procesu proizvodnje kritične točke. Kako ne bi dolazilo do zastoja u proizvodnom procesu, potrebno je uskladiti proizvodnju i dopremu svih dijelova koji se sklapaju u jednoj točki. To znači da je potrebno precizno isplanirati i količine i kvalitetu i vrijeme prispjeća dijelova u fazu sklapanja. Naime, zastoji u procesu označavaju vrijeme u kojem su resursi raspoloživi, ali ne i iskorišteni. Posljedično, što je duže vrijeme neaktivnosti, niža će biti stopa povrata na ulaganja, o čemu je više riječi bilo u poglavlju 2.

koje se bave oblikovanjem kao pripremom za pokretanje proizvodnog procesa.[54] To su tzv. **konstrukcijska priprema** i **tehnološka priprema**. Njih obično slijedi tzv. **operativna priprema** koja, temeljem dokumentacije razrađene pri oblikovanju proizvoda i procesa, izrađuje radnu dokumentaciju i planira rokove proizvodnje.

Sami nazivi upućuju na središnji sadržaj svake od njih. Prva „priprema" oblikuje proizvod, druga proces, dok se treća bavi operativnim planiranjem i praćenjem izvedbe. Ponekad se tehnološka priprema i dodatno proširuje tako da joj se dodaje funkcija oblikovanja alata i funkcija studija rada, koja se bavi oblikovanjem procesa rada na radnome mjestu (na razini pojedinačnih izvršitelja). Razvidno je da su aktivnosti oblikovanja u operacijskom menadžmentu višestruke i međusobno povezane.

Koje će točno poslove i aktivnosti pojedini sustav detektirati kao ključne i oko njih oblikovati radne timove ili organizacijske jedinice, ovisi o mnogočemu. Prvenstveno su to obilježja proizvoda ili usluge, veličina (volumen) proizvodnje, širina asortimana (raspon), stabilnost proizvodnje u broju, sastavu i kvaliteti proizvoda i usluga, broju, obuci i samostalnosti radnika, kako u aktivnostima upravljanja proizvodnjom, tako i u aktivnostima oblikovanja te izvedbenim aktivnostima.

Potrebno je naglasiti da premda svako oblikovanje u operacijskom menadžmentu teži pojednostavljenju, što asortimana, što samog proizvoda ili usluge, jednom usvojeno rješenje (dizajn) proizvoda predodređuje efektivnost i efikasnost ukupnog operacijskog poslovanja.

## 3.2.3. Praktični primjeri učinaka oblikovanja

U nastavku je opisan praktičan primjer tehničko-ekonomskih posljedica oblikovanja proizvoda. Primjer dolazi iz industrijske prakse proizvođača automobila krajem osamdesetih godina 20. stoljeća. Autori Womack, Jones i Roos su 1990. godine objavili prvo izdanje svoje utjecajne knjige *The Machine that Changed the World*. Knjiga govori o razvoju industrije automobila, s naglaskom na japanski model hijerarhijski plitkih organizacija (tzv. ***lean-menadžment***). Ono što je za operacijsko oblikovanje značajno, je prikaz organizacijskih razlika između japanskog i zapadnjačkog sustava proizvodnje automobila. Tablica 3.1. jasno ukazuje kako pristup oblikovanju može **utjecati na poslovnu uspješnost** i to kroz više dimenzija: proizvodnosti, kvaliteti učinka, potrebnog prostora, uključivanja neposrednih radnika u procese oblikovanja itd.[55]

[54] Izraz *priprema proizvodnje* uobičajeno se koristi u organizacijama sa serijskom proizvodnjom. Naime, serijska proizvodnja podrazumijeva mogućnost da se pojedine verzije proizvoda mogu razlikovati u sastavnici, a i načinu izvedbe, uslijed čega se očekuje da će se svaki put preispitivati, a ponekad i dorađivati izvorno oblikovani proizvod ili proces.

[55] Prema: Womack, J. P., Jones, D. T. i Ross, D. (2007). T*he Machine that changed the World: How Lean Production Revolutionized the Global Car Wars*. Simon and Shuster UK Ltd. str. 92.

***Tablica 3.1. Sažeti prikaz učinaka proizvodnih sustava u veliko serijskoj proizvodnji[56]***

| Automobil prema izvoru dizajna i mjestu proizvodnje | Japanski, proizveden u Japanu | Japanski, proizveden u Sjevernoj Americi | Američki, proizveden u Sjevernoj Americi | Europski automobil |
|---|---|---|---|---|
| Učinci | | | | |
| Proizvodnost (u potrebnim satima po jednom automobilu) | 16,8 | 21,2 | 25,1 | 36,2 |
| Kvaliteta (broj pogrešaka u sklapanju na 100 automobila) | 60,0 | 65,0 | 82,3 | 97,0 |
| Prostorni raspored | | | | |
| Potrebna radna površina (kvadratne stope po automobilu u 1 godini) | 5,7 | 9,1 | 7,8 | 7,8 |
| Površina potrebna za dorade (kao % prostora namijenjenog sklapanju) | 4,1 | 4,9 | 12,9 | 14,4 |
| Zalihe (u danima za 8 dijelova u promatranom uzorku) | 0,2 | 1,6 | 2,9 | 2,0 |
| Radna snaga | | | | |
| Postotak radnika koji rade u timu | 69,3 | 71,3 | 17,3 | 0,6 |
| Rotacija radnika u pogonu (0 = nikad; 4 = često) | 3,0 | 2,7 | 0,9 | 1,9 |
| Poboljšanja koja su predložili radnici (broj po radniku) | 61,6 | 1,4 | 0,4 | 0,4 |
| Broj kategorija poslova na koje se radnici raspoređuju | 11,9 | 8,7 | 67,1 | 14,8 |
| Trajanje obuke novih radnika u proizvodnji (u satima) | 380,3 | 370,0 | 46,4 | 173,3 |
| Stopa izostajanja s posla (apsentizam) | 5,0 | 4,8 | 11,7 | 12,1 |
| Automatizacija | | | | |
| Zavarivanje (% izravnih koraka) | 86,2 | 85,0 | 76,2 | 76,6 |
| Bojanje (% izravnih koraka) | 54,6 | 40,7 | 33,6 | 38,2 |
| Sklapanje (% izravnih koraka) | 1,7 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |

Usporede li se podaci u tablici 3.1, nije teško uočiti gdje su razlike najizraženije. Ako su proizvođači automobila smatrali da je dvodnevno ili trodnevno vrijeme držanja zaliha dobar rezultat izvrsnog projektiranja (i planiranja proizvodnje), japanski proizvođači to su razdoblje sveli na nekoliko sati. Na-

[56] Naslov tablice u originalu: Summary of Assembly Plant Characteristics for Volume Producers. (izvor prema navodima originalnih autora: IMVP World Assembly Plant Survey. 1989)

dalje, uz bogatiji program obuke radnika, ali također zahvaljujući čestim rotacijama radnika, dobivali su višestruko više preporuka za poboljšanje procesa od neposrednih izvršitelja. Dapače, premda su u doba provođenja ovog istraživanja količine proizvoda u japanskim tvornicama bile značajno manje od onih u zapadnim tvornicama, japanski pristup oblikovanju omogućio je nižu jediničnu cijenu koštanja proizvoda, a k tome i višu razinu pouzdanosti i kvalitete.

Pored navedenih poslovnih učinaka, japanski pristup oblikovanju proizvoda i procesa se odražava i na **fleksibilnost ponude**, osobito mogućnost dograđivanja proizvoda. Japanski model poslovanja doprinio je značajnom skraćivanju vremena razvoja proizvoda. Skraćivanjem vremena oblikovanja proizvoda postižu se dva korisna učinka. S jedne strane, smanjuje se cijena koštanja samog procesa razvoja proizvoda. Budući da tržišna (prodajna) cijena predodređuje kako troškove neposredne proizvodnje, tako i troškove I&R, prodajna cijena proizvoda moći će se formirati u širem rasponu cijena, ovisno o postavljenim konkurentskim ciljevima. Drugi pozitivan učinak skraćivanja vremena oblikovanja proizlazi iz brzine reagiranja na tržišne prilike. U vremenu kada se tehnologije (i ukusi potrošača) brzo mijenjanju, brzina prilagodbe proizvoda i proizvodnog asortimana postaje bitan izvor konkurentske diferencijacije (inovativnost kao izvor konkurentske prednosti).

Pored utjecaja oblikovanja na poslovnu uspješnost, moguće je analizirati i postignuća sustava za razvoj proizvoda japanskih i američkih proizvođača automobila. Podaci se odnose također na sredinu osamdesetih godina 20. stoljeća, a Womack, Jones i Ross ih preuzimaju iz izvora dostupnih krajem 1980-ih.[57]

Više je zanimljivih opažanja. Vidljivo je da je sredinom 1980-ih japanski sustav bolji u preciznosti planiranja. Time se izbjegavaju zastoji, odnosno povećava se pouzdanost sustava, tako da je broj kašnjenja pri izradi dvostruko ili trostruko manji nego kod američkih i europskih proizvođača. Vrijeme izbacivanja novog proizvoda na tržište značajno je kraće kod japanskih proizvođača, premda traži manje osoblja. Moguće je pretpostaviti da je to posljedica i unutarnjeg ustroja osoblja koje radi na oblikovanju proizvoda i procesa, kao i uske suradnje s dobavljačima. Zaključak koji se nameće promatranjem tablice 3.2. je da se i sam sustav razvoja proizvoda može oblikovati, no oblikovanje procesa nije samo pitanje definiranja problema i odabira ciljeva. Bitno je sagledati što su bile pretpostavke skraćivanja vremena razvoja proizvoda. Iz tablice 3.2. vidljiva su barem dva izvora ideja i rješenja u oblikovanju; jedan dolazi kroz doprinos vlastitih radnika, drugi je doprinos dobavljača.

Lako je iz prikazanog primjera zaključiti zašto je japanski model proizvodnje postao toliko uspješan potkraj 20. stoljeća. Jednom kad su uočene prednosti japanskog pristupa upravljanju proizvodnjom, model se brzo proširio na ostatak svijeta. U transferu principa japanskog upravljanja u nove institucionalne prostore, kao što su Europa i Sjedinjene Američke Države, uočena su i određena kontekstualna ograničenja koja otežavaju implementaciju japanskog modela proizvodnje. To su prije svega povijest razvoja djelatnosti u različitim državama, veličina nacionalnih tržišta, naslijeđena struktura poslovanja, postojanje prikladnih dobavljača, odnosi moći na tržištima

[57] Prema: Womack, J. P., Jones, D. T. i Ross, D. (2007). *op.cit.* str. 119. (napomena: tablica je skraćena u odnosu na original). Kao izvornik, Womack, Jones i Ross navode: Kim, B., Clark, K. B., Fujimoto, T. i Chew, W. B. (1987). *Product Development and World Auto Industry*. Brookings Papers on Economic Activity. br. 3. Takahiro Fujimoto: Organizations for Effective Product Development, doktorska disertacija obranjena na Harvard Business School. 1989.

dobavljača i kupaca, radno zakonodavstvo i radne navike radnika itd. Čimbenika je više. Kako ih interpretirati? Vjerojatno bi ispravno bilo reći da japanski model organizacije danas prepoznajemo kroz opće prihvaćene pristupe: upravo na vrijeme, potpuno upravljanje kvalitetom i druge. O njima više u ostalim poglavljima ove knjige.

***Tablica 3.2. Usporedba postignuća aktivnosti razvoja proizvoda po regionalnim proizvođačima sredinom 1980-ih***

| Promatrano obilježje I&R | Japanski proizvođač | Američki proizvođač | Europski velikoserijski proizvođač | Europski maloserijski proizvođač |
|---|---|---|---|---|
| Prosječan broj inženjerskih sati po jednom automobilu | 1,7 | 3,1 | 2,9 | 3,1 |
| Broj angažiranih inženjera u projektnom timu | 485 | 903 | 904 | |
| Udio zajedničkih dijelova | 18 % | 38 % | 28 % | 30 % |
| Dio oblikovanja koje obavljaju dobavljači | 51 % | 14 % | 37 % | 32 % |
| Vrijeme razvoja kalupa (specijaliziranih alata ) u mjesecima | 13,8 | 25,0 | 28,0 | |
| Udio proizvoda čija izrada probija planirane rokove | 1 od 6 | 1 od 2 | 1 od 3 | |
| Vrijeme potrebno za razvoj prototipa u mjesecima | 6,2 | 12,4 | 10,9 | |
| Vrijeme povrata na normalnu razinu proizvodnosti nakon uvođenja novog proizvoda (u mjesecima) | 4 | 5 | 12 | |

## 3.3. SUVREMENI NAGLASCI U OBLIKOVANJU

O oblikovanju se desetljećima pretežito govorilo kroz prizmu proizvodnih inovacija, tj. razvoja novih proizvoda. No, u novije vrijeme sve se više naglašava značaj oblikovanja proizvoda u razvoju i održavanju poslovnih rezultata te strateškog položaja poduzeća na tržištu.[58] Nekoliko je ključnih naglasaka koji obilježavaju aktivnosti oblikovanja u suvremenom poslovanju. To su:

- fleksibilnost kao sposobnost neprestane prilagodbe tržištu i kupcu
- integrativni pogled na oblikovanje
- orijentacija na širu društvenu okolinu
- usvajanje principa oblikovanja četvrte industrijske revolucije.

Ustvari, radi se o principima koji postaju neizostavni čimbenici promjena u samoj aktivnosti oblikovanja. U nastavku će svaki od navedenih principa biti malo detaljnije objašnjen.

[58] Roper, S. et al. (2016). *The role of effectiveness of design in new product development: a study of Irish manufacturers.* Research Policy. br. 45. str. 319.

## 3.3.1. Fleksibilizacija operacijskog sustava

Čitav se niz pomaka u operacijskom oblikovanju može dovesti u vezu s nastojanjima usmjerenima na povećanje fleksibilnosti operacijskih sustava. Ovdje će biti spomenuti tek neki od njih.

Stremljenje ka većoj fleksibilnosti proizvodnog sustava potencirano je potrebom uvođenja češćih promjena, kako u sastav proizvodnog programa, tako i u konstrukcijska rješenja pojedinih proizvoda koji traže (manje) zahvate u tehnologije i procese kroz koje ti isti proizvodi nastaju.

U nastojanju da se bolje prilagode zahtjevima tržišta, pojedina poduzeća razmatraju mogućnosti veće fleksibilizacije operacijskih sustava kao ključne poslovne strategije. Neka idu u pravcu personalizacije proizvoda i personaliziranog pristupa (engl. *one of a kind production*), što dovodi do stanovitih odstupanja od povijesno prihvaćenog načela ujednačavanja (standardizacije) proizvoda i stabilnosti operacijskih procesa. Druga prvenstveno nastoje skratiti trajanje vremena namijenjenog oblikovanju. Temeljni ekonomski i poslovni smisao kraćeg trajanja vremena odvijanja procesa oblikovanja bio je smanjiti troškove oblikovanja. Naime, ukoliko bi se smanjilo vrijeme trajanja procesa oblikovanja, moglo bi se istim iznosom sredstava financirati veći broj projekata oblikovanja. Time bi se **povećala učestalost i pravodobnost (brzina) reagiranja na zahtjeve tržišta,** a moguće bi se smanjili troškovi samog oblikovanja u ukupnoj cijeni koštanja proizvodnje.

Već potkraj dvadesetog stoljeća, točnije tijekom 1980-ih i 1990-ih godina, mnoga poduzeća rade na preustroju procesa operacijskog oblikovanja. Taj se preustroj odvija kroz osmišljavanje različitog protoka, sadržaja i tehnika samog procesa oblikovanja. Primjerice, umjesto tradicionalnog oblikovanja koje protječe u nizu uzastopnih koraka što ih izvode organizacijski odvojeni odjeli,[59] zagovara se **simultano oblikovanje** proizvoda i procesa. Prednosti simultanog oblikovanja bile su vrlo brzo vidljive, a očitovale su se boljom komunikacijom među osobama zaduženima za pojedine segmente procesa oblikovanja, te ubrzavanjem cijeloga procesa oblikovanja. Pomoć u dodatnom ubrzavanju procesa oblikovanja postiže se i korištenjem **računalnih alata namijenjenih projektiranju proizvoda i procesa.** Ovaj je pristup sadržan u akronimu *RPO/RPP* (hrv. računalom podržano oblikovanje/računalom podržana proizvodnja; engl. *computer aided design/computer aided manufacturing, CAD/CAM*). U novije se vrijeme, kao alat koji ubrzava rješavanje problema oblikovanja proizvoda, sve više koristi alat zasnovan na zamisli virtualne stvarnosti (engl. *virtual reality*).

Otprilike, u tom istom razdoblju promovira se i ideja procesno orijentiranog poslovanja, često nazivana i Toyota sustav, ili japanski model proizvodnje, koji pogoduje tzv. plitkim organizacijama (engl. *lean-production*). U odnosu na simultano projektiranje, japanski model slijedi još jedan dodatni princip, **princip kontinuiranog poboljšanja** proizvoda i procesa. Literatura za to često koristi izraz *kaizen.* Izraz je potekao iz japanskog pristupa organizaciji proizvodnje gdje se kontinuirano poboljšanje operacijskih procesa promatra kao dio sustava upravljanja kvalitetom, o čemu će biti više riječi u 20. poglavlju ovog udžbenika. *Kaizen* kao način promi-

[59] Tradicionalna razrada procesa oblikovanja kroz tri vida pripreme proizvodnje: konstrukcijsku, tehnološku i operativnu upućuje na praksu po kojoj se definirao proizvod, da bi se tek potom određivali proizvodni postupci i način organizacije proizvodnog procesa.

šljanja donosi nov pogled na organizaciju proizvodnog (operacijskog) procesa. Naime, njime se izričito uvažava spoznaja da će se proizvodnja odvijati u okolnostima stalnih promjena.

U dvadeset i prvom stoljeću ta će se spoznaja odraziti na nov pristup oblikovanju proizvoda i procesa. Umjesto težnji ka čim većoj standardizaciji i stabilnosti, težit će se istodobnom podržavanju stabilnosti i fleksibilnosti, u svrhu podržavanja stabilnosti poslovanja. Naglasak će se staviti na oblikovanje spremnosti za promjene. Ponovo se radi o nastojanjima za racionalizacijom dugoročnih troškova višestrukog oblikovanja proizvoda (preoblikovanja istog proizvoda ili oblikovanja sličnih proizvoda) te podržavanju učestalijih preispitivanja strukture proizvoda i proizvodnih programa i dogradnji operacijskih sustava. Troškovna se ušteda, kao i skraćivanje potrebnog vremena uvođenja promjena u proizvodnji, ostvaruje kroz ciljanost (selektivnost) redizajna, mijenjanjem tek dijela komponenti proizvoda.

Novi nazivi vezani uz pristup oblikovanju proizvoda koriste izraze poput: **grupno oblikovanje** (engl. *product family design*) i **modularno oblikovanje** (engl. *modular design*). U slučaju **grupnog oblikovanja** cilj je uspostaviti optimalnu razinu zajedničkih dijelova proizvoda ili faza procesa koje će koristiti više proizvoda ili verzija istog proizvoda. Posljedica toga je da se troškovi jednom provedene aktivnosti oblikovanja dijelova mogu otplatiti kroz veći broj izvedenih i prodanih primjeraka proizvoda. Također, budući da je predviđeno da se ista komponenta ugrađuje u veći broj proizvoda, povećavaju se ekonomije razmjera (zbog porasta veličine serija) u proizvodnji zajedničkih komponenti. Kod **modularnog oblikovanja**, naglasak je stavljen na djelomično, umjesto cjelovitog (pre)oblikovanja.

Sličan pristup zahvaća i oblikovanje fleksibilne proizvodne opreme. Princip personaliziranih proizvoda, tj. masovne prilagodbe proizvoda pojedinačnim očekivanjima manjih skupina korisnika (engl. *mass costumization)* moguće je ostvariti korištenjem industrijskih robota. Po definiciji, **industrijski roboti** su fleksibilni strojevi,[60] no suvremena robotizacija nameće i **nove zahtjeve** za oblikovanje robotiziranih proizvodnih sustava.[61] Među novim zahtjevima oblikovanja robotiziranih sustava posebno se izdvajaju zahtjevi za boljom suradnjom čovjeka i stroja (engl. *collaborative robots*), te zahtjevi da se u robote ugrade neki vidovi intuitivnosti, što je obuhvaćeno pojmom strojno učenje (engl. *machine learning*). Izvješće o razvoju robotike iz 2016. godine ukazuje da je Europska unija svjetski predvodnik u razvoju industrijskih robota, dok je istovremeno Kina najveći kupac industrijskih robota.

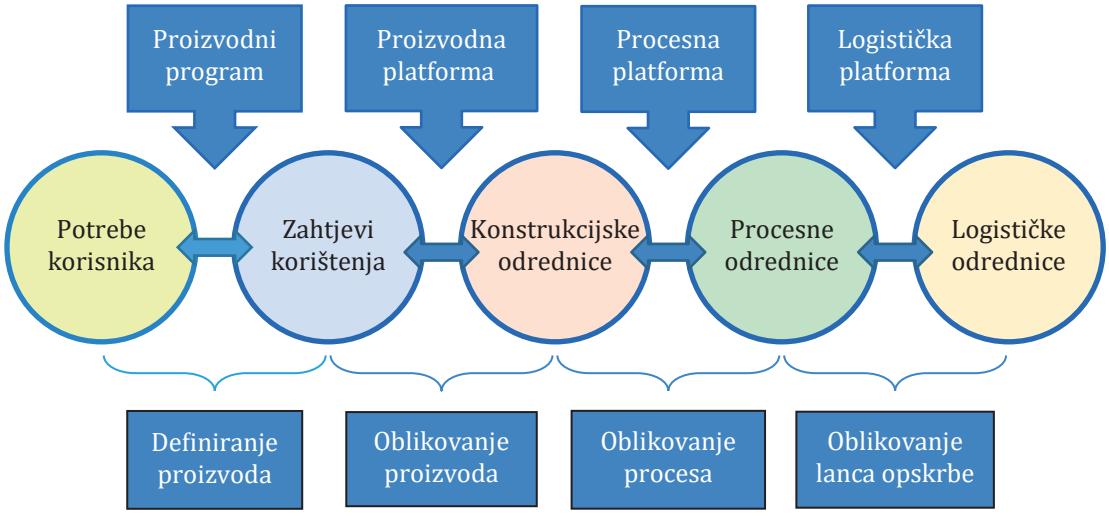
[60] Wikipedia navodi da su roboti automatizirani strojevi koje je moguće programirati i koji imaju sposobnost kretanja po tri osi. https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_robot, pristup: 15.01.2020.

[61] Martin, C. i Leurent, H. (2017). *Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation.* World Economic Forum, dostupno na: http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf

## 3.3.2. Proširenje obuhvata operacijskog oblikovanja

Usporedo s porastom značaja operacijskog oblikovanja raste i broj dionika uključenih u aktivnosti oblikovanja. Noviji pristupi podržavaju veću **uključenost izvršnih radnika u procese oblikovanja**. U pogledu porasta broja osoba koje su uključene u procese oblikovanja, uočava se i **porast značaja dobavljača** u kreiranju konstrukcijskih i proizvodnih rješenja.

Nastavno na prethodno, spomenuti trend grupnog oblikovanja i trend integrativno shvaćene uloge oblikovanja, slika 3.1.[62] prikazuje oblikovanje kao proces koji se odvija kroz pet međuzavisnih koraka ili faza.




***Slika 3.1. Holistički pogled na oblikovanje obitelji proizvoda***

Slika 3.1. predstavlja još jedan primjer suvremenog, vrlo širokog poimanja aktivnosti oblikovanja u operacijskom menadžmentu. Ovaj prikaz naglašava međuzavisnosti stručnjaka u polju operacijskog menadžmenta sa stručnjacima iz ostalih funkcijskih područja u vlastitoj organizaciji te s partnerima uključenim u lanac opskrbe. Suradnja između uzastopnih koraka usmjerena je na postizanje određenih ishoda. Riječ je o sljedećim ishodima:

1. Suradnja analize potreba korisnika, tj. marketinških stručnjaka i inženjera zaduženih za tehničke odrednice funkcionalnosti kao ishod nosi odabir proizvoda i proizvodnog programa.[63]
2. Suradnja analize odrednica funkcionalnosti i mogućih konstrukcijskih rješenja kao ishod ima optimalno **oblikovanje proizvoda** (dizajn proizvoda).
3. **Oblikovanje procesa** ishod je suradnje stručnjaka koji brinu o tehničkoj izvedivosti konstrukcijskog rješenja (treća faza) i stručnjaka zaduženih za oblikovanje procesa koji mogu bolje procijeniti kako će oblikovanje procesa utjecati na troškove proizvodnje.
4. Ishod suradnje posljednje dvije faze procesa je **oblikovanje lanca opskrbe**, što je uvod u uspostavu poslovnih partnerstava i sklapanja ugovora o suradnji u lancu vrijednosti.

---

62 Prilagođeno prema: Jiao, J. R., Simpson, T. W. i Siddique, Z. (2007). *Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review*. Journal of Intelligent Manufacturing. vol. 18. br. 1. str. 7.

63 Uvjetno bi se i ovaj ishod mogao nazvati oblikovanjem, tj. oblikovanjem proizvodnog programa.

Ponekad će poduzeća, osobito ona koja nemaju dovoljan broj odgovarajućih stručnjaka, oblikovanje povjeravati specijaliziranim vanjskim savjetnicima. Tako organizacije specijalizirane za konzultantske usluge u području oblikovanja oglašavaju svoje usluge kao sustavan (strukturiran) pristup analizi operativnog poslovanja i razvoju novih rješenja. Njihova ponuda uključuje: konceptualno oblikovanje, planiranje procesa tokova materijala i podataka, prostorno planiranje, oblikovanje procesa, mapiranje procesa, određivanje rasporeda opreme; oblikovanje radnih mjesta i radnih postupaka, upravljanje projektima itd.



Danas prevladava mišljenje da postoji više razvojnih razina u pogledu uloge koju oblikovanje zauzima u pojedinim organizacijama. Takve stavove zastupaju Westcott i suradnici[64] koji oblikovanju pripisuju tri razine utjecaja na organizaciju; prvu, najnižu, taktičnu, vezanu uz oblikovanje proizvoda i usluga; drugu, višu, vezanu uz oblikovanje i integriranje organizacije; i treću, najvišu, vezanu uz oblikovanje strategija i poslovnih modela.

Popis u nastavku predočuje stupnjevani pristup porastu značaja oblikovanja u suvremenim organizacijama. Razvoj utjecaja oblikovanja na organizaciju predstavljen je kroz četiri razvojne razine:[65]

1. razina - nepostojanje sustavnog oblikovanja (engl. *non-design*)
2. razina - oblikovanje u funkciji davanja obličja (engl. *design as form-giving*)
3. razina - oblikovanje kao procesna djelatnost (engl. *design as process*)
4. razina - oblikovanje kao strategija (engl. *design as strategy*)

**Na prvoj razini**, oblikovanje je relativno slabo razvijeno i pretežno u službi oponašanja uspješnijih poduzetnika. Vlastito oblikovanje događa se kao **odgovor na poticaje iz okoline** i vrlo je ograničeno u pogledu broja sudionika i složenosti postupaka. **Druga razvojna razina** već predviđa **uspostavljanje vlastitog sustava analize** financijskih i tržišnih učinaka promjena koje se poduzimaju pri oblikovanju proizvoda i procesa, no aktivnosti oblikovanja se još uvijek događaju sporadično. **Treća razvojna razina** pretpostavlja redovitost u provođenju aktivnosti oblikovanja. Oblikovanje predstavlja **integralni dio razvojnih procesa**. Najviša, četvrta razvojna razina, koristi oblikovanje kao **alat za upravljanje strateškim promjenama** u čitavoj organizaciji. Oblikovanje je ovdje ključna strateška aktivnost.

Razvidno je da će u poduzećima koja oblikovanje budu smatrala strateškom djelatnosti, aktivnosti oblikovanja dobiti istaknutiji organizacijski položaj. Tako će, umjesto da zadrže povijesno uvjetovani položaj oblikovanja kao dijela (ili faze) operacijske funkcije, ona poduzeća kojima je oblikovanje strateško opredjeljenje oblikovanje postaviti kao samostalni odjel (izdvojenu funkciju) na višim hijerarhijskim razinama. Vjerojatno će se u tom odjelu objediniti rad stručnjaka marketinške i tehnološke orijentacije. U tom je slučaju predvidivo da će centralizirani odjel zadužen za oblikovanje i sam imati razgranatu internu strukturu specijaliziranih pod-odjela. Moguće je da ona poduzeća u kojima je oblikovanje dostiglo najvišu, četvrtu razvojnu razinu, niti neće

64 Westcott, M. et al. (2013). *The DMI Design Value Scorecard: A New Design Measurement and Management Model*. Design Management Review. vol. 24. str. 14-15, dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/263213424_The_DMI_Design_Value_Scorecard_A_New_Design_Measurement_and_Management_Model

65 Björlund, T. A., Hannukainen, P. i Manninen, T. (2018). *Measuring the impact of design, service design and design thinking in organizations on different maturity levels.* ServDES2018. Scoula del design. Dipartimento di design. Politecnico di Milano. June. str. 18-20.

oformiti zaseban organizacijski odjel zadužen za oblikovanje naprosto iz razloga što smatraju da je oblikovanje široko rasprostranjena djelatnost, odnosno način razmišljanja, koje se odvija kroz čitavu organizaciju. Raznolikost suvremenih praksi u provedbi aktivnosti oblikovanja dokazuju i najnovija istraživanja koja potvrđuju napuštanje predodžbe o oblikovanju kao fazi procesa razvoja proizvoda ili poslovanja.[66]

## 3.3.3. Društvena odgovornost i ekološki zahtjevi

Više se pojmova i pristupa razvija posljednjih desetljeća u polju menadžmenta upozoravajući na činjenicu da poslovanje pojedinačnih poduzetnika ima snažno djelovanje na širu društvenu zajednicu, osobito na ekonomsku i društvenu stabilnost te ekološku održivost. Društvena odgovornost je pojam koji naglašava spremnost poduzetnika da svoje poslovanje usklađuju s ciljevima šire društvene zajednice.[67] Posebno je izražena pažnja koju šira društvena zajednica poklanja oblikovanju proizvoda i procesa u skladu s načelima ekološke održivosti. Pored ekoloških, vrlo je izraženo zanimanje javnih vlasti za konkurentnost.

Oblikovanje proizvoda i procesa može značajno utjecati na ekološku održivost. O ovome će se nešto specifičnije reći u poglavlju 4, dok će se ovdje dati opće napomene. U sklopu operacijskog menadžmenta koristi se pojam industrijske ekologije koji označava procese i aktivnosti proučavanja materijala i proizvodnih procesa s ciljem smanjivanja njihovih štetnih utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš. Pojedina nacionalna i međunarodna tijela definiraju smjernice i razvijaju programe potpore **ekološki usmjerenom oblikovanju**. Primjerice, Sjedinjene američke države, kroz specijaliziranu vladinu agenciju (*environmental protection agency, EPA*) pružaju podršku za razvoj ekološki održivih modela poslovanja po različitim gospodarskim sektorima.

Sastavnice oblikovanja u kontekstu ekološke održivosti (engl. *design for the environmen, DfE*) uključuju:[68]

1. Oblikovanje proizvoda i procesa u službi boljeg iskorištavanja resursa, tj. smanjivanje otpada te korištenje sirovina i procesa koji uzrokuju manje štetnih posljedica za prirodu i ljudsko zdravlje
2. Odabir načina pakiranja i otpreme proizvoda
3. Oblikovanje u službi povećanja trajnosti proizvoda, tj. oblikovanje proizvoda na način koji olakšava popravke i osigurava duže razdoblje korištenja proizvoda
4. Oblikovanje u službi energetske učinkovitosti.

---

66 Istraživanje objavljeno 2017. provedeno je anketiranjem poduzetnika te je ukazalo na razlike u poimanju uloge oblikovanja u postizanju poslovnog uspjeha, što se odražavalo i na načine ustroja funkcije oblikovanja. Sheppard, B., Edson, J. i Kouyoumjian, G. (2017). *More than a feeling: ten design practices to deliver business value*. McKinsey Design. December 2017. https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-design/our-insights/more-than-a-feeling-ten-design-practices-to-deliver-business-value, pristup: 20.12.2019.

67 Društvena odgovornost poduzetnika (engl*. corporate social responsibility*) definira se kao samonametnuti model poslovanja koji osvješćuje učinke poslovanja, kako u ekonomskom pogledu, tako i u društvenom te ekološkom. Više na: https://www.investopedia.com/terms/c/corp-social-responsibility.asp

68 https://en.wikipedia.org/wiki/Design_for_the_Environment, pristup: 03.12.2019.

Europska unija, ali i pojedina nacionalna zakonodavstva također nastoje potaknuti ekološki održivo oblikovanje (engl. *eco-design*).[69] Veći dio smjernica, standarda i zakona koji podržavaju ekološko oblikovanje nastaje u 2000-tima. Područja oblikovanja na koje se nastoji utjecati slična su kao u prethodno navedenom popisu. Naime, uočeno je da oblikovanje može snažno utjecati na društvene ishode, uključujući i one ekološke naravi. Stoga se u područje oblikovanja sve više premrežuju poslovni ciljevi pojedinačnih poduzetnika, tržišni tehnološki trendovi te opće društveni ciljevi posredovani kroz pravni okvir i interese šire društvene zajednice.



Takozvana **četvrta industrijska revolucija** (engl. *industry 4.0*) nastavlja trend povećanja pažnje koja se pridaje oblikovanju. Uviđa se da je oblikovanje bitno ne samo za održivost poslovnih sustava, već je važno za dobrobit šire društvene zajednice. Države koje predvode tehnološki napredak izdašno ulažu u poticanje prijelaza vlastitih gospodarstava iz treće u tzv. četvrtu industrijsku revoluciju.[70] Ishodi oblikovanja u duhu četvrte industrijske revolucije su pametni proizvodi i pametne tvornice, pa i pametni gradovi. Sve su to pojmovi vezani uz operacijske sustave koji koriste nove informacijsko-komunikacijske tehnologije.

## 3.4. ZAKLJUČAK

Aktivnost oblikovanja predstavlja ključnu aktivnost kojom operacijski menadžeri nastoje razviti tržištu zanimljive proizvode i usluge i ujedno uspostaviti efikasnu organizaciju složenih operativnih procesa.

Utjecaj oblikovanja odražava se na cjelokupnu organizaciju poslovanja. Aktivnosti oblikovanja, koje se provode u okviru operacijskog menadžmenta, neposredno su povezane s izborom i mogućnostima dostizanja strateških ciljeva. Osim što ishodi oblikovanja podržavaju dugoročni poslovni uspjeh, oni jednako značajno utječu na tekuće materijalne i novčane tokove. Stoga je, kako prilikom oblikovanja operacijskih strategija, tako i prilikom oblikovanja proizvoda/usluga i operacijskih procesa, važno prepoznati međuzavisnost različitih sastavnica, faza i sudionika u procesu oblikovanja. Time se doprinosi cjelovitijoj predodžbi o učincima oblikovanja te je moguće utvrditi kako će se novouspostavljeni modeli proizvoda ili operacijskih procesa odraziti na ukupno poslovanje, odnosno na operacijske i na opće poslovne ciljeve.

Prilikom provedbe procesa oblikovanja najvažnije je utvrditi koji se segment poslovanja želi promijeniti, je li to predmet, zadatak ili aktivnost, ili odnos. Ovisno o predmetu oblikovanja odredit će se tko je nadležan i stručan provesti analizu, te hoće li se zadatku pristupiti samostalno, koristeći interne izvore ili će se tražiti vanjsko savjetništvo.

Oblikovanje predstavlja dinamično područje. Razvoj svijesti o integrativnoj ulozi oblikovanja u stalnom je porastu. U današnje vrijeme uočava se da se usporedo s dinamiziranjem tržišta dinamiziraju i aktivnosti oblikovanja koje postaju sve složenije. Zbog relativno čestih promjena u sastavu i izvedbi proizvoda te sastavu proizvodnih programa, rastu i ulaganja u aktivnosti

[69] Talens, P. L. et al. (2019). *Advances towards circular economy policies in the EU: The New Ecodesign Regulation of Enterprise Servers, Resources, Conservation and Recycling* (u tisku). Elsevier, dostupno na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919303210?via%3Dihub

[70] Oztemel, E. i Gursev, S. (2020). *Literature review of Industry 4.0 and related technologies.* Journal of Intelligent Manufacturing. vol. 31. str. 130–132. https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8

oblikovanja, raste broj angažiranog osoblja, a time i svijest o važnosti oblikovanja. Aktivnosti oblikovanja podložne su stalnom preispitivanju kako bi se tržištu ponudila veća raznolikost, a pritom maksimalno sačuvala efikasnost i održivost poslovanja. I dok su pri razvoju proizvoda zastupljeni principi grupnog i modularnog oblikovanja, oblikovanje proizvodnih procesa sve se više oslanja na robotizaciju. Doda li se tome briga o društvenom utjecaju poslovnih sustava, te briga o ekološkim zahtjevima, razvidno je da je područje oblikovanja postalo vrlo značajnom i složenom sastavnicom suvremenog operacijskog menadžmenta.

## 3.5. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***Č*** | |
| ***4. industrijska revolucija*** | Skok u tehnološkom napretku i proizvodnosti zasnovan na novim znanstvenim spoznajama i tehnologijama (umjetnoj inteligenciji i robotici) koje spajaju predmetne, prirodne i digitalne svjetove, nadilazeći promjene u poslovno-tehnološkim sustavima. |
| ***D*** | |
| ***Društveno odgovorno poslovanje*** (engl. *corporate social responsibility*) | Pojam iz poslovne literature koji upućuje na načelo dobrovoljnog angažiranja poduzetnika u poduhvatima koji, osim poslovne dobiti, donose dobrobiti i široj društvenoj zajednici. |
| ***E*** | |
| ***Ekološki usmjereno oblikovanje*** (engl. *design for the environment – DfE; eco-design*) | Oblikovanje po načelu ekološke održivosti koje nalaže postupanje, tj. odabir onih izvedenica proizvoda i tehnoloških postupaka koji imaju manje štetne učinke na prirodnu okolinu. |
| ***G*** | |
| ***Grupno oblikovanje*** (engl. ***product family design***) | Pristup oblikovanju čiji je cilj uspostaviti optimalnu razinu zajedničkih dijelova proizvoda ili faza procesa koje će koristiti više proizvoda ili verzija istog proizvoda. Posljedica je da se troškovi jednom provedene aktivnosti oblikovanja dijelova mogu otplatiti kroz veći broj izvedenih i prodanih primjeraka proizvoda. |
| ***I*** | |
| ***Industrijsko oblikovanje*** | Aktivnost određivanja estetskih i tehničkih svojstava proizvodima koji će se proizvoditi u velikim serijama. (Također se koristi i izraz industrijski dizajn). |
| ***Industrijski robot*** | Stroj fleksibilne namjene. Dozvoljava pomake alata (robotske ruke) u tri prostorne dimenzije. |
| ***Istraživanje i razvoj*** | Postupak sustavnog iznalaženja novih ili poboljšanih inačica proizvoda. Samostalna poslovna funkcija ili dio operacijske funkcije u kojoj se ispituju i utvrđuju svojstva proizvoda potrebna da bi se zadovoljile potrebe tržišta i mogućnosti proizvodnje. |

| | |
|---|---|
| ***K*** | |
| ***Konstrukcijska priprema*** | Istoznačnica za oblikovanje proizvoda. Koristi se za predmetne proizvode koji se izrađuju u serijama i po fazama sastavljanjem (sklapanjem) dijelova u pod-sklopove i sklopove. Dio je pripreme proizvodnje. Smisao konstrukcijske pripreme je utvrđivanje tehnoloških značajki proizvoda poput specifikacija sastavnih dijelova proizvoda te redoslijeda sklapanja gotovog proizvoda. Konstrukcijska priprema tradicionalno prethodi tehnološkoj pripremi. |
| ***M*** | |
| ***Modularno oblikovanje*** (engl. *modular design*) | Pristup oblikovanju čiji je cilj pojednostavniti projektiranje, izradu te posebice održavanje proizvoda. Slično je grupnom oblikovanju, ali je naglasak stavljen na djelomično, umjesto cjelovitog (pre)oblikovanja. |
| ***N*** | |
| ***Načelo stalnog (kontinuiranog) poboljšanja*** | Zahtjev za stalnim i postupnim doradama svojstava proizvoda i proizvodnih procesa. |
| ***O*** | |
| ***Oblikovanje*** | Aktivnost osmišljavanja, odnosno davanja željenog oblika predmetu oblikovanja. |
| ***Oblikovanje lanca opskrbe*** | Oblikovanje pristupnih puteva (kanala) za snabdijevanje proizvodnje odgovarajućim količinama i kvalitetom sirovina i dijelova. Podrazumijeva odabir poslovnih partnerstava i sklapanja ugovora o suradnji u lancu vrijednosti. |
| ***Operativna priprema*** | Dio pripreme proizvodnje koji planira rokove proizvodnje te izrađuje radnu dokumentaciju (radne naloge, izdatnice materijala i alata) kojom se pokreće neposredno izvršenje proizvodnje. |
| ***Organizacijsko oblikovanje*** | Oblikovanje organizacijske strukture i organizacijskih postupaka, uključujući oblikovanje sastava radnika i odnosa među radnim mjestima, te oblikovanje komunikacijskih i upravljačkih procesa. |
| ***R*** | |
| ***RPO/RPP alati*** (engl. *computer aided design/computer aided manufacturing*) | Računalni alati za istodobni razvoj proizvoda i proizvodnih postupaka. U novije se vrijeme, za još brže oblikovanje proizvoda, koriste alati zasnovani na zamisli virtualne stvarnosti (engl. *virtual reality*). |
| ***S*** | |
| ***Simultano oblikovanje*** | Istovremeno provođenje konstrukcijske i tehnološke pripreme. |
| ***T*** | |
| ***Tehnološka priprema*** | Istoznačnica za oblikovanje (proizvodnog) procesa. Dio pripreme proizvodnje koji slijedi konstrukcijsku pripremu. Smisao tehnološke pripreme je odrediti tehnološke postupke i odrediti tijek procesa izvedbe proizvodnje. |

## 3.6. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Koji je smisao oblikovanja?
2. Je li moguće govoriti o više različitih definicija oblikovanja? Obrazložite svoj odgovor.
3. Koji pojmovi se koriste kao istoznačnice pojmu oblikovanje?
4. Što je predmet pažnje industrijskog oblikovanja, a što predmet pažnje organizacijskog oblikovanja?
5. Može li oblikovanje biti izvor konkurentske prednosti? Objasnite svoj odgovor.
6. Koji su uobičajeni koraci u procesu oblikovanja?
7. Što sve može biti predmet oblikovanja u operacijskom menadžmentu?
8. Zašto je bitno cjelovito pristupati oblikovanju?
9. Koja su moguća rješenja u određivanju organizacijskog položaja oblikovanja? Zašto jedan organizacijski model rješavanja položaja oblikovanja ne može biti prikladan za sve organizacije?
10. Koje suvremene pristupe oblikovanju poznajete?
11. Kako oblikovanje može doprinijeti boljitku šire društvene zajednice?
12. Na koje načine nacionalne države mogu pružiti potporu aktivnostima oblikovanja?

## 3.7. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Objasnite ekonomski smisao navodne Fordove izjave: „Možete dobiti automobil bilo koje boje, samo da je crn“. Pokušajte sagledati organizacijske i financijske posljedice personalizacije boje automobila.

**Zadatak 2.** Istražite na Internetu značenja kratica JIT, SMED i TQM. Kako se ti principi odražavaju na poslovne rezultate? Imaju li navedene aktivnosti neki učinak na način provedbe aktivnosti oblikovanja? Objasnite svoj odgovor.

**Zadatak 3.** Sastavite popis pitanja za provedbu razgovora (intervjua) s osobom zaduženom za vođenje službe oblikovanja. Koja bi se pitanja trebala naći na tom popisu ukoliko želite procijeniti doprinos kojim aktivnosti oblikovanja pridonose uspješnosti poslovanja? Usporedite vlastiti odabir pitanja s odabirom Vaših kolega i raspravite razlike.

**Zadatak 4.** Oblikovanje je određeno obilježjima **predmeta** oblikovanja i obilježjima **okolnosti** u kojima se pristupa oblikovanju procesa. Pokušajte timskim naporima procijeniti okolnosti u kojima se odvijaju aktivnosti oblikovanja procesa u medicinskoj djelatnosti. Ovaj je zadatak najbolje provesti radom u manjim skupinama od 3-5 studenata.

***Zadatak 4.1.*** Najprije pokušajte opisati nekoliko operacijskih procesa u medicinskoj djelatnosti. Izradite hodogram aktivnosti kojim ćete popisati tijek procesa navodeći faze odvijanja procesa. Ako ste u mogućnosti, opišite svaku fazu odgovaranjem na pitanja:

- **tko** provodi, a tko nadzire provedbu;
- **što** je potrebno učiniti da bi se zadatak obavio;
- koje je prosječno **vrijeme provedbe** zadatka;
- koji su **razlozi odstupanja** u vremenu ili pogrešaka u procesu?

***Zadatak 4.2***. Pokušajte definirati okolnosti koje zahtijevaju redizajniranje operacijskog procesa čime ćete utvrditi **organizacijski problem**. Organizacijski problem može biti zastoj ili pogreška u procesu kojeg ste prethodno opisali.

**Zadatak 5.** Usporedite podatke iz tablica prikazanih u točki 3.2.3. i odgovorite na pitanja u nastavku.

a) Koji je zaključak moguće izvesti usporedbom japanske i američke automobilske industrije? Koja su poduzeća bila poslovno uspješnija?
b) Kojim biste riječima (atributima) opisali japanski, a kojim američki pristup oblikovanju automobila tijekom 80-ih godina 20. stoljeća? Kojem je modelu više nalikovao europski pristup proizvodnje automobila u tom istom razdoblju?
c) Koji su mogući razlozi uočenih razlika i sličnosti? Koje su Vas se razlike, prikazane u tablicama 3.1. i 3.2. najviše dojmile? Mogu li se uočene razlike povezati s različitim razumijevanjem uloge oblikovanja u poslovanju?

**Zadatak 6.** Potražite na Internetu definicije nepoznatih pojmova iz točke 3.3.

Opišite svoja razmišljanja o društvenim koristima masovne prilagodbe (engl. *mass customization*).
Objasnite razlike između pojmova grupno oblikovanje i modularno oblikovanje.
Proučite kako robote definiraju Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO) i Međunarodna federacija za robotiku (IFR).
Navedite i usporedite nekoliko definicija četvrte industrijske revolucije.

## LITERATURA

1. Björlund, T. A., Hannukainen, P. i Manninen, T. (2018). *Measuring the impact of design, service design and design thinking in organizations on different maturity levels*. ServDES2018. Scoula del design. Dipartimento di design. Politecnico di Milano. June
2. Brown, T. i Martin, R. (2015). *Design for Action.* Harvard Business Review. September
3. Chen, D. S., Cheng, L. L., Hummels, C. i Koskinen, I. (2015). *Social design: An introduction*. International Journal of Design. 10 (1). 1-5.
4. Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management.* Pearson. 8th global edition
5. Jiao, J. R., Simpson, T. W. i Siddique, Z. (2007). *Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review*. Journal of Intelligent Manufacturing. vol. 18. br. 1.
6. Kim, B., Clark, K. B., Fujimoto, T. i Chew, W. B. (1987). *Product Development and World Auto Industry*
7. Kolko, J. (2015). *Design Thinking Comes of Age*. Harvard Business Review. September
8. Roper, S. et al. (2016). *The role of effectiveness of design in new product development: a study of Irish manufacturers*. Research Policy. br. 45.
9. Womack, J. P., Jones, D. T. i Ross, D. (2007). *The Machine that changed the World: How Lean Production Revolutionized the Global Car Wars*. Simon and Shuster UK Ltd.

## Internet izvori


1. LaScola, M. i Turgoose, P. (2016). *What's the Difference Between Organization Development and Organization Design*?, dostupno na: https://on-the-mark.com/od-vs-od/
2. Martin, C. i Leurent, H. (2017). *Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation*. White paper. World Economic Forum, dostupno na: http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf
3. Oztemel, E. i Gursev, S. (2020). *Literature review of Industry 4.0 and related technologies*. Journal of Intelligent Manufacturing. vol. 31., dostupno na: https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8
4. Sheppard, B., Edson, J. i Kouyoumjian, G. (2017). *More than a feeling: ten design practices to deliver business value*. McKinsey Design. December, dostupno na: https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-design/our-insights/more-than-a-feeling-ten-design-practices-to-deliver-business-value
5. Sheppard, B. et al. (2018). *The Business Value of Design, McKinsey Quarterly*, dostupno na:https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-design/our-insights/the-business-value-of-design?cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=2892c66f0fc84abaab5c448872189784&hctky=9864556&hdpid=f2fb5e68-ba89-47b8-8dec-b67989fbe986)
6. Talens, P. L. et al. (2019). *Advances towards circular economy policies in the EU: The new Ecodesign regulation of enterprise servers, Resources, Conservation and Recycling.* Elsevier. (u tisku), dostupno na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919303210?via%3Dihub
7. Westcott, M. et al. (2013). *The DMI Design Value Scorecard: A New Design Measurement and Management Model.* Design Management Review. vol. 24., dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/263213424_The_DMI_Design_Value_Scorecard_A_New_Design_Measurement_and_Management_Model
8. Hrvatska enciklopedija. *Natuknica: dizajn ili oblikovanje*, dostupno na: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=15545
9. Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje. *Natuknica: oblikovanje*, dostupno na: http://ihjj.hr/kolokacije/search/?q=oblikovanje&search_type=basic)
10. Investopedia. *Natuknica: Corporate Social Responsibility*, dostupno na: https://www.investopedia.com/terms/c/corp-social-responsibility.asp
11. Wikipedia. *Više natuknica*, dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Design_for_the_Environment; https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_robot
12. http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=15545

# 4. OBLIKOVANJE PROIZVODA I USLUGA

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *identificirati čimbenike koji utječu na oblikovanje proizvoda ili usluge*
- *opisati faze razvoja proizvoda*
- *opisati pristupe oblikovanju proizvoda i proizvodnje*
- *napraviti kuću kvalitete*
- *objasniti razlike u obilježjima proizvoda i usluge*
- *objasniti oblikovanje usluge i uslužnog procesa*
- *opisati načine poboljšanja efikasnosti usluge.*



## 4.1. UVOD

Oblikovanje novih proizvoda ili usluga, ili poboljšanje postojećih značajno je za svako proizvodno ili uslužno poduzeće. Ono obuhvaća suradnju svih poslovnih funkcija jednog poduzeća, a posebno istraživanja i razvoja, proizvodnje i marketinga. Ove tri funkcije trebaju kontinuirano surađivati da bi novi proizvod bio na vrijeme stavljen na tržište, te da bi bio cjenovno prihvatljiv.

U ovom poglavlju objasnit će se važnost oblikovanja proizvoda ili usluge, potom čimbenici koji mogu utjecati na izbor i razvoj novog proizvoda ili usluge, faze njihova razvoja, pristupi koji pomažu da se proizvod što bolje i brže uklopi u postojeći proizvodni sustav poduzeća, metode kojima se poboljšava proizvod te specifičnosti razvoja usluge u odnosu na proizvod.

## 4.2. ZNAČAJ OBLIKOVANJA U INDUSTRIJI

U prethodnom poglavlju (poglavlje 3) bilo je riječi o oblikovanju i značenju tog pojma u općenitom smislu. Mada je oblikovanje vezano za različite sfere našega života i rada, primjerice za umjetnost, arhitekturu, s aspekta ovog udžbenika zanimljivo je industrijsko oblikovanje. Riječ je oblikovanju proizvoda i usluga, ali i procesa u kojima se proizvodi i/ili usluge ostvaruju. Prilikom oblikovanja proizvoda potrebno je voditi računa o njegovim funkcionalnim, estetskim, tehničko-tehnološkim i ekološkim zahtjevima kako bi se zadovoljile potrebe krajnjih korisnika. Slično je i s uslugama. I njih treba oblikovati tako da se zadovolje potrebe krajnjih korisnika.

Imajući u vidu rečeno, razvoj i opstanak brojnih poduzeća ovisi upravo o njihovoj sposobnosti i mogućnosti poboljšanja postojećih proizvoda i/ili usluga ili stvaranju novih. Oblikovanje novih proizvoda i usluga pritom zahtijeva uključenost svih funkcija u poduzeću, poznavanje niza metoda i tehnika za oblikovanje i razvoj proizvoda i usluga, kao i za oblikovanje procesa proizvodnje, pa su odluke koje menadžment treba donijeti u ovom području neke od najvažnijih odluka.

Oblikovanje novih ili poboljšanje postojećih proizvoda značajno utječe i na prihod poduzeća. Pokazuje se da vodeće tvrtke generiraju znatan dio svojih prihoda od prodaje proizvoda mlađih od pet godina.[71] Stoga je potreba za novim proizvodima stalna. Primjerice, Kraš je, usprkos

[71] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations Management. Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. str. 162.

dobro pozicioniranom čajnom pecivu Domaćica original, uveo široku paletu okusa istog čajnog peciva kao što su: Domaćica Extra Choco, Domaćica tamna, Domaćica kokos, Domaćica BeneFIT, te sezonske Domaćice kao što je Tropicana.[72]

Kod oblikovanja novih proizvoda i usluga treba znati da se svaki predloženi proizvod ili usluga ne podvrgavaju automatski daljnjem razvoju i konačnom oblikovanju. Mnogi novi proizvodi se odbacuju već u ranim fazama svog razvoja, a neki koji se razviju, ne uspijevaju privući dostatnu pažnju na tržištu. DuPont je procijenio da je za tržišno ostvarenje jednog proizvoda potrebno do 250 ideja.[73] Za uspjeh novog proizvoda ili usluge odgovorni su ne samo dizajneri, već dijelom i operacijski menadžment. On može osigurati informacije potrebne za razvoj proizvoda ili usluge koje se tiču sposobnosti proizvodnje, a odnose se na postojeću opremu, postrojenja, materijale, alate i slično.

Najjednostavnije rečeno, **oblikovanje proizvoda i usluga** definira karakteristike proizvoda ili usluge koje trebaju zadovoljiti potrebe ciljane skupine kupaca. Pri tome postoji određena razlika između proizvoda i usluga jer su proizvodi materijalna, opipljiva dobra, a usluge nematerijalne, neopipljive. Navedena razlika definira specifičnosti oblikovanja proizvoda u odnosu na usluge, mada mnoge okolnosti koje vrijede za oblikovanje proizvoda vrijede i za oblikovanje usluge. Specifičnosti vezane za oblikovanje usluga razmotrit će se pri kraju ovog poglavlja.

## 4.3. ČIMBENICI UTJECAJA NA OBLIKOVANJE PROIZVODA ILI USLUGE

Ovisno o djelatnosti u kojoj se poduzeće nalazi, inoviranje i oblikovanje novih proizvoda može biti radikalno, inkrementalno ili ga dugi niz godina uopće nema. Primjerice, čačkalice ili sol su proizvodi koji ne trebaju promjene ili su one takve da se proizvedu određene inačice takvog proizvoda, primjerice sol s ružmarinom. Soda bikarbona je proizvod koji uopće ne treba promjenu, a može se koristiti za različite svrhe. S druge strane, u industriji mode mogu se očekivati promjene svake sezone. Generalno gledano, sve je veći broj poduzeća koja svoje proizvode trebaju u većoj ili manjoj mjeri inovirati.

Razlozi zbog kojih je inoviranje u proizvodnji najčešće, nalaze se u **promjenama u okruženju**. Te promjene mogu biti:[74]

- *ekonomske*, primjerice mala potražnja, pretjerani zahtjevi za jamstvom, potreba za smanjenjem troškova
- *socijalne i demografske*, primjerice starije stanovništvo, promjene stanovništva
- *političke ili pravne*, primjerice vladine promjene, pitanja sigurnosti, novi propisi
- *konkurentne*, primjerice novi ili promijenjeni proizvodi ili usluge, novo oglašavanje ili promocija
- *troškovne,* primjerice dostupnost sirovina, komponenti, radne snage, energije
- *tehnološke*, primjerice u komponentama proizvoda, procesima.

Možda se najznačajnije promjene događaju u socijalnoj (društvenoj) sferi, a vezane su uz svijest ljudi o važnosti dobrih, sigurnih i održivih proizvoda, te zaštiti okoliša. Navedene potrebe rezulti-

72 www.kraš.hr, pristup: 12.01.2019.
73 Isto. str. 163.
74 Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th editon. McGraw Hill. str. 137.

rale su nizom pravnih i etičkih razmatranja koje osobe zadužene za aktivnosti oblikovanja (dizajneri) trebaju uzeti u obzir prilikom oblikovanja novog proizvoda ili usluge. Primjerice, poznato je da se sugerira smanjenje upotrebe fosfata u deterdžentima za pranje posuđa koji se koriste u kućanstvu,[75] kao i da se u oblikovanju dječjih igračaka izbjegnu sitni dijelovi ili toksični materijali koji bi mogli ugroziti živote ili zdravlje djece. Slično je s cijelom paletom dječjih proizvoda, od prehrane do kozmetike i odjeće, kao i općenito svih ostalih proizvoda namijenjenih ljudima, biljkama i životinjama. Sve ovo pokazuje koliko je danas odgovorna uloga dizajnera.



Kod oblikovanja proizvoda ili usluge dizajneri ne samo da moraju poštovati niz zakonskih propisa vezanih za sam proizvod,[76] već trebaju voditi računa i o tome kako izrada tog proizvoda utječe na zdravlje i sigurnost ljudi koji ih izrađuju,[77] zatim o kulturološkim razlikama zemalja za koje se proizvod proizvodi, o mogućnostima njegove ponovne upotrebe, recikliranja i odlaganja.[78]

Uzimajući u obzir niz zakonskih pretpostavki dizajneri trebaju oblikovati proizvod ili uslugu koji će se moći prodati i koji će donijeti dobar financijski rezultat. To znači da će dizajneri pokušati oblikovati proizvod koji će imati dobre performanse, biti pouzdan, estetski ugodan, te će zadovoljiti ili premašiti očekivanja kupaca. Također, takav proizvod treba biti moguće lako i brzo proizvesti. Dizajneri usluga pak trebaju oblikovati uslugu tako da ona zadovolji ili premaši očekivanja kupaca, ali i da je u okviru mogućnosti pružatelja usluge, te da se isporuči uz razumnu cijenu.[79]

Navedeno upućuje na to da izbor proizvoda ovisi i o **strategiji proizvoda** koja bi trebala povezati zahtjeve tržišta s konkurentskom prednošću poduzeća. Primjerice, ako poduzeće može primijeniti *strategiju diferencijacije*, onda će izabrati upravo onakav proizvod ili pružiti upravo onakvu uslugu kakva kupcu treba. Tako se Klinika za ortopediju Lovran specijalizirala za ugradnju umjetnih zglobova, pretežito kuka i koljena, te artroskopske operacije.[80] Ako poduzeće može konkurirati *strategijom niskih troškova*, onda bi trebalo iskoristiti prednosti te strategije pri oblikovanju svoga proizvoda. Primjerice, Taco Bell[81] je dizajnirao svoj jelovnik koji se može proizvesti minimalnim radom u kuhinji, te razvio liniju proizvoda koja ima nisku cijenu i veliku vrijednost. Toyotina[82] pak strategija je *brzi odgovor* na promjenu potražnje potrošača. Izvođenjem najbržeg automobilskog dizajna, Toyota je smanjila brzinu razvoja proizvoda na nešto manje od 2 godine, u industriji čiji je standard i dalje preko 2 godine. Kraće vrijeme dizajniranja omogućuje Toyoti da dovede automobil na tržište prije nego što se promijene ukusi potrošača i to učini najnovijim tehnologijama i inovacijama.

---

75 Izvješće Komisije Europskom parlamentu i vijeću od 29.05.2015. https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/HR/1-2015-229-HR-F1-1.PDF, pristup: 20.10.2019.

76 U našoj zemlji to su: Zakon o hrani, Zakon o zaštiti potrošača itd. U SAD sigurnost i kvalitetu lijekova za ljude i životinje, medicinske proizvode, hranu za ljude i životinje, kozmetiku i proizvode koji emitiraju zračenje regulira Agencija za hranu i lijekove (Food and Drug Administration, FDA)

77 Kod nas je to Zakon o zaštiti na radu.

78 U našoj zemlji to je Zakon o održivom gospodarenju otpadom.

79 Prilagođeno prema: Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations managgement*. 7th edition. Pearson. str. 130.

80 www.orto-lovran.hr, pristup: 12.01.2019.

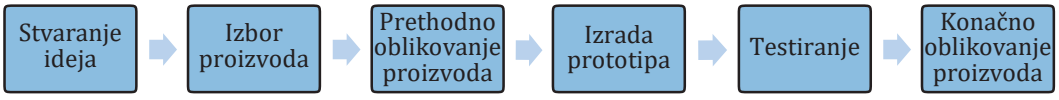
81 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 164.

82 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 164.

Pored strategije proizvoda važan je i životni ciklus proizvoda. Naime, strategije proizvoda mijenjaju se kako se mijenja njihov životni ciklus. Nije svejedno je li proizvod u fazi uvođenja, rasta, zrelosti ili pada. Također, nije svejedno traju li proizvodi nekoliko dana (majica za koncert „Seve svi smo uz tebe"), mjeseci (sezonska moda), godina (video igra God of War) ili desetljeća (Vegeta, Životinjsko carstvo). Operacijski menadžeri trebaju osmisliti sustav koji će pomoći uspješnom uvođenju novog proizvoda, jednako kao što trebaju znati kako reagirati u pojedinoj fazi životnog ciklusa proizvoda. U fazi uvođenja, u kojoj proizvod još nije do kraja definiran, operacijski menadžeri mogu tražiti bolje načine proizvodnje (brže, s manje troškova mijenjati sirovine ili unapređivati procese), što uzrokuje dodatne izdatke za njegovo poboljšanje. U fazi rasta proizvod je oblikovan pa je tu važno pravilno prognozirati potražnju za njim, a time i potrebe za kapacitetima. U fazi zrelosti pojavljuju se konkurenti. Stoga je u ovoj fazi poželjno uvoditi inovacije i pokušati zadržati postojeću liniju proizvoda. U fazi pada menadžeri će trebati biti odlučni u prekidanju proizvodnje onih proizvoda koji donose gubitke, osim ako nije riječ o proizvodima koji imaju izuzetan značaj za imidž poduzeća.[83]

## 4.4. POSTUPAK RAZVOJA I OBLIKOVANJA NOVOG PROIZVODA

Poduzeća imaju različite načine kako razvijaju i oblikuju svoj proizvod ili uslugu. Neka to rade sama, neka angažiraju specijalizirana poduzeća, a neka kombiniraju unutrašnje i vanjske resurse. Također, sva poduzeća nemaju iste faze kojima razvijaju novi proizvod, pri čemu se unutar jednoga poduzeća mogu identificirati različite faze za različite proizvode. Stoga će se ovdje prikazati jedan **opći postupak** razvoja novog proizvoda koji obuhvaća sljedeće faze: stvaranje (generiranje) ideja, izbor proizvoda, prethodno oblikovanje proizvoda, izrada prototipa, testiranje i konačno oblikovanja proizvoda (slika 4.1).[84]




***Slika 4.1. Faze razvoja novog proizvoda***

Neovisno o tome koje faze razvoja i oblikovanja proizvoda poduzeće primjenjuje, rezultat treba biti kvalitetan proizvod ili usluga. To znači da proces oblikovanja proizvoda ili usluge ne smije biti predug, jer konkurencija može preteći poduzeće koje oblikuje novi proizvod. Također, ne smije biti prekratak, jer to može rezultirati lošim karakteristikama proizvoda ili usluge. Dobar proces oblikovanja trebalo bi karakterizirati sljedeće:[85]

- omogućava da se karakteristike proizvoda ili usluge podudaraju s potrebama korisnika
- osigurava da se zahtjevi kupaca ispunjavaju na najjednostavniji i najmanje skup način
- smanjuje vrijeme potrebno za oblikovanje novog proizvoda ili usluge
- minimalizira revizije u procesu oblikovanja.

U nastavku poglavlja objasnit će se svaka faza razvoja i oblikovanja novog proizvoda.

[83] Prilagođeno prema: Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 165.

[84] Ovdje je riječ o tipičnom toku razvoja proizvoda za serijsku i masovnu proizvodnju, dok je u slučaju maloserijske proizvodnje tok razvoja proizvoda nešto drugačiji. Može se reći da je sličniji procesu razvoja usluga o čemu će biti riječi kasnije.

[85] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management. Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley. str. 158.

## 4.4.1. Stvaranje ideja

Proces stvaranja ideja počinje nakon što se razumiju potrebe kupaca. Ideje mogu doći iz različitih izvora kao što su odjel marketinga koji vrši anketiranja kupaca i rješava njihove pritužbe i žalbe, konkurenti, dobavljači, odjel za istraživanje i razvoj, radnici, te nova tehnologija.

**Kupci** su izuzetno značajan izvor ideja. Ako se njima ne svidi proizvod kojeg poduzeće može razviti, usprkos dobrim karakteristikama, estetici, pa čak i cijeni, ideju za takvim proizvodom nema smisla razvijati. Poduzeća trebaju stalno istraživati potrebe kupaca, što nije nimalo lagan zadatak jer se one često mijenjaju. Ovo je u pravilu zadatak odjela za marketing.

**Konkurenti**, odnosno njihovi proizvodi, mogu također biti odličan izvor ideja. Proučavanjem njihovih proizvoda kroz benchmarking moguće je značajno skratiti vrijeme razvoja vlastitog proizvoda. *Benchmarking* je proces mjerenja i uspoređivanja proizvoda, usluga ili operacija s najboljima, bilo unutar djelatnosti kojom se poduzeće bavi ili izvan nje. *Obrnuti inženjering* (engl. *reverse engineering*) je postupak demontiranja i provjere konkurentskog proizvoda radi utvrđivanja njegovih dizajnerskih značajki koje bi se mogle ugraditi u vlastiti proizvod. Primjerice, Ford je ovaj pristup uspješno koristio u svom dizajnu automobila Taurus ocjenjujući 400 značajki proizvoda konkurencije i kopiranjem, prilagođavanjem ili poboljšanjem više od 300 njih, uključujući Audijevu pedalu za gas, Toyotinu točnost mjerača goriva i BMW-ov prostor za rezervnu gumu i dizalicu.[86]

Mnoga poduzeća razvijaju partnerske odnose sa svojim **dobavljačima** kako bi zajednički zadovoljili potrebe kupaca, odnosno ostvarili svoje poslovne ciljeve. U toj interakciji dobavljači mogu biti izvor ideja za nove proizvode. Oni se uključuju u rane faze oblikovanja proizvoda pomoću programa *rano uključivanje dobavljača* (engl. *early supplier involvement, ESI*).

**Istraživanje i razvoj** također doprinose stvaranju ideja za novi proizvod. Uloga istraživanja je da razvija nova znanja i ideje kako bi se riješio određeni problem ili iskoristila prilika. Uloga razvoja je da koristi i operacionalizira ideje koje su proizašle iz istraživanja. Dobar primjer razvoja proizvoda je WD-40. Riječ je o proizvodu kojeg je razvila Rocket Chemical Company 1953. kao sredstvo za uklanjanje hrđe u zrakoplovnoj industriji. Kemičaru Normu Larsenu trebalo je 40 pokušaja dok je došao do formule tekućine koja će spriječiti nastanak korozije tako da istisne vodu s površine na koju se nanese. Proizvod je otuda dobio naziv po kojemu ga danas svi poznamo, jer WD-40 doslovno znači: zamjena vode, četrdeseti pokušaj (engl. *water displacement, fortieth attempt*).[87]

**Radnici** mogu svojim radom na proizvodu ili svakodnevnim kontaktom s kupcima, prilikom prodaje proizvoda, dati dobre ideje za inovacije i razvoj novoga proizvoda. **Nove tehnologije** su izvor novih ideja samim time što generiraju bolja, jednostavnija, jeftinija, okolišu prihvatljivija rješenja. Proizvodi novih tehnologija mogu se pronaći u svim industrijama, od hrane, kozmetike, kućanskih aparata itd. Primjerice, na sajmu startupova, digitalnih transformacija i inovacija Viva Technology Paris 2019 (VIVATECH), koji se održao u Parizu od 16. do 18. svib-

[86] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 159.
[87] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 132.

nja, L'Oréal je predstavio inovacije namijenjene korisnicima koji se brinu za svoj izgled. Među tehnologijama i digitalnim proizvodima iz te domene L'Oréal je premijerno predstavio uslugu virtualnog savjetnika za kosu koji daje korisne savjete o boji i njezi kose, aplikaciju La Roche-Posay Effaclar Spotscan za analizu stanja kože, 360° virtualni zid s trendovima ljepote inspiriran sadržajem društvenih medija, te Lancôme 3D pisač. U dijelu koji je bio posvećen njezi kože posjetitelji su dobili više informacija o prilagođenoj njezi te individualnim potrebama, upravo zahvaljujući Vichy Skin Consult aplikaciji za otkrivanje znakova starenja te dijagnozi kože. La Roche-Posay je razvio aplikaciju EFFACLAR SPOTSCAN koja analizira stanje kože uz pomoć samo jednog klika na mobitelu, korištenjem umjetne inteligencije. Aplikacija svakom korisniku nastoji omogućiti preciznu analizu, pravu informaciju i personalizirani savjet vezan uz njegu kože lica te preporučiti neke od proizvoda poznate kozmetičke marke.[88]

## 4.4.2. Izbor proizvoda

Iz niza ideja koje se mogu generirati u prvoj fazi razvoja proizvoda treba izabrati jednu ideju koja će nastaviti svoj razvoj do konačnog proizvoda. Izbor te ideje ovisi o barem tri testa provjere: tržišnog potencijala, financijske izvodljivosti i proizvodne kompatibilnosti.[89] **Analiza tržišta** treba pokazati postoji li dovoljna potražnja za predloženim proizvodom da bi se dalje ulagalo u njegov razvoj. **Financijska analiza** uspoređuje procijenjene troškove proizvodnje i razvoja s procijenjenim financijskim rezultatima koji će se generirati ukoliko se postigne planirani obujam prodaje. U ovoj analizi potrebno je sagledati i potencijalni rizik, kao i mogućnost da ga poduzeće prihvati. **Analiza proizvodne kompatibilnosti** treba pokazati posjeduje li poduzeće dovoljno kapaciteta, je li potrebna nova tehnologija, je li proizvod kompatibilan s osnovnom djelatnošću poduzeća, pruža li možda konkurentsku prednost. Svrha ovih analiza je izabrati najbolju ideju.

## 4.4.3. Prethodno oblikovanje proizvoda

Prethodno oblikovanje proizvoda znači razviti prvu verziju proizvoda koja će sadržavati sve njegove komponente, ali i definirati proces njegove proizvodnje. Ovo je izuzetno složena i važna faza razvoja proizvoda jer uključuje rad svih funkcija u poduzeću te cijeli niz kompromisnih odluka. Prva verzija proizvoda koja proizlazi iz ove faze mora se brzo testirati kako bi se donijela odluka da li proizvod odbaciti ili dalje razvijati. Ključna stvar ove faze razvoja je da se **istodobno oblikuju proizvod i njegov proces proizvodnje**, što se ponekad naziva interaktivnim oblikovanjem.[90]

Prednost istodobnog razvoja proizvoda i procesa (istodobni inženjering) je u tome da se smanjuje ukupno vrijeme potrebno za oblikovanje proizvoda i njegovog ulaska na tržište, a povećava konkurentnost poduzeća. Razdvajanje ovih dvaju proces može imati dvije loše posljedice. Prvo, mogu se znatno povećati troškovi razvoja proizvoda, jer se razvijeni proizvod mora prilagođavati tehnologiji proizvodnje ili obrnuto. Drugo, to produžava vrijeme ulaska proizvoda na tržište, čime se povećava opasnost od gubitka potencijalnog prihoda. Čimbenici koji mogu značajno smanjiti vrijeme ulaska proizvoda ili usluge na tržište su sljedeći:[91]

---

88 https://www.vidi.hr/Pop-Tech/Nove-tehnologije-i-inovacije-za-ljepotu, pristup: 21.1.2020.

89 Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. 4. izdanje. Zagreb: Mate. str. 59.

90 Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit*. str. 141.

91 Prilagođeno prema: Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit*. str. 141.

- *Istodobni razvoj različitih faza u cjelokupnom procesu oblikovanja*. Ovo je danas za mnoga poduzeća prirodan proces razvoja novog proizvoda. Doista nije potrebno čekati da potpuno završi jedna faza da bi počela sljedeća. Primjerice, ponekad se već tijekom generiranja ideja može započeti s njihovim ocjenjivanjem i odabirom. Ili se tijekom faze preliminarnog oblikovanja proizvoda mogu uočiti neki aspekti oblikovanja proizvoda koji se mogu poboljšati, pojednostavniti ili promijeniti prije nego što se ta faza finalizira.
- *Rano rješavanje konflikta u oblikovanju i smanjenje neizvjesnosti*. Ako se u ranijim fazama oblikovanja proizvoda rješavaju sukobi u mišljenjima (primjerice, jedan inženjer zagovara staklenu ambalažu, a drugi plastičnu), smanjit će se neizvjesnost vezana za novi proizvod i tehnologiju proizvodnje. To će smanjiti i eventualne dodatne troškove zbog kasnijih promjena u proizvodu ili procesu te vrijeme razvoja koje bi nastalo zbog promjene odluka.
- *Organizacijska struktura koja se temelji na projektima* svakako može doprinijeti bržem razvoju novog proizvoda jer okuplja radnike iz različitih funkcija na istom zadatku. Njihov angažman kroz projekt daje više sinergije nego kada ostaju u svojim bazičnim funkcijama.



Istodobno oblikovanje proizvoda i procesa proizvodnje u pravilu obuhvaća: **oblik (formu), funkcionalnost i oblikovanje proizvodnje**.[92]

### *4.4.3.1. Oblikovanje forme proizvoda*

Oblikovanje forme (engl. *form design*) odnosi se na fizički izgled proizvoda, tj. njegov oblik, boju, veličinu i stil. Tu spadaju i imidž, tržišna privlačnost i osobna identifikacija. Često se događa da se funkcionalno oblikovanje proizvoda prilagođava formi kako bi proizvod izgledao ili se osjećao što bolje. Primjerice, dizajn forme Mazdinog sportskog automobila Miata otišao je dalje od izgleda – ispušna cijev je morala imati određeni "zvuk", ručica mjenjača određeni "osjećaj", a raspored sjedala i prozora morao je biti odgovarajućih dimenzija da bi potaknuo putnike da se voze s laktovima izvan automobila.[93]

### *4.4.3.2. Funkcionalno oblikovanje proizvoda*

Funkcionalno oblikovanje proizvoda[94] (engl. *functional design*) bavi se radom proizvoda. Ono traži način kako će se poklopiti specifikacija izvedbe s prikladnosti za upotrebu od strane kupca. Tijekom ove faze oblikovanja treba uzeti u obzir tri karakteristike performansi: *pouzdanost, pogodnost za održavanje (održivost) i upotrebljivost.*

**Pouzdanost** (engl. *reliability*) je vjerojatnost da će neki dio ili proizvod obavljati svoju predviđenu funkciju u određenom vremenu, pri normalnim uvjetima upotrebe, a da se ne pokvari. To je vrijeme obično definirano u okviru garantnog roka svakog proizvoda. Danas, za klima uređaje, automobile, kućanske aparate proizvođači i trgovci nude garanciju od tri do pet godina, što je vrijeme unutar kojeg nam garantiraju da će proizvod obavljati svoju funkciju pri normalnim uvjetima upotrebe. Pouzdanost proizvoda funkcija je pouzdanosti svih njegovih sastavnih dijelova i načina na koji su oni raspoređeni. Ako svi dijelovi moraju funkcionirati kako bi proizvod ili sustav djelovali, tada je pouzdanost sustava rezultat pouzdanosti njegovih sastavnih dijelova. To se može prikazati na sljedeći način:

92 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 161.
93 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 161.
94 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 163-165.

$$P_S = P_1 * P_2 * \ldots * P_n \qquad (4.1)$$

gdje su:

$P_s$ = pouzdanost sustava
$P_n$ = pouzdanost n-te komponente

Primjerice, ako su u jednom sustavu potrebne dvije komponente i svaka ima pouzdanost 0,90, pouzdanost sustava je 0,90 * 0,90 = 0,81, ili 81 %. Iz ovog primjera se vidi da je pouzdanost sustava (0,81) znatno manja od pouzdanosti njegovih komponenti (0,90). Ako bi se u ovom sustavu povećavao broj komponenti s istom pouzdanošću, pouzdanost sustava nastavila bi se pogoršavati. Ovo je dobar argument za jednostavne dizajne s manje komponenti.

Sve komponente u nekom sustavu nisu jednako važne. Nedostatak kod nekih komponenti, primjerice kočnice na automobilu, može biti kritičniji od nedostatka kod ostalih komponenti. U takvim slučajevima, da bi se povećala pouzdanost pojedinih dijelova (a time i sustava u cjelini), mogu se ugraditi redundantni dijelovi u sigurnosnu kopiju dotične komponente. One tada djeluju kao paralelne komponente. Primjerice, ako je pouzdanost izvorne komponente $P_1 = 0,95$, a rezervne $P_2 = 0,90$, tada je pouzdanost sustava: 0,95 + (1 – (0,95 * 0,90)) = 0,995. Ovo pokazuje da će se u slučaju da izvorna komponenta zakaže (5 % šanse), uključiti automatski sigurnosna kopija, ali samo 90 % vremena, čime je pouzdanost sustava 0,995, tj. 99,5 %.

Pouzdanost se povezuje i sa srednjim vremenom između kvarova, *SVIK* (engl. *mean time between failure, MTBF)*, koje pokazuje prosječno vrijeme funkcioniranja proizvoda od jednoga do drugoga kvara. Distribucija kvarova tijekom vremena naziva se stopom kvara. Srednje vrijeme između kvarova recipročno je stopi kvara (*SVIK* = 1 / stopa kvara).

Što su proizvodi jednostavniji za proizvodnju ili sastavljanje, što se lakše održavaju i imaju korisnike koji ih znaju pravilno koristiti, pouzdaniji su.

**Pogodnost za održavanje** *(*engl*. maintainability)* je sposobnost da se proizvod obnovi nakon kvara i da ponovo služi svrsi. S obzirom da potrošači svaki popravak doživljavaju kao neugodnu situaciju, poželjno je da proizvodi imaju visok stupanj pogodnosti za održavanje, odnosno da se brzo mogu obnoviti za upotrebu. Pogodnost za održavanje mjeri se srednjim vremenom popravka, *SVP* (engl. *mean time to repair, MTTR*). Zajedno s mjerom za pouzdanost (*SVIK*) može se izračunati prosječna *raspoloživost* ($R_S$) nekog sustava pomoću formule 4.2.

$$R_S = \frac{SVIK}{SVIK + SVP} \qquad (4.2)$$

gdje su:

*SVIK* = srednje vrijeme između kvarova
*SVP* = srednje vrijeme popravka

***Primjer 4.1. Pouzdanost, pogodnost za održavanje i raspoloživost***

Elektronika novih generacija automobila pokazuje se kao njihova „Ahilova peta". Analizom dviju marki automobila pokazalo se da automobil marke X ima *SVIK* od 1.000 dana, te *SVP* od jednog dana, dok automobil marke Y ima *SVIK* od 1.200 dana, te SVP od tri dana. Izračunajte:
a) Koja marka automobila ima veću pouzdanost?
b) Koja marka automobila je pogodnija za održavanje?
c) Koja marka automobila ima veću raspoloživost?

RJEŠENJE:
a) S obzirom na srednje vrijeme između kvarova, može se reći da marka automobila Y ima veću pouzdanost, jer ta marka automobila ima duže vrijeme između kvarova.

$$SVIK_X = 1.000 \text{ dana}$$

$$SVIK_Y = 1.200 \text{ dana}$$

b) S obzirom na srednje vrijeme popravka navedenih marki automobila primjećuje se da marka automobila X ima kraće vrijeme popravka, te je pogodnija za održavanje.

$$SVP_X = 1 \text{ dan}$$

$$SVP_Y = 3 \text{ dana}$$

c) Mada je razlika u izračunatim vrijednostima raspoloživosti relativno mala, ipak se može reći da marka automobila X ima veću raspoloživost. Razlog tome je kraće vrijeme popravka.

$$\text{Za marku X: } R_S = \frac{SVIK}{SVIK + SVP} = \frac{1.000}{1.000 + 1} = \frac{1.000}{1.001} = 0,999$$

$$\text{Za marku Y: } R_S = \frac{SVIK}{SVIK + SVP} = \frac{1.200}{1.200 + 3} = \frac{1.200}{1.203} = 0,997$$

**Upotrebljivost** (engl. *usability*) je ono što proizvod ili uslugu čini jednostavnom za korištenje i što dobro odgovara ciljanom kupcu. To je kombinacija čimbenika koji utječu na iskustvo korisnika s proizvodom kao što su jednostavnost upotrebe, lakoća pamćenja načina korištenja, učestalost i ozbiljnost pogrešaka, te zadovoljstvo stečenim iskustvom.[95] Sigurno nam se svima dogodilo da smo naišli na proizvode koje je bilo nezgodno ili teško koristiti, ili nije bilo logike u načinu korištenja. Primjerice, posudice za sol i papar treba okrenuti naopačke da se napune, zvučnike na prijenosnim računalima pokrivamo našim zglobovima dok tipkamo, daljinski upravljači imaju sve više tipki sve manje veličine itd. Navedeno dakle upućuje na to da oblikovani proizvod treba biti što jednostavniji.

[95] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 165.

### *4.4.3.3. Oblikovanje proizvodnje*

Oblikovanje proizvodnje (engl. *production design*)[96] bavi se načinom na koji će proizvod biti izrađen. Za proizvodnju je jednostavnije i efikasnije kada je novi proizvod jednostavan. Takav proizvod u pravilu ima i dobru kvalitetu.[97] Inženjeri obično oblikuju proizvode s previše značajki, opcija i dijelova. Ako pritom ne znaju mnogo o proizvodnim mogućnostima, može se dogoditi da proizvodnja neće biti u mogućnosti proizvesti novi proizvod ili će njegova proizvodnja zahtijevati preoblikovanje u samoj radionici. To povećava troškove i vrijeme ulaska novog proizvoda na tržište, što se već naglasilo na početku točke 4.4.3. Zbog toga se oblikovanje proizvodnje razmatra u preliminarnoj fazi oblikovanja proizvoda. Preporučeni pristupi oblikovanju proizvodnje uključuju: *pojednostavljenje, standardizaciju, modularnost* i *oblikovanje za proizvodnju*.[98] Stevenson pak navodi *istodobni inženjering, računalom podržano oblikovanje, proizvodne mogućnosti* i *istovjetnost komponenti*.[99] Slične pristupe, *standardizaciju, istovjetnost i modularnost*, razmatraju Slack i dr.[100] Heizer i dr.[101] pak navode *robusno oblikovanje, modularno oblikovanje, računalom podržano oblikovanje/računalom podržanu proizvodnju, tehnologiju virtualne stvarnosti, analizu vrijednosti,* te *procjenu održivosti i životnog ciklusa*. Svim pristupima je zajedničko da smanjuju složenost proizvoda. Navedeni pristupi će se kratko objasniti u nastavku teksta.

**Pojednostavljenje** (engl. *simplification*) je pristup u oblikovanju proizvoda kojim se pokušava smanjiti broj dijelova ili opcija nekog proizvoda. Jednostavnije oblikovan proizvod može se brže i lakše proizvesti, te manje košta, kako u proizvodnji, tako i u upotrebi.

**Standardizacija** (engl. *standardization*) je postupak kojim proizvođači smanjuju troškove proizvodnje proizvoda ili usluga sužavanjem vrsta materijala, dimenzija dijelova, podsklopova ili sklopova. Standardizacija se može odnositi i na sam proces. Standardizacijom se ograničava raznolikost, olakšava zamjenjivost dijelova među proizvodima, što i za krajnjeg kupca može biti vrlo važno. Primjerice, standardizacijom baterija smanjuju se troškovi proizvodnje, a kupac ih može bez problema upotrijebiti za različite svrhe u kućanstvu. Slično, restorani brze hrane imaju standardiziran jelovnik prema kojem nude određenu vrstu jela. Problem kojeg sa sobom povlači standardizacija je koliko daleko ići u standardizaciju, znajući da kupci žele što veću raznolikost i jedinstvenost.

Proizvodi nastali kombiniranjem različitih standardiziranih modula, koji se mogu sastaviti na različite načine, rezultat su **modularnog oblikovanja** (engl. *modular design*). Modularnost je važna za proizvođača proizvoda ili usluga jer olakšava razvoj proizvoda, njegovu proizvodnju, moguće promjene, te omogućava naizgled veliku raznolikost proizvoda iz ograničenog broja modula (komponenti). Danas se ovaj način proizvodnje koristi, gotovo u pravilu, u industriji elektronike i automobilskoj industriji. Primjerice, Harley-Davidson s relativno malo različitih

---

96 U literaturi se, pored termina „oblikovanje proizvodnje", susreće i termin „oblikovanje procesa" (engl. *process design*).

97 Pod pojmom kvalitete ovdje se misli na to da je proizvod proizveden prema specifikaciji i potrebama kupaca.

98 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit*. str. 166.

99 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit*. str. 159-162.

100 Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit*. str. 137-138.

101 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit*. str. 170-173.

motora, šasija i spremnika za plin osigurava veliku raznolikost svojih motocikla.[102] Modularnost je prisutna i u industriji proizvodnje kuća i namještaja, kao i u prehrambenoj industriji. Danas su poznate modularne kuće ili police, kauči, fotelje i sl. Primjer modularnih taburea tvrtke *Kilo design* pokazuje kako se može napraviti sustav za sjedenje od tri komponente. I ne samo sustav za sjedenje, već se mogu napraviti kauč, mala klupa, stol ili polica.[103] Primjer modularnosti u prehrambenoj industriji može se vidjeti u proizvodnji ribljih konzervi poduzeća Sardina iz Postira. U ovom poduzeću se na temelju četiriju osnovnih konzervi ribe: sardine, tune, oslića i skuše dodavanjem posebnih sastojaka dobije 11 vrsta ribljih konzervi.[104]



**Oblikovanje za proizvodnju** (engl. *design for manufacture, DFM*), ili kako to Stevenson naziva, *proizvodne mogućnosti*, odnosi se na oblikovanje proizvoda tako da se može lako i ekonomično proizvesti. Kako je već rečeno, ako dizajneri razumiju mogućnosti proizvodnje (opremu, tehnologiju, vještine radnika, materijale i slično), postupak oblikovanja proizvoda bit će primjereniji mogućnostima proizvodnje, čime će se smanjiti vrijeme i troškovi oblikovanja proizvoda i proizvodnje.

**Istodobni inženjering** (engl. *concurrent engineering*) ili istodobni razvoj već je naveden na početku točke 4.4.3, kao ključni element uspješno oblikovanog i proizvedenog proizvoda koji znači zajednički rad ljudi iz dizajna i proizvodnje, radi istovremenog razvijanja proizvoda i njegova procesa proizvodnje.

**Istovjetnost komponenti** (engl. *component commonality*) je pristup koji omogućava poduzećima koja proizvode više proizvoda (obitelj proizvoda) da u njima imaju visok stupanj sličnih komponenti. Ovakvim načinom proizvodnje smanjuje se vrijeme oblikovanja novog proizvoda, olakšava montaža i ugradnja, kao i održavanje takvog proizvoda jer serviseri poznaju komponente i njihove osobine, te ih brže popravljaju. Primjerice, europski proizvođač zrakoplova, Airbus, svoj je zrakoplov projektirao s visokim stupnjem istovjetnosti. To je značilo da deset modela zrakoplova, u rasponu od A318 sa 100 sjedala do najveće svjetske letjelice A380 s 500 sjedala, imaju gotovo identične pilotske kabine, uobičajene sustave i slične karakteristike rukovanja. Prednosti istovjetnosti za avioprijevoznike uključuju puno kraće vrijeme za obuku pilota i inženjera kada se kreću iz jednog zrakoplova u drugi. To pilotima nudi mogućnost širokog raspona ruta - od kratkih do ultra-dugih letova i dovodi do veće učinkovitosti jer se istovjetni postupci održavanja mogu primijeniti za bilo koji zrakoplov u istoj obitelji. Također, kada je do 90 % svih dijelova istovjetno za niz zrakoplova, smanjena je potreba za širokom paletom rezervnih dijelova.[105] Istovjetnost komponenti u uslugama također smanjuje troškove te vrijeme oblikovanja i pružanja usluge. Primjerice, u restoranima se korištenjem istih namirnica mogu spremiti različita jela dodavanjem različitih sastojaka. Tako pileća prsa mogu biti poslužena sa žara uz povrće, ili u umaku od vrhnja s povrćem, ili kao bilo koja druga kombinacija standardnih sastojaka.

**Robusno oblikovanje** (engl. *robust design*) je pristup kojim se proizvod nastoji oblikovati tako da je što manje podložan varijacijama bilo u proizvodnji, bilo u potrošnji. Naime, postoje proizvodi koji

[102] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 171.
[103] https://living.vecernji.hr/interijeri/inovativna-sofa-koja-se-pretvara-u-klupu-tabure-klub-stolic-policu-1046959, pristup: 02.02.2020.
[104] www.sardina.hr, pristup: 02.02.2020.
[105] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 137.

mogu loše reagirati na promjene uvjeta u proizvodnji ili potrošnji, čime dolazi do njihova oštećenja ili gubitka funkcije. To povećava troškove proizvodnje, a potrošaču troškove u upotrebi. Primjeri takvih varijacija u proizvodnji su temperatura, vlaga, prašina i slično. Primjerice, ukoliko se promijeni temperatura u proizvodnji nekog prehrambenog, farmaceutskog, odjevnog ili keramičkog proizvoda, to može negativno utjecati na njegovu kvalitetu. Stoga se smatra da će robusnije oblikovan proizvod imati manju vjerojatnost izgubiti na svojoj kvaliteti, ako se promijene okolni uvjeti. Dakle, ovaj pristup zagovara oblikovanje proizvoda koji će biti otporniji na promjene u uvjetima u proizvodnji ili u upotrebi, nego poduzimanje mjera kojima će se varijacije u okolini reducirati. Primjer korištenja robusnog oblikovanja može se vidjeti u proizvodnji obuće od kaučuka u Borovu.[106] Nezasićene grupe u kaučuku, koje svojom reakcijom sa sumporom omogućavaju vulkanizaciju, pokazuju i osjetljivost prema kisiku, ozonu, otrovima kaučuka i svjetlu. Što je temperatura u obradi viša, utoliko se jače izražavaju i ovi negativni utjecaji. Štoviše, kod sintetičkog kaučuka može doći i do daljnje polimerizacije, odnosno unutrašnjeg umrežavanja (ciklizacija). Spomenuto dovodi do toga da kaučuk postane krut i krt. Svi ovi utjecaji uzrokuju pojave raznovrsne razgradnje koje su obuhvaćene nazivom starenje. Stoga, da bi se vulkanizati učinili otpornima na razgradnju, odnosno na starenje, trebaju im se dodati sredstva koja ih čine manje osjetljivima prema negativnim utjecajima. To su antioksidanti. Osim antioksidanata, koriste se i različita punila koja ovisno o njihovom utjecaju na svojstva smjese mogu biti aktivna i inaktivna. Tako primjerice aktivna punila povećavaju raskidnu jačinu, otpornost na cijepanje, habanje, tvrdoću i modul. Mada je riječ o složenom postupku, ovaj pojednostavljeni opis pokazuje kako Borovo dodavanjem različitih sredstava u smjesu kaučuka osigurava smanjenje utjecaja iz okruženja u proizvodnji, skladištenju i upotrebi obuće od kaučuka.

**Računalom podržano oblikovanje/računalom podržana proizvodnja, *RPO/RPP*** (engl. *computer aided design/computer aided manufacturing, CAD/CAM*) je pristup koji koristi računalnu potporu za oblikovanje proizvoda i proizvodnje. Ovim pristupom se omogućava automatski prijenos podataka iz oblikovanja u upute za proizvodnju, čime se znatno skraćuje vrijeme ulaska proizvoda na tržište. Korištenjem računalne podrške u oblikovanju i proizvodnji proizvoda poboljšava se kvaliteta oblikovanja proizvoda, ali i proizvodnje. Također se ubrzava testiranje proizvoda i to u više varijanti. Računalom podržano oblikovanje znatno skraćuje proces oblikovanja jer se svi podaci vezani za prethodna oblikovanja memoriraju. Time se olakšava proces oblikovanja novog proizvoda, jer se podaci mogu analizirati, modificirati, kombinirati, ali i smanjiti pogreške. Računalom podržano oblikovanje omogućilo je razvoj **tehnologije virtualne stvarnosti** (engl. *virtual reality technology*). Riječ je o mogućnosti da se proizvod ili usluga i cijeli njezin proces mogu vidjeti trodimenzionalno. Tako se proizvodi ili usluge približavaju maksimalno krajnjem korisniku koji može temeljem vizualizacije reagirati i tražiti promjene. Upotreba *RPO/RPP* pristupa u proizvodnji može se vidjeti na primjeru splitskog brodogradilišta. Splitsko brodogradilište Brodosplit primjenjuje računala u projektiranju, planiranju i proizvodnji broda, kao i u njegovoj eksploataciji, pri čemu koristi 3D informatičke alate za projektiranje i izradu dokumentacije (nacrta). Nakon što Brodosplit ugovori brod (putnički, teretni, vojni), njegovu veličinu, brzinu i drugo, projektni ured izrađuje idejni projekt, odnosno oblikuje brod, njegov trup, konture broda i slično. Oblikovanje broda odvija se pomoću računala (*RPO*). U ovoj fazi razvoja broda dogovara se izbor glavnog i pomoćnih brodskih motora, brodske opreme, te cijena broda. Nakon toga započinje proizvodnja u kojoj se koriste računalom upravljani strojevi (engl. *computer numeric control, CNC*). Prije njihove upotrebe, *RPP* programima

[106] Interna dokumentacija poduzeća Borovo d.d.

se u uredskim uvjetima simulira proces proizvodnje. U ovoj fazi se stvaraju strojni programi za pojedine pozicije koji se, nakon višestruke provjere, učitavaju u upravljačke naprave pojedinih računalom upravljanih strojeva (*CNC* strojeva), nakon čega slijedi strojna obrada pojedinih pozicija i njihova konačna proizvodnja. Ovako proizvedene pozicije montiraju se zajedno s drugim pozicijama (bilo proizvedenim ili kupljenim) u odgovarajuće cjeline broda. Primjenom računalom podržanog oblikovanja i proizvodnje Brodosplit s visokom vjerojatnošću, u uredskim uvjetima, može predvidjeti funkcionalnost i upotrebljivost broda, vrijeme izrade, primarnu kalkulaciju troškova i druge izvedbene i troškovne komponente budućeg broda. Također, veća je preciznost u izradi, a time i manji troškovi, bolja je povezanost svih funkcija pa je tako racionalnije upravljanje materijalima, efikasnije korištenje financijskih sredstava, veća kvaliteta i sl.[107]



**Analiza vrijednosti** (engl. *value analysis*) i **inženjering vrijednosti** (engl. *value engineering*) provode se u različitim fazama oblikovanja proizvoda. Inženjering vrijednosti bavi se oblikovanjem novog proizvoda prije nego je on došao do proizvodnje, dok se analiza vrijednosti odvija tijekom proizvodnje. Oba pristupa imaju za cilj pojednostavniti proizvode i procese. Analiza vrijednosti nastoji eliminirati sve ono što uzrokuje troškove, a ne doprinosi vrijednosti proizvoda. Njezin cilj je postići isti ili bolji rad proizvoda uz niži trošak, ali istodobno zadržati sve funkcionalne zahtjeve potrošača. Pri tome se ova dva pristupa koriste pitanjima kao što su:[108]

- Ima li predmet bilo koje značajke dizajna koje su nepotrebne?
- Mogu li se dva dijela ili više njih spojiti u jedan?
- Kako se može smanjiti težina?
- Postoje li nestandardni dijelovi koji se mogu ukloniti?

**Procjena održivosti i životnog ciklusa** (engl. *sustainability and life cycle assessment, LCA*) dva su načina kojima se procjenjuje život proizvoda. Održivost se bavi pitanjem zadovoljenja sadašnje potrebe korisnika a da se ne ugrozi mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe, dok se životni ciklus proizvoda bavi procjenom njegova utjecaja na okoliš. Kako je ova tema izuzetno važna, o njoj će se posebno nešto reći na kraju poglavlja.

### 4.4.4. Izrada prototipa, testiranje i konačno oblikovanje

Izrada prototipa, testiranje i konačno oblikovanje ne odvijaju se u svim poduzećima kao faze koje nužno slijede jedna iza druge, odnosno tek kada je ona prethodna završena. Neka poduzeća rade prototipove već u fazi oblikovanja proizvoda i proizvodnje, neka već u fazi izbora proizvoda. Neovisno o tome kako se tehnički provode ove faze, svaka od njih ima svoje mjesto u procesu oblikovanja proizvoda.

U fazi izrade prototipa izrađuje se proizvod ili usluga koji se mogu testirati. Prototipovi mogu biti različiti, primjerice glineni modeli u auto industriji temeljem kojih se onda izrađuju kalupi automobila ili računalne simulacije kretanja pacijenata i liječnika kroz bolnicu. Svrha prototipa je da se proizvod ili usluga testiraju kako bi se provjerile njihove tehničke (podudaranje specifikacija s oblikovanim proizvodom) i tržišne (provjera reakcije kupaca) performanse, zbog potencijalne izmjene specifikacija i formiranja konačnog oblika proizvoda ili usluge.

---

[107] Interna dokumentacija poduzeća Brodosplit

[108] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. Zagreb: Mate. str. 53.

## 4.5. METODE RAZVOJA PROIZVODA

U prethodnim se točkama vidjelo koliko se napora ulaže da bi novi proizvod bio što brže i jeftinije napravljen, te da bi odgovarao zahtjevima kupaca. Iako razvoj tehnologije olakšava oblikovanje i proizvodnju proizvoda, potrošači se osjećaju izgubljeno kada kupe neki proizvod. Događa se da su knjižice s uputama za korištenje takvog proizvoda preopširne, njegovo korištenje/upotreba komplicirana, a često postoji cijeli niz funkcija koje korisnik nikada ne upotrijebi. Događa se da tehnički savršen proizvod ne bude dobro prihvaćen od kupaca jer ne zadovoljava neku njihovu konkretnu potrebu ili zahtjev. Stoga je, pored utvrđivanja zahtjeva kupaca, važno te zahtjeve na pravi način ugraditi u nove proizvode ili usluge. Tome pomažu različite metode, kao što su: analiza potreba potrošača, upitnik potrošač/dobavljač, model potrošač/dobavljač, te dijagram toka.[109] Pored njih, široku primjenu imaju još dvije metode: analiza vrijednosti i metoda razvoja funkcije kvalitete. U okviru ove točke objasnit će se ukratko upravo posljednje dvije navedene metode.

Kako je u prethodnoj točki rečeno, **analiza vrijednosti** ima za cilj osigurati da proizvod ostvari svoje performanse uz najniži mogući trošak. U osnovi ove metode su trošak i vrijednost. *Troškovi* se odnose na sve angažirane resurse potrebne da bi se proizvod proizveo (rad, sirovine, materijal itd.), dok se *vrijednost* odnosi na percepciju kupca vezanu za odnos korisnosti i cijene proizvoda. Pod korisnošću se misli na one performanse proizvoda koje su kupcu bitne u upotrebi proizvoda. Dakle, kupac želi da se njegove potrebe zadovolje uz najnižu moguću cijenu. Analizirajući proizvode koji su već u proizvodnji, analiza vrijednosti pokušava pronaći način proizvodnje ili kombinaciju komponenti koje će osigurati funkciju proizvoda, ali uz niži trošak. To se može napraviti, primjerice, poboljšanim ili jednostavnijim procesom proizvodnje, smanjenjem komponenti, jeftinijim materijalima i slično. Postupak analize vrijednosti uključuje ispitivanje ili utvrđivanje svrhe proizvoda te njegove osnovne i sekundarne funkcije.[110] *Svrha* se odnosi na razlog zbog kojeg proizvod postoji. Primjerice, svrha prezentera kojeg profesor koristi na nastavi je da omogući komunikaciju s računalom. *Osnovna funkcija* osigurava svrhu proizvoda, jer ako bi ona bila eliminirana, proizvod bi bio beskoristan u odnosu na svoju svrhu. Primjerice, osnovna funkcija prezentera bi bila da omogući profesoru kontrolu pokretanja slajdova. *Sekundarna funkcija* podržava osnovnu funkciju načinom kako je proizvod oblikovan. U slučaju prezentera, to je mogućnost da se prezenter spoji s bilo kojim računalom. Sekundarna funkcija se mijenja onako kako se mijenja pristup oblikovanja vezan za osnovnu funkciju. To znači da su u osnovi analize vrijednosti upravo osnovna i sekundarna funkcija jer one generiraju određene troškove (zbog načina kako je oblikovan prezenter, odnosno načina osiguranja njegove osnovne funkcije). Preciznije, svako poboljšanje u području sekundarne funkcije (načina kako će ona podržati osnovnu funkciju) može smanjiti troškove i poboljšati omjer vrijednosti.

Za razliku od analize vrijednosti koja se koristi kada je proizvod već u nekoj fazi razvoja, **razvoj funkcije kvalitete** (engl. q*uality function development, QFD*) koristi se prije nego se proizvod specificira. Ova metoda se razvila kako bi se glas kupca uključio u proces razvoja proizvoda ili usluge, a cilj joj je da se doista razumije ono što kupci žele i da se upravo njihovi zahtjevi ugrade u nove proizvode. Zahtjevi kupaca obuhvaćaju ono „što" kupci trebaju, a razvojni timovi prona-

[109] Skoko, H., (2000). *Upravljanje kvalitetom*. Zagreb: Sinergija. str. 181.
[110] Schroeder, R. G. (1999). *op.cit*. str. 70.

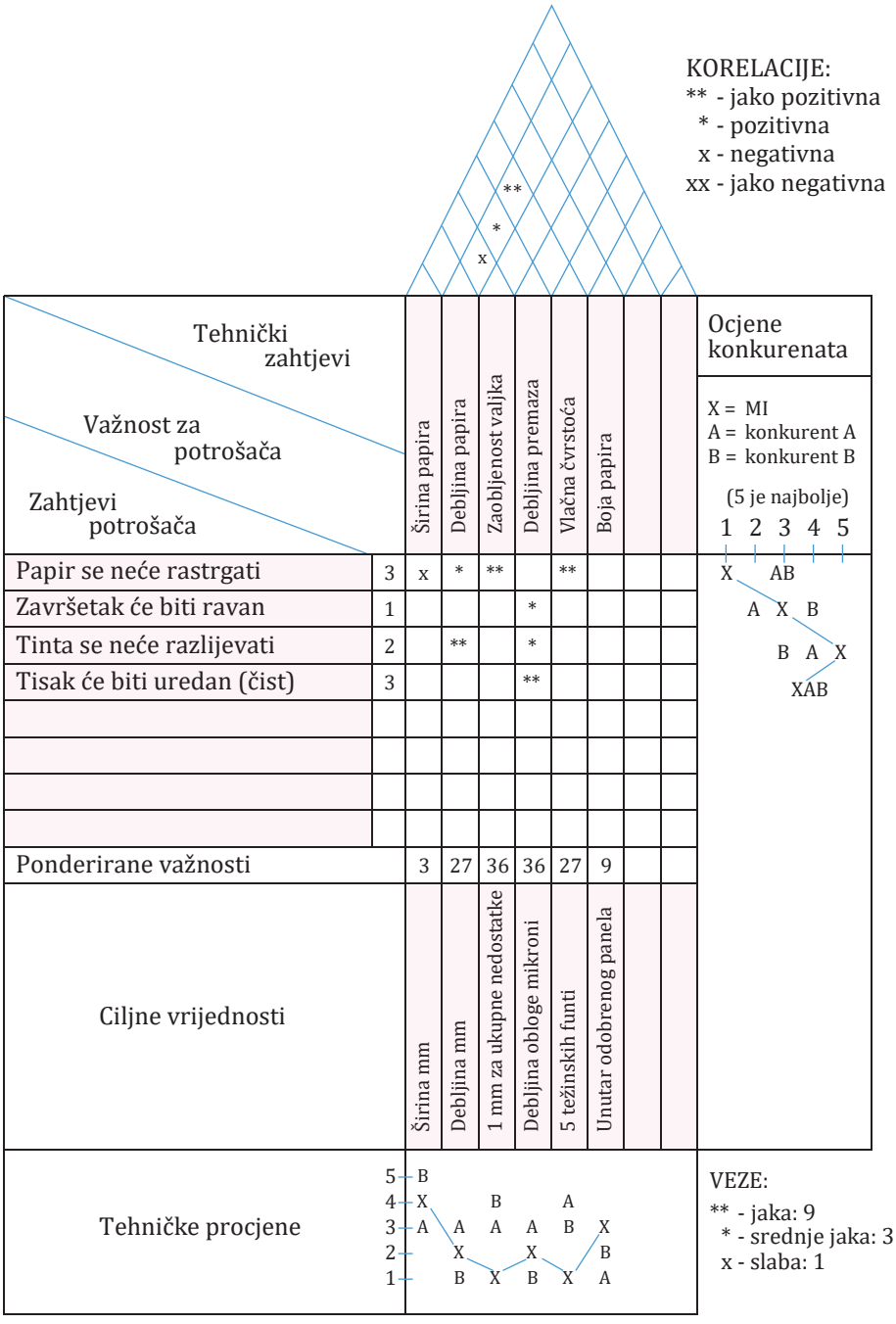
laze način „kako“ će to ostvariti. Kako ova metoda grafički sliči na kuću, to je poznata i po nazivu „kuća kvalitete“. Kuća kvalitete razvija se kroz niz koraka:

1. Od kupaca se traži da definiraju *što* žele u određenom proizvodu ili usluzi. Nakon toga svoje zahtjeve trebaju bodovati tako da procijene njihovu relativnu važnost. Obično se koristi skala od 1 do 10 bodova.
2. Zatim kupci ocjenjuju konkurentske proizvode po istim značajkama. Ocjenjivanje je obično na ljestvici od 1 do 5.
3. Proizvođač ili pružatelj usluge treba utvrditi *kako* će proizvodi/usluge zadovoljiti želje kupaca. U ovom koraku se definiraju inženjerske karakteristike ili akcije.
4. Povezivanje onog *što* se želi s onim *kako* to napraviti radi se u središnjoj matrici kuće kvalitete. Odnos između *što* i *kako* prikazuje se simbolima, a može se kretati od toga da između promatranih varijabli odnosa uopće nema (polje ostaje prazno), do toga da je odnos jak (inženjerska karakteristika u potpunosti rješava promatrani zahtjev kupca).
5. U krovu kuće kvalitete evidentiraju se podaci o vezama između različitih inženjerskih karakteristika. Ovo se odnosi na to kako inženjerske karakteristike djeluju jedna na drugu prilikom rješavanja određenog zahtjeva kupca.
6. Na kraju se definira dno kuće kvalitete u kojem se određuje tehnička procjena proizvoda i ciljane vrijednosti za svaku inženjersku karakteristiku.

Primjer kuće kvalitete, koji se odnosi na pisač (kojeg treba kupac) i tvrtku koja isporučuje papir (promatrani dobavljač), prikazuje se u nastavku (slika 4.2).[111] Kao prvo može se primijetiti da je kuća kvalitete sastavljena od nekoliko matrica. Prva matrica prikazuje zahtjeve kupaca *(što)* i njima odgovarajuće tehničke zahtjeve *(kako)*. Kupci prvo jasno navode zahtjeve vezane za pisač i ti se zahtjevi popisuju na lijevoj strani matrice. Primjerice, kupac želi da se prilikom ispisa papir ne razdere, da tekst završi u ravnini, da se tinta ne razlijeva prilikom ispisivanja, te da ispis bude jasan, tj. čist. Od kupca se također traži da svoje zahtjeve boduju od 1 do 10, pri čemu je 1 najvažniji, a 10 najmanje važan zahtjev. To se radi također na lijevoj strani matrice, odmah pored navedenih zahtjeva. Na kraju se od kupca traži da svaki identificirani zahtjev usporedi s istim zahtjevom konkurentskog proizvoda i ocijeni gdje je dotični dobavljač/proizvođač u odnosu na konkurenciju. To se radi u desnoj strani matrice. Moguće je vidjeti na slici 4.2. da se zahtjevi uspoređuju s istima kod dvaju konkurenata (A i B), te da je promatrani dobavljač (X) vezano za prvi zahtjev najlošiji, a za treći najbolji (pratiti liniju koja povezuje X). Temeljem ove analize cilj je pronaći način kako oblikovati proizvod kojim će se zahtjevi kupca ispuniti na najbolji mogući način.

Tehničke karakteristike (*kako*) koje pokazuju kako dobavljač/proizvođač može ispuniti zahtjeve kupca navedene su vertikalno, prema vrhu kuće kvalitete. Svakom tehničkom karakteristikom može se udovoljiti jednom ili većem broju kupčevih zahtjeva. Odnos između kupčevih zahtjeva i tehničkih karakteristika prikazuje se u središtu matrice, a on može biti jak (**), srednje jak (*) ili slab (x). Primjerice, u slučaju pisača, zaobljenost valjka je najvažnija tehnička karakteristika za zadovoljenje zahtjeva kupca da se papir ne kida.

[111] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 157.




***Slika 4.2. Kuća kvalitete***

Za dizajnere koji oblikuju novi proizvod važne su ponderirane vrijednosti koje se dobiju kao zbroj umnožaka važnosti za kupca (ponderi koje je kupac dodijelio svakoj značajki) i jačine veze (korelacije) s promatranom tehničkom karakteristikom. Primjerice, broj 3 za prvu tehničku karakteristiku, *širinu papira*, dobiven je umnoškom vrijednosti prvog zahtjeva za kupca (3) i slabe veze (x) s promatranom tehničkom karakteristikom (vrijednost 1). Sljedeći broj 27, za

tehničku karakteristiku *debljina papira*, dobiven je zbrojem umnožaka pondera prvog i trećeg kupčevog zahtjeva i odgovarajuće vrijednosti veze s tehničkim karakteristikama (3 * 3 + 2 * 9).

Pored ponderiranih vrijednosti, dno matrice sadržava ciljane vrijednosti i tehničke procjene. Ciljane vrijednosti su u stvari tehničke specifikacije koje bi bile poželjne za dotični proizvod. Tehničke procjene se mogu protumačiti slično kao i ocjene konkurenata (prateći liniju koja povezuje X). Ciljane i ponderirane vrijednosti su ključne za oblikovanje proizvoda. Promatrano poduzeće može zaključiti, temeljem ponderiranih vrijednosti, da mu prva tehnička karakteristika ima najnižu ponderiranu vrijednost (3), tj. da širina papira slabo može utjecati na zahtjev da se papir ne cijepa. Ostale četiri tehničke karakteristike imaju relativno visoke ponderirane vrijednosti.

Na kraju treba razmotriti krov kuće kvalitete. U njemu se prikazuju veze između tehničkih karakteristika, odnosno kako jedna tehnička karakteristika djeluje na druge tehničke karakteristike ili kako će promjena u jednoj tehničkoj karakteristici utjecati na druge tehničke karakteristike. Iz primjera na slici 4.2.vidi se da debljina papira negativno utječe na zaobljenost valjka (jaka negativna veza: **) pa dizajneri trebaju naći način kako riješiti problem povezanosti debljine papira i zaobljenosti valjka. S druge pak strane, debljina papira ima jaku pozitivnu vezu s vlačnom čvrstoćom.

## 4.6. OBLIKOVANJE PROIZVODA I OKOLIŠ

Oblikovanje novog ili redizajniranje postojećeg proizvoda danas je u pravilu vezano s pitanjem održivosti - sva proizvodnja trebala bi osigurati sadašnje potrebe korisnika, ali na način da ne ugroze potrebe budućih generacija. Danas smo postali svjesniji da smo planet zatrpali brojnim, manje ili više starim proizvodima i time stvorili ogromne količine otpada i smeća. Proizvođači shvaćaju da mogu utjecati na održivost i to rade kroz koncept *proširena odgovornost proizvođača* (engl. *extended producer responsibility, EPR*). Riječ je o konceptu kojim se poduzeća smatraju odgovornima za svoj proizvod i nakon njegova vijeka upotrebe. Zakonodavstva većine zemalja EU i svijeta propisuju proizvođačima obveze vezane za ponovnu upotrebu, recikliranje ili odlaganje njihovih proizvoda. Tako norveški zakon zahtijeva od proizvođača i uvoznika elektroničke opreme da recikliraju ili ponovo upotrijebe 80 % proizvoda. Brazil smatra opasnim otpadom svu ambalažu koja se ne može reciklirati.. Europska unija zahtijeva da se 80 % težine odbačenih automobila mora ponovno upotrijebiti ili reciklirati.[112] Hrvatska je svojim Planom gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017 – 2022. također definirala pretpostavke za razvoj kružnog gospodarstva u kojem se iskoristivi resursi trebaju zadržati u gospodarstvu nakon upotrebnog vijeka proizvoda.

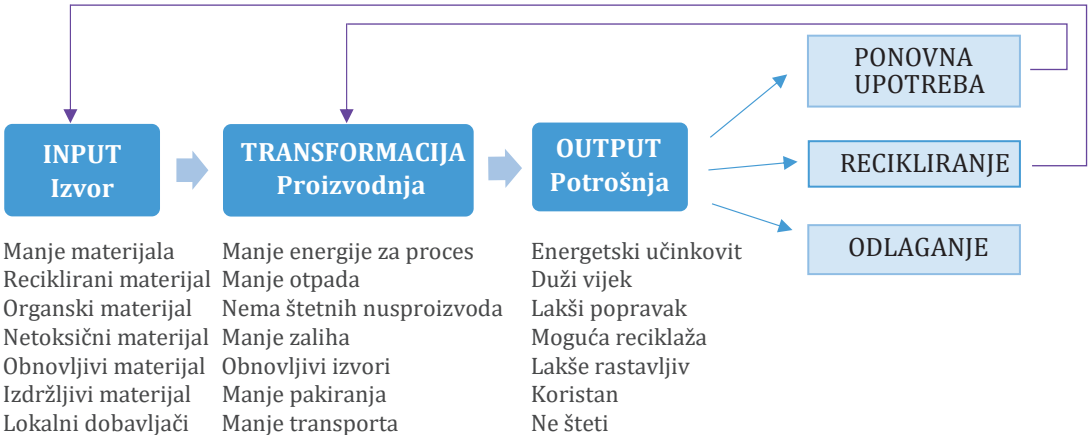
**Ekološko oblikovanje** (engl. *ecodesign*) ili oblikovanje za okoliš (engl. *design for environment*) uzima u obzir cijeli niz novih zahtjeva koji do današnjih dana nisu bili u središtu pažnje prilikom oblikovanja novoga proizvoda. Riječ je o integriranom pristupu odnosu između proizvoda i ekologije koji se provodi na tri razine:[113]

- Uzima se u obzir cijeli životni ciklus proizvoda ili usluge koji podrazumijeva nabavu i transport materijala potrebnih za proizvodnju proizvoda, proces proizvodnje, distribuciju, uporabu, održavanje, ponovnu uporabu i odlaganje.

[112] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 171.
[113] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 58.

- Proizvod se smatra sustavom, što znači da se svi njegovi elementi (potrošni materijal, pakiranje) trebaju uzeti u obzir.
- Razmatra se pristup višestrukih kriterija, tako da se procjenjuju svi različiti ekološki učinci koje proizvodni sustav može generirati tijekom svog životnog ciklusa. Time se nastoje izbjeći kompromisi između različitih kategorija učinaka, poput osiromašenja izvora, učinka staklenika, i slično.

Oblikovanje za okoliš, pored opisanih, uključuje i aspekte vezane za okoliš, kao što su: oblikovanje proizvoda od recikliranog materijala, upotrebe komponenti nekog proizvoda nakon završetka njegova vijeka trajanja, smanjenje opasnih kemikalija, smanjenje nepotrebne ambalaže i slično. Tako se dolazi do koncepta oblikovanja proizvoda za okoliš koji obuhvaća životni vijek proizvoda od izvora materijala preko proizvodnje, zatim preko upotrebe potrošača i recikliranja na kraju životnog vijeka, te ponovnog iskorištenja ili odlaganja. Ove faze prikazuje slika 4.3.[114]




***Slika 4.3. Oblikovanje za okoliš***

Kako se vidi iz slike 4.3. oblikovanje za okoliš počinje s tzv. **zelenim izvorima**, tj. s manje materijala, organskim materijalom, materijalom bez kemikalija, materijalima koji duže traju, a dobavljači bi trebali biti u blizini kako bi se smanjili staklenički plinovi u transportu. Pretpostavka za početak ovakve proizvodnje je da je proizvod tražen, da u sebi sadržava samo one značajke koje su potrebne, pa time i materijale, te da neće završiti neiskorišten i odbačen na odlagalište.

U procesu proizvodnje (**zelena proizvodnja**) oblikovanje uključuje pitanja energije potrebne za proizvodnju i njezine vrste (je li obnovljiva ili ne), pitanje otpada ili štetnih nusproizvoda iz procesa, mogućnost recikliranja ili sigurnog odlaganja štetnog otpada. Proizvodnja bi trebala biti u odgovarajućim količinama kako bi se zalihe minimalizirale, a proizvodni pogon bi trebao biti što bliže kupcima kako bi se minimalizirao prijevoz i njegov utjecaj na emisiju stakleničkih plinova. Proizvod bi trebao također imati minimalno pakiranje, a ambalaža koja se koristi za prijevoz bi se trebala ponovo upotrijebiti. Utjecaj proizvodnje na okoliš mogu ublažiti recikliranje, obnovljivi resursi, čista energija, efikasno poslovanje i pravilno odlaganje otpada.

[114] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 172.

Ukoliko je zeleno oblikovanje bilo dobro, tada će proizvod kod potrošača biti energetski efikasan, duže će trajati, bit će ga lakše popraviti, a na kraju životnog vijeka će se moći reciklirati ili odvojiti u svrhu ponovne upotrebe (**zelena potrošnja**). Proizvodi ne bi smjeli štetiti potrošačima, primjerice, sadržavati olovo ili kancerogene boje za odjeću, već bi im trebali biti korisni.

Na kraju životnog vijeka proizvod bi trebalo biti moguće **reciklirati, ponovo upotrijebiti** ili, ako ništa od navedenog nije moguće, **odbaciti** na adekvatno odlagalište. Što od toga napraviti ovisi o dužini životnog vijeka proizvoda, povratnoj vrijednosti, jednostavnosti popravka i trošku odlaganja. Recikliranjem se štede materijali i sirovine, smanjuje zagađenje, štedi energija potrebna za proizvodnju.[115] Recikliranju su podložni mnogi materijali i proizvodi, kao drvo, staklo, aluminij, ulje, plastika. Recikliranjem se produžava život proizvodima, smanjuje se zagađenje i okoliš ostaje čišći. Primjerice, od 500 recikliranih plastičnih boca može se napraviti jedna kanta za smeće, od 18 recikliranih plastičnih boca može se napraviti jedna majica nogometnog dresa, od 500 recikliranih limenki može se napraviti jedan bicikl.[116]

Kada je riječ o ponovnoj upotrebi, onda je u pravilu riječ o obnovi rabljenih proizvoda zamjenom istrošenih ili neispravnih dijelova i njihovoj ponovnoj prodaji. Ovaj postupak može raditi izvorni proizvođač ili neko drugo poduzeće, a proizvodi s prerađenim dijelovima su automobili, pisači, kopirni uređaji, kamere, računala i telefoni. Razlozi za preradu su višestruki, a najznačajniji je taj da se obnovljeni proizvod može prodati za oko 50 % troškova novoga proizvoda.[117]

Oblikovanje za okoliš može koristiti svima; poduzećima, kupcima i društvu. Ako poduzeće proizvodi s manje materijala, manje energije, manje otpada kojeg treba zbrinuti, imat će niže troškove proizvodnje. Ako kupac kupi pouzdaniji proizvod koji će u upotrebi trebati manje energije ili potrošnje i kojeg će biti lako popraviti, imat će također niže troškove upotrebe. Društvo će na taj način sačuvati svoje resurse i okoliš, te umjesto ulaganja u rješavanje problema koje stvaramo onečišćenjem okoliša, ulagati u budućnost.

## 4.7. OBLIKOVANJE USLUGA

Većina pitanja koja vrijedi za oblikovanje proizvoda vrijedi i za oblikovanje usluga. Uspoređujući klasičnu proizvodnju s uslugama, može se primijetiti da oblikovanje veliko-serijske i masovne proizvodnje uglavnom nema zajedničkih točaka s oblikovanjem usluga, dok oblikovanje maloserijske proizvodnje najviše sliči oblikovanju usluga. Koje su specifičnosti oblikovanja usluga i uslužnih procesa vidjet će se u nastavku teksta.

### 4.7.1. Razlike u oblikovanju proizvoda i usluga

Kod usluga je, slično kao i kod proizvodnje, potrebno istodobno oblikovati uslugu i uslužni proces, ali kod usluga postoji jedna specifičnost, a to je da se usluga obično istodobno oblikuje i isporučuje. Kao i kod proizvoda, i kod usluga je važno što kupac želi, ali se oblikovanje usluge ne temelji samo

[115] Navedeni pozitivni efekti recikliranja nisu jednaki za sve vrste materijala ili proizvoda koji im se podvrgavaju. Plastika predstavlja najveći problem i pitanje je što se dobiva njezinom reciklažom, kako u smislu kvalitete dobivenog proizvoda, tako i troškova njezine prerade.

[116] www.recikliranje.hr, pristup: 28.01.2020.

[117] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 146.

na fizičkim komponentama, već uključuje osjetilne i psihološke koristi koje ona pruža. Iz navedenog je vidljivo da između proizvoda i usluga postoje određene razlike koje utječu na to da se oblikovanje usluga donekle razlikuje od oblikovanja proizvoda. Prije nego se razmotre specifičnosti oblikovanja usluga i uslužnog procesa, prikazat će se temeljne razlike između proizvoda i usluga (tablica 4.1).[118]

***Tablica 4.1. Razlike između proizvoda i usluge***

| Tvornička proizvodnja | Uslužna proizvodnja[119] |
|---|---|
| Proizvod je opipljiv | Usluga je neopipljiva |
| Vlasništvo se prenosi u trenutku kupnje | Vlasništvo se općenito ne prenosi |
| Proizvod se može preprodati | Ponovna prodaja nije moguća |
| Proizvod se može pokazati prije kupnje | Usluga ne postoji prije kupnje |
| Proizvod se može uskladištiti kao zaliha | Usluga se ne može uskladištiti |
| Proizvodnja prethodi potrošnji | Proizvodnja i potrošnja događaju se istodobno |
| Proizvodnja i potrošnja mogu biti prostorno odvojene | Proizvodnja i potrošnja moraju se događati na istoj lokaciji |
| Proizvod se može transportirati | Usluga se ne može transportirati (premda proizvođači mogu) |
| Indirektni je kontakt moguć između kompanije i kupca | U većini slučajeva direktni je kontakt potreban |
| Proizvod se može izvoziti | Usluga se, normalno, ne može izvesti, ali sustav isporuke usluge može |
| Poslovanje je organizirano po funkcijama kod čega su prodaja i proizvodnja odvojene | Prodaja i proizvodnja ne mogu se funkcionalno odvojiti |

Iz razlika navedenih u tablici 4.1, jasno se vidi da je kupac prisutan u uslužnom procesu i to tijekom cijelog procesa pružanja usluge (**ciklus usluge**), za razliku od proizvodnog procesa u kojem kupca gotovo i nema. Ciklus usluge počinje prvim kontaktom kojeg kupac ima s uslužnim sustavom i završava napuštanjem uslužnog sustava. Primjerice, kada idemo zubaru, prvi kontakt koji imamo je poziv i razgovor sa sestrom radi dogovora o terminu dolaska. Drugi kontakt je kada dođemo u ambulantu i kada nam se popravlja zub. Ako više puta dolazimo, svaki dolazak je novi kontakt. Unutar jednog dolaska možemo imati više kontakata (sa sestrom, sa zubaricom, pa ponovo sa sestrom). Zadnji kontakt je kada je popravak završen. Tijekom svakog kontakta stvaramo svoj dojam o pruženoj usluzi, svjesno ili nesvjesno. To se naziva **trenutkom istine.** Dojmovi mogu biti pozitivni ili negativni pa se dojam o usluzi temelji na zbroju trenutaka istine. Ponekad se može dogoditi da jedan loš dojam (trenutak istine) može poništiti puno dobrih, pa bi pružatelji usluge trebali biti toga svjesni. U tom smislu trebaju oblikovati sustav pružanja usluga tako da svaki kontakt u ciklusu usluge bude za kupca zadovoljavajući.

Usluge se razlikuju od proizvodnje i po tome što je kod njih varijabilnost potražnje znatno veća. Ta činjenica povlači sa sobom pitanja veličine kapaciteta (usluga se ne može uskladištiti, pa ako je kapacitet veći od potrebnog, troškovi će biti previsoki), lokacije (usluga treba biti, u većini slučajeva,

[118] Schroeder, R. G. (1999). *op.cit*. str. 192-193.

[119] Često se umjesto termina „usluga" koristi termin „uslužni proizvod". Tako će se čuti da je neka banka ponudila novi proizvod, primjerice dječju štednju, a ne novu uslugu

tamo gdje je kupac), zapošljavanja (je li broj radnika prevelik ili premalen), kvalitete usluge (imaju li svi radnici potrebna znanja, vještine i psiho-fizičke osobine), kako bi se oblikovao što efikasniji uslužni sustav. U oblikovanju svoje usluge uslužne organizacije mogu pristupiti iz jedne od sljedećih dviju perspektiva: 1. perspektive troškova i učinkovitosti, ili 2. perspektive kupaca.[120] Ako se oblikovanje usluge odvija na principu *troškova i učinkovitosti*, onda je to vrlo sličnu pristupu oblikovanja proizvoda. Na taj se način pokušava utjecaj kupca svesti na najmanju moguću mjeru ograničavanjem njegova sudjelovanja u procesu gdje god je to moguće. Na ovaj način pružatelj usluge dolazi u opasnost da zbog visoke učinkovitosti depersonalizira uslugu pa kupac može imati negativnu percepciju kvalitete pružene usluge. Kada se oblikovanje usluge temelji na *perspektivi kupca*, tada se pružatelj usluge fokusira na utvrđivanje želja i potreba kupca te na proces pružanja usluge kako bi se osiguralo njegovo zadovoljstvo. Koju od ove dvije perspektive izabrati, treba pažljivo procijeniti, jer je osim ovih čistih perspektiva, moguća i njihova kombinacija, primjerice kada kupac ne želi platiti visoko personaliziranu uslugu, pa je moguće oblikovati efikasniji proces pružanja usluge.



## 4.7.2. Razvoj nove usluge

Razvoj nove usluge ima slične faze kao i razvoj proizvoda. Kod usluga, kao i kod proizvoda, potrebno je istodobno oblikovati sustav pružanja, odnosno isporuke usluge. Tipične faze oblikovanja usluge su:[121]

1. Konceptualizacija koja uključuje stvaranje ideje, procjenu želja kupaca (marketing) i procjenu potencijalne potražnje (marketing).
2. Određivanje potrebnih komponenti uslužnog paketa (operacije i marketing).
3. Utvrđivanje specifikacija performansi (operacije i marketing).
4. Prevođenje specifikacija performansi u specifikacije za oblikovanje usluge.
5. Prevođenje specifikacije za oblikovanje usluge u specifikacije isporuke.

Alat kojim se može predočiti sustav pružanja usluga naziva se **nacrt usluge**. Ovaj alat na jednostavan način opisuje i analizira uslužni proces tako da prikazuje osnovne aktivnosti kupca i usluge u procesu pružanja usluge. Primjer jednostavnog nacrta usluge jednog restorana prikazan je na slici 4.4.[122]

Kako se vidi iz slike 4.4. na vrhu slike su radnje kupca, a odmah ispod su povezane radnje ljudi iz usluge koji su u direktnom odnosu s kupcem. Zatim slijede pozadinski kontakti, a na kraju je sustav podrške. Ovakvi nacrti mogu sadržavati i procjene vremena za uslužne radnje i njihovu izvedbu. Pri izradi nacrta usluge potrebno je:

1. Uspostaviti granice usluge i odrediti potrebnu razinu detalja.
2. Utvrditi i odrediti redoslijed kupčevih i uslužnih aktivnosti i interakcija. Dobar alat za to može biti dijagram toka.
3. Razviti procjene vremena za svaku fazu procesa, kao i varijabilnost u tom vremenu.
4. Identificirati potencijalne točke neuspjeha i razviti plan kako ih spriječiti ili umanjiti, kao i plan za odgovor na pogreške u uslugama.

120 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 163-164.
121 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 164.
122 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 165.

| *Aktivnosti kupca* / Linija informacija | *Dolazi* | *Sjedi* | *Naručuje* | *Jede* | *Plaća i odlazi* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Kontakt osobe* / Linija vidljivosti | Pozdrav domaćice<br>Domaćica provjerava rezervaciju<br>Domaćica prati klijenta do stola | Pozdrav konobara<br>Konobar nudi meni<br>Konobar puni čaše vodom | Konobar opisuje specijalitete<br>Konobar prima narudžbu | Večere se poslužuju | Konobar povremeno provjerava ima li problema | Konobar donosi račun<br>Konobar naplaćuje | Pomoćni konobar čisti stol |
| *Pozadinski kontakti* / Linija unutarnje interakcije | | | Kuhinjsko osoblje priprema hranu | | | | Suđe se pere |
| *Podrška* | Sustav rezervacija | | Naručivanje hrane | | | Blagajnik | Praonica rublja |

***Slika 4.4. Nacrt usluge jednog restorana***

**Oblikovanje usluge** proizlazi nakon jasno definiranog koncepta ili ideje. Usluga se oblikuje kroz tzv. ***„svežanj" roba i usluga*** (engl. *product bundle*), ili ***uslužni paket*** (engl. *service bundle*), jer se većina usluga pruža pomoću fizičkih proizvoda. Primjerice, usluga letenja iz Splita u Zagreb odvija se pomoću zrakoplova, usluga restorana pomoću niza fizičkih predmeta, kao što su stolovi, stolice, ubrusi, čaše, tanjuri, hrana itd. Uslužni paket ima tri skupine elemenata. To su: *fizički proizvodi*, *čulne (senzualne/tjelesne) koristi* i *psihološke koristi*. Fizički proizvodi su opipljivi aspekti usluge koja se prima, kao što je navedeno na primjeru restorana. Senzualne koristi su one koje se osjećaju, kao pogled, miris, zvukovi, a psihološke koristi se odnose na status, udobnost, osjećaj zadovoljstva. Oblikovanje usluge odnosi se na definiranje odnosa između ova tri elementa. Na koji od elemenata će se staviti naglasak ovisi o tome kome je usluga namijenjena. To znači da se prije njezinog oblikovanja trebaju istražiti potrebe i želje ciljane skupine kupaca i shodno tome oblikovati usluga. Primjerice, ako se donosi odluka kakav restoran otvoriti, prvo treba istražiti tržište i vidjeti jesu li ciljana skupina potrošači koji stavljaju naglasak na dobru hranu, pri čemu izgled i oprema restorana nisu toliko važni, ili su potencijalni potrošači oni koji više vole dobru atmosferu, svečano se obući, biti viđeni, ali i dobro pojesti. U prvom slučaju naglasak neće biti na fizičkim komponentama uslužnog paketa, već na čulnim koristima, a u drugom slučaju će biti jako važan i fizički aspekt uslužnog paketa.

Sljedeća faza u razvoju usluge je **oblikovanje procesa pružanja usluge**. Ključni čimbenik oblikovanja uslužnog procesa je ***broj kontakata s kupcima***. Međutim, ono što je mnogo važnije od broja kontakata je stupanj neizvjesnosti koji svaki kupac nosi sa sobom u uslužni sustav. Što je kupac više prisutan u sustavu pružanja usluga, to će neizvjesnost koju on nosi sa sobom u uslužni sustav biti veća. Postotak vremena koje kupac provede u sustavu pružanja usluge, u ukupnom vremenu trajanja usluge mjeri se ***stupnjem kontakta***. Sve usluge ne traže jednako visok stupanj kontakta s kupcima. Usluge, primjerice e-bankarstvo, automatsko pranje auto-

mobila ili organizacija zrakoplovnih letova, imaju mali ili nikakav kontakt s kupcima. Ovakav uslužni sustav se oblikuje slično *tvorničkoj proizvodnji* i njegova je efikasnost visoka (kupac ne može remetiti proces pružanja usluge). Usluge u kojima je stupanj kontakta jako velik, kao i prilagođavanje zahtjevima kupaca, jesu *personalizirane usluge*, primjerice frizerske, medicinske ili odvjetničke usluge. U ovakvim uslužnim sustavima kupac može remetiti proces jer može tražiti specifičan način pružanja usluge ili drugačiji postupak, može se predomišljati i mijenjati zahtjeve (unosi neizvjesnost), što umanjuje efikasnost uslužnog sustava.



Stupanj kontakta i prilagodbe zahtjevima kupaca s jedne strane te količina kapitala, odnosno rada s druge strane, predstavljaju dvije dimenzije temeljem kojih se usluge grupiraju u četiri skupine. To su: *uslužna tvornica*, *uslužna radionica*, *masovne usluge* i *personalizirane usluge* (slika 4.5).[123]

STUPANJ INTERAKCIJE I PRILAGODBE ZAHTJEVIMA KUPACA

| STUPANJ KORIŠTENJA RADA | Mali | Velik |
|---|---|---|
| Mali | **USLUŽNA TVORNICA**<br>➢ Organizacija zrakoplovnih letova<br>➢ Kamionski transport<br>➢ Hotelske usluge<br>➢ Usluge oporavka i rekreacije | **USLUŽNA RADIONICA**<br>➢ Bolnice<br>➢ Radionice za popravak automobila<br>➢ Ostali servisi za popravak |
| Veliki | **MASOVNE USLUGE**<br>➢ Trgovina na malo<br>➢ Trgovina na veliko<br>➢ Škole<br>➢ Aspekti „maloprodaje“ usluga komercijalnog bankarstva | **PROFESIONALNE USLUGE**<br>➢ Liječnici<br>➢ Odvjetnici<br>➢ Računovođe<br>➢ Arhitekti |

***Slika 4.5. Matrica usluga***

Matrica usluga pomaže menadžmentu uslužnih sustava pri donošenju odluka o kapitalu, tehnologiji, izbjegavanju preopterećenosti u uvjetima vršne potražnje, upravljanju radnicima. Usluge koje su više personalizirane sigurno će zahtijevati odgovarajuće vještine radnika, dok će automatizirane usluge biti orijentirane na što bolje korištenje instaliranih kapaciteta. Također, mada je navedeno da prisutnost kupca u procesu može remetiti proces, ipak, kontakti sami po sebi ne moraju narušiti efikasnost uslužnog sustava. To vrijedi u situacijama kada je usluga standardizirana i kada je interakcija na niskoj razini, kao što je slučaj u hotelima ili u zrakoplovima. U ovim uslužnim sustavima postoji veliki broj kontakata s kupcima, ali je vrsta kontakta ograničena, pa su uslužni sustavi visoko efikasni. Nasuprot ovim uslužnim sustavima postoje oni u kojima mali broj kontakata ne osigurava njegovu visoku efikasnost, posebno ako je dozvoljen visoki stupanj raznolikosti u uslugama. Može se zaključiti da je stupanj neizvjesnosti koji kupac nosi sa sobom u sustav značajniji za efikasnost uslužnog sustava nego sam broj kontakata.

[123] Schroeder, R. G. (1999). *op.cit.* str. 203.

## 4.7.3. Uspješno oblikovanje usluge i uslužnog procesa

Iz prethodno navedenog može se uočiti da su usluge i uslužni procesi u pravilu manje efikasni nego proizvodni procesi, što je velikim dijelom posljedica prisutnosti kupca i neizvjesnosti koju on nosi sa sobom u uslužni proces. Stoga se razmatraju različiti načini kako povećati efikasnost usluga i uslužnih procesa. Jedan od pristupa povećanja efikasnosti usluga ponudio je pet mogućih načina. To su: ograničavanje mogućnosti, odgoda prilagodbe, modularizacija, automatizacija i trenutak istine.[124]

**Ograničavanje mogućnosti**. Budući da kupci mogu sudjelovati u oblikovanju usluge, specifikacije usluga mogu imati različite oblike: od menija (u restoranu), preko popisa mogućnosti (za vjenčanje), do usmenog opisa (za frizuru). Međutim, davanjem popisa opcija (u slučaju vjenčanja) ili niza fotografija (u slučaju frizure), nejasnoće se mogu umanjiti. Rano rješavanje definicije proizvoda može pomoći da usluga bude efikasnija, kao i da se ispune očekivanja kupaca.

**Odgoda prilagodbe**. Ovim načinom uslugu bi trebalo oblikovati tako da se ona prilagodi kupcu što je kasnije moguće u procesu. Na taj način djeluju frizerski saloni - šampon i regenerator stavljaju se na standardni način, dok se stiliziranje odvija kasnije. To je način na koji djeluje i većina restorana kada pita svoje kupce: Kako biste željeli da se to pripremi? Koji preljev biste sa svojom salatom?

**Modularizacija**. Moduli su unaprijed pripremljeni dijelovi usluge ili sustava pružanja usluge. Da bi se povećala efikasnost usluge trebalo bi oblikovati standardne module. Promjenom takvih modula usluga bi se prilagođavala korisniku. Primjeri modularne fleksibilnosti mogu se vidjeti kod kupovine jela, odjeće ili osiguranja. Jednostavno se mješavinom modularnih entiteta oblikuje nova usluga.

**Automatizacija**. Ovaj način sugerira da se usluga podijeli na male dijelove te da se identificiraju oni dijelovi koji se mogu automatizirati. Primjerice, banke pružaju mogućnost plaćanja internet-bankarstvom ili podizanja gotovine preko bankomata, aviokompanije i brodski prijevoznici omogućavaju kupnju karata internetom. Ovim se načinom smanjuju redovi čekanja i troškovi, a povećava zadovoljstvo kupca.

**Trenutak istine**. Kako se svaki sustav pružanja usluga temelji na trenucima istine, to ih je potrebno identificirati i oblikovati uslugu tako da kupac ostvari ili premaši očekivanja. Trenutak istine može biti jednostavan, kao što je osmjeh koji se dobije od pružatelja usluge u kafiću, ili pažnja koju klijentu pruži službenik u banci, ili pak razgovor s profesorom nakon što student padne ispit.

Kako se iz prethodnoga vidi, načini kojima se može povećati efikasnost usluga vrijede jednako u uslugama kao i u proizvodnji.

[124] Prilagođeno prema: Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 181.

## 4.8. ZAKLJUČAK

Oblikovanje proizvoda ili usluga odnosi se na definiranje svih značajki ili karakteristika proizvoda ili usluge prema potrebama i željama kupaca, ali i mogućnostima vlastite proizvodnje. To je izuzetno složen i skup proces koji mora rezultirati proizvodom ili uslugom koje će kupci htjeti i koji će poduzeću donijeti određenu financijsku korist.

Oblikovanje proizvoda ili njegova inovacija vrlo često su nužni u većini djelatnosti. To je posao koji uključuje sve funkcije poduzeća, a u najvećoj mjeri istraživanje i razvoj, proizvodnju i marketing. Vrlo često se oblikovanje novog proizvoda odvija kroz šest faza: stvaranje (generiranje) ideja, izbor proizvoda, prethodno oblikovanje proizvoda, izrada prototipa, testiranje i konačno oblikovanje proizvoda.

Oblikovanje proizvodnje trebalo bi uskladiti s oblikovanjem novog proizvoda ako se želi pravovremeno doći na tržište. Cilj je utvrditi je li postojeća proizvodnja kompatibilna s novim proizvodom i što bi trebalo napraviti da se proizvod što brže i što lakše proizvede. Oblikovanje proizvodnje obuhvaća niz pristupa koji u tome mogu pomoći. To su: pojednostavljenje, standardizacija, modularnost, oblikovanje za proizvodnju, istodobni inženjering, istovjetnost komponenti, robusno oblikovanje, računalom podržano oblikovanje/računalom podržana proizvodnja, tehnologija virtualne stvarnosti, analiza vrijednosti, te procjena održivosti i životnog ciklusa.

Kroz povijest je razvijeno više metoda kojima se nastojalo optimalizirati procese i ishode funkcije oblikovanja proizvoda i usluga. Najpoznatije su analiza vrijednosti i razvoj funkcije kvalitete. Dok se analiza vrijednosti provodi tijekom procesa proizvodnje, kako bi smanjila troškove i povećala vrijednost proizvoda, razvoj funkcije kvalitete provodi se prije proizvodnje proizvoda tako da se na odgovarajući način zahtjevi kupaca prenose u nove proizvode ili usluge.

Posebno važna dimenzija razvoja novog proizvoda je jačanje svijesti o važnosti dobrih, sigurnih i održivih proizvoda, te zaštiti okoliša. Proizvođači se tako sve više uključuju u proizvodnje koje su održive, koje uključuju recikliranje ili ponovnu upotrebu dijelova/komponenti, ali i brigu o zbrinjavanju neupotrebljivih dijelova/komponenti.

Slično kako i kod proizvodnje proizvoda, i usluge imaju svoje, slične faze razvoja. Specifičnost usluge je što je nematerijalna i ne može se uskladištiti, te se njezino oblikovanje i isporuka događaju istodobno. Kod usluga je najvažnije definirati uslužni paket kao kombinaciju fizičkih elemenata, čulnih i psiholoških koristi, te proces pružanja usluge kojeg definira stupanj kontakta s kupcima.

Uspješnost uslužnih organizacija ovisi o tzv. trenucima istine, odnosno dojmovima koje kupac ima u ciklusu usluge prilikom svakog kontakta s uslužnim sustavom. Što su ti dojmovi u većem stupnju pozitivni, to će dojam o cijeloj usluzi biti bolji.

## 4.9. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Analiza vrijednosti*** (engl. *value analysis*) | Provodi se tijekom proizvodnje te nastoji eliminirati sve ono što uzrokuje troškove, a ne doprinosi vrijednosti proizvoda. |
| ***B*** | |
| ***Benchmarking*** | Proces mjerenja i uspoređivanja proizvoda, usluga ili operacija s najboljima, bilo unutar djelatnosti kojom se poduzeće bavi ili izvan nje. |
| ***E*** | |
| ***Ekološko oblikovanje*** (engl. *ecodesign*) | Oblikovanje za okoliš uzima u obzir cijeli životni ciklus proizvoda ili usluge, od nabave sirovina, proizvodnje, distribucije, održavanja, ponovne upotrebe i odlaganja. Također se uključuju pitanja, kao što su: oblikovanje proizvoda od recikliranog materijala, upotrebe komponenti nekog proizvoda nakon završetka njegova vijeka trajanja, smanjenje opasnih kemikalija, smanjenje nepotrebne ambalaže i slično. |
| ***F*** | |
| ***Funkcionalno oblikovanje proizvoda*** (engl. *functional design*) | Traži način kako će se poklopiti specifikacija izvedbe i prikladnosti za upotrebu od strane kupca. U obzir treba uzeti tri karakteristike performansi: pouzdanost, održivost (pogodnost za održavanje) i upotrebljivost. |
| ***I*** | |
| ***Inženjering vrijednosti*** (engl. *value engineering*) | Bavi se oblikovanjem novog proizvoda prije nego je on došao do proizvodnje, a cilj mu je pojednostavniti proizvod i proces. |
| ***Istodobni inženjering*** (engl. *concurrent engineering*) | Zajednički rad ljudi iz dizajna i proizvodnje radi istovremenog razvijanja proizvoda i njegova procesa proizvodnje. |
| ***Istovjetnost komponenti*** (engl. *component commonality*) | Pristup koji omogućava poduzećima koja proizvode više proizvoda (obitelj proizvoda) da u njima imaju visok stupanj sličnih komponenti. |
| ***Izbor proizvoda*** | Druga faza u razvoju proizvoda. Obuhvaća: analizu tržišta, financijsku analizu, analizu proizvodne kompatibilnosti. |
| ***Izrada prototipa*** | Izrađuje se model proizvoda koji bi trebao imati sve karakteristike konačnog proizvoda. |
| ***K*** | |
| ***Konačno oblikovanje proizvoda*** | Proizvod koji je prošao tehničke i tržišne provjere, te potencijalne izmjene specifikacija. |
| ***Kuća kvalitete*** (engl. *house of quality*) | Metoda kojom se glas kupca uključuje u proces razvoja proizvoda ili usluge. Cilj je da se doista razumije ono što kupci žele i da se upravo njihovi zahtjevi ugrade u nove proizvode. |
| ***M*** | |
| ***Modularno oblikovanje*** (engl. *modular design*) | Modularnost se odnosi na proizvode koji nastaju kombiniranjem različitih standardiziranih modula koji se mogu sastaviti na različite načine. |
| ***N*** | |
| ***Nacrt usluge*** | Alat kojim se može na jednostavan način predočiti sustav pružanja usluge. |

| | |
|---|---|
| ***O*** | |
| ***Oblikovanje oblika (forme) proizvoda*** (engl. *form design*) | Obuhvaća fizički izgled proizvoda, tj. njegov oblik, boju, veličinu i stil. |
| ***Oblikovanje proizvoda ili usluge*** | Proces koji definira karakteristike proizvoda ili usluge koje trebaju zadovoljiti potrebe kupaca. |
| ***Oblikovanje za proizvodnju*** (engl. *design for manufacture*) | Ili proizvodne mogućnosti, odnosi se na oblikovanje proizvoda tako da se može lako i ekonomično proizvesti. |
| ***Oblikovanje uslužnog procesa*** | Određeno je brojem (stupnjem) kontakata kupca i uslužnog sustava. Što je broj kontakata veći, to kupac može više remetiti proces pružanja usluge. I obratno. |
| ***Obrnuti inženjering*** (engl. *reverse engineering*) | Postupak demontiranja i provjere konkurentskog proizvoda radi utvrđivanja njegovih dizajnerskih značajki koje bi se mogle ugraditi u vlastiti proizvod. |
| ***P*** | |
| ***Pogodnost za održavanje (održivost)*** (engl. *maintainability*) | Sposobnost da se proizvod obnovi nakon kvara i da ponovo služi svrsi. |
| ***Pojednostavljenje*** *(engl. simplification*) | Pristup u oblikovanju proizvoda kojim se pokušava smanjiti broj dijelova ili opcija nekog proizvoda. |
| ***Pouzdanost*** (engl. *reliability*) | Vjerojatnost da će neki dio ili proizvod obavljati svoju predviđenu funkciju, u određenom vremenu, pri normalnim uvjetima uporabe. |
| ***Prethodno oblikovanje proizvoda*** | Treća faza u razvoju novog proizvoda. Odnosi se na razvoj prve verzije proizvoda, ali i procesa njegove proizvodnje. Njeno uspješno provođenje obuhvaća oblikovanje oblika i funkcionalnosti proizvoda, te procesa proizvodnje. |
| ***Prethodno oblikovanje proizvodnje*** (engl. *production design*) | Bavi se načinom na koji će proizvod biti izrađen. Obuhvaća niz pristupa: pojednostavljenje, standardizaciju, modularnost, oblikovanje za proizvodnju, istodobni inženjering, istovjetnost komponenti, robusno oblikovanje, računalom podržano oblikovanje/računalom podržanu proizvodnju, tehnologiju virtualne stvarnosti, analizu vrijednosti, te procjenu održivosti i životnog ciklusa. |
| ***Procjena održivosti i životnog ciklusa*** (engl. *sustainability and life cycle assessment*) | Održivost se bavi pitanjem zadovoljenja sadašnje potrebe korisnika bez da se ugrozi mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe, dok se životni ciklus proizvoda bavi procjenom njegova utjecaja na okoliš. |
| ***R*** | |
| ***Raspoloživost*** | Pokazatelj koji uzima u obzir pouzdanost i pogodnost za održavanje. Što je proizvod pouzdaniji i pogodniji za održavanje, to će imati veću razinu raspoloživosti. |
| ***Robusno oblikovanje*** (engl. *robust design*) | Pristup kojim se proizvod nastoji oblikovati tako da je što manje podložan varijacijama bilo u proizvodnji, bilo u potrošnji. |
| ***S*** | |
| ***Srednje vrijeme između kvarova, SVIK*** (engl. *mean time between failure, MTBF*) | Pokazatelj prosječnog vremena funkcioniranja proizvoda od jednog do drugog kvara. |
| ***Srednje vrijeme popravka, SVP*** (engl. *mean time to repair, MTTR*) | Pokazatelj pogodnosti za održavanje. |

| | |
|---|---|
| ***Stvaranje (generiranje) ideja*** | Prva faza u razvoju proizvoda. Ideje za novi proizvod mogu doći od kupaca, konkurenata, dobavljača, istraživanja i razvoja, radnika, nove tehnologije. |
| ***Standardizacija*** (engl. *standardization*) | Postupak kojim proizvođači smanjuju troškove proizvodnje proizvoda ili usluga sužavanjem vrsta materijala, dimenzija dijelova, podsklopova ili sklopova. |
| ***Stopa kvara*** | Distribucija kvarova tijekom vremena. Srednje vrijeme između kvarova recipročno je stopi kvara (SVIK = 1 / stopa kvara). |
| ***T*** | |
| ***Testiranje proizvoda*** | Odnosi se na provjere tehničkih i tržišnih performansi proizvoda. |
| ***Trenutak istine*** | Svaki kontakt u ciklusu usluge koji ostavlja određeni dojam na kupca. Dojam može biti dobar ili loš. |
| ***U*** | |
| ***Upotrebljivost*** (engl. *usability*) | Ono što proizvod ili uslugu čini jednostavnom za korištenje i što dobro odgovara ciljanom kupcu. |
| ***Uslužni paket ili „svežanj" roba i usluga*** | Čine ga: fizički proizvodi (opipljivi aspekti usluge koja se prima, kao stolovi, stolice, oprema, i sl.) čulne (senzualne/tjelesne) koristi (primjerice, pogled, miris, zvukovi) i psihološke koristi (primjerice, status, udobnost, osjećaj zadovoljstva). |
| ***Z*** | |
| ***Zeleni izvori*** | Proizvodi bi trebali imati manje materijala, biti od organskog materijala, bez kemikalija, materijala koji duže traju, a dobavljači bi trebali biti što bliže kako bi se smanjili staklenički plinovi u transportu tih materijala. |
| ***Zelena potrošnja*** | Proizvod u upotrebi trebao bi biti energetski učinkovit, imati duži vijek, lakše se popraviti, imati mogućnost reciklaže, rastavljanja, i ne bi smio štetiti. |
| ***Zelena proizvodnja*** | Proizvodnja koja brine za okoliš trebala bi koristiti manje energije za proces, imati manje otpada, biti bez štetnih nusproizvoda, imati manje zaliha, manje pakiranja, manje transporta. |

## 4.10. STUDIJ SLUČAJA: KAKO JE PROPAO AIRBUS A380, NAJVEĆI PUTNIČKI ZRAKOPLOV[125]

Povijesni trenutak u projektiranju zrakoplova zbio se 1990. godine kada je Airbus započeo projektirati novi A380. Boeing je tražio od potencijalnih kupaca da oforme timove te da temeljem iskustava s eksploatacijom i održavanjem i sami sugeriraju kakav zrakoplov žele. Glavni mehaničar, Jack Hessburg, usredotočio se na izradu zrakoplova kao tehničkog sustava „prijateljskog mehaničarima." Izjavio je da je „777" prvi zrakoplov izgrađen za liniju mehaničara, jer su oni ti koji potpisuju dnevnik i moraju raditi u strahovito vremenski upravljanom okruženju." To je, ujedno, bio prvi zrakoplov koji je projektiran na kompjutoru, bez i jednoga crteža na papiru, što je trebalo bitno olakšati manipuliranje podacima, crtežima i shemama u procesu održavanja.

Analizom ukupne cijene tijekom cjeloživotnog vijeka zrakoplova, pokazalo se da će operativni i troškovi održavanja premašiti trošak nabave, pa je Boeing rješenjima u dizajnu htio smanjiti troškove održavanja. To je učinjeno povećanjem pouzdanosti i dobro promišljenim redundancijama (u konačnici manje kvarova za rješavanje) te povećanom pogodnošću održavanja (kraće vrijeme održavanja).

Održavanje je u projektiranju zrakoplova imalo niz zahtjeva vezanih za lakoću kontroliranja, mijenjanja ili popravljanja sklopova, te za opremu za otkrivanje i označavanje kvarova, kao i lagan pristup opremi i sklopovima. Usprkos tomu, održavanje je uočilo niz problema od kojih su neki bili čak i bizarni - priključak za punjenje kerozina nalazio se na krilima tako visoko da će sve zračne luke trebati posebnu opremu; neki sklopovi su imali nepotrebne maske i broj vijaka, što produžava vrijeme održavanja; 13 kilograma težak sklop smješten je u kokpit iznad glava pilota, a mogao se smjestiti ispod kokpita itd. Pokazalo se da su projektanti radili po svome, ne razumijevajući kako se odvija održavanje i opskrba zrakoplova, posebno kako se to radi u hangaru, a kako na gatu u vremenskom tjesnacu i pod ponekad nevjerojatnim meteorološkim prilikama.

Problemi koji su se pojavili u održavanju i opskrbi A380 stvorili su probleme i zrakoplovnim kompanijama i zračnim lukama. Te divove moglo je primiti samo pet, šest zračnih luka. Mada su se polako počeli graditi veliki gatovi, malo tko i danas ima mjesta za više mega gatova. To stvara nove probleme. Poznat je slučaj iz New Yorka kada je u zračnu luku JFK jedan norveški A380 kasnio 5 sati, jer su dva velika gata bila okupirana s druga dva A380. Ako je pola od 500 putnika toga zrakoplova kasnilo na transfer, možete li zamisliti koliko je koštalo njihovo zbrinjavanje po hotelima, prijevoz, hrana, piće, manipulacija prtljagom i sl.

Nadalje, zbog težine A380, koji je za 180 tona teži od sljedećeg najtežeg zrakoplova (B 747-400), pojavio se problem habanja pista i ostalih operativnih površina. Pored toga, za A380 potrebna je pista duljine 3 km. To znači da se za prinudno spuštanje, u slučaju potrebe, najčešće ne može računati na najbliži aerodrom. U tankove A380 može se utočiti 310 tona goriva, što malo zračnih luka može osigurati. Za usporedbu, jedna prosječna auto cisterna ima zapreminu od 10.000 litara, velike i dvostruko, trostruko veću. Kako pretakanje goriva i izmjena cisterni

[125] Brandt, K. (2019). *Kako je propao Airbus A380, najveći putnički zrakoplov*. Održavanje i eksploatacija. 4/19. Zagreb: HDO. str. 14-16.

uzima jako puno vremena, to je početna ideja konstrukcije A380, da se kraće zadržava u zračnoj luci i preveze veći broj putnika, praktički postala upitna.

U slučaju potrebe za intervencijom na zrakoplovu na gatu, vrijeme održavanja proporcionalno se produljuje veličini zrakoplova i broju tehničkih sustava i motora. Airbusov A 380 ima četiri motora, za razliku od Boeinga 777, koji ih ima dva. Uz ovaj, pojavljuju se kao problemi iskrcaj i ukrcaj. S dva zračna mosta iskrcavanje iz A380 traje pola sata, a ukrcavanje najmanje 45 minuta. Postoje luke i s tri ukrcajna mosta - dva za donju, jedan za gornju palubu. Ovdje je potrebno pažljivo i precizno usmjeravati putnike. S brojem putnika eksponencijalno se povećavaju problemi i incidenti (problemi s pregledom prtljage, lijekova, nedozvoljenih predmeta u ručnoj prtljazi itd.). Podrazumijeva se i to da u zračnoj luci moraju postojati dvorane i izlazi koji mogu primiti 500 ili 800 ljudi. Ako ne, stvaraju se uska grla u cijelom terminalu. Pored svega, pri slijetanju i polijetanju A380 mora biti odvojen od drugih zrakoplova, jer stvara vrlo snažne vrtložne struje. Svi ti problemi poskupljuju i eksploataciju zrakoplova i naknade zračnim lukama.

Pitanje opskrbe namirnicama i pićem dodatni je problem. Primjerice, na letu od Londona do Sydneya putnicima treba poslužiti barem tri obroka (800 putnika x 3 = 2.400 obroka) i barem 2 litre tekućine po čovjeku, što je organizacijski problem i za najveće aerodrome. Pokazalo se, također, da nije lako popuniti zrakoplove u kojima ima 500, 600 ili 800 sjedala. To otežava i cijena leta, koja je zbog već spomenutih problema (veći troškovi) viša od cijene konkurentskih zrakoplova. Trošak po satu leta A380 je oko 25.000 $, ili 50 $ po sjedalu po satu, dok je kod zrakoplova Boeing 777-8 44 $, a verzija 77-9 letjet će za 40 $ po sjedalu po satu.

U Airbusu je netko ustvrdio kako je A380 lansiran dva, tri desetljeća prerano, jer su i teretni i putnički promet u stalnome usponu, pa će u budućnosti i te kako nedostajati vrlo velikih ili mega zrakoplova. Moguće, no takvo je razmišljanje problematično jer se, kao i kod automobila, ubrzano razvijaju potpuno nove koncepcije zrakoplova s hibridnim i električnim motorima. A s novim koncepcijama motora promijenit će se i koncepcije i konstrukcije zrakoplova.

PITANJA:

1. Što je u procesu oblikovanja novog A380 bilo pozitivno, a što negativno?
2. Je li postojala dobra suradnja između dizajnera i ostalih dionika vezanih za ovaj zrakoplov (zračnih luka, mehaničara, putnika, ostalih dionika)?
3. Koje su glavne greške u oblikovanju novog A380?
4. Koje pristupe biste Vi koristili u oblikovanju ovog zrakoplova i njegove proizvodnje?

## 4.11. RIJEŠENI ZADACI

**Zadatak 1. Pouzdanost**[126]

Marko Jurić, nadzornik proizvodnje tvrtke MA-JU, posvećen je uvođenju inovacija. Jedna od njih je nastojanje da se u vlastitom pogonu izrađuju komponente proizvoda radi veće razine njihove kvalitete, ali i osjećaja ponosa radnika. Jedan sklop, koji se do sada nabavljao od lokalnog dobavljača, trebao je pouzdanost od 0,95. Sada, u vlastitoj izradi, on se sastavlja od tri komponente, od kojih svaka ima pouzdanost od 0,96.

a) Žalbe kupaca su porasle u zadnja tri mjeseca od kada je MA-JU počeo sam raditi montažu. Možete li objasniti zašto?
b) Koja je razina pouzdanosti potrebna da bi se uspostavila ranija razina kvalitete proizvoda?
c) Marko ne može povećati pouzdanost pojedinih komponenti, ali može dodati sigurnosnu kopiju s pouzdanošću od 0,90 za svaku komponentu. Ako sigurnosne kopije imaju pouzdanost od 0,90, koliko će ih trebati za postizanje pouzdanosti sklopa od 0,95?

RJEŠENJE:

a) Pouzdanost ovog sklopa je svega 0,885, pa su žalbe osnovane.

$$0{,}96 * 0{,}96 * 0{,}96 = 0{,}885$$

b) Svaka komponenta bi trebala imati pouzdanost od 0,983 da bi pouzdanost sklopa bila 0,95.

$$\sqrt[3]{0{,}95} = 0{,}983$$

c) Dodavanjem sigurnosne kopije, komponente djeluju kao paralelne komponente. Tada im je pouzdanost 0,996:

$$0{,}96 + (1 - 0{,}96)(0{,}90) = 0{,}996$$

Kada bi sklop imao samo jednu sigurnosnu kopiju, pouzdanost bi iznosila 0,918:

$$0{,}96 * 0{,}996 * 0{,}96 = 0{,}918.$$

Kada bi sklop imao dvije sigurnosne kopije, pouzdanost bi iznosila 0,952:

$$0{,}996 * 0{,}996 * 0{,}96 = 0{,}952.$$

Kada bi sklop imao tri sigurnosne kopije, pouzdanost bi iznosila 0,988:

$$0{,}996 * 0{,}996 * 0{,}996 = 0{,}988.$$

Za pouzdanost sustava od 0,95 treba odabrati dvije sigurnosne kopije.

[126] Prilagođeno prema: Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 182.

**Zadatak 2. Raspoloživost**[127]

Maja pokušava izabrati davatelja internetskih usluga. Njezini prijatelji se žale na prekide u usluzi i na vrijeme potrebno za njezino ponovno pokretanje. Maja je savjesna studentica i želi pouzdan pristup internetu. Za tri pružatelja internetskih usluga prikupila je podatke o srednjem vremenu između kvarova (*SVIK*) i srednjem vremenu za popravak (*SVP*). S obzirom da su trošak i brzina usporedivi, kojeg pružatelja biste preporučili Maji?

| Pružatelj | SVIK | SVP |
|---|---|---|
| M-Tel | 20 | 1 |
| BrziX | 40 | 4 |
| Kabel | 80 | 6 |

RJEŠENJE:

| Pružatelj | SVIK | SVP | Raspoloživost sustava |
|---|---|---|---|
| M-Tel | 20 | 1 | 20 / (20 + 1) = 0,952 |
| BrziX | 40 | 4 | 40 / (40 + 4) = 0,909 |
| Kabel | 80 | 6 | 80 / (80 + 6) = 0,930 |

UOČENO: Maja bi trebala izabrati M-Tel.

## 4.12. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Koji čimbenici utječu na to da poduzeća često oblikuju nove proizvode ili usluge? Objasnite odgovor.
2. Na koji je način strategija proizvoda povezana s odlukama o proizvodima?
3. Koje su najčešće faze oblikovanja proizvoda?
4. Što je obrnuti inženjering? Smatrate li da je taj postupak neetičan?
5. Što su pouzdanost, pogodnost za održavanje i upotrebljivost?
6. Što je istodobni inženjering i zašto je važan?
7. Kako standardizacija i pojednostavljenje mogu poboljšati oblikovanje proizvoda?
8. Što je modularni dizajn i po čemu se razlikuje od standardizacije?
9. Što se podrazumijeva pod pojmom oblikovanje za proizvodnju?
10. Što je robusni dizajn? Navedite primjer robusnog proizvoda ili usluge.
11. Koja je svrha analize vrijednosti?
12. Što su i kako su povezani *RPO* i *RPP*?
13. Što je razvoj funkcije kvalitete i kako ona može biti korisna?
14. Na čemu se temelji oblikovanje za okoliš?
15. Što bi bio dobar primjer neetičnog ponašanja koje uključuje oblikovanje proizvoda ili usluge?
16. Odaberite elektronički uređaj koji poznajete. Koja je njegova standardna značajka jednom bila "vau" značajka? Koja bi "vau" značajka, koju taj uređaj sada ima, uskoro mogla biti standardna značajka na novim verzijama?

[127] Prilagođeno prema: Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 182.

17. Odgovorite na pitanje pod 16. za uslugu koja Vam je poznata.
18. Koje su temeljne razlike između proizvoda i usluga?
19. Što je ciklus usluge, a što trenutak istine?
20. Kako broj kontakata utječe na oblikovanje uslužnog procesa?
21. Što se podrazumijeva pod pojmom paket usluga?
22. Kako biste opisali uslužni paket usluge po Vašem izboru?
23. Koju uslugu poznajete kod koje se dobro podudaraju očekivanja kupaca i pružanje usluge, a koju gdje ta podudarnost nije dobra?



## 4.13. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** U sljedećem primjeru prikazani su tehnički zahtjevi i zahtjevi kupca za izlazima laserskog pisača:

| ZAHTJEVI KUPCA | TEHNIČKI ZAHTJEVI | | |
|---|---|---|---|
| | **Vrsta papira** | **Unutarnje ulaganje papira** | **Ispis** |
| Papir se ne gužva | | | |
| Ispis je jasan | | | |
| Jednostavan za korištenje | | | |

a) Koji tehnički zahtjev se odnosi na pojedini zahtjev kupca?
b) Koji tehnički zahtjev ima najveći, a koji najmanji utjecaj na određeni zahtjev kupca?

**Zadatak 2.** Pripremite tablicu sličnu onoj u Zadatku 3 za krafne koje se prodaju u pekari. Navedite, prema Vašem mišljenju, tri najvažnija zahtjeva kupaca (bez cijene) i tri najvažnija tehnička zahtjeva (ne uključujte sanitarne uvjete). Zatim odgovarajućim oznakama označite koji su zahtjevi kupca povezani s kojim tehničkim zahtjevima.

**Zadatak 3.** Izaberite jednu od niže navedenih skupina proizvoda i za nju napravite usporedbu proizvoda s obzirom na sljedeće: značajke tog proizvoda, troškove, praktičnost, jednostavnost upotrebe i vrijednost:

a) GPS u odnosu na karte
b) Mobitel u odnosu na fiksni telefon
c) Internetska kupovina u odnosu na kupovinu u trgovini
d) Standardni benzinski automobili u odnosu na hibridne
e) Satelitska televizija u odnosu na kablovsku

**Zadatak 4.** Prikažite pomoću nacrta usluge jednu od niže navedenih bankarskih transakcija:

a) Uplata štednog uloga pomoću bankara
b) Prijava za studenski kredit.

# LITERATURA

1. Brandt, K. (2019). *Kako je propao Airbus A380, najveći putnički zrakoplov.* Održavanje i eksploatacija*.* 4/19. Zagreb: HDO
2. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations management: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson
3. Interna dokumentacija poduzeća Borovo d.d.
4. Interna dokumentacija poduzeća Brodosplit
5. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. Zagreb: Mate
6. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management*. 7th edition. Wiley & Sons
7. Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. 4. izdanje. Zagreb: Mate
8. Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson
9. Skoko, H. (2000). *Upravljanje kvalitetom*. Zagreb: Sinergija
10. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education
11. Zakon o zaštiti na radu. Narodne novine. br. 96/18
12. Zakon o održivom gospodarenju otpadom. Narodne novine. br. 98/19

## Internet izvori

1. Izvješće Komisije Europskom parlamentu i vijeću od 29.05.2015. https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/HR/1-2015-229-HR-F1-1.PDF
2. www.orto-lovran.hr
3. www.recikliranje.hr
4. https://www.vidi.hr/Pop-Tech/Nove-tehnologije-i-inovacije-za-ljepotu
5. https://hr.wikipedia.org/wiki/Dizajn

# 5. IZBOR PROCESA

## *Ciljevi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *navesti tipove proizvodnog i uslužnog procesa*
- *objasniti prednosti i nedostatke svakog tipa procesa*
- *objasniti sličnosti i razlike između pojedinih tipova procesa*
- *objasniti okolnosti izbora pojedinog tipa procesa*
- *elaborirati specifičnosti kreiranja i izbora uslužnog tipa procesa*
- *objasniti tipove automatizacije proizvodnih i uslužnih procesa.*



## 5.1. UVOD

U prethodnim se poglavljima raspravljalo o doprinosu operacijskog menadžmenta uspješnosti poslovanja te kako se kroz oblikovanje proizvoda i procesa održava poslovna sposobnost poslovnog sustava. U ovom će se poglavlju razmatrati načela, pristupi i modeli važni za ustroj operacijskih procesa.

Izbor operacijskog, odnosno proizvodnog ili uslužnog procesa strateško je pitanje svakog poduzeća. Svaki tip procesa ima različit kapacitet, tehnologiju, prostorni raspored opreme/postrojenja i ključan je za transformaciju inputa u outpute. Stoga donošenje odluke o izboru procesa ima stratešku, tj. dugoročnu, ali i operativnu, tj. kratkoročnu reperkusiju na uspješnost poslovnog subjekta. Ova odluka utječe na fleksibilnost isporuke, troškove proizvodnje, brzinu prilagođavanja zahtjevima tržišta i drugo.

Prije izbora proizvodnog ili uslužnog procesa operacijski menadžment treba znati sljedeće:

- *Koje proizvode, koji stupanj standardizacije i u kojim količinama se želi proizvoditi?* Nakon definiranja proizvoda koji se žele proizvoditi, treba definirati stupanj standardizacije tih proizvoda. Naime, proizvodnja standardiziranih proizvoda omogućuje proizvodnju većih količina istog proizvoda i u pravilu je riječ o proizvodnji za skladište, dok manji stupanj standardizacije zahtijeva tip procesa u kojem će biti moguće izvršiti prilagodbu proizvoda kupcima i proizvodi se u manjim serijama.
- *Mogu li različiti proizvodi/serije koristiti iste resurse?* U odgovoru na ovo pitanje prvenstveno treba odrediti hoće li se koristiti specijalizirana oprema ili oprema opće namjene.
- *Koje faze izvoditi u vlastitom pogonu, a koje prepustiti tržištu?* Odgovor na ovo pitanje mora dati informaciju izrađuje li se proizvod u cijelosti unutar vlastitog poduzeća ili se dijelovi/komponente/sklopovi nabavljaju na tržištu ili rade u suradnji s kooperantima.
- *Kako prilagođavati sustav tehnološkom razvoju?* Brzina i pravci razvoja tehnologije u nekoj djelatnosti često imaju ključnu ulogu u izboru procesa jer se izborom proizvodne opreme dugoročno definira tok procesa i njegova efikasnost, ali i sposobnost prilagodbe, ili nadogradnje postrojenja. Brze promjene tehnologije treba unaprijed percipirati kako se ne bi dogodilo da poduzeće postane nekonkurentno zbog zastarjele tehnologije koju još nije amortiziralo.

Pogrešan izbor tipa proizvodnog procesa može ugroziti misiju poduzeća, ali i poslovne planove poduzeća, dok promjena postojećeg procesa zna biti dugotrajna i skupa. Odluka o izboru proce-

sa donosi se pri uvođenju novoga proizvoda ili usluge, ali i prilikom uvođenja nove tehnologije ili drugih promjena na tržištu. O tipu procesa ovisi nabava opreme, raspored opreme, planiranje kapaciteta, odnos prema dobavljačima i slično. Zbog svega navedenog, važno je razumjeti karakteristike svakog tipa procesa. Upravo će o njima biti riječi u nastavku ovog poglavlja.

## 5.2. TIPOVI PROCESA

Procesi se klasificiraju prema različitim kriterijima. Schroeder[128] dijeli procese prema dva kriterija: a) toku proizvoda (slijed operacija) i b) vrsti narudžbe. Pri tome, Schroeder napominje važnost volumena proizvodnje i varijabilnosti proizvoda, ali to ne uzima kao ključne kriterije pri klasificiranju procesa.

S obzirom na **tok proizvoda**, Schroeder razlikuje linijski, prekidani (serijski) i projektni proces, s tim da kod projekata nema toka proizvoda već odgovarajući slijed operacija. Ova je podjela podjednako primjenjiva na proizvodna i uslužna poduzeća, naravno, uz respektiranje posebnosti uslužnog procesa.[129] Dok u proizvodnom poduzeću postoji tok materijala, odnosno proizvoda, u uslužnom poduzeću postoji slijed operacija koje može pratiti tok klijenata (korisnika) ili tok informacija.

Prema **vrsti narudžbe** procesi se mogu oblikovati u ovisnosti o tome proizvodi li se za poznatog ili nepoznatog kupca (skladište). Drugim riječima, radi se o eksternim i internim narudžbama. Proizvodnja prema eksternim narudžbama podrazumijeva proizvodnju prema specifikaciji vanjskog kupca. Proces započinje onda kada stigne narudžba kupca. U slučaju da kupac ima specifične (netipične) zahtjeve na proizvodu, proizvođač će dati cijenu proizvoda po traženoj specifikaciji i rok isporuke. Ako kupac prihvati cijenu i rok isporuke, počinje proizvodnja. Osnovna preokupacija proizvođača koji rade na ovom principu je poštivanje obećanog roka isporuke. Proizvodi koji se rade po narudžbi, razumije se, nikako ne mogu biti standardizirani. Međutim, standardizacija je donekle izvediva ako se komponente naprave unaprijed pa se sklapaju po želji naručitelja. To je standardizacija na razini komponenti, ali gotov proizvod je prilagođen individualnim željama. S druge strane, poduzeće koje proizvodi prema internim narudžbama mora imati standardiziranu proizvodnu liniju. Proizvode se proizvodi koji će zadovoljiti buduću potražnju koja se procjenjuje prema nekoj od metoda prognoziranja. Cilj ovih poduzeća je opskrbiti što više kupaca sa skladišta. Da bi se to ostvarilo, poduzeće mora akumulirati zalihe prije stvarne potražnje. Kupac će kupiti proizvod ukoliko je dostupan na skladištu te ako je cijena prihvatljiva. Proizvodni ciklus ne počinje kupcem, nego proizvođačem te se proizvodi prema specifikacijama proizvođača. Najveći izazovi ovakve proizvodnje su upravljanje zalihama, prognoziranje potražnje i planiranje kapaciteta.

Stevenson upravo naglašava a) **raznolikost (varijabilnost) proizvoda** i b) **volumen (opseg) proizvodnje,** kao **dva temeljna kriterija klasifikacije procesa**.[130] Raznolikost i volumen proizvodnje obično su obrnuto proporcionalni, što znači da velika raznolikost proizvoda ide uz mali volumen proizvodnje i obrnuto, malu raznolikost proizvoda prati veliki volumen proizvodnje. Kombinirajući ova dva kriterija na logičan način, dolazi se do pet tipova procesa, kako slijedi:

a) radionički tip procesa (engl. *job shop process*)

---

128 Schroeder, R. G. (1993). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb: Mate. str. 168-175.

129 Detaljnije je o razlikama između proizvodnih i uslužnih procesa bilo riječi u prvom i četvrtom poglavlju.

130 Stevenson, J. W. (2014). *Operations Management*. 12th global edition. McGraw Hill. str. 238.

b) proizvodnja u serijama (engl. *batch process*)
c) ponavljajući tip procesa (engl. *repetitive process*)
d) kontinuirani tip procesa (engl. *continous process*)
e) projektni tip procesa (engl. *project process*)

Za razliku od Schroedera i Stevensona, Heizer i drugi[131] smatraju da se svaki proizvod ili usluga proizvode, odnosno pružaju variranjem jedne od sljedećih **strategija procesa**:

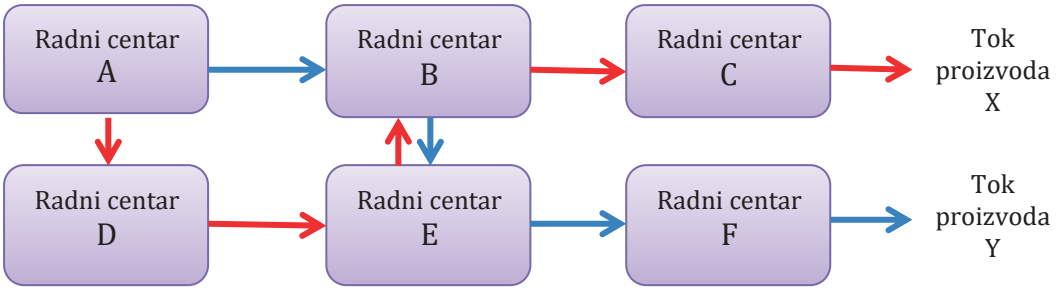
1. Strategija orijentirana na proces (engl. *process focus strategy*). Ovdje je riječ o proizvodnji malih količina, ali u velikim varijacijama, što odgovara radioničkom tipu proizvodnje.
2. Strategija orijentirana na ponavljanje (engl. *repetitive focus strategy*). Kod ove strategije radi se o sklapanju unaprijed pripremljenih dijelova, komponenti, sklopova na montažnoj liniji.
3. Strategija orijentirana na proizvod (engl. *product focus strategy*). Proizvodi se velika količina proizvoda u malim varijacijama, što odgovara kontinuiranoj proizvodnji.
4. Strategija orijentirana na masovno prilagođavanje (engl. *mass customization strategy*). To je proizvodnja individualiziranih proizvoda i usluga, ali po niskoj cijeni.

Pored ovih klasifikacija procesa, procesi se mogu promatrati i prema sličnosti funkcije koja se u njima obavlja. Tako se razlikuju sljedeći proizvodni procesi: lijevanje, označavanje i bojanje, kalupljenje, oblikovanje, obrada, pridruživanje, proizvodnja aditiva i ostalo.

Usprkos različitim nazivima i/ili kriterijima kod definiranja tipa procesa uočava se da odluka o izboru procesa ovisi prvenstveno o varijabilnosti ili raznolikosti proizvoda i obujmu ili volumenu proizvodnje tih proizvoda. Stoga će se u nastavku detaljnije opisati tipični procesi s obzirom na tok materijala (linijski i prekidani), odnosno slijed operacija (projektni), a unutar njih varijacije tih procesa s obzirom na navedena dva kriterija (raznolikost i obujam).

## 5.2.1. Radionički tip procesa

**Radionički tip procesa** je proizvodnja u manjim serijama u prekidanim intervalima proizvoda velike raznolikosti. Radnici i oprema organizirani su u radionicama (radnim centrima, radnim stanicama, radnim ćelijama i sl.) prema sličnosti stručne spreme i opreme. U ovakvom tipu proizvodnje proizvod prolazi samo kroz one centre koji su potrebni za obradu, a ostale preskače.[132] Iz tog razloga za radionički tip procesa se kaže da ima izmiješani tok (slika 5.1).[133]




***Slika 5.1. Tok radioničkog procesa***

131 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operation management*. 12th edition. Pearson. str. 282.
132 Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 170.
133 Izradila autorica

Dobar primjer ovakvog tipa proizvodnje je poduzeće iz metalne industrije koje ima radne centre za glodanje, bušenje, varenje i slično. Proizvod ili manji broj proizvoda ne prolaze kroz sve radne centre, već samo kroz one koji su nužni za njihovu proizvodnju. Stoga različiti proizvodi prolaze kroz različite radne centre po različitom redoslijedu. Dakle, mogu se preskakati radni centri, ali ne mogu operacije koje treba napraviti.

U prekidanom toku koriste se strojevi opće namjene i visokokvalificirana radna snaga. Proizvodi se proizvode u manjim količinama, ali su zato varijacije velike. Prekidane procese karakterizira visoka razina prilagodbe zahtjevima tržišta zato što je promjena u vrsti proizvoda značajno jednostavnija. Primjerice, jedna vrsta opreme može poslužiti za izradu traktora, automobila ili kamiona. Strojevima rukuju kvalificirani radnici sa širokim rasponom vještina. Luksuzni se automobili ne proizvode masovno, u velikim serijama, već se rade pojedinačno, po željama kupca. Međutim, visoka prilagodljivost plaća se niskom učinkovitošću. U slučaju da se proizvodnja odvija potpunim korištenjem kapaciteta, doći će do stvaranja zaliha te produljenja vremena protoka serija. Produljenje vremena nastaje uslijed preklapanja poslova kad različiti poslovi trebaju istu opremu i iste ljude.[134] Kod ovih procesa česti su prekidi zbog prilagodbe opreme. Proizvodnja s prekidanim tokom prikladna je za proizvodnju malih količina nestandardiziranih proizvoda. Radionički tip proizvodnje se u nekim slučajevima primjenjuje za proizvodnju po narudžbi.[135]

Paralela s ovim tipom proizvodnje može se povući i u sektoru usluga. Bolnice su, tako, organizirane u različite odjele: hitna pomoć, operacijski blok, interni odjel, pedijatrija, ginekologija, laboratoriji i tako redom. Premda je bolnica opremljena za liječenje mnogih vrsta bolesti, pacijenti posjećuju one odjele koji tretiraju njihove specifične tegobe.

Česta je još jedna varijanta radioničkog tipa procesa, a to je **proizvodnja u serijama*.*** Riječ je o manjim serijama proizvoda. Ovaj tip procesa ima karakteristike slične radioničkom procesu samo one nisu toliko izražene. Proces je također isprekidan, međutim oprema je manje fleksibilna i ne može podržati prevelike varijacije u proizvodnji. Tipičan primjer ovakvog procesa je pekarnica koja peče više vrsta peciva u manjim serijama (slika 5.2).[136] Organizacija rada u radnim centrima i tok procesa je sličan kao u radioničkom procesu. Međutim, za razliku od radioničkog procesa, proizvodnja proizvoda u serijama uvijek je namijenjena nepoznatim kupcima.

***Slika 5.2. Proces proizvodnje u serijama***

134 Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 171.

135 Ibidem

136 https://agronoticias.com.mx/2018/02/16/el-legado-comercial-mas-antiguo-y-sabroso-de-mexico/, pristup: 30.12.2019.

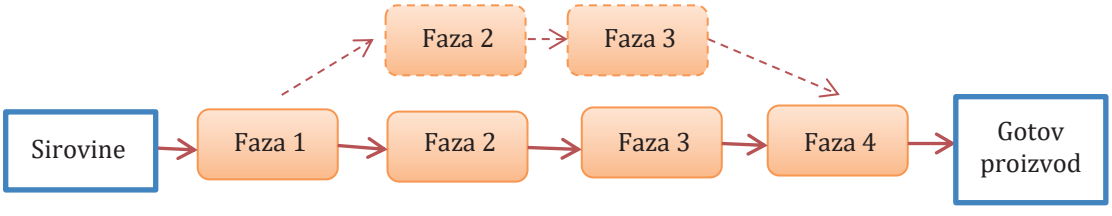
## 5.2.2. Ponavljajući tip procesa

Kod ponavljajućeg procesa proizvodi (usluge, klijenti i/ili informacije) kreću se linearnim slijedom od jedne radne stanice (radnog mjesta, odjela) do druge sve do kraja proizvodnog ili uslužnog procesa. Ovi procesi nazivaju se još i linijski procesi, odnosno procesi linijskog toka. Proizvodnja se odvija na **proizvodnoj ili montažnoj liniji**. Pionir ovakve proizvodnje je Henry Ford vlasnik tvornice automobila „Ford". Tipični primjeri ponavljajućeg procesa su proizvodnje međusobno srodnih proizvoda, kao, primjerice: automobili, televizori, kućanski aparati, računala i slično. Kod usluga, primjer ponavljajućeg procesa je restoran sa samoposluživanjem ili automatska praonica automobila. Kako se može zaključiti, ovdje je riječ o proizvodnji veće količine standardiziranih proizvoda ili usluga.

U ponavljajućem tipu procesa proizvodi se kreću točno utvrđenim redoslijedom. Radovi na radnim stanicama međusobno su usko povezani. To znači da se radovi, primjerice na radnoj stanici broj dva, ne mogu izvršiti prije nego se izvrše radovi na radnoj stanici broj jedan. Radne stanice u liniji su poredane prema toku materijala, odnosno slijedu operacija koje treba izvršiti.

Ponavljajuća proizvodnja se sastoji od niza zasebnih, ali međusobno ovisnih poslova (zadataka, faza) sa specifičnim i fiksnim slijedom. Proizvod u ponavljajućem toku mora proći sve faze (slika 5.3).[137] Kod proizvodnje na proizvodnoj liniji poseban izazov je balansiranje linije. Balansiranje se provodi da bi se izbjegli zastoji te ujednačilo vrijeme rada ljudi i strojeva. Stoga je pri balansiranju linije potrebno sve faze procesa urediti na način da svaka traje približno jednako i time osigurati neometano kretanje proizvoda duž linije.

Ukoliko je jedna faza u procesu izrazito složena i traje bitno dulje od ostalih, a ne može se pojednostavniti, onda se uvodi paralelna (sporedna) linija koja će rasteretiti glavnu liniju.




***Slika 5.3. Ponavljajući tip procesa u proizvodnji***

Primjer linijskog toka procesa u restoranu sa samoposluživanjem može se vidjeti na slici 5.4.[138]

***Slika 5.4. Ponavljajući tip procesa restorana sa samoposluživanjem***

[137] Izradila autorica
[138] Izradila autorica

## 5.2.3. Kontinuirani tip procesa

Kontinuirana proizvodnja odnosi se na tok proizvodnje koji se odvija bez prekida. Riječ je o takvom toku u kojem se materijali ili sirovine podvrgavaju određenim postupcima obrade (kemijskim, mehaničkim, toplotnim i sl.), bez zaustavljanja tog procesa. Štoviše, zaustavljanje takvog procesa dovelo bi do velike štete, jer se proizvodnja ne bi mogla nastaviti. Riječ je o **procesnoj proizvodnji**. Primjeri ovakve proizvodnje su petrokemijska industrija, rafinerije nafte, prehrambena industrija (šećer, brašno, mlijeko sl.), ili kod usluga, Internet. Riječ je dakle o proizvodnji vrlo velikih količina visoko standardiziranog proizvoda. Ovaj tip procesa spada u procese linijskog toka.

Proces linijskog toka je i **velikoserijska masovna proizvodnja**. Ovdje je riječ o proizvodnji velikih količina standardiziranih proizvoda kao što su proizvodi koji se spajaju (kućanski aparati, automobili i slično). Za razliku od procesne proizvodnje, prekid u ovom toku proizvodnje neće narušiti kvalitetu proizvoda (njegovu funkciju).

Oba oblika linijskog tipa proizvodnje: kontinuirana i velikoserijska masovna proizvodnja omogućuju poduzećima potpuno iskorištenje kapaciteta uz minimalan granični trošak proizvodnje, a to rezultira konkurentnom prodajnom cijenom. Međutim, suvremeni kupci postaju sve zahtjevniji te se ne zadovoljavaju samo niskom cijenom već traže individualizirane proizvode i usluge. Uzmimo za primjer automobile. Pored nekoliko vrsta motora i razina opreme, kupci imaju na izbor široku paletu boja karoserije, interijera, unutarnjih i vanjskih dodataka koji u raznim kombinacijama tvore na desetke varijacija. Proizvođač sportske obuće Nike je 1999. godine lansirao Internet stranicu Nike ID na kojoj kupci sami dizajniraju svoju tenisicu. Pred operacijskim menadžerima stoji izazov proizvodnje velikih količina proizvoda koji se prilagođavaju pojedinačnim željama, bez povećanja cijene i narušavanja kvalitete. To se postiže ***masovnom prilagodbom***. Masovnom prilagodbom proizvode se raznoliki proizvodi kao u radioničkom procesu, ali po cijenama ponavljajućih procesa. Da bi masovna prilagodba funkcionirala, treba ispuniti sljedeće preduvjete: modularnost proizvodne linije, pouzdan proizvodni raspored, kontrolu zaliha te suradnju s dobavljačima. Masovna prilagodba može se susresti i u sektoru usluga. Dobar primjer su teleoperateri koji nude široku paletu usluga velikom broju korisnika kombinirajući Internet usluge (podatkovni promet i brzinu), TV (dokumentarci, filmovi, sport i drugo) te fiksne i mobilne telefonske priključke (razgovori, surfanje, SMS i ostalo).

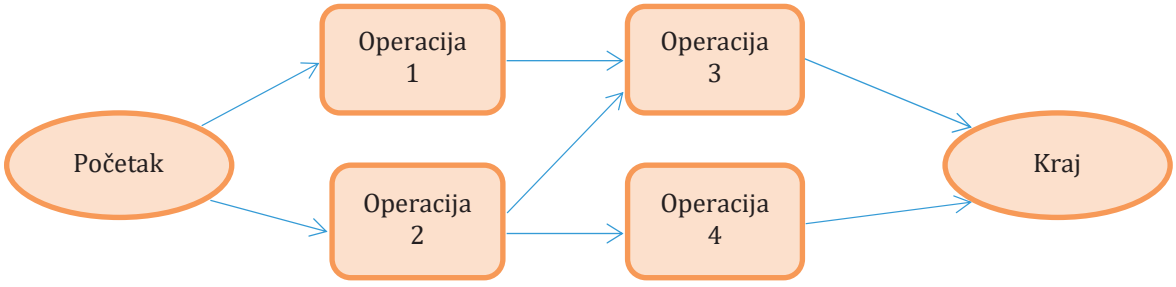
Obje varijante linijskog toka karakterizira visoka učinkovitost i niska fleksibilnost, s tim da su ova obilježja nešto naglašenija u procesnoj proizvodnji.[139] Visoka učinkovitost može se realizirati jedino ako se proizvode velike serije standardiziranih proizvoda (bez ili s vrlo malo varijacija) uz korištenje specifične opreme i strojeva. Što je stupanj specijaliziranosti opreme veći, to su potrebne vještine radnika niže, što za sobom povlači nižu cijenu rada. S druge strane, izmjene na proizvodu u ovakvom tipu procesa su otežane i skupe jer zahtijevaju investiciju u skupe i strogo namjenske strojeve i opremu. Zbog toga su ovi procesi nefleksibilni.

[139] Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 169.

### 5.2.4. Projektni tip procesa

Projektni tip procesa koristi se za proizvodnju unikatnih proizvoda kao što su zgrada, brod, film, lansiranje novog proizvoda i slično. Za razliku od prethodnih tipova procesa, projektni tip planira se uvijek iznova tako što se definira tok operacija, potrebni resursi te ukupno vrijeme trajanja projekta. Oprema je u projektnom tipu procesa zadana, tj. određena je vrstom proizvoda koji se tim projektom izrađuje. Manje varijacije proizvoda u novom projektu tražit će da se koristi dio, a ne sva raspoloživa oprema. Slično je i s traženim kompetencijama radnika. Zahvaljujući jedinstvenosti i neponovljivosti projektni menadžer mora biti vrlo kreativan kako bi projekt realizirao na najbolji mogući način.

Kod projekta nema toka proizvoda, ali postoji tok operacija. U tom smislu sve operacije moraju teći određenim slijedom kako bi pridonosile dostizanju ciljeva završnog projekta. Poseban izazov projektnog menadžera je planiranje slijeda operacija te utvrđivanje međusobnih prioriteta (slika 5.5).[140]




***Slika 5.5. Projektni tok operacija***

Planiranje i kontrola procesa u projektu predstavljaju veliku poteškoću zbog nepredvidljivosti i čestih promjena planova. Zbog visokog stupnja neizvjesnosti nastaju neplanirani troškovi pa je često potrebna improvizacija voditelja projekta.

Za planiranje projekta koriste se metode mrežnog planiranja koje će se objasniti u poglavlju 16.

## 5.3. USPOREDBA TIPOVA PROCESA

Operacijski menadžment mora poznavati tipove procesa kako bi donio ispravnu odluku o njihovu izboru. Pravilan izbor je onaj proces koji će na najbolji način zadovoljiti zahtjeve tržišta, odnosno proizvesti odgovarajuće proizvode i usluge po odgovarajućoj cijeni. Izbor pogrešnog tipa procesa bi povisio troškove proizvodnje, smanjio efikasnost poslovanja te čak doveo u pitanje opstanak poduzeća. Ipak, treba naglasiti da ne postoji tip procesa bez mana. U tablici 5.1.[141] prikazane su prednosti i nedostaci poznatih tipova procesa.

[140] Schroeder R. G. (1993). *op.cit.* str. 172.
[141] Prilagođeno prema: Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 240.

***Tablica 5.1. Prednosti i nedostaci tipova procesa***

| Tip procesa | Prednosti | Nedostaci |
|---|---|---|
| **Radionički** | Velika raznolikost proizvoda i usluga | Sporost<br>Visok prosječni trošak<br>Složeno planiranje i termininiranje |
| **Serijski** | Fleksibilnost - laka mogućnost dodavanja ili promjene proizvoda/usluge | Umjereni trošak po jedinici<br>Srednje složeno planiranje i termininiranje |
| **Ponavljajući** | Niski troškovi po jedinici<br>Veliki volumen<br>Efikasnost | Niska prilagodljivost<br>Visoki troškovi zastoja |
| **Kontinuirani** | Visoka efikasnost<br>Vrlo veliki volumen | Nema varijacija proizvoda<br>Vrlo visoki troškovi promjene i zastoja |
| **Projektni** | Prilagodljivost opreme<br>Inovativnost i originalnost proizvoda ili usluge | Otežano planiranje i kontrola<br>Česti neplanirani troškovi |

Promatrajući prednosti i nedostatke pojedinog tipa procesa, vidi se da su dijametralno suprotni. Radionički proces nudi fleksibilnost u proizvodnji na račun efikasnosti. Budući da se proizvodi često mijenjaju, kaže se da je ovaj proces procesno orijentiran. S druge strane, kontinuirani procesi, kao i ponavljajući, koriste se pri proizvodnji velikih količina istovjetnih proizvoda po niskoj cijeni. Takvi procesi se nazivaju proizvodno orijentiranima. Njihova prednost su niski prosječni troškovi. Nedostaci su nefleksibilnost u proizvodnji, jer namjenski strojevi ne dozvoljavaju promjenu asortimana. Serijski procesi su razmjerno fleksibilni. Prosječni trošak nije ni previsok, no nije niti najniži. Projektne procese karakterizira prilagodljivost opreme koja se koristi za proizvodnju originalnog proizvoda, odnosno usluga. S druge strane, veliki nedostatak projekata su izvanredni i neplanirani troškovi. Oni nastaju zbog izravnog sudjelovanja naručitelja u svim projektnim operacijama. Često naručitelj, kad je projekt već odmakao u realizaciji, ima dodatne zahtjeve koji uzrokuju dodatne troškove. Radioničke procese opterećuju visoki varijabilni troškovi, naročito u obliku zaliha materijala i sirovina (tablica 5.2).[142] S druge strane, kod radioničkih procesa, fiksni troškovi su relativno niski zato što je oprema multifunkcionalna. Sasvim obrnuta situacija je kod ponavljajuće proizvodnje i kontinuiranih procesa. Varijabilni troškovi su niski zbog velikog obujma proizvodnje. Fiksni troškovi su iznimno visoki jer je oprema strogo namjenska i iznimno skupa. Neki primjerci opreme su toliko specifični da se ne proizvode serijski, već radionički, što upućuje na činjenicu da se u slučaju kvara prilično dugo čeka na isporuku novog stroja.

[142] Prilagođeno prema: Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 241.

***Tablica 5.2. Utjecaj tipa procesa na aktivnosti poduzeća***

| Aktivnost/ funkcija | Radionički proces | Serijska proizvodnja | Ponavljajuća proizvodnja | Kontinuirani proces | Projektni proces |
|---|---|---|---|---|---|
| **Procjena troškova** | Teška | Pomalo rutinska | Rutinska | Rutinska | Jednostavna do složena |
| **Prosječni trošak** | Visok | Umjeren | Nizak | Nizak | Vrlo visok |
| **Oprema** | Opća | Opća | Namjenska | Namjenska | Različita |
| **Fiksni troškovi** | Niski | Umjereni | Visoki | Vrlo visoki | Različiti |
| **Varijabilni troškovi** | Visoki | Umjereni | Niski | Vrlo niski | Visoki |
| **Vještine** | Visoke | Umjerene | Niske | Niske do visoke | Niske do visoke |
| **Marketing** | Promicanje sposobnosti | Promicanje sposobnosti; polu-standardizirani proizvodi i usluge | Promicanje standardiziranih proizvoda i usluga | Promicanje standardiziranih proizvoda i usluga | Promicanje sposobnosti |
| **Planiranje aktivnosti** | Složeno | Umjereno složeno | Rutinsko | Rutinsko | Složeno; podložno promjeni |
| **Zalihe u toku procesa** | Visoke | Visoke | Niske | Niske | Različite |

Složenost planiranja aktivnosti u pojedinom tipu procesa proizlazi iz varijabilnosti proizvodnje. U procesima gdje je prisutan veliki stupanj varijabilnosti proizvodnje, planiranje aktivnosti je složeno (radionički i serijski procesi). Fleksibilnost opreme i radnika tada je zasigurno prednost. Međutim, s aspekta planiranja proizvodnih aktivnosti, kada treba odrediti na kojoj će se radnoj jedinici proizvoditi koji proizvod, kada i kojim redoslijedom, ovakva fleksibilnost predstavlja poteškoću. Suprotno, u procesima s linijskim tokom proizvoda planiranje proizvodnih aktivnosti je rutina jer je redoslijed operacija unaprijed određen, kao što su određeni strogo namjenski strojevi na kojima će se vršiti proizvodnja samo jednog ili tek nekoliko proizvoda.

Kod kontinuiranih i ponavljajućih procesa, gdje se operacije izvršavaju rutinski, ne traže se visoke kvalifikacije od radnika. Radnici u takvim procesima trebaju raspolagati tek jednostavnim vještinama. Budući da je riječ o proizvodno orijentiranim procesima, cilj marketinških aktivnosti je promicanje proizvoda ili usluga. S druge strane, u slučaju radioničkog procesa, serijske proizvodnje te projektnog procesa, od radnika se očekuju u pravilu visoke vještine, sposobnost rukovanja različitom opremom te određeni stupanj kreativnosti. Kreativnost je važna kod procesa u kojima se trebaju realizirati posebne želje kupaca. Stoga, marketinške aktivnosti idu u smjeru promicanja sposobnosti i kreativnosti radnika, a manje na promicanje proizvoda ili usluga.

## 5.4. ČIMBENICI UTJECAJA NA IZBOR TIPA PROCESA

Izbor optimalnog tipa procesa ovisi o više unutarnjih i vanjskih čimbenika. Najvažniji unutarnji čimbenik svakako je cilj poduzeća. Ukoliko je cilj poduzeća zauzeti tržišnu nišu, odnosno mali udio na tržištu onda će se operacijski menadžment odlučiti za radionički tip procesa. Također, ako se poduzeće bavi proizvodnjom luksuznih proizvoda i želi odgovoriti na posebne zahtjeve kupaca, radionički proces je pravi izbor. Tablica 5.3.[143] prikazuje tipove procesa u odnosu na volumen i raznolikost proizvodnje.

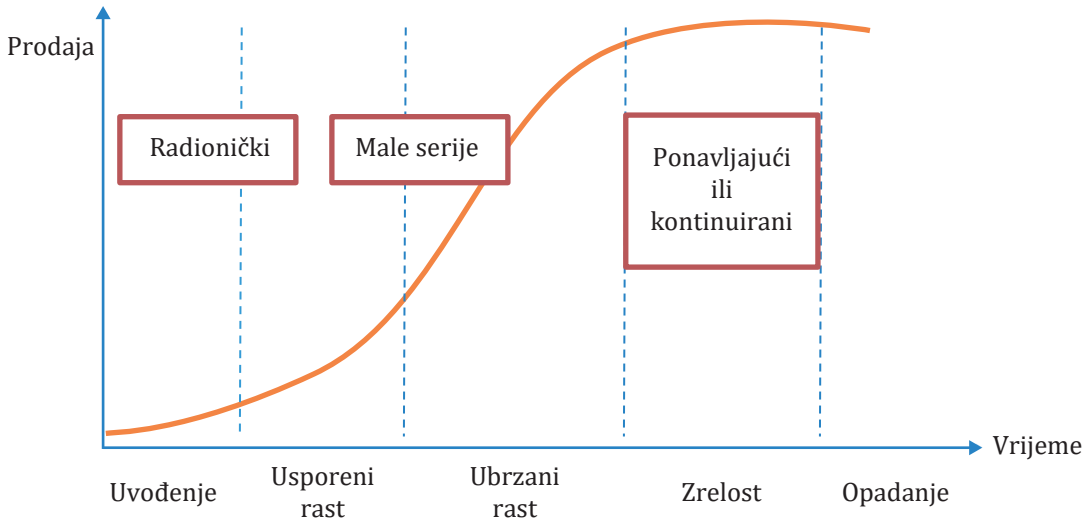
***Tablica 5.3. Tipovi procesa s obzirom na volumen i raznolikosti u proizvodnji***

| | **Velika raznolikost** | **Umjerena raznolikost** | **Mala raznolikost** | **Jako mala raznolikost** |
|---|---|---|---|---|
| **Mali volumen** | **Radionički proces**<br>Tvornica alata<br>Veterinarska ambulanta | | | **Loša procesna strategija** |
| **Srednji volumen** | | **Serijski proces**<br>Pekarnica<br>Školska nastava | | |
| **Veliki volumen** | **Masovno prilagođavanje**<br>Proizvodnja obuće<br>Teleoperateri | | **Ponavljajući proces**<br>Proizvodnja automobila<br>Automatska praonica automobila | |
| **Vrlo veliki volumen** | | | | **Kontinuirani proces**<br>Proizvodnja šećera<br>Pročišćavanje vode |

Može se primijetiti da se tipovi procesa nalaze točno na dijagonali tablice 5.3. jer predstavljaju idealan izbor procesa u ovisnosti o volumenu i raznolikosti proizvodnje. Ostala polja nisu idealna, izuzev masovnog prilagođavanja koje je vrlo teško postići jer treba uskladiti veliki volumen proizvodnje s visokom stopom prilagodljivosti kupcu. Naročito je loša opcija izabrati proces koji kombinira mali volumen proizvodnje i malu raznolikost proizvoda jer će zbog toga poduzeće imati visoke i fiksne i varijabilne troškove, što je neodrživo na dugi rok. U donjem desnom kutu promatrane tablice nalazi se kontinuirani proces kao svojevrsni antipod radioničkom procesu. Kontinuirani proces je kombinacija izrazito male raznolikosti proizvoda, ali zato vrlo visokog volumena proizvodnje.

Isti proizvod, ovisno o trenutnoj fazi životnog ciklusa, može zahtijevati različiti tip proizvodnog procesa. Primjerice, u fazi uvođenja, proizvodi se plasiraju na tržište u malim količinama. U tom je slučaju radionički tip procesa najpogodniji (slika 5.6).[144]

[143] Prilagođeno prema: Heizer, J. Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 282. i Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 241.
[144] Izradila autorica.




***Slika 5.6. Izbor tipa procesa u ovisnosti o životnom ciklusu proizvoda***

S vremenom proizvod biva sve prihvaćeniji na tržištu, raste potražnja, te radionički tip proizvodnje postaje cjenovno nekonkurentan proizvodnji u većim serijama. Kako proizvod prolazi kroz različite faze, tako se treba mijenjati i proizvodni proces. Naravno, neke operacije ostaju na istoj razini (ambulanta obiteljske medicine ili izdavanje časopisa). Operacijski menadžment treba znati odabrati pravi trenutak promjene tipa procesa.

## 5.5. IZBOR PROCESA U USLUŽNIM DJELATNOSTIMA

Premda je u prethodnom tekstu vidljivo da se tipovi proizvodnog procesa mogu primijeniti na mnoge usluge, pogotovo one koje u sebi sadrže proizvod, usluge imaju određene specifičnosti koje treba uzeti u obzir prilikom izbora procesa. O tim specifičnostima govorilo se ranije, ali će se ovdje istaknuti **neke** od njih:[145]

1. Usluge su uglavnom neopipljive, dok su proizvodi uglavnom opipljivi. Stoga se pri oblikovanju uslužnih procesa pružatelji usluga fokusiraju na neopipljive čimbenike, kao što su međusobno povjerenje između klijenata i pružatelja usluga, ljubaznost radnika, ugodna atmosfera i slično.
2. Usluge se stvaraju u trenutku kad se pružaju. Kontrola procesa s ciljem detekcije usluge s greškom nije moguća na isti način kao u proizvodnim procesima. Proizvod s greškom može se ukloniti prije izlaska na tržište. U trenutku kad se primijeti da usluga ima neki nedostatak, već je prekasno jer je klijent primijetio ili možda konzumirao takvu uslugu. Iz tog razloga kreatori uslužnih procesa poklanjaju pažnju prevenciji grešaka, primjerice, kroz obučavanje radnika ili upravljanje odnosima s klijentom.
3. Usluge se ne mogu skladištiti. Ova činjenica predstavlja svojevrsnu poteškoću u planiranju kapaciteta za uslužne procese. Naime, u uslužnom procesu praktički je nemoguće promptno

[145] Prilagođeno prema: Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 165.

reagirati na nagli porast potražnje. U proizvodnom procesu je to moguće zahvaljujući zalihama gotovih proizvoda. Uslužni procesi su u najvećoj mjeri orijentirani na poznatog kupca, odnosno na proizvodnju po narudžbi. S druge strane, proizvodni procesi mogu biti organizirani i za poznatog kupca i za skladište.

4. Usluge podrazumijevaju određenu razinu kontakata s korisnikom (klijentom), dok je proizvodnja proizvoda daleko od očiju kupaca. Različite usluge zahtijevaju različiti intenzitet kontakata s korisnikom, tako da se može reći da postoji cijeli spektar usluga ovisno o intenzitetu kontakata. Na jednoj krajnosti su usluge bez kontakta s klijentom, primjerice razvoj računalnih programa, a na drugoj usluge s aktivnom participacijom korisnika, primjerice plesni tečaj. Procesi usluga bez ili s vrlo malo kontakata s klijentom mogu se oblikovati na isti način kao i proizvodni procesi.

Usprkos navedenim razlikama, u praksi postoji mnogo proizvoda i usluga koji se međusobno isprepliću. Tako se mogu sresti proizvodi koji u sebi sadrže usluge, primjerice pri prodaji kućanskih aparata nudi se usluga montaže i održavanja. Ili, česte su usluge koje u sebi sadrže proizvod, primjerice usluga servisiranja automobila uključuje i zamjenu dotrajalih dijelova; filtera ulja, amortizera, svjećica i slično. S druge strane postoje takozvani „čisti" proizvodi bez popratne usluge, primjerice kruh, te „čista" usluga bez proizvoda, primjerice odvjetnička usluga. Kod čiste usluge ne postoji proizvod pa niti ne postoji tok proizvoda. Međutim, postoji redoslijed operacija čiji je rezultat usluga.

U pravilu, u uslužnoj proizvodnji postoji tok kupaca, ili tok informacija, koji određuje redoslijed operacija. Redoslijed uslužnih operacija se smatra „tokom proizvoda" u uslužnom sektoru. Hoće li u uslužnom sektoru prevladavati tok kupaca (klijenata) ili tok informacija, ovisi o stupnju kontakata (interakcije) između primatelja i pružatelja usluga.[146] Ukoliko je stupanj kontakta visok, onda prevladava tok kupca. Dobar primjer za to je bolnica u kojoj se pacijenti kreću od jednog do drugog odjela. Suprotno, ako je stupanj interakcije mali ili nepostojeći, prevladavat će tok informacija. Dobar primjer toka informacija je kupovanje zrakoplovne karte putem Interneta.

Priroda usluge sama po sebi nalaže prilagodbu kupcu. Prilagodba kupcu usko je vezana za interakciju između pružatelja i primatelja usluge. O kvaliteti te interakcije ovisi i kvaliteta same usluge. Stoga je uloga primatelja usluge od velikog utjecaja u formiranju uslužnog procesa, pri čemu treba imati u vidu dvije dimenzije: stupanj prilagodbe klijentu i radnu intenzivnost.[147] Stupanj prilagodbe klijentu usko je vezan sa stupnjem interakcije između pružatelja i primatelja usluga. Drugim riječima, interakcija daje mogućnost primatelju usluge da osobno utječe na uslugu koja mu se pruža. Dimenzija radna intenzivnost predstavlja omjer troškova rada i kapitala. Ako su troškovi rada veći od troškova kapitala, onda se radi o uslugama visoke radne intenzivnosti. Suprotno, ako su troškovi kapitala veći od troškova rada, onda se radi o uslugama niske radne intenzivnosti.[148] Temeljem navedenih dimenzija, usluge se dijele u četiri kategori-

[146] Prilikom oblikovanja uslužnog procesa, u poglavlju 4, bilo je riječi o broju kontakata s kupcima kao čimbeniku oblikovanja uslužnog procesa.

[147] Temeljem ove dvije dimenzije grafički se može prikazati matrica usluga, što je vidljivo u poglavlju 4, na slici 4.4. Na toj slici grafički su prikazane četiri vrste usluga koje su objašnjenje u nastavku teksta.

[148] Fitsimmons, J. A. i Fitsimmons, M. J. (2010). *Service management: operations, strategy, information technology*. 7th edition. McGraw Hill. str. 25.

je: profesionalne usluge, uslužna trgovina, masovne usluge i uslužna tvornica. **Profesionalne usluge** karakterizira visoka radna intenzivnost i visoka prilagodljivost klijentu. Pružatelji profesionalnih usluga su visoko obrazovani pojedinci koji su se spremni posvetiti svakom klijentu ponaosob ne bi li mu pružili uslugu baš onakvu kakvu klijent očekuje. **Uslužna trgovina (radionica)** je naziv za one usluge čiji se pružatelji prilagođavaju klijentima, ali uz znatna kapitalna ulaganja. **Masovne usluge** karakterizira mala prilagodljivost klijentu i visoka radna intenzivnost. Naposljetku, mala prilagodljivost klijentu uz visoka kapitalna ulaganja prisutna je u **uslužnoj tvornici**. Usluge s niskom prilagodljivosti klijentu i niskom radnom intenzivnosti teže standardizaciji i smanjenju opsega usluge. Tako restorani brze hrane smanjuju izbor jela na jelovnicima, ili zračne kompanije ograničavaju kupnju karata samo putem Interneta. Visoka kapitalna intenzivnost iziskuje značajna ulaganja u nove tehnologije kako bi se održala konkurentska pozicija. Nadalje, zadatak menadžera je izglađivati potražnju kako bi kapaciteti bili ravnomjerno iskorišteni. U radno intenzivnim uslugama prioritet menadžmenta je upravljanje ljudskim potencijalima, odnosno briga o zadovoljstvu i motivaciji radnika, te regrutiranje i obrazovanje radnika. Visoka razina prilagodbe klijentu nameće potrebu za održanjem visoke razine kvalitete usluge, promptnu reakciju na zahtjeve kupaca, povećanje broja lojalnih klijenata i slično.[149]

## 5.6. TEHNOLOŠKE INOVACIJE I IZBOR PROCESA

Tehnološke inovacije u proizvodnji osiguravaju mnoge dobrobiti za poduzeća, kao što su smanjenje troškova proizvodnje, povećanje proizvodnosti, poboljšanje kvalitete i drugo. Tehnološke inovacije podrazumijevaju istraživanje i razvoj novih ili poboljšanih proizvoda, usluga i procesa. Do njih poduzeća dolaze na dva načina: vlastitim naporima ili najčešće akvizicijom..[150]

Za većinu poduzeća najvažnije su procesne tehnologije (tehnologije procesa) i informacijske tehnologije. Tehnologije procesa uključuju metode, postupke i opremu za proizvodnju određenog proizvoda ili usluge. Informacijske tehnologije olakšavaju manipulaciju informacijama (prikupljanje, obradu, čuvanje, distribuciju) uz pomoć računala i drugih elektronskih naprava.

U velikim proizvodnim i uslužnim sustavima koristi se tehnologija identifikacije putem radio valova ili skraćeno RFID (engl. *radio-frequency identification*). RFID funkcionira koristeći elektromagnetska polja za automatsko prepoznavanje i praćenje oznaka pričvršćenih na predmete (slika 5.7[151]). RFID oznaka sastoji se od malenog radijskog transpondera, radio prijemnika i odašiljača. Kad se RFID oznaka nađe u blizini takozvanog RFID čitača, odnosno uređaja koji emitira elektromagnetske impulse, tada prenosi digitalne podatke, obično identifikacijski inventarski broj, natrag u čitač. Ova se tehnologija najprije koristila za praćenje zaliha robe, međutim danas joj je primjena kudikamo šira; sortiranje pisama, manipulacija prtljagom u zračnim lukama, bez kontaktno plaćanje i drugo.

149 Fitsimmons, J. A., Fitsimmons, M. J. (2010). *op.cit.* str. 26.
150 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 245.
151 https://www.premier1supplies.com/newsletters/02-11-2016-sheep.html, pristup: 28.10.2020.

***Slika 5.7. RFID oznake osuvremenjuju upravljanje farmama***

Prilikom oblikovanja procesa postavlja se pitanje treba li i u kojoj mjeri automatizirati proces, odnosno ljudski rad zamijeniti radom stroja. Naime, može se automatizirati samo jedna operacija ili pak cijeli proizvodni pogon. Odluka o stupnju automatizacije ovisit će o procjeni isplativosti jer automatizacija iziskuje velika kapitalna ulaganja koja bi se trebala isplatiti ili kroz višu prodajnu cijenu ili veći obujam prodaje. U prilog automatizaciji ide manja varijabilnost obilježja kvalitete od ljudskog rada jer stroj može izvršiti veći broj identičnih radnji, što čovjek ne može. Osim toga, strojevi se ne umaraju niti „kukaju" zbog monotonosti posla. Mana automatizacije je, pored visokih troškova, manjak fleksibilnosti u odnosu na ljudski rad. Jednom automatizirani proizvodni proces rijetko se mijenja.[152] Nadalje, automatizacija za posljedicu ima gubitak nekih radnih mjesta. Strah od otkaza može negativno utjecati na moral i proizvodnost radnika u dijelovima poduzeća koji (još) nisu automatizirani. Također treba istaknuti da se automatizacija podjednako uspješno primjenjuje u proizvodnim i uslužnim poduzećima. Primjer automatizacije u uslužnim poduzećima je sortiranje paketa u pošti ili Internet bankarstvo.

U praksi se susreću tri vrste automatizacije: **fiksna, programibilna i fleksibilna**.[153]
***Fiksna automatizacija***, kao što joj samo ime govori, najmanje je fleksibilna vrsta. U ovoj vrsti automatizacije upotrebljava se skupa specijalizirana oprema za precizno utvrđeni slijed operacija. Ona je pogodna za proizvodnju velikih količina standardiziranih proizvoda te za ostvarenje ekonomije obujma. Nedostaci fiksne automatizacije su smanjena varijabilnost asortimana proizvoda i otežane izmjene, bilo na proizvodu, bilo u proizvodnom procesu.

***Programibilna automatizacija*** je nešto fleksibilnija jer podrazumijeva korištenje skupe opreme opće (široke) namjene. Opremom upravlja računalo koje se može programirati za svaku operaciju zasebno te ujedno može mijenjati redoslijed operacija. Ovakva automatizacija idealna je za proizvodnju više vrsta proizvoda u malim serijama. Tipičan primjer programibilne automatizacije su numerički upravljani alatni strojevi i roboti.

***Fleksibilna automatizacija*** razvila se iz programibilne s tim da koristi opremu donekle uže namjene od programibilne. Glavna joj je prednost vrlo kratko vrijeme izmjene što omogućava

[152] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 246.
[153] Ibidem.

gotovo kontinuiranu proizvodnju različitih vrsta proizvoda bez da ih se grupira u serije. Primjenjuje se u dva formata, kao: fleksibilni proizvodni sustav (engl. *flexible manufacturing system, FMS*) i računalom integrirana proizvodnja (engl. *computer integrated manufacturing, CIM*).[154]

*Fleksibilni proizvodni sustav* je grupa strojeva koja se sastoji od glavnog računala, strojeva za automatsko rukovanje materijalom i robota. Glavno računalo kontrolira sustav te upravlja kretanjem materijala kroz sustav i robotima. Fleksibilni proizvodni sustav omogućuje kombinaciju prilagodljivosti prekidanog i proizvodnosti ponavljajućeg procesa. Prednosti ovog sustava su niži troškovi od fiksne automatizacije, brza izmjena proizvoda, niži troškovi rada u usporedbi s klasičnom proizvodnjom. Nedostatak je ograničena varijabilnost asortimana proizvoda, odnosno to što je ovaj sustav namijenjen proizvodnji srodnih i sličnih proizvoda.

*Računalom integrirana proizvodnja* je mnogo složeniji sustav koji objedinjuje ne samo proizvodne operacije već i druge podsustave poduzeća koji su povezani s proizvodnjom, kao što su: dizajn proizvoda, nabava sirovina i materijala, planiranje proizvodnje, upravljanje zalihama i slično. Naravno, menadžment poduzeća odlučuje koje je sustave nužno povezati. U nekom će slučaju biti dovoljno povezati tek dva fleksibilna proizvodna sustava sa središnjim računalom. Svrha korištenja ovog sustava je brzi odgovor na zahtjeve kupaca, brza izmjena proizvoda, brza proizvodnja i smanjenje neizravnih troškova rada.[155]

## 5.7. ZAKLJUČAK

Odabir pravog proizvodnog, odnosno uslužnog procesa predstavlja konkurentsku prednost poduzeća. Izbor procesa izravno utječe na troškove poslovanja, sposobnost prilagođavanja tržištu po pitanju kvalitete, ali i količine proizvoda.

Ovisno o postavljenim ciljevima, životnom ciklusu proizvoda, veličini tržišta i ostalim čimbenicima, operacijski menadžer može birati između više tipova procesa imajući u vidu sve prednosti i ograničenja spomenutih.

Ponavljajuća, kao i kontinuirana proizvodnja imaju tzv. linijski tok proizvoda. Proizvodi se kreću točno utvrđenim redoslijedom od jedne radne stanice do druge sve do kraja procesa i niti jedna stanica se ne može preskočiti. Proizvode se srodni proizvodi u velikim serijama.

S druge strane, radionički proces kao i proizvodnja u malim serijama imaju prekidani proces u kojem proizvodi prolaze samo kroz radne stanice koje su nužne. Proizvode se raznovrsni proizvodi za čiju proizvodnju ne treba sva raspoloživa oprema.

Projektni procesi koriste se za proizvodnju unikatnih proizvoda ili usluga. Koristi se univerzalna oprema.

Automatizacija operacija povećava proizvodnost poduzeća, povećava brzinu proizvodnje, poboljšava kontrolu kvalitete, zamjenjuje ljude u opasnim, zamornim i rutinskim poslovima. Tri su tipa automatizacije: fiksna, programibilna i fleksibilna.

---

154 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 248.
155 Ibidem.

## 5.8. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***K*** | |
| ***Kontinuirana proizvodnja*** (engl. *continous process*) | Proces linijskog toka koji se odvija bez prekida. Materijali ili sirovine podvrgavaju se određenim postupcima obrade (kemijskim, mehaničkim, toplotnim i sl.), bez da se taj proces zaustavi. |
| ***L*** | |
| ***Linijski tok*** | Tok proizvoda kroz strogo zadani niz radnih stanica koje slijede jedna iza druge. |
| ***M*** | |
| ***Masovno prilagođavanje*** (engl. *mass customization*) | Proizvodnja individualiziranih proizvoda i usluga u velikim količinama i po niskoj cijeni. |
| ***P*** | |
| ***Ponavljajuća proizvodnja*** (engl. *repetitive process*) | Proces linijskog toka. Proizvodnja visoko standardiziranih proizvoda u manjim serijama. |
| ***Prekidani tok*** | Tok proizvoda kroz samo neke od raspoloživih radnih stanica. |
| ***Proizvodnja u serijama*** (engl. *batch process*) | Proces prekidanog toka za nepoznatog kupca. |
| ***Projektni tok*** (engl. *project process*) | Tok operacija pri proizvodnji unikatnog proizvoda ili usluge. |
| ***R*** | |
| ***Radionički proces*** (engl. *job shop process*) | Proces prekidanog toka za proizvodnju visoko individualiziranih proizvoda ili usluga. |

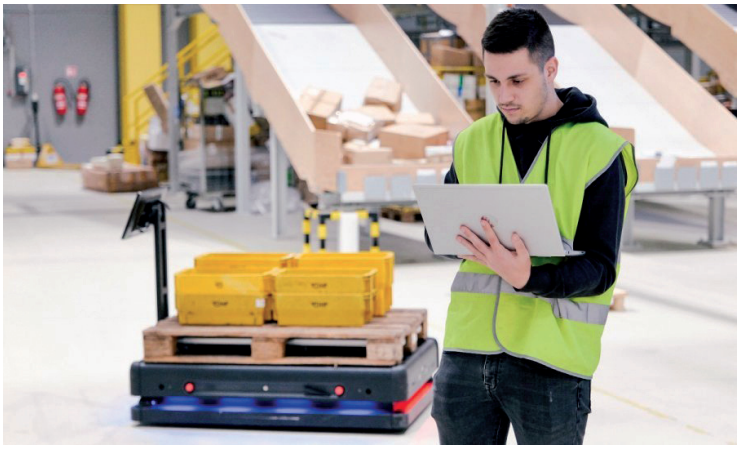
## 5.9. STUDIJ SLUČAJA: NOVI SORTIRNI CENTAR HRVATSKE POŠTE[156]

Hrvatska pošta je 2019. pustila u pogon sortirnicu paketa i pisama (slika 5.8). Zahvaljujući sustavu za automatsko sortiranje, radnici HP-a su brži, precizniji i manje se umaraju. Novi sustav sastoji se od 55 velikih i 90 malih tobogana na kojima se kreću pošiljke razvrstane na jednom od tri stroja za automatsko sortiranje i to za pakete (od 100 g do 30 kg), za pisma te za pošiljke koje su veće od pisama i manje od paketa. Kapacitet stroja za automatsko sortiranje paketa je do 15.000 paketa na sat, a stroja za automatsko sortiranje pisama čak 42.000 pisama na sat. Potonji u sebi ima integriranu vlastitu patentiranu tehnologiju koja je jedinstvena u Europi. Naime, sustav omogućuje da se pisma slažu po redoslijedu kojim će ih poštar dijeliti na terenu. Primjerice, ako je na površini pisma zadnja otisnuta brojka 65, to znači da će poštar to pismo dijeliti 65. po redu u toj ulici. Treći stroj za automatsko sortiranje sortira magazine, deblje kuverte i pošiljke lakše od 100 grama. On je poseban po tome što ima sposobnost učenja, odnosno upravljan je umjetnom inteligencijom. Stroj čita adrese s pošiljki i sortira ih prema poštanskom broju. Na početku rada točnost sortiranja (čitanja) bila je samo 17 %. Danas je točnost sortiranja 80 %, a preostalih 20 % pogrešno sortiranih pošiljki ide na ručno sortiranje.

[156] Ovaj studij slučaja napisan je koristeći sljedeće izvore: https://www.tportal.hr/biznis/clanak/hrvatska-posta-pokrenula-pilot-projekt-s-gideon-brothersom-pakete-ce-voziti-autonomni-roboti-20191220, pristup: 26.10.2020. i https://www.tportal.hr/biznis/clanak/hrvatska-posta-pokrenula-pilot-projekt-s-gideon-brothersom-pakete-ce-voziti-autonomni-roboti-20191220, pristup: 26.10.2020.

***Slika 5.8. Sortirni centar HP-a***

Uprava HP-a shvaća važnost digitalizacije i automatizacije poslovanja, stoga ne misli stati na ovome. Druga faza automatizacije je robotizacija sortirnice, odnosno njezinog distribucijskog centra. Roboti u skladištu Hrvatske pošte će pružati pomoć prilikom komisioniranja i prijevoza robe, dok će u sortirnici služiti za prijevoz pošiljaka iz vozila do mjesta za razradu i pripremu za dostavu. Samovozni logistički robot može prenositi 800 kilograma tereta i sigurno manevrirati oko ljudi, opreme i drugih pokretnih strojeva. Opremljen je tehnologijom autonomije koja se temelji na vizualnoj percepciji, a kombinira dubinsko učenje sa stereoskopskim kamerama čime nastaje nova generacija robotskog vida (slika 5.9). Primjenom robotskih sustava smanjuju se troškovi pružanja usluga, skraćuje vrijeme trajanja uslužnog ciklusa te povećava učinkovitost energetskih sustava. Roboti ne zamjenjuju ljude, oni su njihovo oruđe i pomažu im u postizanju ciljeva koji do njihove pojave nisu bili dostižni.



***Slika 5.9. Autonomni robot u sortirnici HP-a***

**Razmislite:** Hoće li u budućnosti nestati potreba za poštarima, odnosno fizičkim dostavljanjem pošiljki?

## 5.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. O čemu ovisi izbor procesa?
2. Koje su osnovne karakteristike radioničkog tipa procesa?
3. Koje su osnovne karakteristike procesa proizvodnje u serijama?
4. Koje su osnovne karakteristike ponavljajućeg tipa procesa?
5. Koje su osnovne karakteristike kontinuiranog tipa procesa?
6. Koje su osnovne karakteristike projektnog tipa procesa?
7. Što su prednosti, a što nedostaci svakog tipa procesa?
8. Koji čimbenici i kako utječu na izbor tipa procesa?
9. Kako životni vijek proizvoda utječe na izbor tipa procesa?
10. Na koji način automatizacija utječe na izbor procesa?
11. Može li se automatizacija uspješno primijeniti u uslugama? Navedite primjer usluge pogodne za automatizaciju i usluge kojoj bi automatizacija donijela više štete nego koristi.
12. Kada bi Uprava Vašeg fakulteta uvela identifikacijske kartice koje bi uz pomoć RFID tehnologije automatski evidentirale prisutnost studenata na predavanjima i vježbama, smatrate li da bi to bila dobra odluka?

## LITERATURA

1. Fitsimmons, J. A. i Fitsimmons, M. J. (2010). *Service management: operations, strategy, information technology*. 7th edition. McGraw Hill
2. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operation management*. 12th edition. Pearson
3. Schroeder, R. G. (1993). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb: Mate
4. Stevenson, J. W. (2014). *Operations Management*. 12th global edition. McGraw Hill

### Internet izvori

1. https://agronoticias.com.mx/2018/02/16/el-legado-comercial-mas-antiguo-y-sabroso-de-mexico/
2. https://www.premier1supplies.com/newsletters/02-11-2016-sheep.html
3. https://www.tportal.hr/biznis/clanak/hrvatska-posta-pokrenula-pilot-projekt-s-gideon-brothersom-pakete-ce-voziti-autonomni-roboti-20191220
4. https://www.tportal.hr/biznis/clanak/hrvatska-posta-pokrenula-pilot-projekt-s-gideon-brothersom-pakete-ce-voziti-autonomni-roboti-20191220

# 6. ANALIZA TOKA PROCESA

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *nacrtati dijagram toka*
- *objasniti kako se može poboljšati proces*
- *identificirati uska grla*
- *razlikovati potrebni od raspoloživog kapaciteta*
- *izračunati brzinu proizvodnje, iskorištenost kapaciteta i vrijeme ciklusa*
- *proračunati vrijeme potrebno da se proizvede određena količina proizvoda.*



## 6.1. UVOD

Poduzeća postoje kako bi stvorila vrijednost za kupce, vlasnike, radnike i društvo. Operacijski menadžment fokusira se na procese pomoću kojih poduzeća stvaraju tu vrijednost, dakle na procese transformacije.[157] Procesi se mogu oblikovati tek nakon što se donesu odluke o tipu procesa i tehnologiji. Izabrani tip procesa i tehnologija određuju neko poduzeće dugoročno i kada se jednom izaberu teško se mogu promijeniti. Za razliku od tipa procesa i tehnologije, sam tok procesa je lakše mijenjati. Procesi se mijenjaju da bi se poboljšali, a poboljšavaju se zbog napretka u tehnologiji, pritiska konkurencije i sličnih razloga.[158] Mada poboljšanja koštaju, provode se kako bi se povećala efikasnost procesa. Tako, primjerice, Russell i Taylor[159] navode da ubrzanje procesa za samo šest sekundi u tipičnim trgovinama brze hrane donosi povećanje prihoda za 1 %. Heizer i dr.[160] navode da je veliki broj restorana u Americi uvođenjem iPad-a za naručivanje i plaćanje znatno ubrzao naručivanje i naplaćivanje.

Da bi se procesi mogli poboljšavati, treba ih razumjeti. Općenito, procese treba promatrati kao seriju tokova, od inputa koji ulaze u procese, bilo da se radi o materijalu ili informacijama, preko dodavanja vrijednosti tim inputima tijekom procesa transformacije, do stvaranja outputa veće vrijednosti od ulaznih inputa. Stoga se u ovom poglavlju razmatra analiza toka procesa praćenjem toka materijala, ali i kupaca i radnika, s ciljem da se promatrani proces bolje oblikuje. Za razliku od ovog poglavlja, poglavlje 20. (Poboljšanje operacija) opisuje pristupe i alate poboljšanja, pri čemu je u tom poglavlju riječ o poboljšanjima općenito.

## 6.2. RAZUMIJEVANJE PROCESA

Da bi se procese u poduzeću razumjelo, treba ih podijeliti u više manjih procesa s jasnim granicama.[161] Razumijevanje procesa je iznimno bitno ako se proces želi poboljšati. To često nije jed-

[157] Kraft, T. (2017). *Operations management: An Introduction to Process Analysis.* Darden Business Publishing. Studij slučaja broj UV7180.

[158] Ivanković, L. (2010). *Metode kontinuiranog unapređenja proizvodnih procesa.* Završni rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje. str. 1.

[159] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain.* 7th edition. Wiley. str. 235.

[160] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations management. Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Person. str. 289.

[161] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *op.cit.* str. 235.

nostavno, jer u poduzećima postoji bezbroj procesa. Stoga prvo treba izabrati proces koji se želi poboljšati, i drugo, definirati njegovu veličinu. **Izbor procesa** za poboljšanje mora biti takav da iz njega proizađu najbolji efekti za taj proces, pa i šire. Izabrani proces treba definirati kao sustav kojeg čine njegovi elementi, koji su u međusobnoj interakciji. Najčešće se kao primjer za izbor procesa koristi proces izrade sendviča. Taj proces je jednostavan i većina ga je imala priliku vidjeti. Kao i svaki drugi proces, i proces izrade sendviča se sastoji od niza aktivnosti (elemenata). To su: rezanje peciva na dva dijela, stavljanje sastojaka na donji dio, poklapanje gornjim dijelom te umatanje u papir, što daje gotovi proizvod.

Nakon definiranja aktivnosti vezanih neposredno za proces izrade sendviča, treba odlučiti o granicama ovog procesa. **Granice procesa** pokazuju koliko je određeni proces velik ili malen. Ovisno o vrsti analize koja se želi napraviti, menadžeri će postaviti uže ili šire granice izabranog procesa. Ključno je pri tome da se obuhvate sve važne interakcije unutar izabranog procesa, mada nije lako odlučiti što treba uključiti, a što isključiti. Za ilustraciju definiranja granica procesa može se ponovo razmotriti primjer procesa izrade sendviča. Ako bi se granice procesa izrade sendviča pomakle na trenutak kada je klijent ušao u trgovinu do njegovog izlaska sa sendvičem, onda se proces sastoji od dodatnih aktivnosti koje uključuju: naručivanje od strane klijenta, izradu sendviča (s prethodno opisanim aktivnostima), plaćanje i preuzimanje sendviča od strane klijenta. Dakle, broj aktivnosti i interakcija u ovom procesu je znatno veći, nego u samom procesu izrade sendviča.

Pored izbora procesa i definiranja njegovih granica, za razumijevanje procesa važna je i njegova **povezanost sa strateškim ciljevima poduzeća**. Ako je strategija poduzeća konkuriranje niskom cijenom, onda svi procesi moraju biti troškovno vrlo efikasni, odnosno procesi pretvorbe inputa u outpute moraju biti što jeftiniji. Ako poduzeće konkurira diferencijacijom, onda procesi moraju biti oblikovani tako da se u čitavom njihovom toku, od inputa do outputa, u svakom koraku doda što više vrijednosti za kupca/klijenta.[162] Da bi se strategija poduzeća postigla kroz procese, procese treba dobro razumjeti na mikro razini. To znači da procese treba fizički nadgledati i opisati njihove aktivnosti ili operacije. Fizičko nadgledanje procesa u svrhu njihovog razumijevanja i analize odnosi se najčešće na razumijevanje toka materijala, informacija i drugog što ulazi i izlazi iz procesa.[163]

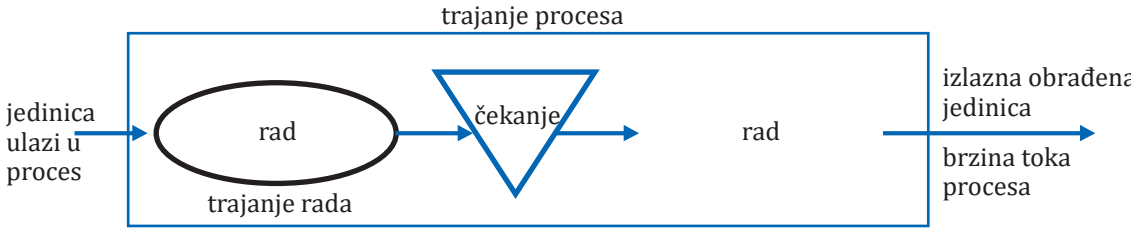
Bilo što što ulazi u proces (osoba, informacija ili materijal) naziva se ***jedinica***. Jedinice se kreću kroz proces i na njima se događa neka transformacija koja se zove ***rad***. Između radnih postupaka jedinice mogu ***čekati***, kao tzv. ***radne zalihe***, na početak sljedećeg rada. To znači da će ***vrijeme trajanja procesa*** uvijek biti veće od ***sume vremena trajanja rada***. Isto vrijedi i za strojne resurse u procesu transformacije inputa. Oni neće cijelo vrijeme biti iskorišteni jer neće biti jedinica na kojima će raditi. Dakle, u procesu je iskorištenost strojeva uvijek manja od njihovog maksimalnog kapaciteta. Shematski se tok procesa može prikazati kao na slici 6.1. [164]

---

[162] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2017). *Operations and Supply Chain Management*. 15th edition. New York: McGrawHill. str. 288.

[163] Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. i Betts, A. (2009). *Operations and process management. Principles and practice for strategic impact.* 2nd edition. Pearson Education Limited. Harlow. str. 140.

[164] Obrada na temelju: Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. i Betts, A. (2009). *op.cit*. str. 141.




***Slika 6.1. Hipotetski proces s trajanjem rada i čekanjem***



Proces se najbolje razumije ako se nacrta stvarni tok procesa pomoću dijagrama toka. Dijagram toka je jednostavan alat kojim se opisuje i poboljšava bilo koji proces transformacije u proizvodnim ili uslužnim sustavima. Prikaz toka procesa pomoću dijagrama toka opisan je u sljedećoj točki.

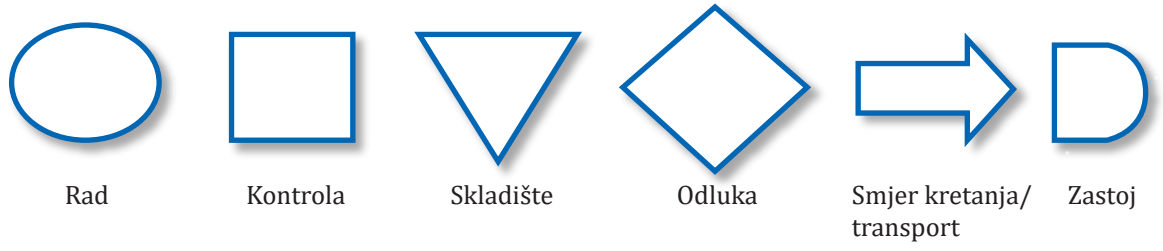
## 6.3. CRTANJE DIJAGRAMA TOKA PROCESA

Crtanje dijagrama toka zapravo otvara „crnu kutiju" poduzeća i identificira i analizira sve aktivnosti potrebne da se usluži jedna jedinica. Tek kada se proces detaljno analizira, može se popraviti, kao, primjerice, poslužiti više klijenata, ubrzati proces, eliminirati nepotrebna kretanja i sl.[165]

Kao primjer za razumijevanje i crtanje dijagrama toka uzet će se ponovo proces izrade sendviča. Ovaj primjer je vrlo jednostavan, ali u svojoj suštini odgovara svim drugim procesima, bilo da je riječ o proizvodnji, zdravstvu, bankarstvu ili nekoj drugoj djelatnosti.

Za svaki sendvič postoji receptura koja govori što sendvič treba sadržavati. Međutim, iz recepture se ne može vidjeti tko što radi i koliko cijeli proces traje. Iz recepta se ne vidi koliko traje sama priprema sendviča, je li posao raspodijeljen na više radnika i koliko vremena treba da klijent dobije svoj sendvič. Ovo posljednje je vrlo bitno ako se želi konkurirati brzinom, što je uobičajeno u industriji brze hrane.[166]

Prije nego se pristupi crtanju dijagrama toka, treba objasniti osnovne simbole koji se u njemu koriste. Te simbole prikazuje slika 6.2.[167]



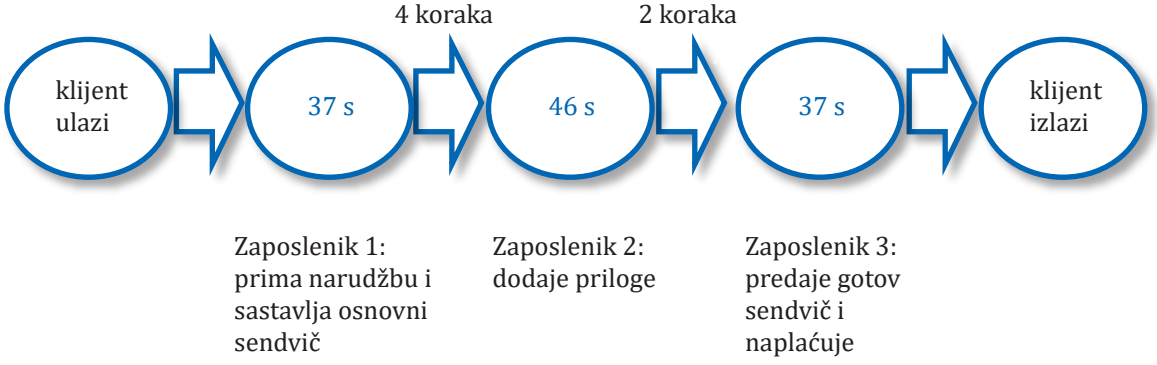

***Slika 6.2. Osnovni simboli za crtanje dijagrama toka***

165 Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *Operations management.* New York: McGrawHill Education. str. 41.
166 Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit.* str. 52.
167 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *op.cit.* str. 237.

Rad je jedina aktivnost koja izravno doprinosi proizvodu ili usluzi, tj. koja stvara novu vrijednost. Ostale aktivnosti: kontrola, skladištenje, odlučivanje, transport i zastoj ne stvaraju novu vrijednost, tj. ne doprinose izravno proizvodu ili usluzi. Stoga je ključno da se sve aktivnosti koje izravno ne doprinose proizvodu ili usluzi što je moguće više skrate, primjerice transport i kontrola, ili eliminiraju, primjerice skladištenje i zastoj.

Treba naglasiti da nema univerzalnog pravila za simbole. U osnovi, treba crtati po pravilu preglednosti i imati na umu da je to osnovna svrha dijagrama. Simboli će ovisiti o tome u kojem programu se crta dijagram toka. Osnovni simboli pomoću kojih se može nacrtati dijagram toka postoje u MS Wordu i MS Excelu. Može se koristiti i MS Visio koji ima manje simbola od Worda, ali omogućava crtanje kompleksnijih dijagrama (odvaja različite aktere u procesu, može prikazati koliko koji proces traje i dr.). Naravno, postoje i specijalizirani programi za crtanje dijagrama toka, a koji će se od mnoštva programa koristiti, ovisit će o tome što je poduzeću dostupno. Primjerice, neka će konzultantska kuća vjerojatno koristiti najbolji alat za crtanje koji postoji na tržištu. Interni konzultanti u poduzeću će koristiti jednostavniji alat kao što je primjerice MS Visio, a ako dijagram toka treba napraviti na studiju kao projektni zadatak, onda će MS Word biti dovoljan.[168]

Najjednostavniji proces, onaj izrade i prodaje sendviča, izgledao bi kao na slici 6.3.[169]

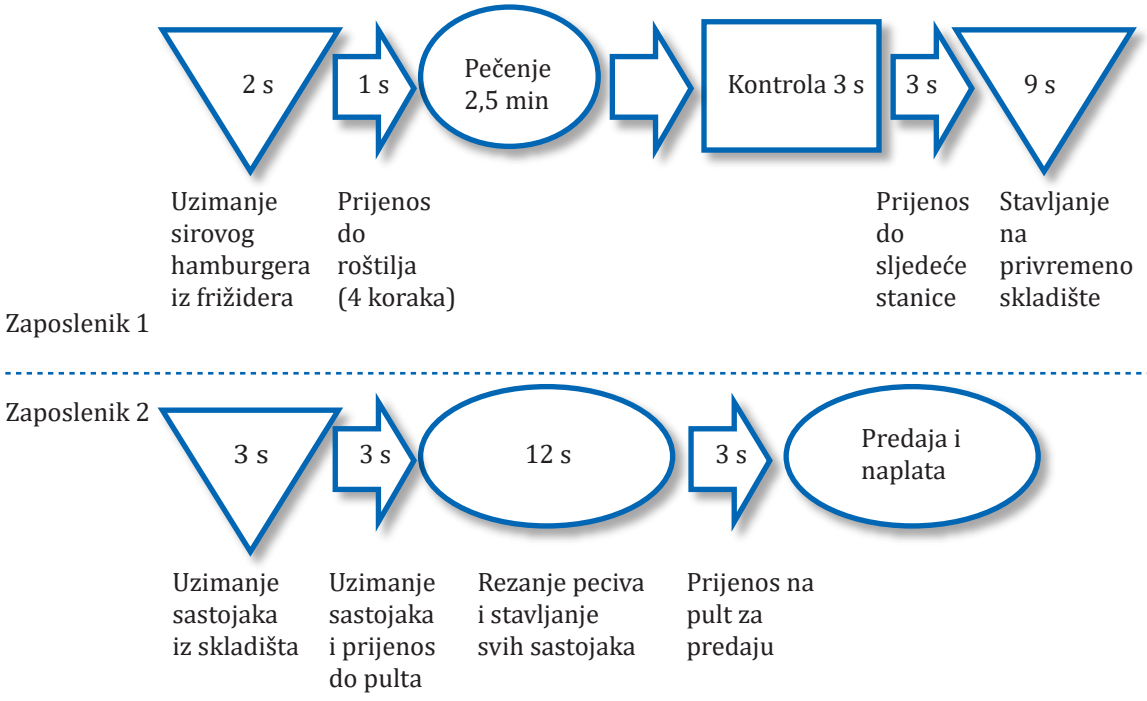



***Slika 6.3. Dijagram toka procesa izrade i prodaje sendviča***

Kako se vidi iz slike 6.3. radnik 1 treba 37 s da zaprimi narudžbu, nakon čega mora napraviti 4 koraka do radnika 2 da mu preda polu pripremljeni sendvič. Radnik 2 treba 46 s da doda sve priloge i zapakuje sendvič. Njemu trebaju dva koraka da preda zapakirani sendvič radniku 3, koji predaje sendvič klijentu i naplaćuje ga, što traje 37 s. Ukupno vrijeme da klijent dobije sendvič je 2 min (37 + 46 + 37 = 120 s).

Pored ovog jednostavnog primjera dijagrama toka, prikazat će se još jedan, također jednostavan primjer, ali s nešto više aktivnosti. Riječ je o dijagramu toka izrade hamburgera koji izgleda kao na slici 6.4.[170]

168 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *op.cit.* str. 238.
169 Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit.* str. 52.
170 Na temelju: Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 290.

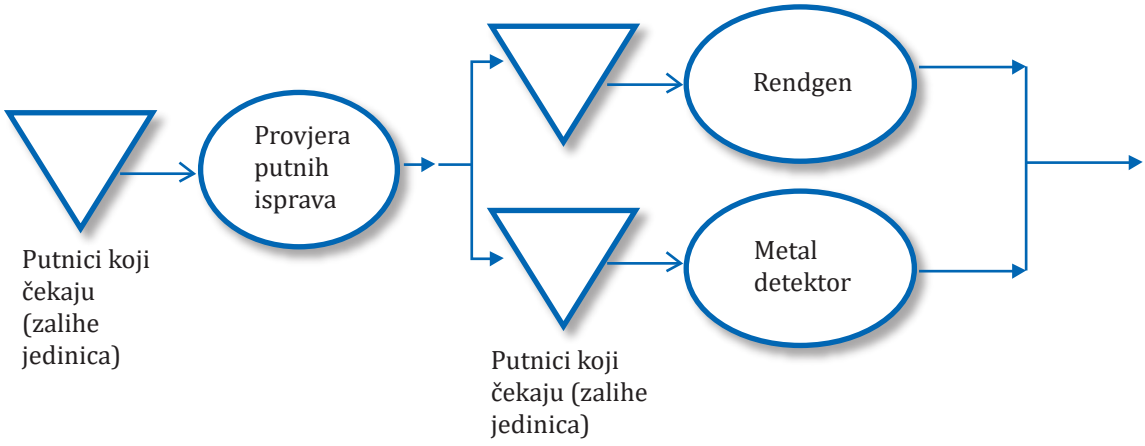



***Slika 6.4. Dijagram toka izrade hamburgera***

Ukupno trajanje procesa izrade hamburgera je 189 s (2 s + 1 s + 150 s + 3 s + 3 s + 9 s + 3 s + 3 s + 12 s + 3 s) ili 3,15 min (0,03 min + 0,02 min + 2,5 min + 0,05 min + 0,05 min + 0,15 min + 0,05 min + 0,05 min + 0,20 min + 0,05 min). Kako je prethodno rečeno, analiza procesa se provodi da bi se utvrdilo koliko je u tom procesu bilo rada, a koliko nerada, u cilju smanjenja onih aktivnosti koje izravno ne doprinose proizvodu. Aktivnosti koje dodaju vrijednost u proizvodnji hamburgera odnose se na rad (krugovi u dijagramu toka, ali bez predaje i naplate) i traju 2,7 minuta (2,5 min + 0,20 min). To znači da se u procesu gubi 27 s (3,15 min - 2,7 min = 0,45 min = 27 s). Analizom aktivnosti koje izravno ne doprinose proizvodu vidi se da se kontrola ne smije isključiti, pa bi trebalo skratiti vrijeme prenošenja hamburgera među stanicama (24 s). Katkada je za to dovoljno promijeniti raspored aktivnosti u procesu izrade hamburgera.

Procesi nisu uvijek ovako jednostavni. Za složeniji proces može se uzeti primjer putovanja avionom. Kod tog procesa, nakon što se napravi prijava i dobije ukrcajna karta, još se jednom ide na provjeru ukrcajne karte i putovnice, a nakon toga na sigurnosnu provjeru. Kod sigurnosne provjere obično se paralelno obavljaju dva procesa. Jedan je rendgen putne prtljage, a drugi je skeniranje putnika na metalne objekte. Dijagram toka ovog procesa može se prikazati kao na slici 6.5.[171]

[171] Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit.* str. 45.

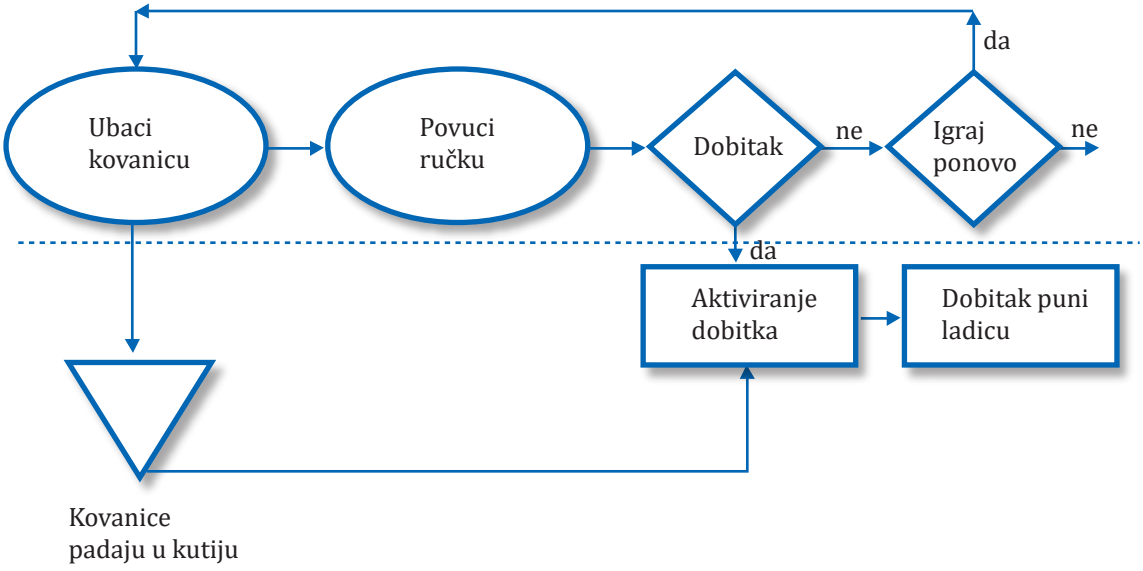



***Slika 6.5. Dijagram toka putovanja avionom***

Kao što se vidi na slici 6.5, u ovom procesu ima znatno više čekanja nego aktivnosti vezanih za obradu putnika (rada). Putnici čekaju u svim fazama procesa najveći dio tog procesa, pa bi analiza ovog dijagrama toka trebala pomoći upravi zračnih luka u oblikovanju procesa u kojem bi putnici manje čekali. Radi ilustracije trajanja ovog procesa može se pretpostaviti da provjera putnih isprava traje 30 s po putniku, da metal detektor može pretražiti putnika u 10 s, a da rendgen prtljage traje 60 s po putniku. Rendgen i metal detektor idu paralelno, ali rendgen traje duže pa je on onda usko grlo procesa, ali i aktivnost koja određuje dužinu trajanja procesa provjere putnika. Zbrajanjem vremena trajanja aktivnosti u sigurnosnoj provjeri putnika, vidi se da je ukupno vrijeme aktivnosti koje dodaju vrijednost 90 s po putniku (30 s + 60 s). Čekanje putnika će biti to veće što putnici (jedinice) ulaze u sustav brzinom većom od brzine kojom je proces u stanju obraditi klijente. Za ovaj proces kaže se ujedno da je resursno ograničen jer rendgen ne može raditi brže, dok putnici mogu stizati puno većom brzinom.

Sljedeći primjer (slika 6.6) pokazuje kako jedna jednostavna aktivnost, kao što je povlačenje ručke automata u kockarnici, može zahtijevati obiman dijagram toka.[172] Kao i u gornjem primjeru i ovdje postoje aktivnosti koje se događaju paralelno i njih treba ucrtati u dijagram. Kako je dijagram toka vizualni alat kojem je svrha da se neki proces poboljša, to se on ne crta radi crtanja, već da se lakše uoče mjesta na kojima se proces može poboljšati.

[172] Modificirano prema: Chase, R. B., Jacobs, F. R. i Aquilano, N. J. (2006). *Operations Management for Competitive Advantage.* 11th edition. McGraw Hill. str. 157.




***Slika 6.6. Dijagram toka procesa igranja na aparatu u kockarnici***

U ovom dijagramu se sada pojavljuje i romb, tj. simbol za odluku koji uvijek mora imati dvije strelice, za pozitivnu i negativnu odluku.

Na prethodno opisanim jednostavnim primjerima (s manje ili više aktivnosti) pokušalo se prikazati kako nacrtati dijagrame toka u svrhu razumijevanja određenog procesa. No to nije krajnji cilj crtanja dijagrama toka. Krajnji cilj je poboljšati proces. Da bi se to moglo, potrebno je prvo izračunati performanse procesa, a zatim ga poboljšati. Kod utvrđivanja performansi procesa, ali i općenito pri analizi toka procesa, koristi se određena terminologija koja je prikazana na kraju poglavlja, ali je objašnjena i kroz točku 6.4.

## 6.4. MJERENJE PERFORMANSI PROCESA

Prije nego se kroz primjere prikažu postupci izračuna performansi procesa, dat će se prikaz osnovnih pojmova i formula.

**Vrijeme operacije** (*VO,* engl. *operation time*) je zbroj vremena rada i vremena pripreme za seriju proizvoda koje stroj proizvodi, a izračunava se prema formuli 6.1.

$$VO = V_R + V_{PP} \qquad (6.1)$$

gdje su:

$V_R$ = ***vrijeme rada*** (engl. *run time*), odnosno vrijeme potrebno za proizvodnju serije dijelova. Računa se tako da se vrijeme potrebno za proizvodnju svake jedinice množi s veličinom serije.

$V_{PP}$ = ***vrijeme pripreme proizvodnje*** (engl. *setup time*), odnosno vrijeme potrebno za pripremu stroja za proizvodnju određenog proizvoda. Kod strojeva kod kojih postoji značajno vrijeme pripreme, obično se proizvode dijelovi u serijama.

Kako bi se odredilo koliko se jedinica može napraviti u jedinici vremena, potrebno je izračunati **raspoloživi kapacitet resursa** (stroja ili radnika).[173] Ako se izračunava kapacitet jednog resursa, to je moguće napraviti prema formuli 6.2.

$$RK = \frac{1}{VO} \tag{6.2}$$

gdje su:

$RK$ = raspoloživi kapacitet resursa
$VO$ = vrijeme operacije

Ovaj pokazatelj govori koliki je maksimalni broj jedinica koje se mogu napraviti pomoću promatranog resursa u jedinci vremena. Kada je u procesu prisutan samo jedan resurs, onda je njegov kapacitet jednak kapacitetu procesa. Ako je u procesu angažirano više resursa (radnika, strojeva itd.), koji se označavaju s *m*, tada se raspoloživi kapacitet izračunava pomoću formule 6.3.

$$RK = \frac{m}{VO} \tag{6.3}$$

gdje je:

$m$ = broj poslužitelja ili radnih stanica

Nakon što se izračunaju kapaciteti svih resursa unutar procesa, onaj resurs koji ima minimalan izlaz predstavlja **usko grlo** (*UG*), i on ograničava kapacitet cijelog procesa. Usko grlo određuje **brzinu protoka** (*BP,* engl. *flow rate*) koja pokazuje broj jedinica koje proces može proizvesti u određenom vremenu.

Također, vrijednost kapaciteta uskoga grla, odnosno brzina protoka se koristi i za izračun vremena ciklusa. **Vrijeme ciklusa** je vrijeme koje je proteklo između započinjanja i završavanja posla ili vrijeme koje se ponavlja za svaku jedinicu rada, a izračunava se prema formuli 6.4.

$$VC = \frac{1}{BP} \tag{6.4}$$

gdje su:

$VC$ = vrijeme ciklusa (maksimalno vrijeme dopušteno za jedan resurs)
$BP$ = brzina protoka

Međutim, vrijeme ciklusa može se izračunati i iz ukupnog vremena kojeg neko poduzeće ima na raspolaganju za željenu proizvodnju. Formula za izračun vremena ciklusa tada je:

$$VC = \frac{URV}{K} \tag{6.5}$$

gdje su:

$URV$ = ukupno raspoloživo vrijeme – ukupan broj minuta rada u smjeni ili u danu (primjerice, u smjeni od 8 h raspoloživo vrijeme je 480 minuta).
$K$ = raspoloživa (željena) količina proizvodnje

[173] O kapacitetima, njihovom planiranju, mjerenju i raspoređivanju bit će više riječi u poglavlju 13.

Iz formule 6.4. lako se može izračunati brzina protoka (formula 6.6)

$$BP = \frac{1}{VC} \tag{6.6}$$

**Ukupno vrijeme obrade (vrijeme protoka)** je vrijeme koje je potrebno da jedinice prođu kroz sustav (od ulaska do završetka procesa), a izračunava se prema formuli 6.7.

$$UVO = K * VC \tag{6.7}$$

gdje su:

$UVO$ = ukupno vrijeme obrade (vrijeme protoka)
$K$ = broj jedinica (proizvodi ili klijenti)

Iz poznatog vremena obrade i vremena ciklusa moguće je izračunati **potrebni kapacitet** (*PK*), odnosno broj radnih postaja ili radnika koji su nužni da bi se realizirala željena količina proizvodnje (formula 6.8)

$$PK = \frac{UVO}{VC} \tag{6.8}$$

I na kraju, važno je vidjeti kolika je efikasnost postojećeg toka procesa. To se utvrđuje izračunom stupnja iskorištenosti kapaciteta, pri čemu je ponovo važan podatak vezan za output uskog grla. Izračun stupnja iskorištenosti kapaciteta radi se prema formuli 6.9.

$$IK_{\%} = \frac{BP}{RK} * 100\% \tag{6.9}$$

gdje su:

$IK_{\%}$ = stupanj iskorištenost kapaciteta
$BP$ = brzina protoka
$RK$ = raspoloživi kapacitet resursa

U osnovi, formula 6.9. pokazuje da je stupanj iskorištenosti kapaciteta određen brojem jedinica koje su izašle iz procesa u odnosu na maksimalan broj jedinica koje su se mogle proizvesti u jedinici vremena.

Pokazatelj iskorištenosti kapaciteta, u situaciji kada usko grlo determinira izlaz, može pomoći u pronalaženju načina kako regrupirati/preraspodijeliti aktivnosti da se proizvede naručena količina. Ukoliko se pak unaprijed zna da je neki resurs usko grlo, njegova iskorištenost tada je 100 %, pa je, prema formuli 6.9, brzina protoka jednaka kapacitetu uskoga grla:

$$IK_{\%} = \frac{BP}{RK} * 100 \rightarrow 100 = \frac{BP}{RK} \rightarrow BP = RK = UG$$

Dakle, kako se vidi iz prethodnog, kada se identificira resurs koji je usko grlo, onda kapacitet tog resursa zapravo definira i brzinu protoka procesa. Ukoliko se proces treba ubrzati, on se ubrzava na uskom grlu.

U nastavku će se prikazati nekoliko primjera izračuna ciklusa proizvodnje, potrebnog i raspoloživog kapaciteta, te drugih pokazatelja povezanih s poboljšanjem procesa.

### *Primjer 6.1. Izračun vremena ciklusa i potrebnog kapaciteta*

Tjedno se u Zagrebu traži izrada 1.600 putovnica. Radnik na izradi putovnica radi 8 sati dnevno, odnosno 40 sati tjedno. Treba izračunati vrijeme ciklusa i potrebni kapacitet.

PRISTUP: Za izračun vremena ciklusa koristit će se formula 6.5. Prema njoj, vrijeme ciklusa iznosi 1,5 min.

RJEŠENJE:

$$VC = \frac{40}{1.600} = 0,025 \text{ sati} = 1,5 \text{ min}$$

Kako je u primjeru vidljivo, u izradi putovnica radi samo jedan radnik. Ako jedan radnik nije u mogućnosti izraditi jednu putovnicu za 1,5 minutu, odnosno njih 40 u sat vremena (60 min/1,5 min), onda očito nešto treba poduzeti. Da bi se to provjerilo potrebne su dodatne informacije, a to su: koje aktivnosti treba napraviti i koliko one traju.

Budući da za putovnicu trebaju razne provjere, potpisi i sama izrada dokumenta, zbroj svih aktivnosti je zapravo 30 minuta po putovnici. Kako su u ovom primjeru resursi ljudi, pod potrebnim kapacitetom će se podrazumijevati broj ljudi potrebnih da bi se posao obavio. Za određivanje potrebnog broja ljudi koristit će se formula 6.8., s tim da je ovdje potrebno definirati koji je to minimalan broj ljudi koji trebaju raditi da bi se zadovoljila potražnja za putovnicama.

$$PK = \frac{UVO}{VC} = \frac{30 \text{ min}}{1,5 \text{ min}} = 20 \text{ ljudi}$$

UOČENO: Kako se vidi, potrebno je 20 ljudi da bi se zadovoljila potražnja od 1.600 putovnica tjedno.

Analiza procesa započinje snimanjem njegova toka. Pod snimanjem se podrazumijeva označavanje, odnosno evidentiranje aktivnosti tog procesa i mjerenje njihovog trajanja. Aktivnosti koje se odnose na rad mogu biti dodijeljene jednom ili većem broju izvršitelja, pa i to treba uzeti u obzir prilikom utvrđivanja outputa raspoloživog kapaciteta. U nastavku će se prikazati nekoliko primjera proračuna raspoloživog kapaciteta i uskoga grla, te iskorištenosti kapaciteta. Počinje se s primjerom izračuna izlaza (outputa) raspoloživog kapaciteta.

### *Primjer 6.2. Izračun raspoloživog kapaciteta*

Da bi se pokazalo kako se može izračunati raspoloživi kapacitet, uzet će se ranije navedeni primjer proizvodnje sendviča. U procesu proizvodnje sendviča bila su zaposlena tri radnika, što se vidjelo na dijagramu toka na slici 6.3. Ukupno vrijeme usluživanja klijenta u tom procesu iznosilo je 120 sekundi/klijentu (37 s + 46 s + 37 s). Temeljem ovog podatka može se izračunati raspoloživi kapacitet prema formuli 6.2.

$$RK = \frac{1}{VO} = \frac{1}{120\ \text{s/klijentu}} = 0,00833 \frac{\text{klijenata}}{\text{s}} * 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{sat}} = 30\ \text{klijenata/sat}$$

Raspoloživi kapacitet pokazuje koliko se maksimalno jedinica može obraditi u jedinici vremena, a to je u ovom slučaju 30 klijenata na sat.

U nastavku će se dati nekoliko primjera izračuna raspoloživog kapaciteta pojedinačnog resursa karakterističnog za dotični proces (tablica 6.1). Za izračun se koristila formula 6.2.

***Tablica 6.1. Proračuni raspoloživog kapaciteta iz vremena operacija***

| **Aktivnost** | **Vrijeme operacije** (*VO*) | **Kapacitet resursa** |
|---|---|---|
| Ispis postera u boji | 10 s/posteru | $= \frac{1\ poster}{10\ s} * 60 \frac{s}{min} * 60 \frac{min}{sat} = 360 \frac{postera}{sat}$ |
| Odgovaranje u pozivnom centru | 6 min/klijentu | $= \frac{1\ klijent}{6\ min} * 60 \frac{min}{sat} = 10\ klijenata/sat$ |
| Operacija srca | 4 sata/ pacijentu | $= \frac{1\ pacijent}{4\ sata} * 8 \frac{sati}{radni\ dan} = 2\ pacijenta/dan$ |
| Instalacija retrovizora na automobilu | 50 s/autu | $= \frac{1\ auto}{50\ s} * 60 \frac{s}{min} * 60 \frac{min}{sat} = 72\ auta/sat$ |
| Izdavanje jednostavnog poslovnog kredita | 40 min/kreditu | $= \frac{1\ kredit}{40\ min} * 60 \frac{min}{sat} * 8 \frac{sati}{radni\ dan} = 12 \frac{kredita}{dan}$ |
| Odgovaranje u bankovnom pozivnom centru | 5min/ transakciji | $= \frac{1\ transakcija}{5\ min} * 60 \frac{min}{sat} * 8 \frac{sati}{radni\ dan} = 96 \frac{transakcija}{dan}$ |
| Susret s liječnikom opće prakse | 15min/ pacijentu | $= \frac{1\ pacijent}{15\ min} * 60 \frac{min}{sat} * 8 \frac{sati}{radni\ dan} = 32 \frac{pacijenta}{dan}$ |

### *Primjer 6.3. Utvrđivanje raspoloživog kapaciteta, uskoga grla i stupnja iskorištenosti kapaciteta*

Poduzeće u kojem se šivaju košulje dobilo je narudžbu za 172 košulje. Prije nego se utvrdi mogućnost njihove proizvodnje, utvrdit će se raspoloživi kapacitet, njegova iskorištenost, te postojanje uskog grla. Proces izrade košulja sastoji se od 4 aktivnosti rada: rezanje, šivanje trupa, ušivanje kragne i pakiranje. Izmjerena vremena trajanja rada za jednu jedinicu (košulju) prikazana su u tablici 6.2. U ovom trenutku će se zanemariti vrijeme prenošenja jedinice od jedne do druge stanice, dakle vrijeme koje ne dodaje novu vrijednost, što znači da vrijeme operacije sadržava samo vrijeme rada.

***Tablica 6.2. Trajanje aktivnosti za jednu košulju***

| Korak | Aktivnost | min/košulji (*VO*) |
|---|---|---|
| 1 | Rezanje | 12,5 |
| 2 | Šivanje trupa | 10 |
| 3 | Šivanje kragne | 15 |
| 4 | Pakiranje | 5 |
| **Ukupno** | | **42,5** |

RJEŠENJE: U započetom primjeru najprije treba izračunati **raspoloživi kapacitet** (formula 6.2), kao inverziju vremena trajanja operacije. Izračunati raspoloživi kapacitet prikazan je u tablici 6.3.

***Tablica 6.3. Raspoloživi kapaciteti u procesu šivanja košulja***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u min/košulji | Raspoloživi kapacitet |
|---|---|---|---|
| 1 | Rezanje | 12,5 | $= \frac{1\ košulja}{12{,}5\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} * 5\ \frac{dana}{tjednu} = 192\ \frac{košulje}{tjedno}$ |
| 2 | Šivanje trupa | 10 | $= \frac{1\ košulja}{10\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} * 5\ \frac{dana}{tjednu} = 240\ \frac{košulje}{tjedno}$ |
| 3 | Šivanje kragne | 15 | $= \frac{1\ košulja}{15\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} * 5\ \frac{dana}{tjednu} = 160\ \frac{košulje}{tjedno}$ |
| 4 | Pakiranje | 5 | $= \frac{1\ košulja}{5\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} * 5\ \frac{dana}{tjednu} = 480\ \frac{košulje}{tjedno}$ |
| **Ukupno** | | **42,5** | **Usko grlo: šivanje kragne = 160 košulja** |

Iz izračuna u tablici 6.3. vidi se da najmanje košulja izlazi iz trećeg koraka procesa (šivanje kragne) koji ujedno i najduže traje. To znači da je radnik ili radnica koja šije kragne, usko grlo. Ili, drugačije rečeno, iz ovog procesa može izaći maksimalno 160 košulja, jer radnik u trećem koraku procesa ograničava kapacitet cijelog procesa te određuje brzinu protoka koja u ovom slučaju iznosi 160 košulja.

Podatak da u procesu postoji usko grlo važan je za izračun **stupnja iskorištenosti kapaciteta**. Ta informacija će pomoći da se nađe način kako regrupirati aktivnosti za proizvodnju potrebne količine košulja. Iskorištenost kapaciteta izračunat će se prema formuli 6.9., a rezultati tog proračuna su u tablici 6.4.

***Tablica 6.4. Trajanje aktivnosti po košulji, raspoloživi kapaciteti i iskorištenost kapaciteta***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u minutama/košulji | Raspoloživi kapacitet | Stupanj iskorištenosti kapaciteta u % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Rezanje | 12,5 | 192 | 160/192=83,3 % |
| 2 | Šivanje trupa | 10 | 240 | 160/240=66,6 % |
| 3 | Šivanje kragne | 15 | 160 | 160/160=100 % |
| 4 | Pakiranje | 5 | 480 | 160/480=33,3 % |
| **Ukupno** | | **42,5** | **Usko grlo: šivanje kragne = 160 košulja** | |

Temeljem izračuna stupnja iskorištenosti kapaciteta u tablici 6.5, vidi se da je moguće kombinirati aktivnosti 2 i 3, tako da dva radnika rade obje aktivnosti. Tada bi svakom od tih radnika trebalo po 25 minuta da obave posao (10 min + 15 min), a raspoloživi kapacitet spojenih aktivnosti bi se izračunao prema formuli 6.3.

$$RK = 2 \text{ radnika} * \frac{60\frac{\text{min}}{\text{satu}} * 8\frac{\text{sati}}{\text{danu}} * 5\frac{\text{dana}}{\text{tjednu}}}{25\frac{\text{min}}{\text{košulji}}} = 192 \text{ košulje/tjedan}$$

Tablica 6.4. sada postaje tablica 6.5.

***Tablica 6.5. Trajanje aktivnosti po košulji, raspoloživi kapacitet i stupanj iskorištenosti kapaciteta s preraspodjelom posla***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u minutama/košulji | Raspoloživi kapacitet | Stupanj iskorištenosti kapaciteta (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Rezanje | 12,5 (1 radnik) | 192 | 192/192=100 % |
| 2 | Šivanje trupa + šivanje kragne | 25 (2 radnika) | 192 | 192/192=100 % |
| 3 | Pakiranje | 5 (1 radnik) | 480 | 192/480=40 % |
| **Ukupno** | | **42,5** | **Usko grlo = 192 košulje** | |

Pitanje koje je postavljeno na početku odnosilo se na to hoće li postojeći, odnosno raspoloživi kapacitet biti dovoljan za preuzetu narudžbu od 172 košulje, s obzirom da u ovom procesu postoji usko grlo. Vidjelo se u tablici 6.3. da je propusnost sustava samo 160 košulja (onoliko koliko može proći kroz usko grlo). Stoga je nužno povećati propusnost uskog grla. To se može napraviti tako da se poveća broj izvršitelja na onom mjestu koje stvara usko grlo, što se napravilo u tablici 6.5.

Za narudžbu od 172 košulje tjedno, sada treba izračunati vrijeme ciklusa prema formuli 6.5.

$$VC = \frac{URV}{K} = \frac{5 \text{ dana}^* \ 8 \text{ sati}^* \ 60 \text{ min}}{172 \frac{\text{košulje}}{\text{tjednu}}} = 13,96 \text{ min/košulji}$$

Prema izračunatom vremenu ciklusa vidi se da niti jedna aktivnost ne bi smjela trajati duže od 13,96 minuta. Za prvu aktivnost se vidi da se ona realizira unutar izračunatog ciklusa (12,5 min). Kako su sada dva radnika na procesu od 25 minuta, to na svakog radnika otpada 25/2 = 12,5 minuta, pa se zaključuje da se ovom kombinacijom aktivnosti sada može zadovoljiti tražena potražnja od 172 košulje tjedno.

U prethodnim izračunima vrijeme operacije nije sadržavalo vrijeme potrebno za zamjenu alata (u ovom primjeru zamjena veličine košulje), što znači da je vrijeme operacije bilo jednako vremenu rada. Međutim, vrijeme zamjene alata se u stvarnosti mora ukalkulirati ($V_{PP}$ iz formule 6.1). U ovom primjeru to se jednostavno može napraviti tako da se u nazivnik formule 6.2. doda vrijeme zamjene alata. Pod pretpostavkom da to vrijeme za aktivnost 'rezanje' iznosi 22 minute, kapacitet procesa rezanja košulja više neće biti 192 košulje tjedno, jer se u nazivnik moraju dodati 22 minute, koliko traje promjena kalupa za drugu veličinu košulje. Kod ostalih aktivnosti zastoji i vremena prenošenja sa stroja na stroj su zanemarivi. Raspoloživi kapacitet izrađenih košulja sada iznosi 69 košulja tjedno:

$$RK_{\text{rezanja}} = \frac{1 \text{ košulja}}{22 \text{ min} + 12,5 \text{ min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{sat}} * 8 \frac{\text{sat}}{\text{dan}} * 5 \frac{\text{dana}}{\text{tjednu}} = 69,56 \text{ košulje/tjednu}$$

Dakle, u nazivnik su dodane 22 min koliko traje zamjena kalupa plus redovnih 12,5 min koliko treba za izrezati košulje.

Budući da se ne isplati raditi košulju po košulju, obično se košulje režu u serijama. Pod pretpostavkom da se rade serije po pet košulja, dobije se sljedeći raspoloživi kapacitet:

$$RK_{\text{rezanja}} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{satu}} * 8 \frac{\text{sati}}{\text{danu}} * 5 \frac{\text{dana}}{\text{tjednu}}}{22 \text{ min} + \left(5 \frac{\text{košulja}}{\text{seriji}} * 12,5 \frac{\text{min}}{\text{košulji}}\right)} = 28,4 \frac{\text{serije}}{\text{tjednu}} * 5 \frac{\text{košulja}}{\text{seriji}} = 142 \text{ košulje/tjednu}$$

Sada se usko grlo s procesa 2 prebacilo na proces 1 (rezanje) jer je prije raspoloživi kapacitet rezanja i šivanja trupa iznosio po 192 košulje na tjedan, a sada kada se uračunalo i vrijeme pripreme stroja, raspoloživi kapacitet se smanjio na 142 košulje tjedno. Kako sada ova aktivnost ima najmanji kapacitet, ona je postala usko grlo, što se vidi u tablici 6.6.

***Tablica 6.6. Karakteristike procesa šivanja ako se uračuna vrijeme pripreme stroja***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u minutama/košulji | Raspoloživi kapacitet | Stupanj iskorištenosti kapaciteta (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Rezanje | 12,5 (1 radnik) | 142 | 142/142=100 % |
| 2 | Šivanje trupa + šivanje kragne | 25 (2 radnika) | 192 | 142/192=74 % |
| 3 | Pakiranje | 5 (1 radnik) | 480 | 142/480=30 % |
| **Ukupno** | | **42,5** | **Usko grlo = 142 košulje** | |

Upravi su sada na raspolaganju dvije mogućnosti: ili povećati serije (da se manje vremena troši na zamjenu alata) ili skratiti vrijeme zamjene alata.

U prethodnom primjeru vidio se proračun kapaciteta ako dvoje ili više ljudi radi istu aktivnost. Pokazalo se da je kombinacija više ljudi za neku aktivnost korisna, jer smanjuje potrebno vrijeme obrade, odnosno povećava brzinu protoka sustava.

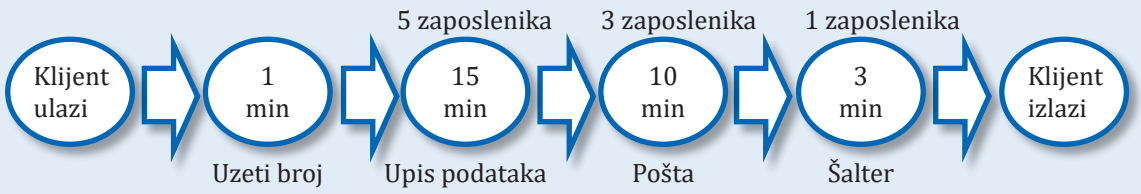
U primjeru 6.3. vidjelo se da usko grlo određuje maksimalnu propusnost jednog sustava. Utvrđivanje uskog grla u radnom procesu relativno je lako kada samo jedan radnik ili samo jedan stroj radi pojedinu aktivnost. Usko grlo bit će ona aktivnost koja najduže traje. Međutim, ako na poslovima radi više radnika ili strojeva, onda usko grlo nije uvijek jednostavno utvrditi. U primjeru 6.4. prikazat će se postupak utvrđivanja uskoga grla kada više radnika ili strojeva radi na pojedinim poslovima.

***Primjer 6.4. Identificiranje uskoga grla kada u jednom procesu sudjeluje više resursa***

Za ovaj primjer uzet će se proces izrade vozačkih dozvola, čiji tok je opisan u nastavku. Kada klijent uđe u policijsku postaju, uzima broj i gleda na terminal da vidi gdje treba čekati i koji je broj na redu. Taj proces traje 1 minutu. Zatim klijent podiže odgovarajuće formulare koje popunjava. U ovoj fazi procesa radi pet referenata koji pomažu pri ispunjavanju formulara. Klijentu u pravilu treba 15 minuta da popuni formulare. Klijent zatim ide u poštu platiti potrebne takse. Tu radi troje službenika. Za plaćanje taksi treba u prosjeku 10 minuta. Naposljetku klijent ide u novi red i čeka da službenik/ca sa šaltera za vozačke dozvole, gdje se pregledavaju svi dokumenti, prozove njegov broj.. Ako su svi dokumenti u redu, izdaje se nova vozačka dozvola. Taj proces traje 3 minute. Kod ovog primjera treba proračunati koliko vremena treba da se obradi 20 zahtjeva za vozačku dozvolu.[174]

PRISTUP: Najprije će se prikazati dijagram toka izdavanja vozačke dozvole temeljem navoda u primjeru (slika 6.7).

[174] Modificirano prema: Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit.* str. 52.




***Slika 6.7. Dijagram toka izrade vozačke dozvole***

RJEŠENJE: Proračun raspoloživog kapaciteta prikazan je u tablici 6.7.

***Tablica 6.7. Raspoloživi kapacitet***

| Aktivnost | Broj službenika | Trajanje u min | Raspoloživi kapacitet |
|---|---|---|---|
| Uzeti broj | 1 | 1 | $= \frac{1\ klijent}{1\ min} = 1\ klijent/minuti$ |
| Popunjavanje obrazaca | 5 | 15 | $= \frac{1\ klijent}{15\ min} * 5\ službenika = 0{,}33\ klijenta/minuti$ |
| Pošta | 3 | 10 | $= \frac{1\ klijent}{10\ min} * 3\ službenika = 0{,}3\ klijenta/minuti$ |
| Šalter | 1 | 3 | $= \frac{1\ klijent}{3\ min} * 1\ službenika = 0{,}33\ klijenta/minuti$ |
| **Ukupno** | | **29 min** | **Usko grlo: pošta = 0,3 klijenta po minuti** |

Prema izračunima raspoloživog kapaciteta, vidi se da promatrani proces ima usko grlo. To je ona aktivnost ili resurs koji ima najmanji izlaz, odnosno to je pošta koja može obraditi 0,3 klijenta u minuti. Kako je vrijeme ciklusa obrnuto proporcionalno brzini protoka kojeg definira usko grlo, onda se lako može izračunati vrijeme ciklusa (prema formuli 6.4).

$$VC = \frac{1}{BP} = \frac{1}{0,3} = 3,33$$

Vrijeme ciklusa iznosi 3,33 min/klijentu. Sada se može izračunati vrijeme potrebno za izradu 20 vozačkih dozvola. To vrijeme se izračunava se prema formuli 6.7.

$$UVO = K * VC = 20 * 3,33 = 66\ \text{min i } 36\ \text{s}$$

Za obradu 20 klijenata kojima treba izdati vozačku dozvolu bit će potrebno 66 min i 36 s.

Nakon razrađenih primjera u kojima se analizirao proces i identificirala mjesta mogućeg poboljšanja, u nastavku će se dati općenite preporuke kako na temelju dijagrama toka i izračuna performansi procesa poboljšati proces.

## 6.5. POBOLJŠANJE PROCESA

U poglavlju 20. raspravlja se o važnosti poboljšavanja poslovnih operacija, pristupima poboljšavanju, te alatima poboljšavanja, dok je ovdje naglasak na proizvodnim/uslužnim operacijama ili onima koje su neposredno vezane za proizvodnju. U tom će se smislu objasniti preporuke vezane za poboljšanje i važnost implementacije poboljšanog procesa.



### 6.5.1. Preporuke za poboljšanje

Gotovo svaki proces u poduzeću je moguće poboljšati. Promjene su moguće u svim fazama procesa, ali i kod inputa, opreme, organizacije, dobavljača. Kod izbora procesa koji se želi poboljšati, treba voditi računa o efektima koje će ta poboljšanja donijeti. Posebno treba uzeti u obzir tzv. kritične procese. Kritični procesi su kritični upravo zato što njihovo izvođenje zahtijeva neki ograničeni resurs ili izaziva usko grlo. Kod takvih procesa, bilo da je riječ o proizvodnji ili uslugama, vrijedi izreka „Vrijeme je novac". Naime, što je duže materijal na zalihama, to su veći troškovi, ili što klijent duže čeka, to se povećava vjerojatnost da mu dosadi i ode kod drugog ponuditelja usluge. Cilj poboljšanja svakog procesa je smanjiti vrijeme ciklusa.

Često je usko grlo uzrok dugog ciklusa proizvodnje. Vrijeme ciklusa proizvodnje (dakle vrijeme koje obuhvaća namještanje alata, vrijeme rada strojeva na seriji proizvoda i međufazna čekanja) može se katkada smanjiti i bez potrebe da se nabavi dodatni stroj kao rješenje uskoga grla. Za to stoji na raspolaganju pet koncepata: 1. što više poslova raditi paralelno, 2. promijeniti redoslijed aktivnosti, 3. smanjiti smetnje i prekide, 4. smanjiti dupliciranje poslova i 5. smanjiti vrijeme pripreme strojeva za novu seriju. Ove koncepte moguće je kombinirati, tako da se može dobiti više rješenja za poboljšanje procesa. Svaki od koncepata kratko će se objasniti u nastavku.

**1. Što više poslova raditi paralelno**. Većinom se poslovi obavljaju sekvencijalno što rezultira time da se u procesu javlja dosta "neiskorištenog vremena". Stoga najprije treba zbrojiti vremena svih aktivnosti (rada, transporta i premještanja, čekanja, kontrole), a zatim preraspodijeliti zadatke tako da se što više toga napravi paralelno. To se lijepo vidjelo na primjeru šivanja košulje kada se dva radnika preraspodijelilo da rade veći dio košulje umjesto da onaj koji je šivao trup proizvodi brže i blokira sljedeću stanicu, tj. radnika koji šiva kragne.

Klasičan primjer posla čije se aktivnosti mogu raditi paralelno je u razvoju novog proizvoda. Umjesto da se prvo napravi koncept, pa nacrtaju sheme proizvoda u odgovarajućem softverskom alatu, pa složi sastavnica dijelova itd., oformi se tim za razvoj novog proizvoda i sve se radnje rade paralelno. Time se značajno skraćuje vrijeme razvoja novog proizvoda i svi mogući problemi rješavaju se odmah od strane članova tima.

**2. Promijeniti redoslijed aktivnosti**. Promjena redoslijeda aktivnosti može dovesti do značajnih ušteda vremena. Ovo je moguće napraviti kod onih aktivnosti gdje se događa veliko kretanje dokumenata i/ili proizvoda, naprijed i nazad, između strojeva, ljudi, odjela i dr. Ovo je posebno vidljivo u onim situacijama kada treba dobiti više potpisa na neki dokument. Međutim, ovaj se koncept ne može svugdje primijeniti, posebno ne u procesima gdje je redoslijed zadan i ne može (ne smije) se mijenjati. Tako u primjeru šivanja košulja, bez rezanja ne može niti započeti šivanje.

**3. Smanjiti smetnje i prekide**. Mnogi procesi se odvijaju s velikim vremenskim intervalima među njima. Primjerice, narudžbe za nabavu novih sirovina rade se svakih nekoliko dana. Ako dostava novih sirovina kasni, proizvodnja će imati prazan hod od nekoliko dana. Ovo se naziva „gladovanje", tj. resursi (ljudi i strojevi) su neiskorišteni, jer nema jedinica na kojima bi radili.

**4. Eliminirati dupliciranje poslova**. Mnogi podsistemi, svaki radeći svoje zadatke, zapravo utječu na zadatke nekog drugog podsistema u poduzeću. Nekada, kada konkurencija nije bila tako jaka, moglo se dogoditi da se u radnim centrima rade isti poslovi, jer su jednostavno bili međusobno blizu (bez prenošenja) i cijeli je proces u radnom centru išao brže. Danas, s modernom informatičkom tehnologijom, svim se poslovima upravlja s centraliziranog mjesta, zalihe su male i „vitke" i nastoji se pomoću računalne tehnologije eliminirati duple poslove i pripadajuće zalihe u radu. Tako rade najbolji, ali u praksi će se i dalje naći malih poduzeća koji dupliciraju poslove jer su mali, a samim time i puno fleksibilniji od većih poduzeća. To ne znači da i mala proizvodna poduzeća ne bi trebala pratiti najbolje prakse i pokušati eliminirati dupliciranje poslova.

**5. Smanjiti vrijeme za promjenu serije**. Jedan od načina smanjenja ciklusa proizvodnje je smanjenje vremena pripreme strojeva za novu seriju proizvoda. Naravno, ima situacija gdje je vrijeme pripreme strojeva (zamjene alata ili kalupa) gotovo nemoguće smanjiti. Većina zapadnih kompanija riješila je taj problem kupnjom više strojeva, pri čemu se svaka serija proizvodi na drugom stroju. U tvrtkama gdje to nije moguće ide se na smanjenje vremena izmjene alata. Primjerice, Toyota je tvrtka koja se angažirala na pronalaženju načina smanjenja vremena pripreme strojeva, a zasluga za to pripada Shigeo Shingu. Shingo (inženjer u Toyoti) smislio je način prozvan SMED (*Single minute Exchange of Dies*) koji se zasniva na sljedeća četiri principa:

- **Odvojiti internu od eksterne pripreme strojeva.** ***Interna priprema*** je priprema koja se mora vršiti dok stroj ne radi. ***Eksterna priprema*** je priprema koja se može vršiti dok stroj radi. Dok stroj završi s radom, radnik je već trebao dovršiti eksternu pripremu i može početi na internoj pripremi. Samo primjena ovog koraka može skratiti vrijeme pripreme za 30 do 50 %.
- **Pretvoriti internu pripremu u eksternu pripremu.** Ovaj korak sastoji se u tome da se određene pretpostavke vezane za rad stroja pripreme unaprijed. To se može odnositi na prikupljanje adekvatnog alata i pribora, prethodno zagrijavanje kalupa, standardizaciju visine i slično.
- **Ubrzati sve korake pripreme.** Eksterna priprema se značajno ubrzava time da je radno mjesto prikladno organizirano, da su svi alati blizu mjesta na kojem će se upotrebljavati, te da se strojevi i pribor redovito održavaju. Interna priprema se može smanjiti tako da se sam proces interne pripreme pokuša pojednostavniti ili čak eliminirati. Moderni strojevi danas imaju programirano nekoliko različitih varijanti rada pa je danas ova interna priprema kod većine strojeva mala. Međutim, takvi su se strojevi počeli proizvoditi tek kada je vitki menadžment postao popularan.
- **Provoditi paralelno aktivnosti pripreme ili ih u potpunosti eliminirati.** Dodatna osoba za vrijeme pripreme stroja može značajno smanjiti vrijeme pripreme stroja. U većini slučajeva, dvoje će ljudi napraviti posao dvostruko brže od jednog. Također, ako je sve standar-

dizirano (dijelovi, komponente, alati), može se smanjiti, a katkada u potpunosti eliminirati, vrijeme pripreme stroja.[175]

Kako bi se skratilo vrijeme pripreme strojeva najbolje je osnovati „tim za skraćenje pripreme stroja koji se sastoji od radnika na tom stroju i inženjera. Optimalno je da se proces pripreme stroja snimi i da tim kroz oluju mozgova (engl. *brainstorming*) dođe do ideje kako bi se postojeći proces pripreme stroja mogao skratiti. Nakon što se dogovori novi postupak pripreme, on se mora vježbati dok se ne usavrši (baš kao što glazbenici i sportaši ne idu na pozornicu ili sportski teren bez vježbanja).[176]



## 6.5.2. Implementiranje poboljšanih procesa

Projekti poboljšanja, bilo da se radi o reorganizaciji, kupnji nove tehnologije, odgovoru na konkurenciju, počinju tako da vrhovni menadžment uvidi potrebu za projektom poboljšanja. Razlog zbog kojeg takvi projekti započinju od samog vrha leži u činjenici da nitko osim vrhovnog menadžmenta nema autoritet nad svim poslovima u poduzeću. Tako je direktor pogona nadležan samo svojim radnicima i ne može ništa nalagati radnicima iz marketinga, ali će provedba novog poboljšanog procesa zasigurno imati utjecaj na različite odjele. Prema tome, uprava započinje projekt i bira tim koji će biti odgovoran za oblikovanje novih procesa, te koji će kasnije nadgledati provedbu implementacije novoga rješenja (slika 6.8).[177]

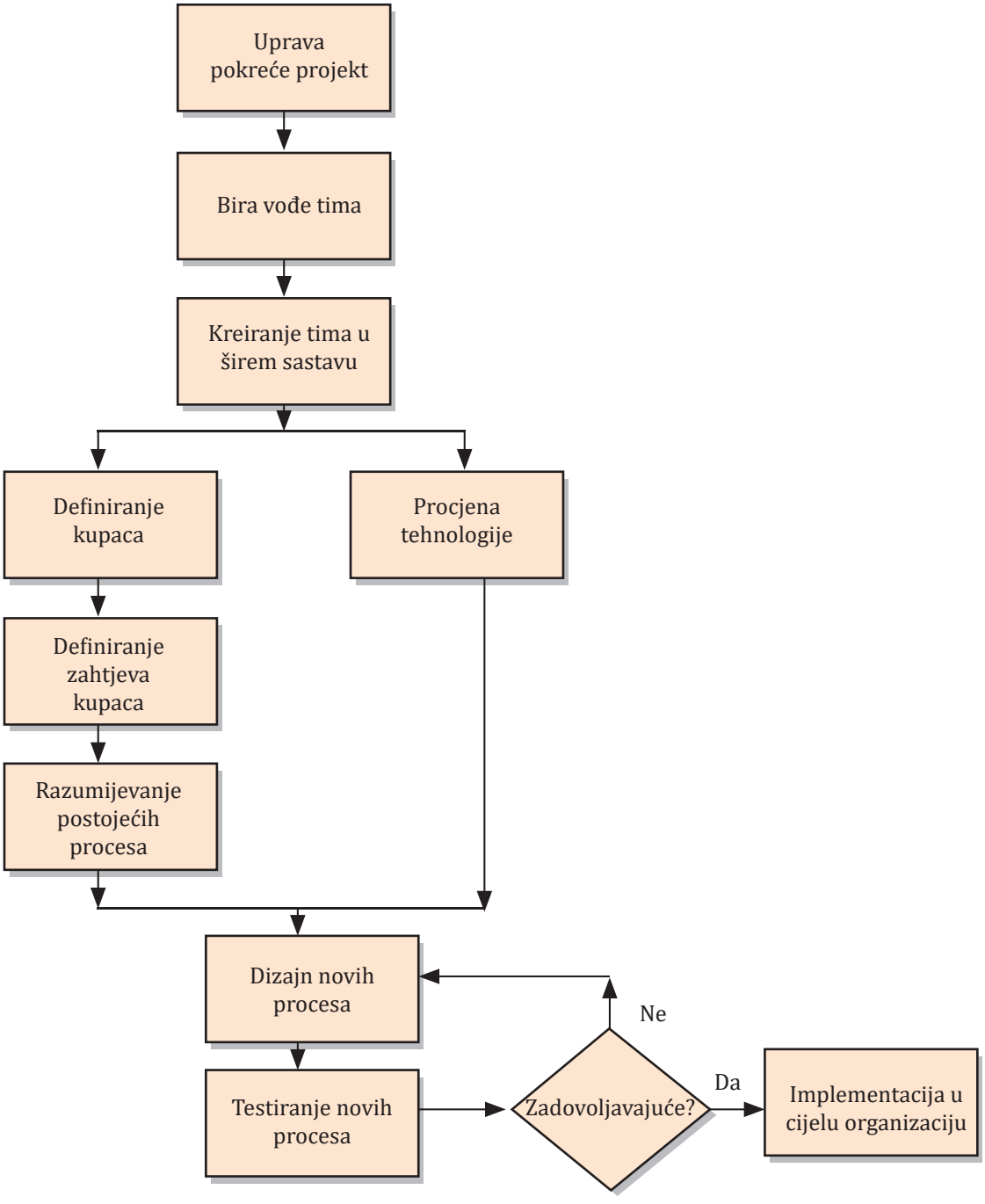
Idealno je da tim za provedbu ovakvih projekata ima između 5 i 12 članova i da oni budu iz različitih odjela. Među njima mogu biti i vanjski konzultanti. Prvo što tim treba napraviti jeste skicirati procese koji će se poboljšati, te razmotriti tehnologiju koja im stoji na raspolaganju. Zatim treba popisati zahtjeve kupaca. Ovdje se ne misli na krajnje kupce nego na sljedećeg radnika u procesu koji je u stvari kupac inputa prethodnog radnika.

Kada je napravljena analiza svih kupaca i njihovih zahtjeva te procijenjena dostupna tehnologija, nacrta se dijagram toka postojećeg stanja, te se evidentiraju moguća ograničenja. Primjerice, ako nova tehnologija zahtijeva dugotrajnu edukaciju, a projekt mora biti gotov u nekoliko mjeseci, onda ta tehnologija kao rješenje ne dolazi u obzir (ta tehnologija je ograničenje). Nakon ovoga može se napraviti (nacrtati) novi poboljšani dijagram toka. Sva druga pitanja koja može prouzročiti novo poboljšano stanje, kao što su ekonomska, politička i socijalna, u ovoj se fazi ne bi smjela uzimati u obzir. Ona se razmatraju tek u fazi donošenja odluke o implementaciji novoga rješenja.

Kada se usvoji novo rješenje, sljedeći korak je njegovo testiranje. Testiranje se vrši na način da se poboljšane procese uvede u jednu jedinicu poduzeća te da se nakon ispravaka grešaka provede promjena u cijelom poduzeću.

---

175 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *op.cit*. str. 731.
176 Autorica, na temelju sudjelovanja na lean menadžment radionici.
177 Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *Introducing Operations Management.* Wiley. str. 124.




***Slika 6.8. Od ideje o projektu poboljšanja do njegove realizacije***

Iz gornje analize vidljivo je da postoje tri vodeće uloge u provedbi poboljšanja procesa, a to su predsjednik uprave ili vođa, vlasnici projekta i širi projektni tim.

Nakon što su odabrani „vlasnici" projekta i to obično iz uprave poduzeća, oni biraju svoje suradnike. Vlasnici projekta su ljudi iz organizacije koji imaju ingerencije preko više odjela tako da

kada nastupe problemi, a uvijek nastupe, mogu ih odmah riješiti . Širi tim onda ima operativni zadatak istraživanja tko su kupci, koji su njihovi zahtjevi, te crtanje dijagrama toka postojećih procesa. Vrlo često se taj posao svodi na hodanje sa štopericom i olovkom u ruci kako bi se snimili postojeći procesi.

Vrlo je bitno shvatiti procese, a ne ih odmah analizirati. Cilj snimanja stanja je utvrditi što se radi, a ne kako, jer je upravo to ono što se želi promijeniti. Pogotovo se pri snimanju stanja radnike ne smije pitati zašto rade taj specifični zadatak, jer to odmah izaziva defanzivnost.



Analiza postojećih procesa ide nakon snimanja stanja i preporučljivo je da ne traje duže od šest tjedana. Neki konzultanti će generirati jako puno papira, jer onda izgleda da su puno radili. Poželjno je da sva dokumentacija bude u grafovima i da pojedini proces, koliko god kompleksan, ne prijeđe 10 stranica. Paralelno s time ide i analiza tržišta u smislu nalaženja opreme koja najviše odgovara ovom poduzeću.

U nastavku će se pojasniti pojedine uloge u projektima poboljšanja.

**Vođa projekta.**[178] Projekti poboljšanja ili nabave nove tehnologije gotovo se uvijek i isključivo pokreću na inicijativu uprave poduzeća, ako ni zbog čega drugog, onda zbog toga što takvi projekti koštaju toliko da se za njih treba tražiti odobrenje uprave. Zbog toga se za vođu projekta obično angažira netko iz vrha uprave. Glavni zadatak vođe projekta je da jasno formulira viziju koja se želi postići tim projektom, bilo da se radi o reaktivnoj viziji (pratiti konkurenciju) ili pro aktivnoj viziji (postati još bolji).

Ovu viziju potrebno je prenijeti svim radnicima koje će ove promjene doticati. Samo formuliranje vizije nema nikakve koristi ako nitko ne zna za nju. Studije pokazuju da je veliki broj projekata propao upravo zbog nedostatka komunikacije vizije. Potrebno je puno objašnjavanja jer svi radnici ne shvaćaju odmah što se od njih očekuje. Vođa projekta mora tijekom cijeloga projekta pokazivati veliki entuzijazam i strpljenje. Sigurno će se pojaviti mnogo problema jer je ulazak u nov proces pun neizvjesnosti. Istraživanja pokazuju da kod takvih projekata vođa potroši između 20 i 50 % svog radnog vremena za rad na projektu poboljšanja.

**Vlasnici projekta.**[179] Kao što je već rečeno, niti jedan funkcionalni menadžer nema ingerenciju nad cijelim poduzećem ili nekim procesom koji se proteže kroz nekoliko odjela u poduzeću. Stoga se mora stvoriti tim koji će imati takve ovlasti. U prvom trenutku, kada se uprava poduzeća odluči na poboljšanje, ona je vlasnik projekta. Nakon toga vlasništvo nad projektom predaje timu koji analizira postojeće procese. Uobičajeno je da vođa tima za analizu postojećih procesa sam bira suradnike koji će s njim raditi na oblikovanju i implementaciji poboljšanja. Vlasnici tima su u neku ruku savjetnici i kupci posla kojeg radi njihov tim. Njih se ne smije shvaćati kao kontrolore, već kao osobe koje će uskakati kada nastupe problemi. Ovaj tim vlasnika također ima zadatak prikupiti sve potrebne resurse i dopuštenja koja će trebati širem timu za analizu i razvoj novog rješenja. Također, vlasnici projekta moraju štititi svoje članove tima od negativnih utjecaja, pogotovo od "jakih" radnika čiji je posao ugrožen novim rješenjem. Nakon što je napravljeno idejno rješenje, vlasnici projekta prezentiraju upravi novo rješenje. U tom trenutku uprava ponovo postaje

[178] Modificirano prema: Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *op.cit.* str. 128.
[179] Modificirano prema: Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *op.cit.* str. 128.

vlasnik projekta sve dok ne usvoji rješenje. Ukoliko se uprava složi (ili eventualno može tražiti još neke preinake), vlasništvo nad projektom ima tim za implementaciju poboljšanog procesa.

**Širi tim projekta poboljšanja.**[180] Ovaj tim, odabran od strane vlasnika projekta (u tom trenutku je to uprava poduzeća), zadužen je za implementaciju poboljšanog procesa. Članovi ovog tima su radnici iz poduzeća, ali i vanjski konzultanti. Unutrašnji članovi su radnici čiji će posao biti najviše promijenjen ovim poboljšavajućim projektom. Osim toga, oni su najviše upoznati s postojećim načinom rada te je njihovo znanje od ključnoga značaja. Vanjski članovi obično su konzultanti zaduženi za pomoć u provedbi projekta. Oni nemaju znanje o procesima kao unutarnji članovi, ali je njihova prednost u tome što su nepristrani. Obično pitanja koja postavljaju vanjski konzultanti izgledaju unutarnjima kao banalna pitanja, ali se pokazuje da upravo ta banalna pitanja postaju ključne ideje za poboljšanje. Vanjski konzultanti mogu biti odabrani i zbog njihovog specijaliziranog znanja, pogotovo ako se radi o informatičkoj tehnologiji. Osim toga, njih se angažira i zato što unutarnji nisu baš uvijek spremni na promjene, jer upadnu u rutinu standardnog ponašanja pa im je teško brzo prihvatiti promjene. Članovi ovoga tima rade 100 % svoga radnog vremena samo na tom projektu. Obično se za članove tima biraju najbolji radnici. Menadžeri nevoljko daju svoje najbolje radnike za takve timove, ali to je jedina garancija uspjeha. Osim toga, budući da su najbolji radnici u timu za poboljšanje, njihova je motivacija u tome da, između ostalog, sebi kreiraju novo zaposlenje.

## 6.6. ZAKLJUČAK

Analiza toka procesa je postupak kojim se promatra tok nekog procesa, tj. faze transformacije inputa u outpute. Dijagram toka je temeljni dokument kojim se analizira proizvodni ili uslužni proces. Temeljem njega moguće je vidjeti kretanje materijala i informacija unutar poduzeća. Dijagram toka mora uključivati sve operativne elemente (rad, kontrolu, zastoj, (među)skladištenje i transport) te pokazati međuodnose između njih. Cilj je uočiti sva mjesta na kojima dolazi do privremenog odlaganja (materijala, dijelova, komponenti) i stvaranja repova u kojima poslovi čekaju. Kod usluga je vrijeme čekanja najznačajniji čimbenik kojeg treba smanjiti. Ukoliko se pravilno ucrtaju svi elementi dijagrama toka, lako je uočiti gdje je moguće skratiti pojedine elemente, a koje je moguće eliminirati (po mogućnosti čekanje i skladištenje). Cilj je analize toka procesa unaprijediti proces, tako da se skrati vrijeme proizvodnje ili pružanja usluge povećavanjem rada, a smanjenjem svih ostalih elemenata (aktivnosti ili operacija) koji sudjeluju u tom procesu, ali ne stvaraju novu vrijednost (transport, kontrolu, skladištenje i čekanje/zastoj).

Još jedan princip koji treba imati na umu jest da sve što ulazi u sustav mora negdje i izaći. Ako se zamisli tvornica kao lijevak u koji se ubacuju inputi, mora se voditi računa o tome da se u lijevak ne ulijeva više nego što može proći kroz njega. Inače će se pojaviti usko grlo. Isto je i s uslugama. Ako se napravi marketinška kampanja da se privuku novi klijenti, treba voditi računa da sustav može sve te klijente i primiti, jer se u protivnom stvaraju nezadovoljni kupci. Kada se identificira usko grlo, treba pronaći način kako ga eliminirati ili povećati propusnost resursa koji je identificiran kao usko grlo. Jedan od tih načina je dodati još jedan resurs i tako povećati izlaz.

[180] Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *op.cit.* str. 129.

## 6.7. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Aktivnost ili operacija*** | Diskretan dio posla unutar cjelokupnog procesa. |
| ***B*** | |
| ***Balansiranje*** | Pregrupiranje aktivnosti i radnika da se ujednači njihova zaposlenost i osigura brži tok procesa. |
| ***Blokiranje*** | Prevelike zalihe ispred resursa. |
| ***Brzina (pro)toka*** (engl. *flow rate*) | Određena je raspoloživim kapacitetom procesa. To je količina (broj jedinica) koja se može proizvesti u jedinici vremena. |
| ***G*** | |
| ***Gladovanje*** | Neiskorištenost resursa uslijed nedostatka jedinica na kojima bi radio. |
| ***I*** | |
| ***Iskorištenost*** | Omjer vremena kada je resurs (čovjek ili stroj) radio u odnosu na maksimalno moguće vrijeme koje može raditi. |
| ***P*** | |
| ***Potrebni kapacitet*** | Kapacitet koji može zadovoljiti ugovorene obveze prema kupcima u određenom razdoblju. |
| ***Proces*** | Niz aktivnosti ili operacija kojima se provodi proces transformacije inputa u outpute. |
| ***R*** | |
| ***Raspoloživi kapacitet*** | Resurs/i na raspolaganju, bilo statički ili dinamički.<br>Broj jedinica koji se može proizvesti s resursima koje se posjeduje u jedinici vremena. Može se promatrati kao kapacitet jednog resursa ili svih resursa zajedno. |
| ***U*** | |
| ***Usko grlo*** | Definira ga aktivnost koja najduže traje i koja ima utjecaj na output cijelog procesa.<br>Odnosi se na resurs koji limitira proces, odnosno na resurs s najmanjim kapacitetom. |
| ***V*** | |
| ***Vrijeme ciklusa*** | Vrijeme koje prođe od početka do završetka nekog posla.<br>Prosječno vrijeme između završetka dviju jedinica. |
| ***Vrijeme operacije (VO)*** (engl. *operation time*) | Vrijeme potrebno da se obradi jedna jedinica zajedno s vremenom pripreme stroja. |
| ***Vrijeme protoka ili ukupno vrijeme obrade*** (engl. *throughput time*) | Vrijeme potrebno da jedinca prođe kroz sustav.<br>Vrijeme potrebno da se proizvede serija proizvoda. |

## 6.8. STUDIJI SLUČAJA

### Studij slučaja 1. Analiza toka procesa rukovanja novcem u kockarnici[181]

Vađenje novca iz automata (*slot machine*) naziva se *drop process*. On započinje kada zaštitar i voditelj *slot drop* tima uzimaju ključeve aparata s blagajne kasina, što traje otprilike 15 minuta. *Slot drop* tim sastoji se od radnika iz sobe za brojenje kovanica, zaštitara i računovođe. Voditelj tog tima, pod nadzorom zaštitara i računovođe, izvlači posudu za novac iz aparata, a nakon toga na nju stavlja naljepnicu s točnim brojem aparata kako bi se znalo kada je započeo proces vaganja, te otkuda je ta posuda došla. Proces vađenja posude traje oko 10 minuta po aparatu. Jednom kad su kolica popunjena s posudama iz 20 različitih aparata, vođa tima, zaštitari i računovođa dopremaju posude u sobu za brojenje kovanica, koje su zaključane do početka procesa brojenja. Dostava i osiguranje posuda traje oko 30 minuta.

Brojenje kovanica odvija se u određeno vrijeme poznato nadležnima za regulaciju igara. Tim za brojenje kovanica prvo važe pristigle posude (posao traje oko 10 minuta). Naime, umjesto brojanja kovanica, one se važu i iz težine se utvrđuje koliko kovanica ima u posudi. No prije toga je potrebno baždariti vagu. Težine kovanica su 10 i 25 funti (1funta = 0,45359237kg). Rezultati se uspoređuju sa zadnjim rezultatima, izračunatim kada je vaga zadnji put baždarena, kako bi se ustanovilo postoje li značajne razlike. Ako razlike postoje, nadzornik brojača kovanica mora kontaktirati osobu zaduženu za održavanje vage i kontrolni ured. Ako nema značajne razlike, proces vaganja se nastavlja.

Nakon provjere težine, svaka se posuda prazni u posudu na vagi. Koristeći se identifikacijskom oznakom na posudi iz koje je sadržaj presipan, svaki se broj aparata iz kojeg je posuda izvađena unese u program vage za pretvaranje težine kovanica, denominacijom, u specifične vrijednosti dolara koje se zabilježe u dnevnik težina zajedno s brojem aparata. Ovaj proces vaganja i snimanja traje 7 minuta po posudi. Kada se sadržaj posuda izvaže, kovanice se automatski ispuštaju na transportnu traku koja ih prenosi do uređaja za pakiranje. Kada su kovanice zamotane, svici kovanica dolaze ponovno na transportnu traku i prenose se do uređaja za konzerviranje. 25 srebrnih dolara zamota se u svitak brzinom od 10 svitaka po minuti.

U uređaju za konzerviranje, svici dolara se pakiraju u metalne ili plastične limenke koje sadrže specifične količine dolara, ovisno o denominaciji kovanica. Limenke su složene na hrpu kako bi olakšale brojenje zamotanih kovanica i sadrže 1.000 USD ili 40 svitaka te je potrebno 5 minuta da se one upakiraju i poslože. Kada je proces vaganja završio, računalna vaga izrađuje sumarni izvještaj zbrajanjem ukupnih vrijednosti. Ukupni se iznosi bilježe u izvješće o težini (*weigh/wrap* izvještaji) čija izrada traje oko 5 minuta.

Kada je proces vaganja, umatanja i konzerviranja završen, započinje proces brojanja po denominaciji. Ukupne vrijednosti ponovno se bilježe u izvješće. Izračunavaju se razlike u iznosima dolara i postocima od ukupnog, početno prebrojanog iznosa. Ako pogreške iznose više od ± 2 %, tj. 1.000 USD ili više, moraju biti istražene od strane nadglednika za brojanje kovanica koji u tom slučaju piše izvješće. Ako ne postoje značajnija odstupanja, svi članovi blagajna kasi-

[181] Chase, R. B., Jacobs, F. R. i Aquilano, N. J. (2006). *op.cit*. str. 177.

na i tima za brojanje kovanica, pišu izvješće o težini. Kako bi se završio proces brojenja, obavještava se blagajna da je novac izvađen iz aparata spreman za prijenos k njima. Za ručno brojenje i provjeru zbroja trebaju otprilike 2 minute po limenci.

U procesu odvojenom od brojenja blagajnik ponovno broji i provjerava sadržaj svake limenke. Ako se brojevi poklapaju, glavni blagajnik potpisuje izvješće o težini prihvaćajući pošiljku u zaštićeni prostor blagajne (''kavez''). U ovom trenutku je zapravo poznat stvarni bruto prihod od igara.



ZADACI I PITANJA:

1. Nacrtajte dijagram procesa vađenja kovanica. Koliko bi dugo trebalo da se isprazni 300 aparata?
2. Nacrtajte dijagram procesa brojenja kovanica. Koliko bi dugo trebao trajati proces kako bi se obradilo posude iz 300 aparata? Pretpostavite da svaki ispražnjeni aparat sadrži u prosjeku 750 dolara.
3. Kasino razmatra kupnju još jednog uređaja za zamatanje kovanica. Kakav bi to utjecaj imalo na proces brojenja kovanica? Je li ovo najpoželjniji uređaj za kupnju?

## Studij slučaja 2. Proces dodjele diploma na EFZG[182]

Promocije diploma na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu provode se nekoliko puta godišnje, ovisno o tome koliko studenata diplomira u pojedinom roku (slika 6.9). Obično se po jednoj promociji podijeli oko 300 diploma. Sto diploma se otprilike podijeli u 2 sata. Obavijest o datumu promocije s protokolom student dobiva na svoju kućnu adresu. Svi studenti kojima će se taj dan dijeliti diploma moraju doći ranije i obući se u dvorani za presvlačenje u svečanu togu. Nakon presvlačenja odlaze u Kongresnu dvoranu gdje ih voditelj protokola poreda po abecednom redu u redove koji otprilike imaju po 20 sjedala u jednom redu. Tek kada se prozove ime studenta on smije sići na podij gdje mu Dekan svečano uručuje diplomu, te se student rukuje s ostala četiri prodekana. Napušta podij nastavkom po uzlaznim stepenicama i vraća se na svoje mjesto (slika 6.10).

***Slika 6.9. Promocija na Ekonomskom fakultetu[183]***

[182] Modificirano prema: Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit*. str. 61.
[183] http://www.efzg.unizg.hr/UserDocsImages/promocije2010/promocija2.JPG

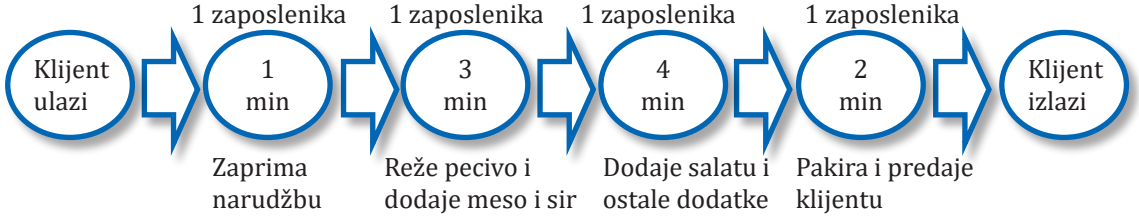
***Slika 6.10. Putanje pri podjeli diploma***[184]

Dekan proziva imena brzinom - jedno ime u 7 sekundi. Studentu treba otprilike 8,2 sekunde da siđe niz stepenice i dođe do podija. Nakon što je primio diplomu i rukovao se s prodekanima treba mu oko 2 sekunde da se makne s podija. U prosjeku je 5 studenata u procesu. Jedan je upozoren da krene, dva već čekaju na stepenicama da im se prozove ime, jednom se dodjeljuje diploma, a jedan se miče s podija i kreće prema svom sjedalu.

Nacrtajte dijagram toka i izračunajte koliko bi trajala podjela 600 diploma.

## 6.9. RIJEŠENI ZADACI

**Zadatak 1**.[185] Promatra se proces pripreme sendviča jednog restorana brze hrane. U dijagramu toka (slika 6.11) navedene su aktivnosti ovog procesa i njihova trajanja. U procesu koji se promatra svaku aktivnost odrađuje po jedna osoba.




***Slika 6.11. Početni dijagram toka izrade sendviča***

IZRAČUNAJTE I ODGOVORITE:

a) Koliki je raspoloživi (trenutni) kapacitet ovog procesa, odnosno njegova brzina protoka?
b) Ako treba dodati radnika gdje ga treba dodati? Kolika je sada brzina protoka?
c) Ako restoran brze hrane mora proizvoditi 240 sendviča na dan koliko radnika treba i kako ih treba rasporediti?

184 http://www.efzg.unizg.hr/UserDocsImages/promocije2010/prommr1.JPG
185 Modificirano prema: Chase, R. B., Jacobs, F. R. i Aquilano, N. J. (2006). *op.cit.* str. 173.

d) Koliki je stupanj iskorištenosti postojećeg kapaciteta i treba li preraspodijeliti radnike da iskorištenost bude bolja?

RJEŠENJE:

a) Prema formuli 6.2. izračunat će se kapacitet svakog zaposlenog, a rezultate prikazuje tablica 6.8.

***Tablica 6.8. Raspoloživi kapacitet restorana***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u minutama/ sendviču | Raspoloživi kapacitet |
|---|---|---|---|
| 1 | Zaprima narudžbu | 1 min | $= \frac{1\ sendvič}{1\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} = 480\ \frac{sendviča}{dan}$ |
| 2 | Reže pecivo i dodaje meso i sir | 3 min | $= \frac{1\ sendvič}{3\ min} * 60 \frac{min}{sat} * 8 \frac{sati}{dan} = 160 \frac{sendviča}{dan}$ |
| 3 | Dodaje salatu i ostale dodatke | 4 min | $= \frac{1\ sendvič}{4\ min} * 60 \frac{min}{sat} * 8 \frac{sati}{dan} = 120 \frac{sendviča}{dan}$ |
| 4 | Pakira i predaje klijentu | 2 min | $= \frac{1\ sendvič}{2\ min} * 60 \frac{min}{sat} * 8 \frac{sati}{dan} = 240 \frac{sendviča}{dan}$ |
| **Ukupno** | | **10 min** | **Usko grlo: aktivnost 3 = 120 sendviča** |

Prema izračunima raspoloživog kapaciteta u tablici 6.8. vidi se da promatrani proces ima usko grlo. To je ona aktivnost ili resurs koji ima najmanji izlaz, odnosno aktivnost 3 (dodaje salatu i ostale dodatke). Usko grlo ograničava kapacitet cijeloga procesa te određuje brzinu protoka koja u ovom zadatku iznosi 120 sendviča po danu.

b) Kako je pod a) identificirano usko grlo, treba razmisliti o dodavanju još jednog radnika na aktivnost koja je usko grlo. Za izračun raspoloživog kapaciteta za tu aktivnost koristi se formula 6.3. jer su sada u procesu dva izvršitelja za jednu aktivnost. Za ostale aktivnosti nema promjene u izračunu raspoloživog kapacitete u odnosu na izračun pod a). Rezultati proračuna su u tablici 6.9.

***Tablica 6.9. Raspoloživi kapacitet i brzina protoka***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u min/ sendviču | Raspoloživi kapacitet |
|---|---|---|---|
| 1 | Zaprima narudžbu | 1 min | $= \frac{1\ sendvič}{1\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} = 480\ \frac{sendviča}{dan}$ |
| 2 | Reže pecivo i dodaje meso i sir | 3 min | $= \frac{1\ sendvič}{3\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} = 160\ \frac{sendviča}{dan}$ |
| 3 | Dodaje salatu i ostale dodatke | 4 min | $= 2\ radnika * \frac{1\ sendvič}{4\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} = 240\ \frac{sendviča}{dan}$ |
| 4 | Pakira i predaje klijentu | 2 min | $= \frac{1\ sendvič}{2\ min} * 60\ \frac{min}{sat} * 8\ \frac{sati}{dan} = 240\ \frac{sendviča}{dan}$ |
| **Ukupno** | | **10 min** | **Usko grlo: aktivnost 2 = 160 sendviča** |

Prema izračunima raspoloživog kapaciteta u tablici 6.9. vidi se da je usko grlo promatranog procesa sada aktivnost 2 (reže pecivo i dodaje meso i sir). Usko grlo ograničava kapacitet cijelog procesa te određuje brzinu protoka koja sada iznosi 160 sendviča po danu. Znači da se dodavanjem jednog radnika u trećem koraku brzina toka povećala sa 120 na 160 jedinica po danu.

c) Da bi se utvrdilo koliko radnika treba za proizvodnju 240 sendviča na dan, najprije treba izračunati koliko brzo moraju sendviči biti gotovi da bi se zadovoljila utvrđena potražnja. Potrebno je dakle prema formuli (6.5) prvo izračunati vrijeme ciklusa:

$$VC = \frac{URV}{K} = \frac{60\ \frac{\text{min}}{\text{satu}} * 8\ \frac{\text{sati}}{\text{danu}}}{240\ \frac{\text{sendviča}}{\text{danu}}} = \frac{480\ \frac{\text{min}}{\text{danu}}}{240\ \frac{\text{sendviča}}{\text{danu}}} = 2 \text{ minute/sendviču}$$

Sada se pomoću formule 6.8. računa minimalni broj izvršitelja ili radnih postaja, kada su u pitanju sredstva. U brojnik ide ukupno vrijeme izrade sendviča koje se vidi iz dijagrama toka kada se zbroje sve aktivnosti. To je 10 minuta po sendviču, a minimalan broj izvršitelja je 5.

$$PK = \frac{UVO}{VC} = \frac{10}{2} = 5$$

Budući da se u prethodnom zahtjevu na uskom grlu radnje 3 dodao jedan radnik, sada se ima ukupno 5 radnika (koliko ih je u prethodnom koraku i izračunato).

Potrebno je vidjeti kako je moguće radnike preraspodijeliti da bi raspoloživi kapacitet svake aktivnosti bio što je moguće bolji, tj. imao veći izlaz.

Iz tablice 6.9. moguće je vidjeti da aktivnost 3 (koju sada obavljaju 2 radnika – 1 radnik je dodan u b) dijelu zadatka) i aktivnost 4 koju obavlja 1 radnik imaju raspoloživi kapacitet od 240 sendviča po danu, koliko se i želi proizvoditi. Budući da aktivnost 1 ima raspoloživi kapacitet od 480 sendviča po danu, a da aktivnost 2 ima raspoloživi kapacitet od 160 sendviča po danu, potrebno je te dvije aktivnosti kombinirati tako da radnici prve i druge aktivnosti rade obje aktivnosti – zaprimanje narudžbe, rezanje peciva i umetanje mesa i sira. Takvom preraspodjelom nova će aktivnost trajati 4 minute, a radit će ju 2 radnika (radnik koji je do sada radio aktivnost 1 i radnik koji je do sada radio aktivnost 2). Navedeno je moguće izračunati kao u nastavku, a sve navedeno vidjeti i u tablici 6.10.

$$RK_{\text{aktivnost 1}} = 2 \text{ zaposlenika} * \frac{\text{sendvič}}{4 \text{ min}} * 60\ \frac{\text{min}}{\text{sat}} * 8\ \frac{\text{sati}}{\text{danu}} = 240 \text{ sendviča/danu}$$

***Tablica 6.10. Raspoloživi kapacitet pojedine aktivnosti***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u minutama/sendviču | Raspoloživi kapacitet |
|---|---|---|---|
| 1 | Zaprima narudžbu + reže pecivo i dodaje meso i sir | 1 min + 3 min (1 radnik + 1 radnik)<br><br>4 min (2 radnika) | $=2\ radnika * \frac{1\ sendvič}{4\ min} * 60\frac{min}{sat} * 8\frac{sati}{dan} = 240\frac{sendviča}{dan}$ |
| 2 | Dodaje salatu i ostale dodatke | 4 min (2 radnika) | $=240\frac{sendviča}{dan}$ |
| 3 | Pakira i predaje klijentu | 2 min (1 radnik) | $=240\frac{sendviča}{dan}$ |
| **Ukupno** | | **10 min** | **Usko grlo: 240 sendviča** |

d) Na kraju je potrebno utvrditi koliki je stupanj iskorištenosti postojećeg kapaciteta i treba li preraspodijeliti radnike da iskorištenost bude bolja. Iz podataka u tablici 6.10. već je moguće dati odgovor na postavljeno pitanje, ali i to rješenje će se prikazati u nastavku.

Stupanj iskorištenosti kapaciteta izračunat će se prema formuli 6.9.

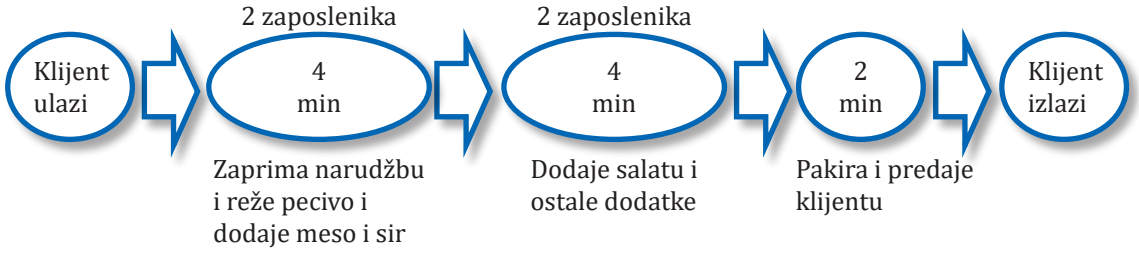
$$IK_{\%} = \frac{BP}{RK} * 100\% = \frac{240}{240} = 100\%$$

Izračune iskorištenosti kapaciteta za sve aktivnosti moguće je vidjeti u tablici 6.11.

***Tablica 6.11. Iskorištenost raspoloživog kapaciteta***

| Korak | Aktivnost | Trajanje u minutama/ sendviču | Raspoloživi kapacitet | Iskorištenost |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Zaprima narudžbu + reže pecivo i dodaje meso i sir | 1 min + 3 min (1 radnik + 1 radnik)<br><br>4 min (2 radnika) | $240\frac{sendviča}{dan}$ | 100 % |
| 2 | Dodaje salatu i ostale dodatke | 4 min (2 radnika) | $240\frac{sendviča}{dan}$ | 100 % |
| 3 | Pakira i predaje klijentu | 2 min (1 radnik) | $240\frac{sendviča}{dan}$ | 100 % |
| **Ukupno** | | **10 min** | | |

Slika 6.12. prikazuje dijagram toka predloženog procesa pripreme sendviča.




***Slika 6.12. Novi dijagram toka izrade sendviča***

**Zadatak 2.** Studentska udruga organizira prakse studentima Ekonomskog fakulteta. Svaki student se prijavljuje sa životopisom i listom od potencijalnih 10 poduzeća gdje bi htio raditi. Studentska udruga je do sad radila tako da je svaku molbu pregledavala 20 min i sastavljala listu poduzeća za kontaktiranje. Nakon što je sastavljena lista za kontaktiranje poduzeća, slanje upita poduzeću trajalo je 5 minuta (postoji standardni dopis). No vidjelo se da se bez standardizacije obrazaca gubi puno vremena pa je propisano da studenti svoje molbe dostavljaju u standardiziranom elektronskom obrascu. Nakon toga, pregled obrasca po studentu trajao je 5 minuta, ali slanje dopisa poduzećima i dalje je trajalo 5 minuta po poduzeću. U zadatku se pretpostavlja da referent u studentskoj udruzi radi 8 sati dnevno, te da su u mjesecu 22 radna dana, što je 176 sati mjesečno.

PITANJA:

a) Proračunajte vrijeme koliko je prije trajala obrada studenta, a koliko sa standardnim obrascem?

b) Ako mjesečno dolazi 120 studenata koliko vremena treba da ih se sve obradi? Izračunajte stupanj iskorištenost referenta koji obavlja te poslove?

RJEŠENJE:

a) Temeljem podataka iz zadatka, izračunat će se vrijeme ciklusa, najprije prema starom načinu:

$$VC_S = 20\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} + \left(5\,\frac{\text{min}}{\text{poduzeću}} * 10\,\frac{\text{poduzeća}}{\text{studentu}}\right) = 20\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} + 50\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} = 70 \text{ minuta/studentu}$$

Prema novom načinu vrijeme ciklusa je:

$$VC_N = 5\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} + \left(5\,\frac{\text{min}}{\text{poduzeću}} * 10\,\frac{\text{poduzeća}}{\text{studentu}}\right) = 5\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} + 50\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} = 55 \text{ minuta/studentu}$$

b) Prema novom načinu rada, sa standardnim obrascima, za 120 studenata treba:

$$UVO = K * VC = 120 \text{ studenata} * 55\,\frac{\text{min}}{\text{studentu}} * \frac{1 \text{ sat}}{60 \text{ min}} = 110 \text{ sati/mjesecu}$$

Za iskorištenost referenta polazi se od broja sati koliko on radi (8 sati dnevno, odnosno 22 radna dana u mjesecu, odnosno 176 sati/mjesečno). Njegova iskorištenost izračunat će se prema formuli 6.9.

$$IK_{\%} = \frac{BP}{RK} * 100 \frac{110 \text{ sati/mjesecu}}{176 \text{ sati/mjesecu}} = 62,5\%$$

**Zadatak 3.**[186] Jedna hrvatska Web trgovina posjeduje skladište koje radi 12 sati, odnosno od 07:00 ujutro do 19:00 navečer. Uprava trgovine postavila je kriterij da sve narudžbe koje stignu taj dan, moraju taj dan biti i poslane kupcu. Tri su koraka da se isporuči pošiljka. Centralno računalo zaprima narudžbe i šalje radnicima u skladište na njihove dlanovnike. Taj proces može ići brzinom od 100 narudžbi na sat. Zatim radnik treba fizički otići do lokacije koja mu se pojavljuje na dlanovniku i uzeti taj proizvod sa skladišta. Radnici su u mogućnosti pokupiti sa skladišta 80 proizvoda na sat. Sljedeći korak je pakiranje u kutiju s logom web trgovine, umetanje računa i lijepljenje naljepnice s adresom klijenta. Ta aktivnost može se obavljati brzinom od 60 narudžbi na sat.

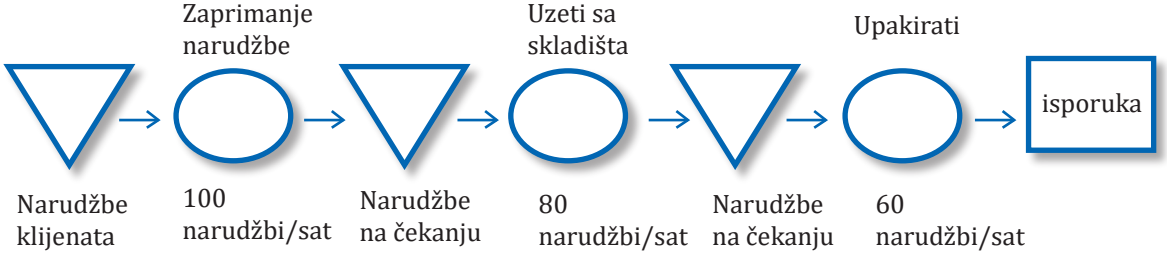


ZADACI I PITANJA:

a) Nacrtajte dijagram toka.
b) Kolika je trenutna brzina toka?
c) Ako pred Božić treba poslati 1.200 paketa, koliko sati taj dan skladište treba raditi?
d) Kolike su međuzalihe između stanice 1 i 2?
e) Kolike su međuzalihe između stanice 2 i 3?
f) Ako se doda radnik, koliko će trebati raditi dan prije Božića kada treba poslati 1.200 paketa? Gdje treba dodati tog radnika?

RJEŠENJE:

a) Dijagram toka izgledat će kao na slici u nastavku:




b) Da bi se izračunala trenutna brzina toka, treba pogledati prethodno nacrtani dijagram toka. (pod a). Iz dijagrama toka moguće je primijetiti da promatrani proces ima usko grlo. To je ona aktivnost ili resurs koji ima najmanji izlaz, a u ovom slučaju, to je aktivnost pakiranja. Ova aktivnost ograničava kapacitet cijelog procesa te određuje brzinu protoka koja u ovom zadatku iznosi 60 narudžbi na sat. Navedeno znači da je moguće 60 narudžbi upakirati u kutiju s logom web trgovine, umetnuti u njih račune, te zalijepiti naljepnice s adresom klijenta.

[186] Modificirano prema: Chase, R. B., Jacobs, F. R. i Aquilano, N. J. (2006). *op.cit.* str. 176.

c) Ako se za Božić treba isporučiti 1.200 pošiljki, izračunajte koliko taj dan skladište treba raditi. Polazi se od izračunavanja vremena ciklusa, prema formuli 6.4.

$$VC = \frac{1}{BP} = \frac{1\text{ sat}}{60\text{ narudžbi}} = 0,0167 \frac{\text{sati}}{\text{narudžbi}}$$

Nakon toga, moguće je, prema formuli 6.7. izračunati ukupno vrijeme rada ili obrade koje iznosi 20 sati:

$$UVO = K * VC = 1.200\text{ narudžbi} * 0,0167 \frac{\text{sati}}{\text{narudžbi}} = 20\text{ sati}$$

d) Budući da se aktivnosti zaprimanje narudžbe (aktivnost 1) i skidanje sa zaliha (aktivnost 2) ne rade istom brzinom, neminovno dolazi do stvaranja međuzaliha narudžbi, odnosno do tzv. blokiranja.

Razlika u brzini između aktivnosti 1 i 2 je:

$$\text{Zalihe u radu} = 100 \frac{\text{narudžbi}}{\text{sat}} - 80 \frac{\text{narudžbi}}{\text{sat}} = 20\text{ narudžbi/sat}$$

Budući da skladište radi 12 sati zalihe u radu su:

$$\text{Zalihe u radu} = 20\ \frac{\text{narudžbi}}{\text{sat}} * 12\text{ sati} = 240\text{ narudžbi}$$

e) Na isti način će se izračunati međuzalihe između 2 i 3 aktivnosti.

Razlika u brzini između aktivnosti 2 i 3 je:

$$\text{Zalihe u radu} = 80 \frac{\text{narudžbi}}{\text{sat}} - 60 \frac{\text{narudžbi}}{\text{sat}} = 20\text{ narudžbi/sat}$$

Budući da skladište radi 12 sati, zalihe u radu su:

$$\text{Zalihe u radu} = 20\ \frac{\text{narudžbi}}{\text{sat}} * 12\text{ sati} = 240\text{ narudžbi}$$

f) Na kraju treba utvrditi koliko će, ako se doda jedan radnik, trebati raditi dan prije Božića kada treba poslati 1.200 paketa, i gdje treba dodati tog radnika. Radnik se obično dodaje na usko grlo. Budući da je usko grlo pakiranje s trenutnim kapacitetom od 60 narudžbi na sat, s dva radnika, kapacitet bi se povećao na 2*60 = 120 narudžbi na sat. Moguće je primijetiti da se usko grlo premjestilo na aktivnost 2 od 80 narudžbi na sat. Trajanje obrade iznosi 15 sati što je moguće vidjeti iz izračuna koji slijedi:

Prema formuli (6.4) vrijeme ciklusa je 0,0125 sati po narudžbi:

$$VC = \frac{1}{BP} = \frac{1\text{ sat}}{80\text{ narudžbi}} = 0,0125 \frac{\text{sati}}{\text{narudžbi}}$$

Prema formuli (6.7) ukupno vrijeme rada/obrade je 15 sati:

$$UVO = K * VC = 1.200 \text{ narudžbi} * 0,0125 \frac{\text{sati}}{\text{narudžbi}} = 15 \text{ sati}$$

**Zadatak 4.**[187] Neko poduzeće radi sklopke sastavljene od komponente A i komponente B koje se ne mogu izrađivati paralelno, nego jedna za drugom. Rade se serije od po 100 komada. Vrijeme zamjene alata i vrijeme obrade po jedinici su kao u tablici:

| Komponenta | Vrijeme zamjene alata | Vrijeme aktivnosti po komadu |
|---|---|---|
| A | 5 minuta | 0,2 min/kom |
| B | 10 minuta | 0,1 min/kom |

ZADACI:

a) Izračunajte koliko vremena treba za proizvodnju 100 komada?
b) Utvrdite koliko se proizvoda (koji se sastoji od jedne komponente A i jedne komponente B) može proizvesti u 8-satnom radnom vremenu?

RJEŠENJE:

a) U ovom primjeru vrijeme ciklusa iznosi 45 minuta:

$$VC = 5 \text{ min} + 0,2 \frac{\text{min}}{\text{kom}} * 100 \text{ kom} + 10 \text{ min} + 0,1 \frac{\text{min}}{\text{kom}} * 100 \text{ kom} = 5 \text{ min} + 20 \text{min} + 10 \text{ min} + 10 \text{ min} = 45 \text{ min}$$

b) Kroz 8 sati, koliko traje radno vrijeme (8h*60 min = 480 min), može se proizvesti 1.066 proizvoda. U izračunu se polazi od formule 6.5. koja se za potrebe ovog zadatka mora modificirati tako da se u brojnik stavi potrebno vrijeme obrade za cijelu seriju, a ne za jedan proizvod (480 * 100 komada). Ako vrijeme ciklusa iznosi 45 minuta, onda se za osam sati može proizvesti 1.066 proizvoda.

$$K = \frac{URV}{VC} = \frac{8 \frac{\text{sati}}{\text{danu}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{satu}}}{\frac{45 \text{ min}}{100 \text{ kom}}} = 1.067 \text{ kom / danu}$$

## 6.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Zašto treba razumjeti procese u poduzeću?
2. Kakve veze imaju strateški ciljevi s procesima u poduzeću?
3. Zašto treba crtati dijagrame toka?
4. Postoji li samo jedan ispravan dijagram toka procesa?
5. Koji su osnovni simboli za crtanje dijagrama toka i jesu li oni univerzalni?
6. Je li po Vašem mišljenju crtanje dijagrama toka samo moda?
7. Zašto se računaju performanse procesa?
8. Što se konkretno računa kod performansi procesa?
9. Koje su preporuke za poboljšanje?

[187] Modificirano prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Operations and supply chain management*. New York: McGraw-Hill Education. str. 293.

10. Kako biste objasnili svaku od navedenih preporuka?
    a. Što više poslova raditi paralelno.
    b. Promijeniti redoslijed aktivnosti.
    c. Smanjiti smetnje i prekide.
    d. Smanjiti dupliciranje poslova.
    e. Smanjiti vrijeme za promjenu serije.
11. Tko i kako radi poboljšanu verziju procesa?
12. Postoji li samo jedan idealni, novi poboljšani proces?
13. Tko mora odobriti analizu toka procesa i zašto?
14. Tko radi analizu toka procesa?
15. Kada biste bili predsjednik uprave poduzeća, koje bi kvalifikacije trebao imati vlasnik projekta poboljšanja?
16. Kada biste bili voditelj projekta poboljšanja i bili odgovorni za rezultate poboljšanja, kakve članove tima biste birali?
17. Je li analiza toka procesa primjenjiva na sva poduzeća? Ako da, zašto, ako ne, zašto?

## LITERATURA:

1. Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *Operations management.* New York: McGrawHill Education
2. Chase, R. B., Jacobs, F. R. i Aquilano, N. J. (2006). *Operations Management for Competitive Advantage.* 11th edition. McGraw Hill
3. Heizer, Y., Render B. i Munson, C. (2017). *Operations management, Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Person
4. Ivanković, L. (2010). *Metode kontinuiranog unapređenja proizvodnih procesa.* Završni rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje
5. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2017). *Operations and Supply Chain Management.* 15th edition. New York: McGrawHill
6. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Operations and supply chain management*. New York: McGraw-Hill Education
7. Kraft, T. (2017). *Operations management: An Introduction to Process Analysis.* Darden Business Publishing. Studij slučaja broj UV7180.
8. Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *Introducing Operations Management.* Wiley
9. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain.* 7th edition. Wiley
10. Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. i Betts, A. (2009). *Operations and process management. Principles and practice for strategic impact.* 2nd edition. Pearson Education Limited. Harlow

## Internet izvor:

1. http://www.efzg.unizg.hr/

# 7. PROSTORNI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *razlikovati osnovne vrste prostornog rasporeda*
- *opisati i tumačiti tehnološke specifičnosti i pretpostavke ekonomski uspješnog korištenja funkcionalnog rasporeda sredstava za rad*
- *opisati i tumačiti tehnološke specifičnosti i pretpostavke ekonomski uspješnog korištenja proizvodno orijentiranog rasporeda sredstava za rad*
- *opisati i tumačiti tehnološke specifičnosti korištenja ćelijskog rasporeda sredstava za rad*
- *opisati i tumačiti tehnološke specifičnosti korištenja rasporeda s fiksnom lokacijom*
- *raspraviti o posljedicama izbora određenog tipa rasporeda na ravnotežu efikasnosti i fleksibilnosti proizvodnje.*



## 7.1. UVOD

Odluke o prostornom rasporedu sredstava za rad predodređuju dugoročnu efikasnost i kao takve su od iznimnog utjecaja na ostvarivanje ciljeva većine poduzeća. Uslijed troškovne zahtjevnosti, tehnološke predodređenosti i najčešće dugog eksploatacijskog roka trajanja sredstava za rad, većina odluka o sredstvima za rad je dugoročnog karaktera. Kod **računovodstvenog** tumačenja rokova, najčešće se kratkim rokom smatraju rokovi unutar godine dana, a srednji i dugi više od toga, pri čemu se na srednji rok često gleda kao rok unutar 3 do 5 godina, a dugi iznad toga. Ovakvi rokovi se često poklapaju s rokovima izgradnje objekata ili postrojenja. Međutim, kako svaka industrijska grana i svako poduzeće ima svoje specifičnosti, takav tehnički i pragmatični pogled na rokove ne objašnjava sadržajnu razliku među njima. Valja se, stoga, prisjetiti klasičnog **mikroekonomskog** tumačenja prema kojem je dugi rok onaj u kojem su svi činitelji proizvodnje fleksibilni, a kratki rok onaj kod kojeg je najmanje jedan proizvodni čimbenik nepromjenjiv ili fiksan. Takvo gledanje na rokove naglašava važnost prostornog rasporeda sredstava za rad u kontekstu dugoročnosti donesenih odluka kod većine poduzeća. Naravno, u ovisnosti o samoj prirodi njihova posla, promjene u prostornom rasporedu će u nekim slučajevima biti jednostavnije i iziskivati manje troškove, a u drugima zahtjevnije, dugotrajnije i skuplje.

Između ostalih razloga, veća ili manja fleksibilnost u promjeni fizičkog rasporeda sredstava za rad (opreme) značajno će ovisiti o stupnju specijaliziranosti tehnologije. Tako se može očekivati da će sustavi koji u procesu transformacije koriste opremu opće namjene, pri njezinom razmještaju imati veću razinu fleksibilnosti nego sustavi koji koriste najčešće efikasniju, ali istodobno i za razmještaj određeniju, specijaliziranu opremu. Vezu odluka o izboru tehnologije i mogućnosti fizičkog rasporeda sredstava za rad najlakše se može vidjeti usporedbom razmještaja sredstava za rad u automehaničarskoj radionici ili supermarketu s onima u pogonima velikoserijske ili masovne proizvodnje.

Unatoč značajnim razlikama koje proizlaze iz operativnih strategija i odluka o tehnologiji, prostorni raspored sredstava za rad je bitan za većinu poduzeća jer predodređuje:

- tokove materijala i informacija
- iskoristivost prostora, opreme i ljudskih resursa
- fleksibilnost i sigurnost poslovnih operacija u tom prostoru, te
- interakciju s klijentima (ukoliko se i za to koristi).

Općenito govoreći, prostorni raspored sredstava za rad bi trebao biti takav da omogući minimalizacije duljine tokova i što fluidniji protok materijala i informacija kroz prostor. Istodobno raspored treba minimalizirati opasnost (primjerice, izloženost rotirajućim dijelovima, opasnost od padanja tereta) i neugodnost (primjerice, područja ekstremne buke, velike izmjene temperature i slično) po ljude. I naravno, raspored treba omogućiti što bolje i, prema potrebi, fleksibilnije korištenje prostora.

Različiti izvori prikazuju moguće tipove rasporeda sredstava za rad na različite načine. S obzirom da je to u literaturi možda i najčešće korištena podjela,[188] vrste rasporeda sredstava za rad će se u nastavku objasniti kao:

- funkcionalni raspored sredstava za rad
- proizvodno orijentirani raspored sredstava za rad
- grupni ili ćelijski raspored sredstava za rad, te
- raspored sredstava za rad s fiksnom lokacijom.

## 7.2. FUNKCIONALNI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD

Osnovno obilježje **funkcionalnog** rasporeda sredstava za rad je u **grupiranju sličnih sredstava za rad ili procesa.** Takav oblik rasporeda je prikladan zbog brže dostupnosti ili lakšeg korištenja, veće fleksibilnosti u transformacijskom procesu ili drugih razloga. U okviru ove knjige će funkcionalni raspored obuhvaćati raspored sredstava za rad koji se u različitim izvorima može pronaći pod pojmovima **procesnog, procesno orijentiranog, radioničkog ili rasporeda sredstava za rad kod isprekidanih procesa.** Iako ti pojmovi nisu istoznačnice, u okviru rasporeda sredstava za rad predstavljaju dovoljno slične sustave koje se može objedinjeno tumačiti.

Značajka funkcionalnog rasporeda je da se pojavljuje kod proizvodnje nestandardiziranog proizvoda ili usluge. U industrijskoj proizvodnji, koristi se kod proizvoda visoke vrijednosti i dugog vijeka trajanja.[189]

Kao jednostavni primjeri funkcionalnog rasporeda sredstava za rad mogu poslužiti rasporedi opreme kućnih (ili profesionalnih) kuhinja i radionica. U *kuhinjama* je uobičajeno da se oprema

[188] O tome više: Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnstone, R. (2013). *Operation Management*. 7th edition. Pearson; Evans, J. R. (1992). *Applied Production and Operations Management*. 4th edition. West Group; Chase, R. B., Jackobs, F.B. i Aquilano N.J. (2006). *Operations Management for Corporative Advantage*. 11th edition. Boston: The McGraw-Hill; Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations management, Creating value along the supply chain*, 7th edition. John Willey and Sons

[189] Kaštelan-Mrak, M. (1994). *Operacijski menadžment – razvoj i značaj za suvremeno poduzeće*. Zbornik radova Ekonomskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. 12/2. str. 204.

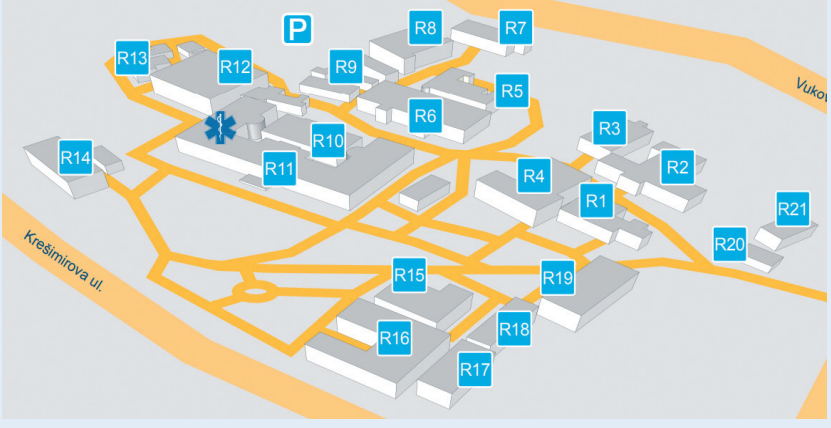
i alati raspoređuju funkcijski. Tako su noževi najčešće zajedno u istoj ladici, isto tako i pribor za jelo, kuhače i slična pomagala. Na drugom mjestu su grupirani lonci i tave, na trećem mjestu tanjuri i ostali pribor za posluživanje hrane, a na nekom četvrtom šalice i čaše. Takav kuhinjski red u većini kuhinja ima više smisla nego, primjerice, držanjem zajedno onog vrsta suđa i alata koji se koriste za pripremu pojedinog jela. Naime, raznovrsnost pripreme jela u prosječnoj kuhinji zahtijeva fleksibilnost koja se funkcionalnim rasporedom najlakše postiže. Posljedica funkcionalnog rasporeda opreme očituje se i u tome da je većina pomagala potrebnih za pripremu hrane smještena u samoj kuhinji kako bi se proces minimalno opterećivao prelascima u druge prostorije.

Istovjetna potreba za fleksibilnim i funkcionalnim rasporedom vidljiva je i u raznim *radionicama*. Kao dobar primjer mogu poslužiti automehaničarske radionice. Naime, s obzirom da svako vozilo ima potrebu za barem donekle različitom automehaničarskom intervencijom (čak i kod relativno novih vozila kod kojih su pregledi mahom rutinskog tipa, dolazi do različitih varijacija u potrebnim poslovima), radionička oprema je uglavnom opće namjene i njezin raspored u radionici je funkcionalnog tipa. Tako se na zidnim policama često mogu vidjeti viličasti i okasti ključevi raznih dimenzija, te različite vrste i veličine čekića, kliješta ili poluga. Sličan raspored po vrstama alata je prisutan i u brojnim ladicama ili kutijama. Na taj način radnici točno znaju gdje im je određeni alat pa ga prema potrebi vade i vraćaju na njegovo mjesto. Iznimku čine rijetki specijalizirani alati poput pneumatskih ključeva za skidanje kotača koji su u pravilu smješteni uz lift dizalice, odnosno na mjestima skidanja kotača, a ne zajedno s ostalim ključevima. S obzirom da je postupak skidanja i postavljanja kotača relativno čest, a značajno je brži korištenjem specijalnog alata, postavljanje pneumatskog ključa kraj automobilskog lifta je primjer funkcijskog rasporeda vezanog uz proces, a ne uz sličnost sredstava za rad.

**Funkcionalni raspored** sredstava za rad kojim se oprema grupira prema sličnosti u predviđenom tipu procesa je uobičajen za veće radionice s raznovrsnijim tipovima obuhvaćenih procesa te u brojnim proizvodnim i uslužnim postrojenjima obilježenima diskontinuiranim tokom proizvodnje. Kao razumljivi primjer takvog rasporeda mogu poslužiti bolnice. U njima je oprema uobičajeno raspoređena prema tipovima procesa, odnosno različitih vrsta pregleda i tretmana koji su potrebni pacijentima. Tako svaki pacijent ovisno o potrebama može biti tretiran u različitim dijelovima bolnice na koje ga se upućuje (ili prevozi) na specifične tretmane. Slično tome, kod varijabilnih tipova proizvodnje pojedinačnog ili maloserijskog tipa, radionice imaju odjeljke za različite vrste proizvodnih pod-procesa. U izdvojenim tekstualnim okvirima su detaljnije opisani procesno orijentirani prostorni rasporedi Kliničkog bolničkog centra Rijeka i AB Produkta. U slučaju Kliničkog bolničkog centra priložena je skica prostornog rasporeda na jednoj od lokacija, a u slučaju AB Produkta priložena je pojednostavljena shema rasporeda sredstava za rad u tvornici. Opisani raspored tvornice prikladan je za strojnu obradu velikih metalnih dijelova, najčešće, hidro turbina. Kod neke druge vrste proizvodnje, primjerice kod pogona za proizvodnju jedrilica, moglo bi se očekivati radionice ili dijelove radionice za preradu drva, za lijevanje i oblikovanje sintetskih smola, za obradu metala, a možda i krojačku radionicu te automehaničarsku radionicu za pripremu i ugradnju motora.

### *Izdvojeni slučaj 7.1. Prostorni raspored sredstava za rad u Kliničkom bolničkom centru Rijeka*

Klinički bolnički centar Rijeka (u nastavku KBC) je treći po veličini klinički bolnički centar u Republici Hrvatskoj, najveći izvan Zagreba, i glavna bolnička ustanova zapadne Hrvatske. Sastoji se od čak 17 klinika, pet kliničkih zavoda, šest centara, četiri samostalna zavoda, jednog samostalnog odjela i bolničke ljekarne. Bolnica raspolaže s preko 1.000 kreveta, a godišnje se hospitalizira preko 45.000 ljudi. Osim kompleksnosti koja proizlazi iz veličine i obuhvata medicinskih usluga, jedan od najznačajnijih operativnih izazova vezan je upravo uz prostorni razmještaj sredstava za rad. Kako je napomenuto u uvodu poglavlja, razmještaj sredstava za rad, posebno u dijelu koji se odnosi na građevinsku infrastrukturu, predodređuje poslovanje subjekata, u ovom slučaju zdravstvenih ustanova, u iznimno dugom roku, a svaka promjena iziskuje vrlo značajna ulaganja. Tako je zbog postupne gradnje odjela i fuzijom s manjim centrima, KBC trenutno organiziran na tri glavne lokacije. Prva se nalazi u centru grada Rijeke i njezin razmještaj je prikazan na slici 7.1.[190], drugi se nalazi na istočnom dijelu grada, na Sušaku, a treći, dječja bolnica, je na zapadnom dijelu grada, na Kantridi. S obzirom na prostornu arhitekturu Rijeke, osim visokih financijskih zahtjeva, objedinjavanje operativnih aktivnosti KBC-a priječe i prostorna ograničenja. Funkcionalni razmještaj se uobičajeno koristi u bolnicama zbog specijalizacije liječničkog osoblja i korištenih sredstava za rad. Prikazani raspored zgrada, klinika i zavoda u trenutno raspoloživom prostoru KBC-a, ukazuje na raspršenost operacija i kompleksne zahtjeve unutarnjeg transporta. Izazov je još značajniji kod potreba za prebacivanjem pacijenata na jednu od preostalih lokacija, primjerice 5 km udaljenu lokaciju Sušak gdje su smještene kirurgija, kardiokirurgija, pulmologija, urologija i druge važne jedinice. U takvim slučajevima, za prebacivanje pacijenata, osoblja ili sredstava za rad, unutarnji transport koristi cestovna vozila i gradsku prometnu infrastrukturu.




[190] Klinički bolnički centar Rijeka (http://kbc-rijeka.hr/info-za-posjetitelje/#ispis-mape, pristup: 10.05.2020.)

***Slika 7.1. Raspored sredstava za rad Kliničkog bolničkog centra Rijeka na lokaciji Rijeka***

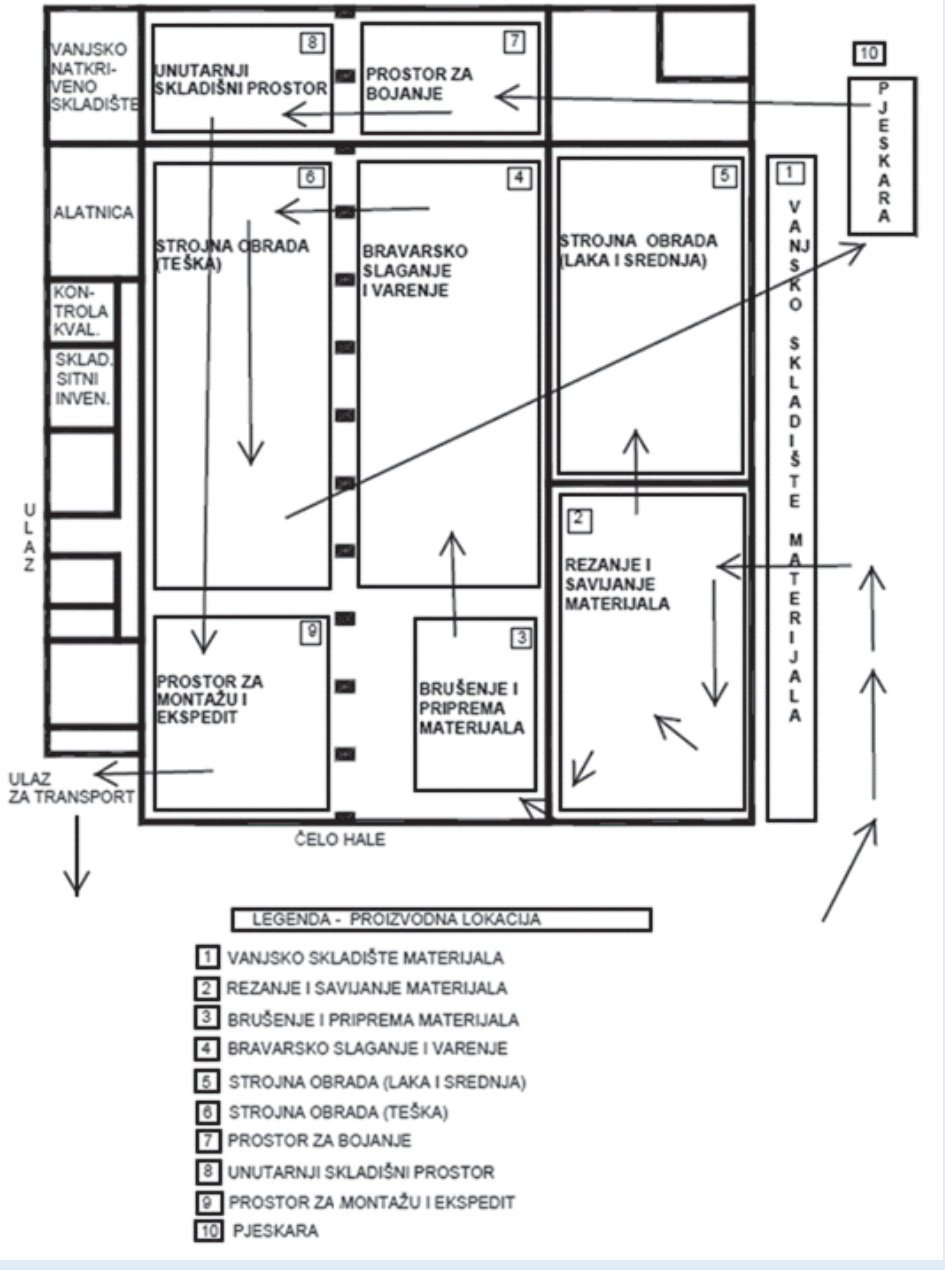
### *Izdvojeni slučaj 7.2. AB Produkt*

Karlovačko poduzeće AB Produkt u svom proizvodnom pogonu ukupne površine 3.000 m$^2$, u svojstvu izvođača ili podizvođača, nudi metaloprerađivačku proizvodnju i remontno-servisne aktivnosti na projektima energetskih postrojenja u zemlji i inozemstvu. U segmentu proizvodnje dijelova za hidro turbine surađuju s inozemnim poduzećima Andritz Hydro, Global Hydro Energy, Gugler, Kolektor Turboinštitut, WWS Wasserkraft, dok investicijsku opremu i rezervne dijelove proizvodnih linija ugovorno rade za PSA (Peugeot Citroen grupu), a dijelove dizalica za Palfinger.

Širina zahtjeva naručitelja iz različitih industrija zahtijeva veliku fleksibilnost proizvodne tehnologije te je, uobičajeno za diskontinuirani tok, raspored sredstava za rad uređen po funkcionalnom principu. Raspored radionica i najčešći tok kretanja materijala prikazani su na slici 7.2.[191] Tako su u tvorničkoj hali AB Produkta fizički odvojene radionice za rezanje i savijanje osnovnog materijala, brušenje i pripremu materijala, bravarsko slaganje i zavarivanje, laku i srednju strojnu obradu, tešku

191 Interna dokumentacija AB Produkta

strojnu obradu te pjeskarenje i bojanje. Broj realiziranih narudžbi je 2018. godinu učinio rekordnom, no i operativno zahtjevnom za AB Produkt. Puna knjiga narudžbi u kombinaciji s funkcionalnim rasporedom sredstava za rad kod kojeg je značajno povećanje efikasnosti proizvodnog procesa, bilo je teško dostižno, no ipak je predstavljalo izazov za proizvodno poduzeće. U navedenim okolnostima, a sa svrhom olakšavanja operativnog poslovanja u idućem razdoblju, menadžment AB Produkta razmatrao je implementaciju naprednijeg sustava poslovnog planiranja.




***Slika 7.2. Raspored sredstava za rad u AB Produktu***

Funkcionalno grupiranje sredstava za rad se doima „prirodnim“ pa se takav raspored naizgled ne čini kao posebno veliki izazov. Međutim, zbog utjecaja rasporeda sredstava za rad na efikasnost te zbog broja mogućih kombinacija, ovom se pitanju posvećuje, ili treba posvećivati, velika pažnja. Naime, mogućnosti redoslijeda elemenata se računaju korištenjem faktorijela (broj mogućih permutacija *n* elemenata kod prirodnih brojeva utvrđuje tako da se broj *n* množi sa svim prirodnim brojevima manjima od sebe, odnosno n! = 1 * 2 * 3 *…* n).



Ako se pretpostavi jednostavni pogon u kojem je potrebno razmjestiti dvije odvojene radionice (n = 2) u prostoru pravokutnog tlocrta, postojale bi samo dvije mogućnosti razmještaja radionica (2!). No već s tri radionice, broj mogućnosti razmještaja se penje na šest, s četiri radionice na 24 načina, a u ranije spomenutom primjeru pogona za proizvodnju jedrilica, pet funkcionalno odvojenih radionica moguće je u jednom prostoru permutirati na čak 120 načina (5! = 120). Jednostavni prikaz mogućeg razmještaja pogona s dvije, tri i četiri radionice prikazan je na slici 7.3.

| Pogon sa dvije radionice | Pogon sa tri radionice | Pogon sa četiri radionice |
|---|---|---|
| A B | A B C | A B C D |
| B A | A C B | A B D C |
| | B A C | A C B D |
| | B C A | A C D B |
| | C A B | A D A B |
| | C B A | A D B A |
| | | … |
| | | D A B C |
| | | D A C B |
| | | D B A C |
| | | D B C A |
| | | D C A B |
| | | D C B A |

***Slika 7.3. Mogući raspored u pogonima sa 2, 3 i 4 radionice***

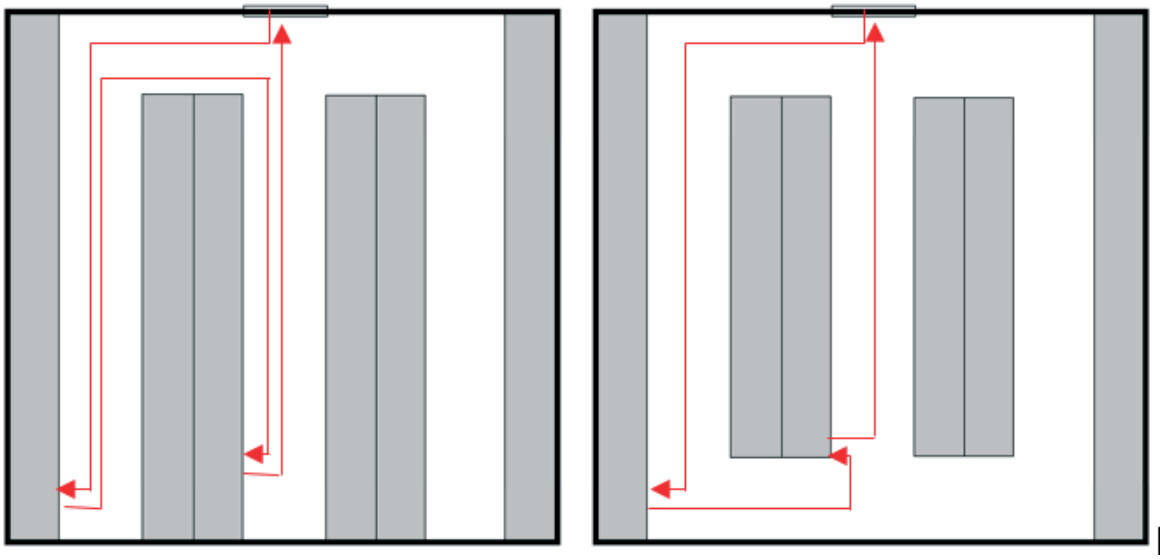
U velikom dijelu slične no ipak međusobno različite primjene funkcionalnog rasporeda mogu se naći u slučajevima **prostornog rasporeda skladišta** i maloprodajnih dućana. Kod skladišnog prostora je raspored u funkciji optimalizacije troškova manipuliranja skladištenom robom i troškova njena držanja. U nastojanjima minimaliziranja manipulativnih troškova, imajući na umu postojeću ili dostupnu opremu, u obzir se uzimaju udaljenosti pojedinih skladišnih punktova od skladišnih ulaza i izlaza, te razlike u učestalosti potreba za manipuliranjem određenom robom. Drugim riječima, osim duljine transportnih putova, odluka o rasporedu uzima u obzir i predviđene frekvencije potreba. Zbog toga, osim uobičajenog grupiranja skladišnih materijala prema sličnosti, u organizaciji skladišta dodatna pažnja može biti posvećena skupinama arti-

kala koji se učestalo zajedno prenose ili prikupljaju. Nadalje, nužna je i briga o sigurnosti ljudi koja ponekad može predstavljati dodatno ograničenje mogućeg rasporeda.

Prostorni razmještaj sredstava za rad jednog skladišta tako se može temeljiti na visokim policama koje omogućavaju bolju iskoristivost volumena skladišnog prostora. Između polica treba biti ostavljen dostatan prostor za nesmetan i siguran prolazak ljudi i transportne opreme potrebne za manipulaciju skladištenih materijala. Ukoliko je pritom naglasak stavljen na bolju iskoristivost prostora (u pravilu kada je volumen skladišnog prostora kritični resurs), bolja iskoristivost može se postići užim i rjeđim transportnim putovima. U drugim slučajevima, nastojeći umanjiti vremena unutarnjeg transporta ili vjerojatnost oštećenja robe prilikom manipulacije, skladišne police mogu biti postavljene rjeđe, a mreža transportnih putova među njima može biti gušća.

U hipotetskom primjeru skladišnog prostora površine 100 $m^2$ i iskoristivosti stropa 3 m, maksimalno raspoloživi volumen prostora iznosi 300 $m^3$. Ako se pretpostavi da se, radi bržeg i lakšeg pohranjivanja, roba skladišti na standardnim europaletama dimenzija 80 x 120 cm te transportira električnim visokopodiznim viličarima, police, da bi mogle primiti europaletu, trebaju biti dubine 90 cm, a minimalna širina prolaza koji omogućuje transport treba biti 150 cm. Uz ostavljanje zahtijevanog minimalnog prostora za manipulaciju, maksimalno iskoristivi neto volumen iznosi 145 $m^3$. Ukoliko bi se radi bržeg kretanja ljudi u istom prostoru ostavio jedan dodatni poprečni prolaz, volumen skladišta bi se smanjio za 11 % i iznosio 129 $m^3$.[192] Navedeni gubitak iskoristivog prostora će biti prihvatljiv kada je od navedenog gubitka važnije povećati brzinu pripreme robe za otpremu. Primjerice, u jednostavnom slučaju, kada radnik skladišta treba pripremiti za otpremu dva artikla koja se nalaze pri dnu različitih redova polica, mogući transportni put prvog rješenja rasporeda polica će biti dvostruko dulji od transportnog puta drugog rješenja. Shematski prikaz dvaju navedenih rješenja rasporeda polica u skladištu daje se na slici 7.4.

[192] Uz upotrebu polica širine 90 cm visine 300 cm te ostavljanje transportnog puta širine 150 cm, skladište će imati maksimalno 54 metra polica, odnosno ukupno 145,8 $m^3$ prostora na policama. Taj volumen se dobiva postavljanjem dviju polica duljine 10 metara uz bočne zidove skladišta te četiri polica duljine 8,5 metara u središnjem dijelu. Ukoliko se u nastojanju skraćivanja transportnih puteva omogući dodatni prolaz za viličar na dnu skladišta, ukupna duljina polica se skraćuje na 48 metara (središnje police tada imaju duljinu 7 m), a volumen prostora na policama iznosi 129,6 $m^3$.



Na lijevoj slici je prikazan raspored polica u skladištu veličine 10 x 10 x 3 metra s maksimalnim korištenjem raspoloživog volumena uz kriterij dostupnosti svih pozicija električnom viličaru i europaletama. Na desnoj slici je prikazano isto skladište u kojem je žrtvovano 11 % korisnog volumena za omogućavanje brže poprečne manipulacije materijalom. Prikazana alternativa omogućava skraćivanje transportnih putova u skladištu do 50 %.

***Slika 7.4. Raspored polica u skladištu sa i bez dodatnog prolaza***

Kod korištenja sredstava za rad opće namjene, kao što su police za industrijska skladišta, europalete i viličari, raspored robe na police pruža veliki broj mogućnosti i time osigurava određenu razinu fleksibilnosti. Naime, poslovni subjekt unutar funkcionalnog rasporeda može isprobavati različite načine raspoređivanja robe i na taj način, sustavom pokušaja i pogreške, pronalaziti adekvatna rješenja. Za pretpostaviti je da će, zbog pokušaja skraćivanja vremena unutarnjeg transporta, tipovi robe koji ostvaruju najveći obrtaj biti smješteni bliže ulazu, a roba za kojom se rjeđe poseže dalje od ulaza. Nadalje, usprkos funkcionalnom rasporedu, koji u skladištima uobičajeno znači razvrstavanje prema vrsti robe, za očekivati je da će se različite vrste robe, koje se učestalo otpremaju zajedno, biti smještene u blizini. Kod robe s velikim razlikama u masi, primjerice kod tekućina koje se skladište u posudama različitih veličina, posude najvećih dimenzija će zauzimati najniža mjesta kako bi se uz pomoć nižeg težišta osigurala veća stabilnost robe i police, te umanjila opasnost od ozljeđivanja ljudi i oštećivanja robe, ali i transportne opreme tijekom manipulacije. Ukoliko posjeduju evidenciju o učestalosti dopreme, otpreme i duljini skladištenja robe, te evidenciju ili procjenu o vrstama robe koje se često izdaju i otpremaju zajedno (vezano naručivanje), znatnu pomoć u pronalaženju racionalnijih rješenja rasporeda sredstava za rad i skladišnih artikala poslovni subjekti mogu ostvariti korištenjem suvremenih softverskih alata za skladišnu optimalizaciju.

**Raspored sredstava za rad u maloprodaji**, a posebice diskontnim dućanima, super i hiper marketima, u osnovi polazi od svih pretpostavki i težnji koje su objašnjene za raspored u skladištima, no sadrži i dodatne zahtjeve i ograničenja. Naime, pokušaj pronalaženja optimalnog

rasporeda sredstava za rad se provodi u cilju povećanja efikasnosti korištenja prostora i manipulacije robom. U marketima se, uz navedeno, prostornim rasporedom pokušava postići zadovoljstvo kupaca, poticanje kupaca na kupnju, te poticanje kupaca na kupnju onih artikala prodajom kojih tržišni subjekt ostvaruje veću ukupnu korisnost. Drugim riječima, raspored sredstava za rad u marketima je i u izravnoj vezi s ostvarivanjem ciljeva poduzeća poput povećanja prihoda od prodaje, obrtaja robe i profitabilnosti. U pokušaju da privuku kupce u svoje prodajne objekte, maloprodajni dućani, na temelju svojih poslovnih strategija, donose odluku o tome koji funkcionalni odjel ili odjeli trebaju biti najistaknutiji ili najreprezentativniji. Riječ je o kompromisnim (engl. *tradeoff*) odlukama, jer će izabrani dijelovi možda biti ispodprosječne efikasnosti glede iskorištenosti prostora i ostvarene prodaje po kubnom metru. Međutim, takvi dijelovi trgovine su značajni za kreiranje ukupnog dojma potrošača, stvaranje privrženosti određenom dućanu ili lancu i slično. Jedan visoko pozicionirani menadžer maloprodajnog lanca je tako u razgovoru naglasio da su ključni dijelovi dućana u njihovim trgovinama odjeli voća, povrća i mesa. Na tim odjelima se, osim kvaliteti ponuđenih namirnica za koju se nastoji da bude iznadprosječna, dodatna pažnja posvećuje rasporedu i prezentaciji robe. Kod drugih prodajnih lanaca se u središnjem dijelu dućana ističe predimenzionirano napravljen, luksuzno opremljen odjel rezanih suhomesnatih proizvoda i sireva. Prodajni centri u jadranskim turističkim središtima često posebnu pažnju posvećuju izboru i reprezentaciji svježe spremljenih gotovih jela, takozvanim toplotekama. Diskontni centri njeguju strategije jednostavnije ponude robe glede širine asortimana i načina izlaganja na policama pa je i raspored sredstava za rad prilagođen lakšoj manipulaciji i opsluživanju prodajnih prostora uz pomoć manjeg broja radnika. Dodatno, mnogi diskontni lanci posebne prostore u središnjem dijelu dućana predviđaju za promjenjivi sastav artikala koji se najčešće prodaje na tjednim ili mjesečnim akcijama. Takvi artikli su najčešće visoko profitabilni i, s obzirom da se prodaju akcijski tijekom ograničenog vremena, redovito ostvaruju vrlo visoki obrtaj zaliha. Isplativost akcijskih ponuda robe izvan standardnog asortimana je dodatno osnažena jeftinim i vrlo učinkovitim prodajnim brošurama s najavom akcijske ponude koje se u najjednostavnijem obliku potrošačima distribuiraju u samim prodajnim centrima i putem njihovih web stranica.

Od poznatih metoda privlačenja potrošača na kupnju, uz pomoć promišljenog prostornog rasporeda, može se spomenuti postavljanje profitabilnijih artikala na police u visini očiju i ruku, a manje profitabilnih na najviše i najniže police. Nadalje, smatra se da su središnji dijelovi (horizontalno) dugih redova polica atraktivniji od rubnih. Čela redova polica, posebno čela ispred naplatnih blagajni najčešće odstupaju od funkcionalnog rasporeda prema vrsti robe i sadrže artikle za koje je poželjno da privuku najveću pažnju. Redovi čekanja uz blagajničku traku su poznati mamci na impulzivnu kupnju pa se popunjavaju artiklima kod kojih se ona očekuje. Osnovne skupine artikala poput kruha, brašna i ulja se često nalaze u dubljim dijelovima trgovine i odmaknuti jedni od drugih. Važno je za spomenuti da usprkos kopiranju prakse uspješnijih i metoda pokušaja i pogreške baziranih na bihevioralnim pretpostavkama, prodajni lanci u ostvarivanju boljih rezultata mogu koristiti i naprednije metode. Tako je poznata praksa velikih svjetskih prodajnih lanaca da postavljanjem kamera, snimanjem i analiziranjem kretanja potrošača razmatraju povoljnije prostorne rasporede. Kao poznati slučaj vrlo detaljnog promišljanja funkcijskog prostornog rasporeda može se spomenuti IKEA koja uobičajeno koristi prvi dio svojih objekata za prikaz namještaja u prostoru, a pri kraju tog dijela smješta restoran.

Velik dio njihovih kupaca privučen mirisom hrane iz restorana radi pauzu od razgledavanja pri čemu i kupuje neke od proizvoda iz ponude restorana. Nakon restorana, a na putu do blagajni, kupci prolaze kroz drugi dio objekta obilježen funkcionalnim rasporedom prema vrsti artikala. Dodatne informacije o potrošačkim navikama se u digitalnoj eri mogu postići i analiziranjem podataka s kartica vjernosti ili analizom podataka kupovnih košarica dostupnih s računa.

U nastavku će se prikazati primjer rasporeda sredstava za rad pomoću metode trokuta.



***Primjer 7.1. Raspored radionica u pogonu za proizvodnju jedrilica***

Proizvođač jedrilica posluje u skučenom i neadekvatnom prostoru te namjerava preseliti u novi kompleks koji će se sastojati od zasebnih hala za smještaj radionica s različitim mogućnostima obrade. Za aktivnosti koje u svojim pogonima namjerava vršiti u novom prostoru potrebne su mu sljedeće radionice:

- stolarska radionica (R1)
- radionica za lijevanje sintetskih smola (R2)
- radionica za laku metalnu obradu (R3)
- krojačka radionica (R4) i
- automehaničarska radionica (R5).

Zbog uštede na vremenu i troškovima transporta među radionicama, proizvođač razmatra njihov razmještaj i želi postići da su radionice između kojih ima najviše transporta postavljene što je moguće bliže jedna drugoj. Za što bolji raspored radionica odluči iskoristiti **metodu trokuta**.

PRISTUP I RJEŠENJE: Prema metodi trokuta, najprije je potrebno utvrditi učestalost transporta, odnosno **transportni intenzitet** (*TI*) između svih radionica. Transportni intenziteti su zadani u tablici 7.1. U ovom primjeru se ne analizira transport unutar, već samo između radionica pa su na matrici sjecišta istih radionica potamnjena. Osim toga, nema simetrije u transportnim putevima pa je tako od radionice R1 do R2 transport predviđen 35 puta, a od R2 do R1 15 puta.

***Tablica 7.1. Polazna matrica transportnih intenziteta (TI)***

| | **R1** | **R2** | **R3** | **R4** | **R5** |
|---|---|---|---|---|---|
| **R1** | | 35 | | 50 | |
| **R2** | 15 | | 40 | 10 | 45 |
| **R3** | 10 | 12 | | | 30 |
| **R4** | 30 | 12 | | | |
| **R5** | | 14 | 35 | | |

Prema polaznoj matrici transportnih intenziteta formira se matrica ukupnih intenziteta (*UTI*), koja sadržava ukupni transportni kapacitet između dvije radionice u oba smjera (tablica 7.2). Matrica se dobiva horizontalnim zbrajanjem tran-

sportnih intenziteta između dviju radionica. Primjerice, intenzitet transporta od R1 do R2 je 35, a od R2 do R1 je 15, što znači da je ukupni transportni intenzitet između njih 50.

***Tablica 7.2. Matrica ukupnih transportnih intenziteta (UTI)***

| | **R1** | **R2** | **R3** | **R4** | **R5** |
|---|---|---|---|---|---|
| **R1** | | | | | |
| **R2** | 50 | | | | |
| **R3** | 10 | 52 | | | |
| **R4** | **80** | 22 | | | |
| **R5** | | 59 | 65 | | |

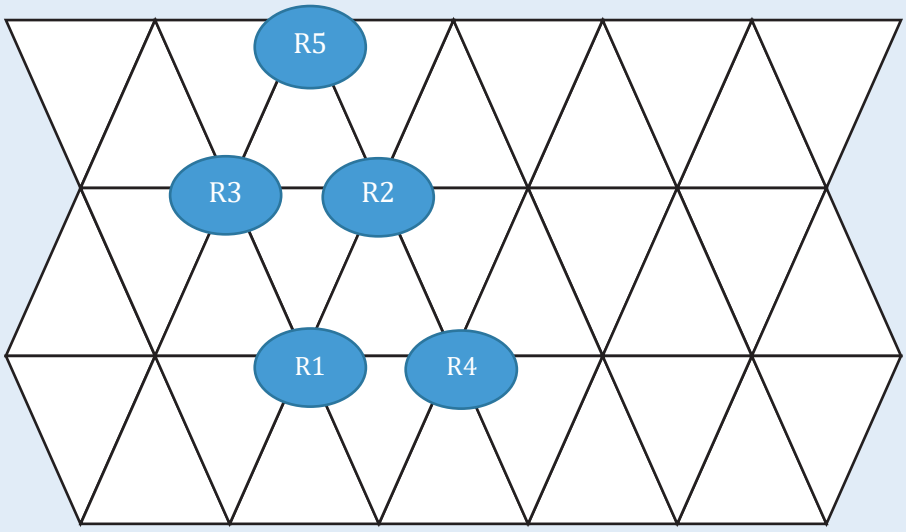
Zatim se u matrici ukupnih transportnih intenziteta traži **najveća vrijednost** ($UTI_{max}$), koja u ovom slučaju iznosi 80 i predstavlja intenzitet između radionica R1 i R4. Ukoliko bi se ista najveća vrijednost pojavila na više mjesta, prednost u rasporedu bi dobio onaj par radionica koji bi imao više transportnih veza s ostalim radionicama. Za dobivanje redoslijeda rasporeda ostalih radionica potrebno je izraditi tablicu redoslijeda lociranja (tablica 7.3). U tablici 7.3. se u prvom redu ispišu nazivi svih radionica (od R1 do R5), a u drugom, jedna iznad druge, prvi par izabranih radionica s najvišim intenzitetom (R1 i R4). Potom se u drugom redu upisuju intenziteti transporta iz matrice ukupnih intenziteta između dvije već izabrane radionice (R1 i R4) i ostalih radionica. Križanje radionice same sa sobom se označava znakom X, a križanje s drugom, već izabranom radionicom, se ostavlja prazno. U novom redu se potom vertikalno zbrajaju intenziteti iz prethodnog reda. Radionica s najvećom sumom se sljedeća upisuje u matricu te se računaju intenziteti između nje i preostalih radionica.

***Tablica 7.3. Redoslijed lociranja***

| | **R1** | **R2** | **R3** | **R4** | **R5** |
|---|---|---|---|---|---|
| **R1**<br>**R4** | X | 50<br>22 | 10<br>0 | <br>X | 0<br>0 |
| **∑**<br>**R2** | | **72**<br>X | 10<br>52 | | 0<br>59 |
| **∑**<br>**R3** | | | **62**<br>X | | 59<br>65 |
| **∑**<br>**R5** | | | | | **124**<br>X |

Raspored radionica prikazuje se u trokutastoj mreži, po kojoj je metoda i dobila ime. Najprije se raspoređuju dvije radionice s najvećim međusobnim intenzitetom transporta (R1 i R4) tako da se postave jedna do druge u trokutastu mrežu (slika 7.5). Raspored ostalih radionica vrši se prema tablici redoslijeda lociranja na način da se za svaku sljedeću radionicu gleda intenzitet transporta s već raspoređenim

radionicama te ju se postavlja na poziciju bližu radionici ili radionicama s kojima dijeli veći intenzitet. Prema ovoj metodi, pravilo je da prethodno raspoređene stanice budu baza, a nova radionica vrh trokuta, kada god je to moguće.




***Slika 7.5. Trokutasta mreža rasporeda radionica***

U pojedinim kompleksnijim slučajevima se može dogoditi da se ne može jasno utvrditi na koji položaj je najbolje postaviti radionicu. Tada je nakon utvrđivanja alternativnih lokacija potrebno za svaku lokaciju izračunati sumu umnožaka intenziteta transporta i duljine transporta (broja linija na trokutu) između potencijalne lokacije radionice s lokacijama već postavljanih radionica. Nakon izračuna treba izabrati potencijalnu lokaciju s najmanjom sumom.

## 7.3. PROIZVODNO ORIJENTIRANI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD

Ako je funkcionalni raspored sredstava za rad posebno prikladan u operacijama koje obilježavaju zahtjevi za fleksibilnošću, s proizvodnom orijentacijom i linijskim tokom proizvodnje će biti dizajnirani sustavi kojima je odnos između fleksibilnosti i efikasnosti značajno nagnut na stranu efikasnosti. Zbog toga je ovaj raspored sredstava za rad uobičajen kod velikoserijske, masovne i kontinuirane proizvodnje.[193] Kao što je prikazano na izdvojenom slučaju u nastavku, osim samog razmještaja sredstava za rad, proizvodno orijentirani sustavi su obilježeni korištenjem **specijalizirane opreme** koja u uskom, repetitivnom segmentu uporabe, **osigurava bolje performanse** od sredstava za rad opće namjene. Primjerice, brdski bicikl za slobodno vrijeme (engl. *mountain bike, MTB*) ima vrlo široku primjenu i upotrebljivost. Međutim, u uvjetima poput cestovnih biciklističkih utrka, ili natjecanja u biciklističkom spustu (engl. *downhill*), korištenje brdskih bicikla rezultiralo bi ostvarenjem znatno slabijih performansi od specijalki ili dobro amortiziranih bicikala za kategoriju spust. Analogno tome, iako u automehaničarskoj ra-

[193] Evans, J. R. et al. (1992). *op.cit.*

dionici iz prethodne točke, za uklanjanje kotača s automobila mogu bez poteškoća biti korišteni standardni viličasti ili kriket ključevi za vijke M12 i M14, radionice za taj jednostavni zahvat u pravilu koriste specijalizirani pneumatski ključ s podesivom silom zavrtanja. Razlike u prostornom rasporedu i korištenoj opremi kod proizvodno i kod funkcionalno orijentiranog sustava rezultiraju njihovom prikladnošću u ostvarivanju različitih poslovnih i operativnih strategija. U tekstualnom okviru opisan je povijesni i tehnološki kontekst koji je rezultirao brzim razvojem proizvodno orijentiranih sustava.

***Izdvojeni slučaj 7.3. Od radionice do automobila za motoriziranje nacije***[194]

U zadnjim desetljećima 19. stoljeća stvoreni su preduvjeti za velike promjene u načinu proizvodnje dobara. Na raznim dijelovima svijeta, a posebno na području Sjeverne Amerike proizvodna su poduzeća težila prilagodbama koje bi omogućile odgovor na sve brži rast tržišne potražnje. U metaloprerađivačkoj industriji značajan su tehnološki iskorak predstavljale industrijske preše koje su bile napravljene dovoljno čvrsto i postojano da su mogle modelirati metalne plohe dovoljno precizno pa je svaki otisnuti komad lima bio jednak prethodnom. Međutim, u tradicionalnim radionicama i manufakturama je povećanje outputa bilo teško dostižno i često popraćeno rastućim jediničnim troškovima. Osim alata opće namjene, tipično za radioničku proizvodnju, radnu snagu su činili majstori zanata odnosno uvježbani radnici relativno širokog spektra znanja u svom području djelovanja. Naime, majstori poput stolara, mehaničara ili krojača su posao učili tijekom godina šegrtovanja uz starije kolege. Vlasnici tvornica su se pri težnji za povećanjem outputa suočavali s problemom nepoznavanja i nepotpunog razumijevanja posla koji u njihovim pogonima obavljaju radnici. Posebno je to bio slučaj kod proizvodnje proizvoda većeg stupnja tehnološke složenosti, pri čemu su na proizvodu radili majstori različitih profila. U takvim okolnostima je planiranje posla i rokova bilo otežano. Istodobno je u industrijski najrazvijenijem dijelu SAD-a postojao značajan višak nekvalificirane i teško upotrebljive radne snage koja je migrirala iz poljoprivrednih krajeva. S ciljem poboljšanja proizvodnih procesa, povećanja proizvodnosti i stvaranja preduvjeta lakšeg planiranja, na prijelazu stoljeća dolazi do napora u transformaciji proizvodnih postrojenja u skladu s novim okolnostima. Predvođena Friedrichom Taylorom i Henryjem Fordom te uvođenjem znanstvenog menadžmenta, proizvodna poduzeća započinju sveobuhvatnu analizu radnih postupaka i procesa, racionalizaciju rada, specijalizaciju sredstava za rad i ljudskog rada. Osim boljeg razumijevanja proizvodnih procesa, navedene promjene dovode do standardizacije proizvedenih dijelova pa potom i značajno brže i jeftinije proizvodnje standardiziranih gotovih proizvoda. Specijalizacija sredstava za rad i ljudskog rada bile su zamašnjak povećanja efikasnosti, no značile su i potrebu za gradnjom većih tvornica s većim brojem radnika i više specijalizirane opreme. Specijalizacija

[194] Za opširno opisivanje konteksta i tehnologija koje su omogućile nastavak masovne proizvodnje: Womack, J. P., Jones, D. T. i Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production - Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry.* New York: Free Press. i Jaffee, D. (2000). *Organization Theory: Tension and Change*. New York: McGraw-Hill

rada je također bila okosnica drastičnog ubrzanja stjecanja potrebnih znanja za rad na pojedinom radnom mjestu te je time omogućila zapošljavanje novih radnika bez nužnosti dugog procesa učenja posla. Specijalizirana oprema i ljudski rad postavljeni su tako da slijede proces proizvodnje jedne vrste proizvoda uz nikakve ili minimalne varijacije u procesu. To je predstavljalo začetak proizvodno orijentiranog rasporeda sredstava za rad i velikoserijske ili masovne proizvodnje. Cijena rapidnog ubrzavanja proizvodnje, uz istodobni pad njezinih troškova, bila je plaćena odustajanjem od fleksibilnosti u proizvodnji. Naime, specijalizirana oprema i radna snaga obučena za uzak raspon poslova podnosili su tehnološke modifikacije samo uz značajne gubitke na efikasnosti. I možda još značajnije, iznimno skupa postrojenja sa specijaliziranim strojevima i proizvodno orijentiranim rasporedom su, uz uvijek prisutne nepovratne troškove (engl. *sunk costs*), zahtijevala konstantno visoku razinu iskorištenosti kapaciteta, odnosno uvjete poznate i stabilne tržišne potražnje. Razvojem fleksibilnih proizvodnih sustava uz pomoć računalno upravljanih numeričkih strojeva (engl. *computer numerical control, CNC*), sustava brze zamjene alata (engl. *single-digit minute exchange of die, SMED*)[195] i drugih tehnoloških rješenja, povećana je fleksibilnost proizvodnje u velikim serijama. Međutim, stoljeće nakon što je proizvodnja Fordovog Modela T doživjela svoj vrhunac po broju u godini proizvedenih primjeraka, proizvodno orijentirani sustavi su i dalje sveprisutni u brojnim industrijama.

Primjere korištenja proizvodno orijentiranog rasporeda sredstava za rad treba tražiti u proizvodnim sustavima čije poslovanje obilježava:

- stabilna tržišna potražnja, odnosno potražnja koju je lakše prognozirati u dugom i srednjem roku
- kapitalna intenzivnost, odnosno potreba za visokim početnim ulaganjima za dostizanje efikasnog razmjera aktivnosti
- poznata i stabilna tehnologija proizvodnje kako postrojenja ne bi prerano postala ekonomski zastarjela.

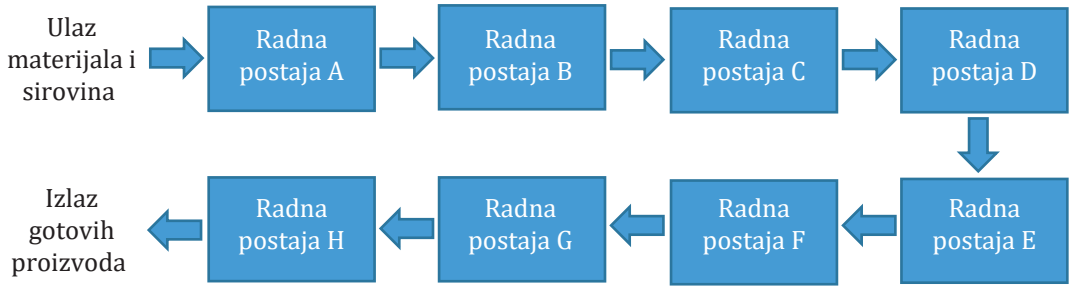
Navedena obilježja sustava najprikladnijih za proizvodno orijentirani raspored sredstava za rad su lako uočljiva kod, primjerice, automobilske industrije u kojoj je visoki minimalni razmjer aktivnosti rezultirao iznimno rijetkim novim ulascima proizvođača na masovno tržište, ili prehrambene industrije obilježene stabilnom potražnjom niske elastičnosti na dohodak. Proizvodna orijentiranost i linijski tok primjenu nalaze i u uslužnoj proizvodnji. Tako neke od poznatih restorana brze hrane, kao i samoposlužne trake restorana u menzama, obilježava proizvodno orijentiran tok.

Proizvodno orijentirani sustavi se koriste kada se želi postići brza i fluidna proizvodnja velike količine proizvoda. Kao što je ranije naglašeno, to se postiže plasiranjem standardiziranih proizvoda uz upotrebu specijaliziranih sredstava za rad i radne snage te visoku repetitivnost proizvodnje. Specijaliziranost radne snage se očituje kroz izraženu podjelu rada i usku širinu

[195] O SMED-u je bilo riječi u poglavlju 6, u kojem je detaljno objašnjen.

poslova. Specijalizirana oprema i ljudski rad i visoka standardizacija proizvoda se u proizvodno orijentiranim sustavima koriste na način da se cijeli proizvodni proces organizira oko proizvodnje jednog tipa proizvoda.

Na slici 7.6. je prikazan mogući raspored sredstava za rad u slučaju potrebe za kreiranjem osam radnih postaja i ulaskom svih sirovina i materijala na početku. Naravno, u ovisnosti od tehnoloških zahtjeva proizvodnje pojedinog proizvoda, tok proizvodnje će od slučaja do slučaja biti vrlo različit. Tako je moguće da inputi u vidu sirovina ne ulaze u proces istodobno, da više paralelnih radnih postaja s različitim dijelovima procesa čini ulaz jedne radne postaje i da, s ciljem uravnoteživanja kapaciteta u liniji, različiti dijelovi proizvodnog procesa trebaju različiti broj istovrsnih radnih postaja.




***Slika 7.6. Prikaz proizvodnje linijskog toka***

Osnovni izazov pred postavljanjem proizvodno orijentiranog sustava je u postizanju ritmičnosti, odnosno u ujednačavanju kapaciteta. Ideal bi mogla predstavljati situacija u kojoj sve radne postaje imaju jednak kapacitet. Tada bi tok od ulaza sirovina do završetka proizvoda bio ritmičan, fluidan i bez zastoja, osim u izvanrednim situacijama. Ipak, čak i u jednostavnim slučajevima linijskog toka, poput onog prikazanog na slici 7.6, za očekivati je da će neke radne postaje svoj dio zadatka moći odrađivati brže od drugih. Pretpostavimo da u prikazanom nizu od 8 radnih postaja brzine izvođenja zadataka, odnosno tehnoloških operacija nisu jednake, već da najbrže od njih, radne postaje A, F i H za svoj dio zadatka zahtijevaju jednu minutu po proizvodu, postaje B i C dvije minute, D četiri minute, a E i G tri minute (s ciljem preglednosti primjera, kapaciteti radnih postaja prikazani su i tablično u tablici 7.4). U tom će slučaju opisani tok proizvoditi jedan proizvod u ritmu svake četiri minute. Brzina izvođenja na radnoj postaji D, koja svoj dio zadatka odrađuje za 4 minute, predstavlja usko grlo, a kapacitet propusnosti cijelog proizvodnog sustava je jednak kapacitetu uskog grla. Nominalni kapacitet cijele linije tako može dostići proizvodnju od 120 proizvoda u osmosatnoj smjeni. Maksimalno vrijeme proizvodnje na bilo kojoj radnoj postaji naziva se **vrijeme ciklusa** (engl. *task cycle*). Povećanje kapaciteta proizvodnje stoga se može postići ukoliko se skrati vrijeme ciklusa, odnosno ubrza proizvodnja (primjerice, dodavanjem resursa) na najsporijoj radnoj postaji.[196]

[196] O kategorijama kao što su usko grlo, brzina toka, raspoloživi kapacitet, vrijeme ciklusa, bilo je riječi i kroz poglavlje 6. Pomoću ovih kategorija analizirao se tok procesa, te ispitivala njegova efikasnost.

***Tablica 7.4. Kapacitet radnih postaja***

| Naziv radne postaje | Vrijeme potrebno za obradu jedne jedince proizvoda |
|---|---|
| Radna postaja A | 1 minuta |
| Radna postaja B | 2 minute |
| Radna postaja C | 2 minute |
| Radna postaja D | 4 minute |
| Radna postaja E | 3 minute |
| Radna postaja F | 1 minuta |
| Radna postaja G | 3 minute |
| Radna postaja H | 1 minuta |



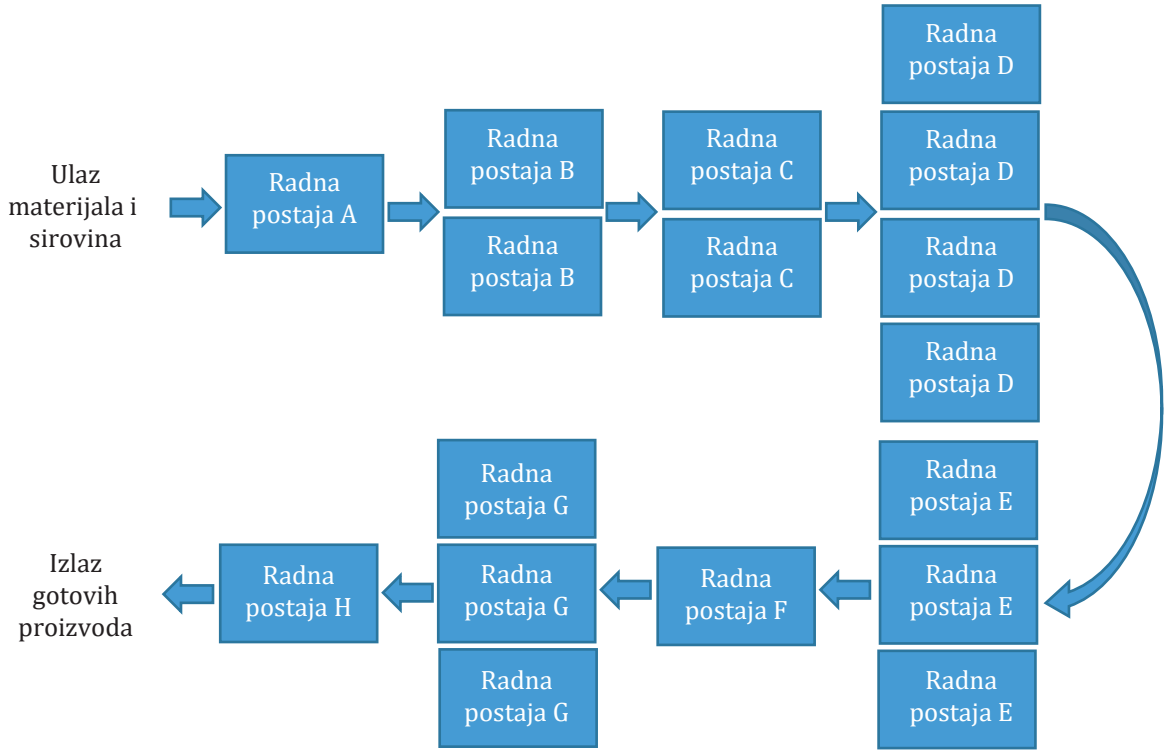
Kada kapaciteti unutar linije nisu ujednačeni, pojavljuju se problemi zaglavljivanja zbog nemogućnosti sljedeće radne postaje da prati proizvodni ritam prethodne. Takvi problemi u navedenom primjeru mogu se očekivati između radnih postaja A i B, te C i D. Postaja A je dvostrukog kapaciteta od postaje B i između njih će se stvarati prekomjerne međufazne zalihe pa će radna postaja A morati povremeno zastajati s radom i čekati da postaja B apsorbira višak. Postaje B i C će biti uravnotežene i međusobno neće izazivati zastoje, no između postaja C i D će se pojavljivati isti problem.

Obrnuti vid problema toka će nastajati između postaja D i E i prenositi se do kraja linije: postaja D je sporija od postaje E (četiri naspram tri minute po proizvodu) te će postaja E imati zastoje u radu uslijed nedostataka inputa iz prethodne postaje. Kako naredna postaja F može triput brže obaviti potrebne operacije od postaje E te čak 4 puta od postaje D, njezini će zastoji u radu biti još izraženiji i radit će samo 25 % vremena. Postaja G je triput sporija od prethodne postaje F, no kako postaja F, zbog nedostatne opskrbe, koristi samo 25 % svojih kapaciteta, ni sporija postaja G neće moći koristiti sav raspoloživi kapacitet.

Ukoliko bi upravitelji navedenog pogona odlučili ubrzati ritam proizvodnje i bolje ujednačiti kapacitete, mogu posegnuti za postavljanjem dodatne postaje D koja će paralelno s postojećom postajom D obavljati iste tehnološke operacije. S dvije paralelne postaje kapaciteta jednog proizvoda u 4 minute, kapacitet operacije je udvostručen i iznosi dvije minute za jedan proizvod. Postaje D time prestaju biti uska grla i usklađuju ritam s prethodne dvije postaje. Nova uska grla sada su postaje E i G s operacijama koje traju 3 minute po proizvodu. Ubrzanje ritma proizvodnje (dodavanjem dodatne postaje D) rezultiralo je povećanjem nominalnog kapaciteta linije sa 120 na 160 jedinica proizvoda u osmosatnoj smjeni, odnosno za 33,33 %.[197] Za daljnje usklađivanje kapaciteta i ubrzavanje proizvodnje, potrebno je dodati kapacitete postajama E i G čime bi se postigla proizvodnja novog proizvoda svake dvije minute. Potpuno uravnoteženje linije, s korištenjem radnih postaja navedenog trajanja operacija, rezultiralo bi ritmom proizvodnje od jednog novog proizvoda u minuti, odnosno maksimalno 480 proizvoda u osam sati.

[197] Brzina najsporije postaje (D) je omogućavala obradu jednog proizvoda svake četiri minute i to je određivalo nominalni kapacitet cijelog sustava (8 sati čini 480 minuta, što s kapacitetom jednog proizvoda svake četiri minute dovodi do maksimalne proizvodnje od 120 proizvoda). Udvostručavanje kapaciteta postaje D pomaklo je usko grlo na postaje E i G i njihov kapacitet obrade jednog proizvoda u 3 minute, odnosno ukupne proizvodnje od 160 jedinica proizvoda u istom vremenu.

Daljnje težnje za uravnoteženjem sustava mogle bi biti izvedene nadodavanjem novih postaja na preostala uska grla. Uz pretpostavku korištenja samo postaja istog tipa i istog kapaciteta, dakle bez dostupnih tehnoloških alternativa, linija bi mogla postići uravnoteženost pri nominalnom kapacitetu od 480 jedinica u osmosatnoj smjeni. Uravnoteženi pogon tog kapaciteta prikazan je na slici 7.7.




***Slika 7.7. Linijski tok proizvodnje s uravnoteženom brzinom operacija***

Prikaz uravnoteženog linijskog toka sa slike 7.7. izbjegavanjem „mrtvih vremena" u radu strojeva omogućava ubrzavanje proizvodnje za 400 %.[198] Međutim, osim značajno većih prostornih zahtjeva, ovakav pogon donosi i značajno veće financijske zahtjeve glede cijene postrojenja (fiksni trošak), kao i broja potrebnih radnika i utroška energije (varijabilni trošak). Za jednostavnu ilustraciju može se pretpostaviti da na svakoj radnoj postaji radi jedan operater te da sve radne postaje sadrže opremu jednake nabavne vrijednosti koja iznosi po 143.000 kn. Jednostavniji i neuravnoteženi pogon sa slike 7.6. bi za ostvarivanje svog kapaciteta od 120 jedinica proizvoda s 8 radnih postaja trebao ukupnu vrijednost ulaganja u radne postaje od 1.144.000 kn i angažman osam operatera. Uklanjanje uskog grla, nadogradnjom linije s još jednom postajom D, omogućilo bi kapacitet od 160 jedinica proizvoda uz ulaganje od 1.287.000 kn i angažman devet operatera. Uravnotežena proizvodna linija sa slike 7.7. tražila bi ulaganje u radne postaje u iznosu od 2.431.000 kn i angažman 17 operatera za kapacitet od 480 jedinica. Nakon kalkulacije troškovne komponente, poduzeće s ovim mogućnostima bi prije odluke o opremi i prostornom rasporedu trebalo analizirati i mogućnosti plasmana proizvedenih proizvoda te ocijeniti stabilnost potražnje.

[198] S prvotnih 120 na konačnih 480 jedinica proizvoda u jednoj smjeni.

Uravnoteženje ili balansiranje linije nije uvijek moguće ili isplativo izvesti na prikazani način jer uklanjanje uskih grla dovodi do razine proizvodnje koju često nije moguće realizirati na tržištu. Zbog toga se balansiranju linije u poslovnoj praksi uglavnom pristupa obrnutim pristupom, odnosno započinje se crtajući dijagram redoslijeda sklapanja proizvoda na kojem su prikazane potrebne radne operacije te s ciljanom razinom proizvodnje iz koje se izračunava potrebno vrijeme ciklusa (*VC*), prema formuli 6.5. iz poglavlja 6. Ovdje će se ta formula ponovo zapisati, radi lakšeg praćenja, kao formula 7.1.

$$VC = \frac{URV}{K} \qquad (7.1)$$

gdje su:

- $VC$ = vrijeme ciklusa (maksimalno vrijeme dopušteno za jednu radnu postaju)
- $URV$ = ukupno raspoloživo vrijeme – ukupan broj minuta rada u smjeni ili u danu (primjerice, u smjeni od 8 h raspoloživo vrijeme je 480 minuta).
- $K$ = raspoloživa količina proizvodnje

Zatim se izračunava minimalni broj radnih postaja koji iznosi prvi cijeli broj veći od kvocijenta ukupne količine rada na proizvodu i vremena trajanja ciklusa. Izračun broja radnih postaja također se već radio u poglavlju 6, pomoću formule 6.8, gdje se izračunavao potreban kapacitet. Međutim, i ova formula će se ponovo zapisati kao formula 7.2.

$$RP_{\min} = \frac{UVO}{VC} \qquad (7.2)$$

gdje su:

- $RP_{min}$ = broj radnih postaja uzduž linije (obično jedna postaja, jedan radnik)
- $VO$ = operativno vrijeme pojedine operacije na proizvodu (svaka operacija namijenjena je samo jednoj radnoj postaji, ali jedna radna postaja može odrađivati više operacija)
- $UVO$ = ukupno vrijeme obrade (količina rada na proizvodu; ukupan rad potreban za proizvodnju jedinice proizvoda)

Ovakav pristup balansiranju linije omogućava ostvarenje predviđene proizvodnje uz minimalni broj radnih postaja, no iako ih nastoji minimalizirati, često ne dolazi do potpunog nestanka uskih grla. Nestanak uskih grla značio bi efikasnost balansa od 100 % no ona je uobičajeno nešto niža. Efikasnost balansa (*EB*) u proizvodnji, kod koje se minimalizira broj radnih postaja sukladno predviđenom ciklusu, moguće je izračunati po formuli 7.3.

$$EB = \frac{UVO}{RP_{\min} * VC} \qquad (7.3)$$

Nakon što je određen ciklus te izračunat minimalni broj radnih postaja potreban za realizaciju proizvodnje, operacije se radnim postajama pridružuju nastojeći postići točno vrijeme ciklusa, ili mu se što više približiti. Vrijeme ciklusa se ne smije premašiti, a ukoliko mu se vrijeme

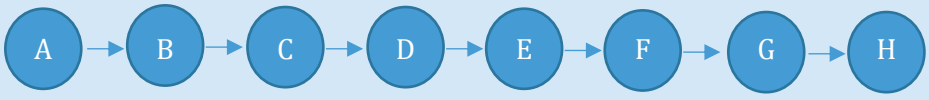
izvođenja operacija na radnoj postaji približi, razlika u vremenu između postignutog vremena i vremena ciklusa predstavlja neiskorišteno vrijeme na toj radnoj postaji. Raspoređivanje operacija na radne postaje prema jednoj od metoda vrši se dodjeljivanjem operacija na radnu postaju po kriteriju ***najmanjeg broja prethodnika*** sve dok vrijeme ciklusa ne bude ispunjeno ili dok ne bude maksimalno blizu postavljenom vremenu ciklusa. Kada iduća operacija ne može biti izvedena u preostalom vremenu radne postaje do ispunjenja vremena ciklusa, traži se prva sljedeća operacija koja u tom vremenu može biti izvedena. Kad više ni jedna operacija ne može biti pridodana radnoj postaji, otvara se nova radna postaja. Ovo će se prikazati primjerom 7.2.

***Primjer 7.2. Uravnoteženje (balansiranje) linije***

Poduzeće u svom pogonu želi proizvoditi rasvjetna tijela za poslovne prostore. Procjenjuje da na tržištu može realizirati 80 komada rasvjetnih tijela dnevno, a proizvodnju planira u jednoj osmosatnoj smjeni. Postupak sklapanja projektiranog tipa rasvjetnog tijela sastoji se od 8 operacija s vremenima trajanja operacija prikazanima u tablici 7.5. Operacije se izvršavaju istim redom kojim su i označene. Redoslijed sklapanja prikazan je na slici 7.8.

***Tablica 7.5. Operacije i njihova vremena trajanja***

| A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 |




***Slika 7.8. Redoslijed sklapanja***

PRISTUP I RJEŠENJE: Vrijeme ciklusa računa se po formuli 7.1., i iznosi 6 minuta (480 minuta dnevno podijeljeno sa željenom količinom proizvodnje od 80 komada). Nakon toga treba izračunati minimalni broj radnih postaja na kojima će se realizirati predviđena proizvodnja, prema formuli 7.2.

$$RP_{\min} = \frac{UVO}{VC} = \frac{23}{6} = 3,83 \Rightarrow 4$$

Minimalan broj radnih postaja za realizaciju proizvodnje s ovim ciklusom iznosi 4.

Da bi se alociralo 8 operacija na 4 radne postaje, potrebno je izraditi tablicu prema najmanjem broju prethodnika. U ovom jednostavnom primjeru poredak operacija je jednostavan i nema operacija koje se mogu izvršavati istovremeno, što je i vidljivo iz tablice 7.6.

***Tablica 7.6. Operacije sastavljanja prema najmanjem broju prethodnika***

| R. br. | Operacija | Broj operacija koje joj prethode | Trajanje operacije (*VO*) |
|---|---|---|---|
| 1 | A | 0 | 4 |
| 2 | B | 1 | 3 |
| 3 | C | 2 | 2 |
| 4 | D | 3 | 5 |
| 5 | E | 4 | 1 |
| 6 | F | 5 | 3 |
| 7 | G | 6 | 2 |
| 8 | H | 7 | 3 |

Operacije se zatim pridružuju radnim postajama po kriteriju najmanjeg broja prethodnika (tablica 7.7). Ako bi dvije operacije imale jednaki broj prethodnika, što ovdje nije slučaj, prvenstvo bi bilo dano onoj s duljim trajanjem operacije. Kada sljedeća operacija ne može biti odrađena u preostalom raspoloživom vremenu radne postaje, treba se pomaknuti niz listu i potražiti prvu iduću operaciju koja to može. Ako nijedna od preostalih operacija ne može biti odrađena u preostalom vremenu, ta će radna postaja imati neiskorišteno vrijeme i kreće se s punjenjem sljedeće postaje.

***Tablica 7.7. Uravnoteženje linije prema kriteriju najmanjeg broja prethodnika***

| R. br. | Radna postaja | Operacije | Slobodno vrijeme |
|---|---|---|---|
| 1 | RP1 | A, C | 0 |
| 2 | RP2 | B, E, G | 6 |
| 3 | RP3 | D | 1 |
| 4 | RP4 | F, H | 0 |

Efikasnost balansa ove linije s četiri radne postaje na kojima se odrađuje 8 operacija je 95,8 %, a gubitak je 4,2 % (razlika između ostvarene i pune efikasnosti koja iznosi 100 %).

$$EB = \frac{UVO}{RP_{\min} * VC} = \frac{23}{4 * 6} = 95{,}8\%$$

UOČENO: Kao što je vidljivo iz navedenog primjera, osmišljavanje uravnoteženog kapaciteta sustava proizvodnje s proizvodno orijentiranim rasporedom sredstava za rad je vrlo zahtjevan zadatak. Osim objašnjenih odluka o prostornom rasporedu u tu svrhu se provode i analiza toka procesa, materijala i informacija, što je detaljnije objašnjeno u prethodnom poglavlju (poglavlje 6).

Specifičnosti proizvodne orijentacije linijskog toka proizvodnje mogu se vidjeti na ***primjeru proizvodnje napolitanki***. U automatiziranom pogonu za proizvodnju napolitanki na prvoj radnoj postaji kao sirovina u proces ulazi tekuće tijesto za proizvodnju kora. Automatizirana prskalica u pravilnim razmacima nanosi tijesto na metalne kalupe koje mehanička ruka prenosi do zagrijane

ploče koja tijesto zapeče u konačni oblik kore. Traka prenosi kore do sljedeće radne postaje na kojoj se na prvu koru s jedne strane šprica krema, nanosi nova kora pa novi sloj kreme. Nakon nanošenja trećeg sloja kreme postavlja se četvrti, završni sloj kore. Blokovi napolitanki se potom trakom prenose do automatizirane rezalice koja se kao mreža od tanke metalne žice spušta na blok napolitanki i precizno ih u jednom potezu reže u standardni kvadratni oblik. Na četvrtoj radnoj postaji dvoje radnika vizualno pregledava nadolazeće blokove narezanih napolitanki i odstranjuje sve nesavršeno formirane ili odrezane dijelove. Odrezane dijelove odbacuju u velike plastične kante odakle ih se kasnije prebacuje u pogon za proizvodnju kreme za napolitanke, kojih su one sastavni dio. Nakon vizualnog pregleda, napolitanke se trakom prenose do zadnje radne postaje na kojoj ih se strojno grupira na određeni način i pakira u kutije.

Opisani proces proizvodnje napolitanki u pogonu s proizvodno orijentiranim rasporedom sredstava za rad može poslužiti za jednostavno objašnjavanje obilježja tog tipa rasporeda. Naime, napolitanke se u slastičarskim radionicama mogu proizvesti i bez specijaliziranog postrojenja, tekuće trake i automatizacije. Kore se mogu formirati u standardnim kalupima za kolače dodavanjem tijesta grabilicom te potom peći u pećnici. Dodavanje slojeva kreme i potom novih kora se također može obavljati pomoću standardnog slastičarskog pribora. Rezanje bokova napolitanki na kvadratne oblike se može vršiti tankim oštrim noževima. Međutim, u tom procesu bi se za dovršavanje narezanog bloka napolitanki trošilo drastično više vremena, a uključeni slastičari bi morali biti vrlo spretni i pedantni. Posljedično bi blok napravljenih napolitanki bio relativno skup i troškovi proizvodnje ne bi značajno opadali povećanjem broja proizvedenih blokova, niti bi se proces značajno ubrzao. Proizvodnja napolitanki u pogonu s linijskim rasporedom i specijaliziranom opremom je nepojmljivo brža, i od prvog špricanja tijesta na kalup, do narezanog i pregledanog bloka napolitanki, prolazi svega nekoliko minuta. Uz to, proizvodnja je vrlo ujednačena, sve proizvedene napolitanke izgledaju isto. Kore su jednako formirane i pečene, slojevi kreme su posvuda jednake debljine, rezovi napolitanki su iznimno precizni. Cijena bloka napolitanki je u konačnici puno niža, uz uvjet da je iskorištenost kapaciteta skupe specijalizirane linije dostatna za pokrivanje visokih troškova uvođenja takvog pogona, odnosno da postoji stabilna potražnja za velikom količinom identičnih keksa. Osim mogućih varijacija glede recepture kore ili sastava kreme, opisani pogon je bez visokih dodatnih ulaganja neprilagodljiv za proizvodnju drugih vrsta slastica.

## 7.4. GRUPNI ILI ĆELIJSKI RASPORED SREDSTAVA ZA RAD

Rastuća konkurencija na većini svjetskih tržišta dovela je potrebe proizvođača za ostvarivanjem **većeg stupnja fleksibilnosti, ali bez neprihvatljivo visokih gubitaka u efikasnosti**. Pritisak na povećanje fleksibilnosti očituje se kroz širenje asortimana, ali i povećanje broja mogućih varijacija kod proizvoda iste linije. Primjerice, kod automobila popularne kompaktne klase, vodeći proizvođači često nude nekoliko karoserijskih verzija poput: trovratne, petovratne, limuzinske, karavanske i monovolumenske. Dodatni zahtjevi za fleksibilnošću rezultat su skraćivanja životnog vijeka proizvoda, odnosno potrebe za češćim redizajnom postojećih i uvođenjem novih proizvoda. Kao jedan od odgovora na navedene tržišne zahtjeve, zadnjih se desetljeća u industriji sve češće javlja ćelijski (ili grupni) raspored, kao pokušaj kompromisnog ujedinjavanja svojstava proizvodno orijentiranog i funkcionalnog rasporeda.

Kod proizvodnih tehnologija, ćelijski raspored najčešće znači grupiranje sredstava za rad tako da se njome mogu obavljati operacije za set sličnih proizvoda čija proizvodnja zahtijeva sličnu obradu. Tako je, umjesto bezbrojnih mogućnosti funkcionalnog rasporeda sredstava za rad, kod ćelijskog rasporeda **broj mogućnosti uži, ali i dalje omogućava proizvodnju brojnih varijacija**. Uz to, ćelije pogonima donose fleksibilnost teško dostupnu proizvodnji s klasičnim linijskim tokom. U usporedbi s funkcionalnim rasporedom sredstava za rad, ćelijski raspored omogućava manje premještanja među odjelima, kraće transportne putove, bolju iskorištenost kapaciteta i lakše planiranje procesa. U proizvodnji različitih verzija automobila iz gornjeg odlomka većina dijelova je identična za sve verzije i može biti proizvedena u ekonomičnim pogonima s linijskim tokom. Pod zajedničke elemente neovisne o karoserijskoj verziji mogu se ubrojiti motori, mjenjači, komponente kočnica i ovjesa, svi limeni, plastični i stakleni dijelovi prednje polovice automobila, instrument ploče, sjedala i prednja vrata. Vanjske karoserijske razlike između trovratnih i petero-vratnih kompakata, limuzina i karavana kod istog modela automobila obično počinju tek nakon prednjih vrata. Stoga se ćelijski raspored sredstava za rad može očekivati u osnovnoj izvedbi stražnjega kraja uključujući dizajn krova, C nosača, stražnjih bočnih i stražnjeg stakla, te u proizvodnji stražnjih rasvjetnih sklopova, poklopca prtljažnika, branika i blatobrana.

Ponekad se kod ćelijskog rasporeda radi o funkcionalnom rasporedu u okviru kojeg se javljaju ćelije, odnosno proizvodno orijentirane jedinice za proizvodnju samo jednog proizvodnog segmenta ili dijela proizvoda. U proizvodno orijentiranim ćelijama izvode se dijelovi proizvodnog procesa kod kojih postoji veća repetitivnost, odnosno narudžbe su češće takve da omogućavaju postizanje ekonomičnosti linijskim tokom. Funkcionalni dio rasporeda sredstava za rad omogućava velik broj mogućih postavki sredstava za rad za proizvodnju različitih dijelova, ali uz veće troškove, dok proizvodno orijentirani segmenti nude malo varijacija, ali visoku troškovnu efikasnost. Veliki napredak u spajanju ovih suprotstavljenih težnji povezuje se s Toyotom i desetljećima usavršavanim sustavom brze promjene alata (*SMED*), posebno kalupa na prešama za modeliranje lima.[199]

Primjer za ćelijski raspored u uslužnoj proizvodnji moguće je naći u maloprodaji. Tako robne kuće često njeguju funkcionalnu podjelu svoje ponude pa se po odjelima odvajaju muška, ženska i dječja konfekcija. Međutim, odjel sportske odjeće i obuće obično uključuje navedeni obuhvat artikala za sva tri segmenta. Isto tako, kao što je objašnjeno u točki 7.2, supermarketi koriste funkcionalni raspored ponuđene robe. Međutim, roba na posebnim ponudama, primjerice, tjedan libanonske kuhinje, i ponuda gotove hrane u toplotekama, često čine manje zaokružene cjeline, odnosno ćelije.

## 7.5. RASPORED SREDSTAVA ZA RAD KOD PROJEKATA – RASPORED S FIKSNOM LOKACIJOM

Kod gradnje objekata poput kuća, cesta, tunela, ili proizvodnje velikih objekata poput alata za tešku preradu metala, brodova, lokomotiva i sličnog, obično se koristi raspored sredstava za rad s fiksnom lokacijom. Kod takve proizvodnje, umjesto pomicanja objekta kojeg se proizvodi od jedne radne jedinice do druge, ili od jedne grupe strojeva do druge, alati i dijelovi se donose na jedno mjesto za montažu. Kod rasporeda proizvodnje **s fiksnom lokacijom** obično se radi o projektima pa se ovaj tip rasporeda koristi kao **istoznačnica s projektnim tipom proizvodnog procesa**.[200]

[199] Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production.* New York: Productivity Press, str. 97.
[200] Evans, J. R. (1992). *op.cit.*

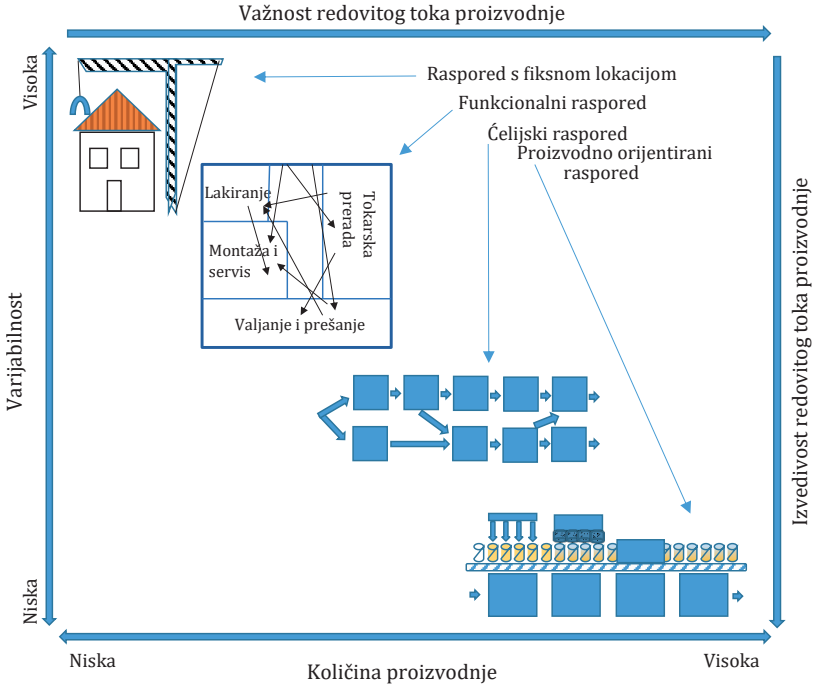
Obilježje rasporeda sredstava s fiksnom lokacijom je proizvodno orijentirani tok. Naravno, za razliku od masovne proizvodnje na tekućoj traci, u ovom se slučaju proizvodni tok postiže primicanjem potrebnih sredstava za rad objektu koji se proizvodi, a ne obrnuto. Osim toga, s obzirom na nisku razinu standardizacije proizvoda projektnog tipa, korištena oprema je opće namjene, a ne posebno prilagođena proizvodnji konkretnog proizvoda.

Kao dodatna posljedica projektnog tipa poslovanja, kojeg karakterizira raspored sredstava za rad s fiksnom lokacijom, proizlazi da ovaj tip proizvodnje najčešće rezultira visokom troškovima.

## 7.6. ZAKLJUČAK

Odluke o odabiru rasporeda sredstava za rad, zajedno s izborom tipa procesa i tehnologije proizvodnje predodređuju kapacitete poduzeća u dugom vremenskom razdoblju.[201] Osim potencijalnih količina proizvodnje, jedna od glavnih posljedica odluke o prostornom rasporedu sredstava za rad odnosit će se na fleksibilnost, odnosno varijabilnost proizvodnje, pa posljedično i na poslovanje poduzeća.

Na slici 7.9.[202] su ilustrativno prikazani najčešće prepoznati oblici prostornog rasporeda sredstava za rad s obzirom na željenu razinu varijabilnosti i obujma proizvodnje. No, osim toga, slika ukazuje i na povezanost navedenih izbora s važnošću i ostvarivošću redovitog toka proizvodnje kod različitih tipova prostornog rasporeda. Navedene odluke zbog toga trebaju biti u funkciji ostvarivanja dugoročnih strateških ciljeva poduzeća.




***Slika 7.9. Varijabilnost i obujam proizvodnje kod različitih oblika prostornog rasporeda sredstava za rad***

[201] Schroeder, R. (2010). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases*. 5th edition. McGraw-Hill

[202] Prilagođeno prema: Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnstone, R. (2013). *op.cit*. str. 202.

## 7.7. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***C*** | |
| ***CNC*** (engl. *computer numerical control*) | Fleksibilni strojevi koji širinu upotrebe postižu mogućnošću računalno upravljanog izvršavanja naredbi. Za razliku od većine druge vrsta sredstava za rad, CNC strojevi omogućavaju istodobnu automatizaciju i fleksibilnost u korištenju. |
| ***Ć*** | |
| ***Ćelijski raspored*** | Najčešće znači grupiranje sredstava za rad tako da se njima mogu obavljati operacije za set sličnih proizvoda čija proizvodnja zahtijeva sličnu obradu. Za razliku od bezbrojnih mogućnosti funkcionalnog rasporeda sredstava za rad, kod ćelijskog rasporeda broj mogućnosti je uži, ali i dalje omogućuje proizvodnju brojnih varijacija. |
| ***F*** | |
| ***Fiksna lokacija*** | Kod rasporeda proizvodnje s fiksnom lokacijom obično se radi o projektima pa se ovaj tip rasporeda koristi kao istoznačnica s projektnim tipom proizvodnog procesa. |
| ***Funkcionalni raspored*** | Sredstava za rad su grupirana prema sličnosti. Raspored je uobičajen za veće radionice s raznovrsnijim tipovima obuhvaćenih procesa te u brojnim proizvodnim i uslužnim postrojenjima obilježenima diskontinuiranim tokom proizvodnje. Takav oblik rasporeda je prikladan zbog brže dostupnosti ili lakšeg korištenja, veće fleksibilnosti u transformacijskom procesu ili drugih razloga. |
| ***P*** | |
| ***Proizvodno orijentirani sustav*** | Sustav kojeg karakterizira korištenje specijalizirane opreme koja u uskom, repetitivnom segmentu uporabe osigurava bolje performanse od sredstava za rad opće namjene. |
| ***S*** | |
| ***Sustav brze zamjene alata*** (engl. *single-digit minute exchange of die, SMED*) | Razvijen u japanskoj Toyoti. Razvoj tehnologije brze zamjene alata (izvorno kalupa na prešama) omogućio je Toyoti korištenje manjeg ukupnog broja preša, što je za posljedicu imalo manje zahtjeve za kapitalom i prostorno kompaktnije tvornice uz istodobno visoku razinu efikasnosti. |
| ***T*** | |
| ***Transportni intenzitet*** | Učestalost transporta između dviju radionica, radnih postaja ili drugih organizacijskih jedinica. |
| ***V*** | |
| ***Vrijeme ciklusa*** (engl. *work ili task cycle*) | Maksimalno vrijeme proizvodnje na bilo kojoj radnoj postaji. |

## 7.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

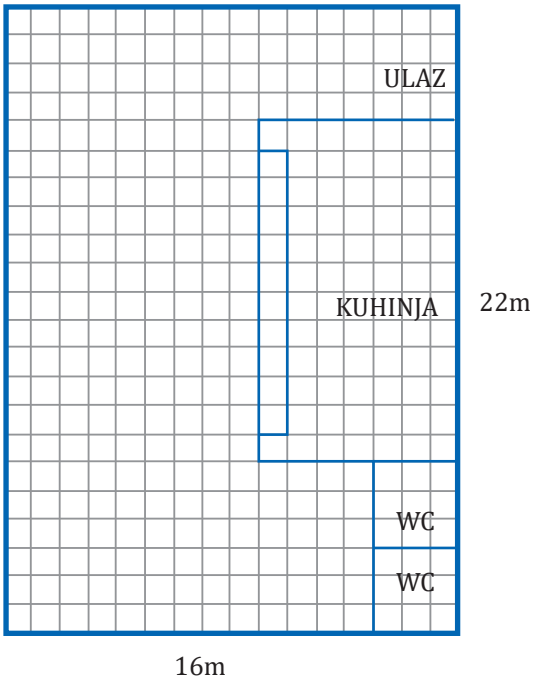
1. Što sve može biti posljedica odluka o prostornom rasporedu sredstava za rad?
2. Koja je osnova grupiranja sredstava za rad kod funkcionalnog rasporeda?
3. Zašto se obično tumači da funkcionalni raspored sredstava za rad omogućava visok stupanj proizvodne fleksibilnosti?
4. Kod kakvih je sve postrojenja i poslovnih prostora uobičajen funkcionalni raspored?
5. Što se pri odluci o prostornom rasporedu nastoji optimalizirati upotrebom metode trokuta?
6. Kakvu opremu se može očekivati kod proizvodno orijentiranog rasporeda?
7. Zbog čega se smatra da se kod proizvodno orijentiranog rasporeda ostvaruje povećanje efikasnosti po cijenu fleksibilnosti?
8. Koja su obilježja proizvodnih sustava kakvi najčešće posežu za proizvodno orijentiranim rasporedom?
9. Što predstavlja vrijeme ciklusa?
10. Zašto se pri balansiranju proizvodne linije često koristi načelo najmanjeg broja prethodnika?
11. Koji je odnos efikasnosti balansa i gubitka?
12. Koja su obilježja ćelijskog rasporeda sredstava za rad?
13. Kod kakvih se proizvodnih postrojenja koristi raspored sredstava za rad s fiksnom lokacijom?
14. Po čemu je raspored s fiksnom lokacijom sličan proizvodno orijentiranom, a po čemu funkcionalnom rasporedu?

## 7.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Studentski restoran planira proširenje na novu lokaciju. Za tu potrebu unajmljen je prostor neto površine 352 $m^2$, od čega 84 $m^2$ zauzimaju kuhinja i samoposlužni pult, a 18 $m^2$ sanitarni čvor. Na raspolaganju su im standardni stolovi dimenzija 1 x 1 m predviđeni za objedovanje do 2 osobe. Svaki stol mora biti dostupan trasom za hodanje širine minimalno jednog metra. Kod ovog zadatka odgovorite:

a) Koji raspored stolova omogućava maksimalni kapacitet sjedećih mjesta u restoranu?
b) Koji je maksimalni kapacitet sjedećih mjesta ako stolovi trebaju biti postavljeni da između svaka dva stola mora biti 1 m razmaka?
c) Predložite raspored koji omogućava maksimalni kapacitet sjedećih mjesta ako duljina trase za hodanje od samoposlužnog pulta do bilo kojeg stola ne smije biti dulja od 10 m?

Tlocrt prostora prikazan je na slici 7.10.




***Slika 7.10. Tlocrt studentskog restorana***

**Zadatak 2.** Poduzeće unutar pogona treba pronaći način za smještaj 10 strojeva za obradu metala. U planiranoj proizvodnji pojavit će se potreba za transportnim aktivnostima između strojeva. Planirani intenzitet transporta među strojevima prikazan je u tablici 7.8.

***Tablica 7.8. Polazna matrica transportnih intenziteta (TI)***

| | **S1** | **S2** | **S3** | **S4** | **S5** | **S6** | **S7** | **S8** | **S9** | **S10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **S1** | | 100 | 56 | | 24 | 85 | 120 | 15 | | 60 |
| **S2** | 120 | | 40 | 35 | 50 | 5 | | | 20 | |
| **S3** | | 55 | | 70 | 35 | | 40 | 70 | 45 | 40 |
| **S4** | 52 | 110 | 15 | | 17 | 15 | 115 | 25 | 70 | 25 |
| **S5** | 68 | 18 | 85 | | | 110 | 30 | | | |
| **S6** | 140 | | | 125 | | | 95 | 15 | 30 | 55 |
| **S7** | | 95 | 50 | | 45 | | | 140 | 110 | |
| **S8** | | 105 | | 145 | | 35 | | | 95 | 70 |
| **S9** | 25 | 30 | 42 | | 50 | 35 | 18 | 25 | | 50 |
| **S10** | 70 | | 70 | | 60 | 60 | 50 | 30 | | |

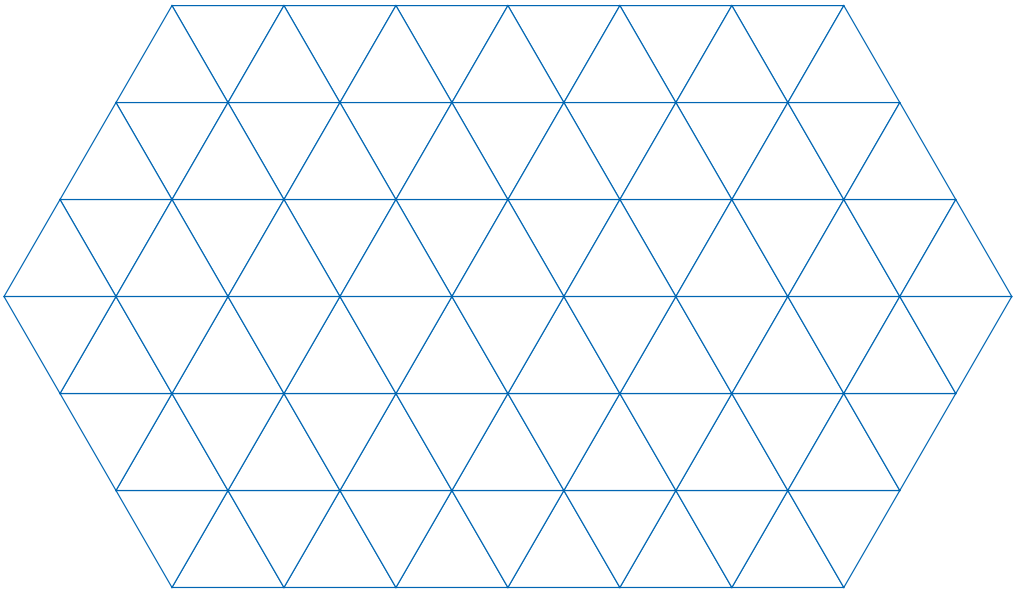
Na način kako je to pokazano na Primjeru 7.1. u prvom dijelu ovog poglavlja, ispunite matricu ukupnih transportnih intenziteta (tablica 7.9), tablicu redoslijeda lociranja (tablica 7.10) i zatim rasporedite strojeve na trokutastoj mreži (slika 7.11).

***Tablica 7.9. Matrica ukupnih transportnih intenziteta (UTI)***

| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **S1** | | | | | | | | | | |
| **S2** | | | | | | | | | | |
| **S3** | | | | | | | | | | |
| **S4** | | | | | | | | | | |
| **S5** | | | | | | | | | | |
| **S6** | | | | | | | | | | |
| **S7** | | | | | | | | | | |
| **S8** | | | | | | | | | | |
| **S9** | | | | | | | | | | |
| **S10** | | | | | | | | | | |

***Tablica 7.10. Redoslijed lociranja***

| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |



***Slika 7.11. Trokutasta mreža***

**Zadatak 3.** Radionica za proizvodnju novog proizvoda od drva treba sljedeća sredstva za rad: debljaču, glodalicu, stolnu bušilicu, pilu, polirku, montažni pult i lakirnicu.

Za izradu jednog proizvoda debljača se koristi 10 minuta, glodalica 20 minuta, stolna bušilica se koristi dva puta, prvi put 3, a drugi put 5 minuta, pila 45 minuta, polirka 15 minuta, montažni pult također dva puta, prvi put 10, drugi put 7 minuta, a za proces bojanja i sušenja 50 komada proizvoda potrebno je lakirnicu koristiti 6 sati.

PITANJA:

a) Koliko komada kojeg sredstva za rad poduzeće treba nabaviti ako želi maksimalizirati:
   i. dnevni kapacitet jedne lakirnice?
   ii. volumen proizvodnje u dvije osmosatne smjene s korištenjem jedne lakirnice?
   iii. proizvodnju u jednoj osmosatnoj smjeni uz korištenje do tri montažna pulta?

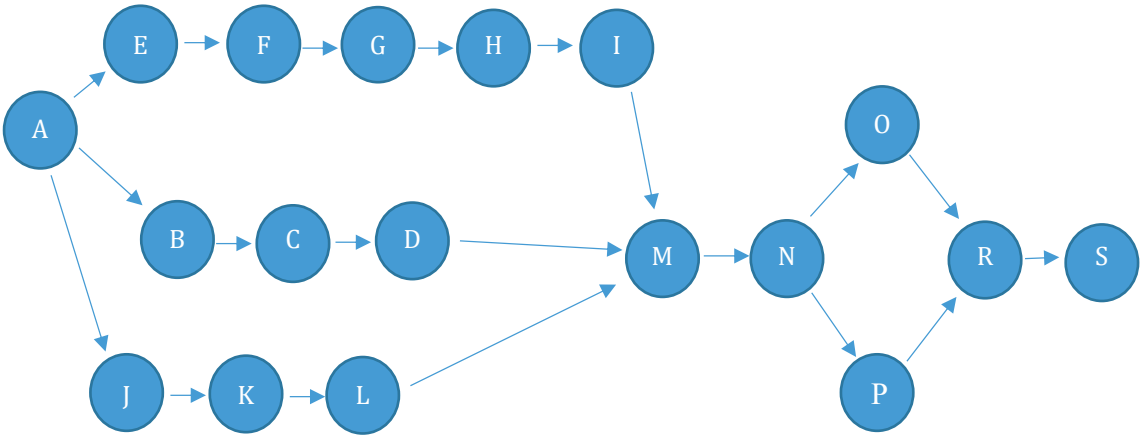
b) Koliki maksimalni volumen proizvodnje se može ostvariti u opcijama a), b) i c)?

**Zadatak 4.** Sastavljanje proizvoda X sastoji se od 18 radnih operacija različitog trajanja. Operacije su označene slovima, a vremena trajanja svake operacije (*VO*) definirana su brojem sekundi potrebnih za njihovo izvršenje (tablica 7.11). Ukupna količina rada na proizvodu (*UVO*) predstavlja zbroj vremena potrebnih za izvršenje operacija.

***Tablica 7.11. Radne operacije i trajanja***

| **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** | **I** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 15 | 20 | 11 | 17 | 5 | 15 | 27 | 5 |
| | | | | | | | | |
| **J** | **K** | **L** | **M** | **N** | **O** | **P** | **R** | **S** |
| 3 | 10 | 20 | 10 | 15 | 7 | 20 | 10 | 5 |

Dijagram redoslijeda sklapanja prikazan je na slici 7.12.




***Slika 7.12. Redoslijed sklapanja***

Poduzeće je odlučilo da će proizvodnju organizirati uz vrijeme ciklusa (*VC*) od 30 sekundi, što znači da toliko iznosi maksimalno vrijeme koje bilo koji radnik za radnom postajom može provesti radeći na proizvodu prije nego što ga preda idućem (iako to nije nužno tako, radi jednostavnosti primjera će se pretpostaviti da jedan radnik radi na jednoj radnoj postaji). Vrijeme ciklusa izračunava se kao kvocijent raspoložive količine vremena i ciljane razine proizvodnje.

Radne postaje mogu biti zadužene za obavljanje jedne ili više operacija. Cilj je realizirati sklapanje uz što manji broj radnih postaja ($RP_{min}$), odnosno približiti se maksimalno prihvatljivoj duljini ciklusa od 30 sekundi. Radne postaje koje se ne uspije podesiti na ukupno trajanje operacija od 30 sekundi, imat će neiskorišteno vrijeme, odnosno vremenske gubitke. Minimalan broj radnih postaja računa se kao prvi cijeli broj veći od kvocijenta ukupne količine rada na proizvodu i vremena trajanja ciklusa.

$$RP_{\min} = \frac{UVO}{VC} = \frac{225}{30} = 7,5 \Rightarrow 8$$

Jedno od mogućih rješenja za alokaciju operacija na radne postaje je slaganje poretka operacija prema broju operacija koje im prethode (od manjeg prema većem), što je i prikazano u tablici 7.12.

***Tablica 7.12. Operacije sastavljanja prema najmanjem broju prethodnika***

| Redni broj | Operacija | Broj operacija koje joj prethode | Trajanje operacije (*VO*) |
|---|---|---|---|
| 1 | A | 0 | 10 |
| 2 | B | 1 | 15 |
| 3 | E | 1 | 17 |
| 4 | J | 1 | 3 |
| 5 | F | 2 | 5 |
| 6 | C | 2 | 20 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 | K | 2 | 10 |
| 8 | G | 3 | 15 |
| 9 | D | 3 | 11 |
| 10 | L | 3 | 20 |
| 11 | H | 4 | 27 |
| 12 | M | 4 | 10 |
| 13 | I | 5 | 5 |
| 14 | N | 5 | 15 |
| 15 | O | 6 | 7 |
| 16 | P | 6 | 20 |
| 17 | R | 7 | 10 |
| 18 | S | 8 | 5 |



Zatim se operacijama niz listu (od manje prema više prethodnika) dodjeljuju radne postaje na način da se jednoj radnoj postaji dodaje operacija u ukupnom trajanju vremena ciklusa, ili manje od toga, ali što bliže tom vremenu (tablica 7.13). U slučajevima kada dvije operacije imaju jednak broj prethodnika, prvenstvo treba dati onoj s duljim trajanjem operacije. Kada sljedeća operacija ne može biti odrađena u preostalom raspoloživom vremenu radne postaje, treba se pomaknuti niz listu i potražiti prvu iduću operaciju koja to može. Ako nijedna od preostalih operacija ne može biti odrađena u preostalom vremenu, ta će radna postaja imati neiskorišteno vrijeme i kreće se s punjenjem sljedeće.

***Tablica 7.13. Uravnoteženje linije prema kriteriju minimalnog broja prethodnika***

| Redni broj | Radna postaja | Operacije | Slobodno vrijeme |
|---|---|---|---|
| 1 | RP1 | A, B, J | 2 |
| 2 | RP2 | E, K | 3 |
| 3 | RP3 | C, F, I | 0 |
| 4 | RP4 | G, D | 4 |
| 5 | RP5 | L, M | 0 |
| 6 | RP6 | H | 3 |
| 7 | RP7 | N, O S | 3 |
| 8 | RP8 | P, R | 0 |

Efikasnost uravnotežene linije računa se dijeljenjem ukupnog potrebnog vremena rada na jednom proizvodu s minimalnim brojem radnih postaja pomnoženim s trajanjem ciklusa.

$$EB = \frac{UVO}{RP_{\min} * VC} = \frac{225}{8*30} = 0,937$$

Efikasnost rasporeda u ovom primjeru iznosi 93,7 %, a gubitak na ovako uravnoteženoj liniji je 6,3 %.

UPUTE I PITANJA:

a) Koju se maksimalnu količinu proizvodnje na ovako složenoj liniji može očekivati u osmosatnom radom vremenu?
b) Koliko je potrebno vrijeme ciklusa ukoliko se tijekom smjene želi proizvesti 12 proizvoda?
c) Na gore prikazani način uravnotežite navedenu liniju uz zadano vrijeme ciklusa od 40 sekundi. Koji je najmanji broj radnih postaja? Kolika je efikasnost linije? Koju količinu proizvodnje se može očekivati od tako uravnotežene linije?

## LITERATURA

1. Best, M. (1993). *The New Competition - Institutions of Industrial Restructuring*. Harvard University Press
2. Chase, R. B., Jackobs, F. B. i Aquilano, N. J. (2006). *Operations Management for Corporative Advantage.* 11th edition. Boston: The McGraw-Hill
3. Evans, J. R. (1992). *Applied Production and Operations Management*. 4th edition. West Group
4. Jaffee, D. (2000). *Organization Theory: Tension and Change*. New York: McGraw-Hill
5. Kaštelan-Mrak, M. (1994). *Operacijski menadžment – razvoj i značaj za suvremeno poduzeće*. Zbornik radova Ekonomskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. br.12/2
6. Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. New York: Productivity Press
7. Russel, R.S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations management, Creating value along the supply chain*. 7th edition. John Willey and sons
8. Schroeder, R. (2010). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases*. 5th edition. McGraw-Hill
9. Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnstone, R. (2013). *Operation Management*. 7th edition. Pearson
10. Womack, J. P., Jones, D. T. i Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production - Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry.* New York: Free Press

## Internet izvor:

1. http://kbc-rijeka.hr/info-za-posjetitelje/#ispis-mape

# 8. TEHNOLOGIJA I ODRŽAVANJE

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti neke od posljedica odluke o tehnologiji na poslovanje poduzeća*
- *razumjeti pojam disruptivnih tehnologija i njihov utjecaj na zahvaćene industrijske grane*
- *tumačiti pojam pouzdanosti i načine njezina utvrđivanja*
- *razlikovati pojam pouzdanosti od pojmova raspoloživosti, trajnosti i pogodnosti za održavanje*
- *razumjeti razlike između glavnih pristupa održavanju.*



## 8.1. UVOD

Odluke o tehnologiji predstavljaju izazov za sve veći broj poduzeća. Kod nekih gospodarskih subjekata tehnologija može biti izvor kreiranja prednosti ili razlog zaostajanja za konkurencijom. Kod drugih, odluke o tehnologiji predodređuju dostižne granice tehničke efikasnosti, proizvodnosti rada, rasporeda opreme kao i kasnijih troškova vezanih uz potrebe za održavanjem. Odluke o tehnologiji su tim važnije ako su od utjecaja na poduzeće u dugom ili srednjem roku. U ovom poglavlju su predstavljeni neki od izazova izbora tehnologije i objašnjeni mogući utjecaji pojave disruptivnih tehnologija.

Prema Alfredu Chandleru, razvoj tržišta tijekom dvadesetog stoljeća, povećanje u obujmu, brzini protoka dobara i sirovina te značajan napredak u organizaciji proizvodnih procesa, rezultirao je kreiranjem troškovnih prednosti za veća poduzeća, odnosno poduzeća koja su u mogućnosti ranije implementirati efikasniju tehnologiju proizvodnje.[203] Za tehnološke teorije poduzeća to bi značilo odrediti minimalni efikasan razmjer aktivnosti (engl. *minimum efficient scale, MES*) kao točku ili područje minimalnih prosječnih jediničnih troškova u dugom roku. U stvarnosti ovu točku ili područje za pojedinu industriju nije bilo jednostavno utvrditi. Jedan od razloga tome bio je u činjenici da su i unutar istih industrija poduzeća različitih veličina, a ne samo velika, uspjela ostvariti dugoročan ostanak u grani. To je pokazalo da je u istoj industriji bilo moguće ostvariti više različitih područja minimalno efikasnog razmjera aktivnosti, što je Stigler nazvao „principom preživljavanja“[204] (engl. *survival principle*). Poduzeća koja su dugoročno imala nepovoljniju krivulju troškova bila su istisnuta s tržišta. Zaključno se može konstatirati da veličina poduzeća nije jednini preduvjet postizanja troškovne prednosti, jer se pokazalo da poduzeća različite veličine mogu ostvariti dugoročnu uspješnost korištenjem efikasnijih proizvodnih tehnologija.

Povijest razvoja proizvodnih sustava ukazuje da je tijekom dvadesetog stoljeća, uslijed pojave efikasnijih tehnologija, došlo do nekoliko velikih skokova. Prvi se može vezati uz početak prošlog stoljeća i razvijanje tehnologije masovne proizvodnje.[205] Drugi veliki skok rezultat je

[203] Chandler, A. D., Hikino, T. (1990). *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. The Belknap Press of Harvard University Press. United States. str. 21-25.
[204] Stigler, G. J. (1967). *The Theory of Price*. 3th edition. New York: The Macmillian Company. str. 157-160.
[205] Best, M. (1993). *The New Competition - Institutions of Industrial Restructuring*. Harvard University Press

razvoja sustava tzv. vitke proizvodnje (engl. *lean production*) i početka dominacije japanskih proizvodnih sustava tijekom 1960-ih i 1970-ih, posebno u automobilskoj i elektroničkoj industriji. Posljednji skok u operativnom poslovanju rezultat je brzog razvoja informacijske tehnologije. Dostupnost i brzina računala ih je u kratkom vremenu učinila dijelom poslovnih operacija u svim funkcijskim dijelovima poduzeća. U domeni proizvodnje, primjena informacijskih tehnologija vidljiva je posvuda, počevši od ubrzavanja razvoja proizvoda i usluga, računalno podržane proizvodnje kojoj je time olakšano i ubrzano operativno planiranje, zatim upravljanja kapacitetima i zalihama, do upravljanja kvalitetom, dijagnostike i otklanjanja kvarova. U domeni usluga potrošačima je možda još više vidljiv skok ostvaren implementacijom nekih od mogućnosti informacijskih tehnologija. Tako su se razvile usluge poput internet bankarstva i e-trgovine kao supstituti za klasiče načine obavljanja poslova, razvile su se društvene mreže, pohrana podataka u oblaku (engl. *cloud storrage*), koja vrlo uspješno konkurira proizvodnim tehnologijama poput fizičke memorije (CD, DVD, USB memorije) kao i digitalne platforme za jednostavan i legalan pristup filmskim sadržajima i televizijskim serijama.

## 8.2. IZBOR TEHNOLOGIJE

Encyclopaedia Britannica definira tehnologiju kao **primjenu znanstvenih spoznaja za ostvarivanje praktičnih ljudskih ciljeva**, odnosno kao promjenu i manipulaciju u ljudskom okruženju.[206]

Merriam-Webster tehnologiju, između ostalog, opisuje kao:[207]

- praktičnu primjenu znanja u pojedinim područjima
- sposobnost ostvarenu praktičnom primjenom znanja ili
- način ostvarivanja zadataka, posebno korištenjem tehničkih procesa, metoda ili znanja.

Pojam tehnologije je od svojih početaka razvijan i korišten za opisivanje različitih stvari i pojava pa se pod tehnologijom, osim načina, procesa i ideja činjenja određenih radnji, ponekad podrazumijevaju i korišteni alati i oprema. Tako Schroeder uže poimanje tehnologije definira kao **set procesa, alata, metoda i opreme koji se koriste u proizvodnji proizvoda i usluga** te pritom naglašava da se radi o definiciji tehnologije procesa, a ne proizvoda.[208]

Donositelji odluka u poduzećima su se oduvijek trudili razumjeti tehnologije koje koriste u proizvodnji jer im je to bilo nužno za efikasno poslovno planiranje. Međutim, razvojem i rastom poduzeća i tehnološkim razvojem te posebno pojavom profesionalnog menadžmenta, razumijevanje tehnologije proizvodnje postalo je sve kompleksnije, posebno menadžerima koji nisu iznikli iz inženjerskog kadra. Prema Jaffeeu, jedan od okidača razvoja znanstvenog menadžmenta, specijalizacije i podjele rada bio je u prijašnjoj nemogućnosti menadžera da razumiju tehnološke procese te potom i nemogućnosti da proizvodnju adekvatno planiraju i unapređuju.[209]

---

206 https://www.britannica.com/technology/technology, pristup: 15.09.2019.
207 https://www.merriam-webster.com/dictionary/technology, pristup: 15.09.2019.
208 Schroeder, R. (2010). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases.* 5th edition. McGraw-Hill. str. 89.
209 Jaffee, D. (2000). *Organization Theory: Tension and Change*. New York: McGraw-Hill

Pitanje koje se nameće, u vrijeme kad proizvodna pa i uslužna tehnologija nadilaze tehnička znanja većine donosioca strateških odluka u poduzećima, je koliko menadžeri trebaju znati o tehnologiji koju koriste ili namjeravaju koristiti? U jednom poznatom trgovačkom lancu, svi radnici na pozicijama voditelja trgovina prethodno moraju proći višemjesečnu obuku na svim izvršnim radnim mjestima u sustavu kojim će rukovoditi. Naime, tehnologija prodajnog centra toga tipa je relativno jednostavna i takva obuka menadžera prve razine je korisna jer im omogućava bolje razumijevanje sustava kojim upravljaju, pa stoga lakše i bolje donošenje odluka. Međutim, u poduzećima s kompleksnijom tehnologijom proizvodnje takvo nešto ne bi bilo racionalno. Treba li menadžer u prijevozničkom poduzeću poznavati razlike u funkcioniranju dizelskih motora s *Common Rail* i *Pumpe Dusse* sustavima ubrizgavanja? A vlasnik sportskog kafića razlike između plazma, LED ili LCD televizijskih ekrana? Moglo bi se zaključiti da dubinsko poznavanje tehnologije, donositeljima odluka o istoj, nije od presudne važnosti. No iznimno je važno da razumiju funkcionalne razlike među raspoloživim alternativama te ekonomske posljedice pojedinih izbora, odnosno razlike koje će utjecati na troškove poslovanja vezane uz korištenje pojedinih tehnoloških rješenja.

Za primjer može poslužiti odluka vlasnika voćnjaka od pedesetak stabala maslina, jabuka i šljiva o kupnji motorne lančane pile za potrebe obrezivanja. Upotreba lančane pile u odnosu na ručnu pruža prednost u većoj brzini i manjem umoru pri obavljanju posla. Vlasnik voćnjaka se, nakon obilaska nekoliko prodavaonica alata, odlučuje na kupnju pile renomiranog proizvođača, specijaliziranog za lančane pile i poznatog po dobroj kvaliteti proizvoda i post prodajnoj usluzi. Nakon pregledavanja njihova asortimana, odluči kupiti motornu pilu srednje veličine za koju procijeni da je po svojim svojstvima najbolja kupnja. Naime, izabrana pila je u nižem cjenovnom razredu, a dužina mača, snaga motora i težina čine je dobrim univerzalnim i svestrano upotrebljivim alatom. Riječ je o pili s motorom obujma 31 kubični centimetar, dvije konjske snage (KS), mase 4,3 kilograma i sposobnosti za sječu debla do ukupnog promjera od 32 cm. Alternativu u kupnji mu čini slabiji model koji ostvaruje 1,6 KS, može rezati debla do promjera 30 cm i ima masu od 4,1 kg. Nakon prvih odlazaka u obrezivanje voćki, vlasnik shvaća da je pogriješio u izboru. Bolji izbor predstavljala bi skuplja, značajno slabija lančana pila kratkog, uskog mača i mase od svega 2,6 kilograma. Naime, manja i slabija pila je posebno konstruirana baš za radove poput obrezivanja voćki. Renomirani proizvođač uspio je postići laganu konstrukciju ne kompromitirajući kvalitetu pa je cijena porasla u odnosu na standardne modele za univerzalnu primjenu. Uski mač pile omogućava preciznije rezove, a manja masa olakšava držanje pile u zraku i manipuliranje njome jednom rukom.

Implikacije izbora tehnologije na kasnije funkcionalne mogućnosti u proizvodnom procesu prikazat će se u izdvojenom slučaju, na primjeru poduzeća Linit Design.

### *Izdvojeni slučaj 8.1. Linit Design*

Priznanje Zlatne kune za najbolji start-up u Primorsko-goranskoj županiji za 2017. godinu dobio je mali proizvođač igračaka Linit Design. Kreativni dvojac Linita u radionici veličine svega 18 $m^2$ već proizvodi 280 različitih igračaka. Veliki asortiman u iznimno malom pogonu moguć je zbog korištenja fleksibilnih proizvodnih sustava. To pokazuje da izbor tehnologije proizvodnje može biti od iznimne važnosti za ostvarivanje strategije poduzeća. Proizvodna ponuda Linita se sastoji od igračaka iz didaktičkog, edukativnog i kreativnog segmenta te segmenta igračaka za djecu s poteškoćama senzorne integracije (slika 8.1). Kao glavni materijal se pojavljuje šperploča, ali se koriste i drugi drveni materijali poput letvi i šipki.

***Slika 8.1. Drvene igračke iz proizvodnog asortimana Linit designa***

Proizvodnu fleksibilnost poduzeće ostvaruje korištenjem CNC strojeva za rezanje i oblikovanje drva. Temelj proizvodnje čine dva CNC laserska rezača i jedna CNC glodalica. Gledajući vrijednosno, radi se o opremi usporedive vrijednosti gdje je svaki laserski rezač imao nabavnu vrijednost oko 75.000 kn, a glodalica oko 55.000 kn. Gledano pak kroz faze u proizvodnom procesu, laserski rezači i glodalica predstavljaju supstitute, jer je za većinu operacija moguće koristiti oba tehnološka rješenja. Glodalica omogućava iznimno precizne rezove. U Linitovom procesu rezanja ona se

često koristi s nastavcima koji u drvo ulaze 3 mm po prolasku, i uz takvu primjenu u 12 sekundi može napraviti rez dugačak 9 cm. Ako bi se radilo o materijalu debljine 1 cm, bila bi potrebna 4 prolaska, odnosno 48 sekundi obrade. Za potrebu rezanja jednog metra duljine na takvom materijalu glodalica bi trebala nepunih 9 minuta. Pritom bi, s obzirom na tehnološke osobine glodanja drvenih materijala, stvorila i znatnu količinu drvene prašine. Ako bi se za isti rez koristio laserski rezač, ne bi bila potrebna četiri prolaska jer se za različite debljine materijala može prilagoditi snaga lasera. Zbog toga laserski rezač omogućuje značajno veću brzinu rezanja. Uz to, uporaba lasera ne rezultira velikom količinom prašine kao u slučaju glodalice. Laserska tehnologija je, međutim, manje precizna pa je nakon laserskog rezanja na materijalu potrebna značajna dodatna obrada. Za ručnu obradu nakon rezanja se koriste univerzalni radionički alati poput tračne, kružne i tanjuraste šlajferice.

Izrezane i ručno obrađene dijelove proizvoda se potom, prema potrebi, laminira te zatim ručno boji. Za bojanje većih ploha u istu boju koristi se pneumatski lakirski pištolj, dok se na manje površine boja nanosi točkalom. Kada su crteži kompleksniji Linit za usluge bojanja angažira likovne umjetnike. Prije pakiranja, svaki se proizvod pregledava i dorađuje specijaliziranim Dremel alatom za visoko precizno brušenje.

Iz opisanog proizvodnog procesa je vidljivo da u Linitovoj radionici presudne tehnološke elemente predstavljaju CNC rezalice, odnosno laserski rezači i glodalice. S obzirom da se njihov rad računalno programira pa zatim i pohranjuje, Linitova velika ponuda drvenih igračaka slične tehnološke obrade se usprkos prostornim ograničenjima i malom broju zaposlenih može nastaviti povećavati. Pritom se ekonomičnost poslovanja održava niskom razinom zaliha gotovih proizvoda te pokretanjem proizvodnje na zahtjev kod većih narudžbi od strane dječjih vrtića, igraonica i drugih odgojnih ustanova.

U navedenom primjeru, ekonomske posljedice krivog izbora tehnologije nisu značajne, no imajući u vidu ranije objašnjen pritisak konkurentskih tržišta na rast poduzeća i približavanje minimalno efikasnom razmjeru aktivnosti, jasno je da je izbor tehnologije jedna od najdalekosežnijih odluka s kojom se poduzeće suočava. Osim nužnosti za angažiranjem velike količine kapitala, nabavke specijalizirane, često čak i namjenski proizvedene opreme i prilagodbe fizičkog rasporeda sredstava za rad donesenim strateškim odlukama, odluka o tehnologiji kao dodatni uteg povlači i nastanak takozvanih nepovratnih troškova (engl. *sunk cost*). Kao jedna od temeljnih mikroekonomskih kategorija, nepovratni troškovi predstavljaju troškove koji su već nastali i ne mogu biti nadoknađeni ili poništeni. Primjer ovih troškova razmotrit će se u izdvojenom slučaju Kajaci na planinskom jezeru.

### *Izdvojeni slučaj 8.2. Kajaci na planinskom jezeru*

Poduzetnik iz Gorskog kotara odluči iskoristiti sve veću popularnost obližnjeg jezera kao odredište vikend destinacije ljubitelja prirode i ljudi u „bijegu" od visokih temperatura i gradske vreve. Nakon promišljanja o atraktivnim sadržajima koji na jezeru nedostaju, odluči pokrenuti posao iznajmljivanja kajaka. Zbog robusnosti, trajnosti, te lakoće upravljanja i sigurnosti, poduzetnik izbor suzi na plastične *sit-on-top* kajake prikladne za veslanje početnika i amatera. Nakon istraživanja tržišne ponude kajaka, odluči investirati u nabavku šest kajaka jednosjeda pojedinačne vrijednosti od 3.800 kn i osam dvosjeda pojedinačne vrijednosti od 5.000 kn. Istodobno započne postupke ishodovanja dozvola za gradnju i korištenje malog, drvenog skladišno-poslovnog objekta na vodnom dobru. Zbog bojazni lokalnih vlasti da bi se prostor u nekom budućem trenutku mogao prenamijeniti u nepoželjni ugostiteljski objekt, koncesija se strogo specificira na iznajmljivanje bezmotornih plovila. U pripadajuće dozvole za početak poslovanja i gradnju drvenog objekta poduzetnik ulaže 150.000 kn. Neposredno pred početak i nakon početka poslovanja izdvaja 12.000 kn za promotivne aktivnosti.

Iako je početak poslovanja tempiran na sredinu proljeća, kada se broj gostiju oko jezera počinje naglo povećavati, iznajmljivanje kajaka ne ide na način kako je to poduzetnik planirao. Čini se da interes posjetitelja postoji te se mnogi dolaze raspitati za cijenu pa čak i čestitati poduzetniku na dobroj ideji za obogaćivanje ponude sadržaja uz jezero. Međutim, kajaci većinu vremena provode neiznajmljeni u drvenom spremištu. Do kraja ljetne sezone, poduzetnik prihvaća da je investicijska odluka bila pogrešna te da ni uz višestruko pojačane promidžbene aktivnosti, posao ne doživljava zamah. Dolaskom prvih kiša, započinje razmatrati načine umanjenja gubitaka. Sredstva utrošena u promidžbene aktivnosti i u potrebne dozvole su u potpunosti nepovratna. Povrat bar dijela ulaganja u drveno skladište za čamce otežava okolnost da skladište nije moguće prenamijeniti za neku drugu aktivnost na jezeru te ostaje samo mogućnost realokacije. Međutim, kako je skladište građeno za specifičnu upotrebu i prilagođeno specifičnoj lokaciji, svaka prenamjena iziskuje ulaganje dodatnih sredstava. Pred poduzetnikom je odluka između demontaže objekta i prodaje drvne građe ili ulaganja dodatnih sredstava za prenamjenu objekta u sušilicu za drva. Iako se kajake može prodati putem oglasnika, cijene koje je za njih sada moguće postići, iako su vrlo malo korišteni, su oko 30 % niže od cijene po kojoj su nabavljeni.

Kao što je prikazano na primjeru kajaka, nastanku nepovratnih troškova su u većini slučajeva podložni čak i standardni proizvodi za koja postoje sekundarna tržišta. Značajno veće udjele nepovratnih troškova uzrokuju ulaganja u namjensku imovinu i fiksne kapacitete za kojima ne postoji velika potražnja, ili je prodaja nemoguća bez dodatnih troškova prenamjene. Međutim, nepovratne troškove ne čine samo infrastrukturna ulaganja i slična ulaganja koja se tretiraju kao fiksni trošak. U nepovratne troškove mogu se ubrojiti i troškovi, kao, primjerice, dugoročni

pretplatnički ugovori i ugovori o najmu s nepovoljnim klauzulama o otkazivanju. Poznati su slučajevi problema u kojima su se znali zateći maloprodajni dućani koji su sklopili ugovor o najmu prostora s velikim trgovačkim centrima te su, usprkos jako malim ostvarenim prometima, nastavili raditi do isteka ugovora. Njihov nastavak poslovanja je generirao gubitke, ali gubitke koji su bili manji od onih koji bi zbog nepovoljnih uvjeta raskida ugovora nastali ranijim zatvaranjem.

Kao što je ranije naglašeno, menadžeri pri donošenju odluka o tehnologiji ne moraju nužno poznavati tehničke detalje, no trebaju poznavati ekonomske posljedice pojedinih izbora. Za ilustraciju će biti prikazan primjer izbora modela automobila za potrebe jednog veleprodajnog poduzeća.



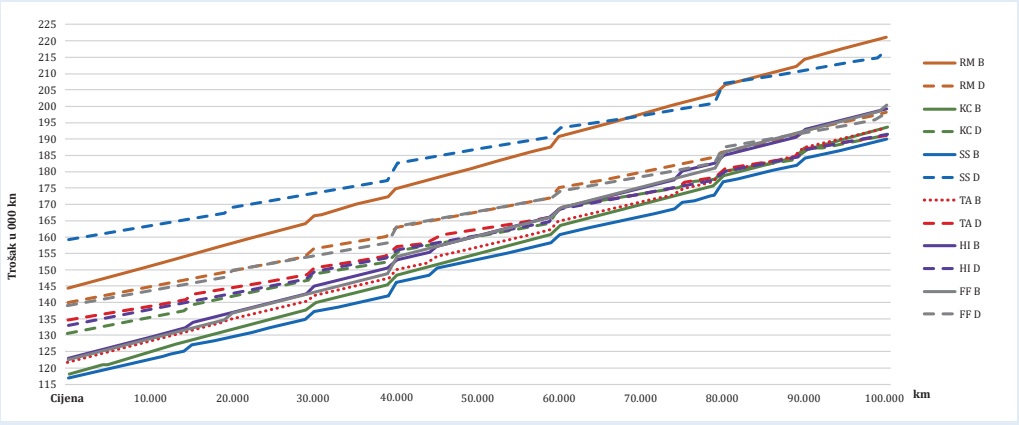
### *Izdvojeni slučaj 8.3. Izbor automobila za potrebe poduzeća*

Veleprodajno poduzeće donosi odluku o nabavci 10 primjeraka automobila kompaktne klase.[210] Automobili će biti na raspolaganju agentima prodaje i služit će za posjećivanje ključnih klijenata. Nakon kratkog informiranja, izbor se vrši između šest prikladnih modela automobila, od kojih za svaki model u izbor ide po jedna verzija pokretana benzinskim i jedna verzija pokretana dizel motorom. Raspon cijena izabranih automobila je od 117.000 kn za najjeftiniju do 159.000 kn za najskuplju opciju, a razlike među njima su vidljive i u performansama motora. Tako najslabiji automobil u izboru ima 90, a najjači 140 KS. Radi boljeg razumijevanja budućih troškova, u poduzeću su za svaki od izabranih automobila od ovlaštenog prodavatelja tražili ispis troškova servisiranja za prvih 100.000 km.[211] U izračun se dodaju dva seta guma odgovarajućih dimenzija predviđena za upotrebu (potrošnju) u analiziranom razdoblju. Iz neovisnog izvora preuzeti su podaci o prosječnoj potrošnji goriva za navedene modele te je i taj podatak uvršten u izračun. Vremenski vezani troškovi, poput troškova registracije i osiguranja, izostavljeni su iz kalkulacije. Cijena automobila i troškovi vezani uz prijeđene kilometre prikazani su na slici 8.2. Radi lakše usporedivosti, svaki model automobila označen je istom bojom za dizelsku i benzinsku verziju, pri čemu su dizelske verzije prikazane isprekidanim crtama. Na horizontalnoj osi prikazani su kilometri, a na vertikalnoj troškovi automobila u tisućama kuna. U skladu s očekivanjima, za proizvode na konkurentskom tržištu poput automobilskog, cijene modela koji se smatraju izravnim rivalima su prilično usklađene. Međutim, dizelska verzija jednog modela (model SS D pri čemu se D odnosi na dizel) i benzinska verzija drugog modela (model RM B, pri čemu se B odnosi na benzin) su se pokazale značajno skuplje od ostalih. Model SS D pokazao se značajno skupljim u nabavci, model RM B u eksploataciji, pa su oba isključena iz daljnje analize jer su predstavljali nepovoljnu kupnju.

---

210 Kompaktnom klasom (često nazivanom i Golf klasom) se uobičajeno nazivaju vozila koja se u Europi još nazivaju automobilima C-segmenta ili hatchback automobilima.

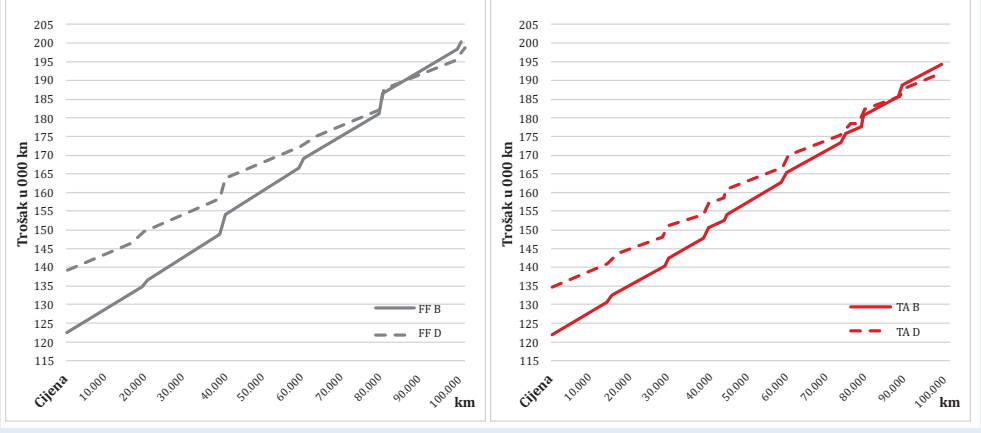
211 100.000 prijeđenih kilometara je granica koju pokriva jamstvo kod većine modela na tržištu te se do nje ne očekuju dodatni troškovi uslijed eventualnih kvarova.




***Slika 8.2. Cijene i troškovi izabranih automobila***

Analiza izabranih automobila pokazuje sljedeće. Automobil SS B, koji se nudi za najniži početni iznos, svoju troškovnu prednost u ovoj usporedbi zadržava do kraja promatranih 100.000 km i ujedno je jedini automobil pokretan benzinskim motorom koji za promatrano razdoblje ne pokazuje veće ukupne troškove od najekonomičnijih modela pokretanih dizel motorima. Slične ukupne troškove te vrlo sličan smjer troškovne krivulje pokazuje model TA B, pokretan također benzinskim, no značajno slabijim motorom (20 KS). Gotovo isti nagib troškovne krivulje pritom je posljedica vrlo slične predviđene potrošnje te je postupno približavanje u ukupnim troškovima rezultat većih (i skupljih) kotača na modelu SS B.

U svim preostalim slučajevima primjetno je da modeli s dizel motorima nadoknađuju veću početnu cijenu te u konačnici rezultiraju nižim ukupnim troškovima. Odnos troškova automobila s dizelskim i benzinskim motorima prikazan je na slici 8.3. pri čemu su na lijevom dijelu prikazane benzinska i dizelska verzija jednog modela s jačim, a na desnom sa slabijim motorima. U slučaju modela s jačim motorima, točka izjednačenja troškova iznosi 82.000, a kod modela sa slabijim motorima 85.000 km.




***Slika 8.3. Usporedba troškova benzinske i dizel tehnologije kod dva izabrana modela***

Benzinski motori, kod izabranih automobila, osim niže početne cijene automobila, iziskuju i niže troškove održavanja, dok dizel motori u pravilu troše značajno manje goriva niže cijene. Usporedba troškova kod izabranih automobila s dizel i benzinskim motorima dodatno naglašava izjednačenost troškova. Pritom kod dizel motora dolazi do razlike od 4 % između dva jača i dva slabija modela. Razlika između troškovno najpovoljnijeg i najnepovoljnijeg benzinca iznosi 5 %.

Unatoč početnim razlikama među izabranim modelima kao što su različite faze u životnom ciklusu, proizvođaču i tehnologiji, krivulje usporedbe troškova pokazuju da se troškovi eksploatacije između vodećih modela ne razlikuju u značajnoj mjeri. Štoviše, predviđeni ukupni troškovi najpovoljnijeg benzinca i najpovoljnijeg dizelaša nakon 100.000 km gotovo su jednaki (razlika iznosi 2.000 kn).

Da bi donijelo odluku o kupnji, poduzeće može ovu analizu proširiti na cijene dijelova koji najčešće stradavaju u slučaju sudara (rasvjetna tijela, branici, zračni jastuci), ili analizu očekivanih gubitaka vrijednosti automobila nakon predviđenog razdoblja eksploatacije. U protivnom, odluku može donijeti birajući model kod kojeg se procjenjuju najbolje postprodajne usluge, ili model koji će stilski najviše pridonijeti željenom imidžu poduzeća.

## 8.3. DISRUPTIVNE TEHNOLOGIJE

Kao poseban oblik utjecaja tehnologija na tržišta, koje uzrokuju nužnost postojećih poduzeća na prilagodbu, treba spomenuti disruptivne (razarajuće, mijenjajuće) tehnologije. Prema Investopediji, disruptivne tehnologije predstavljaju **inovaciju** koja u značajnoj mjeri **mijenja način na koji djeluju potrošači, poduzeća i industrija**. One dovode do zamjene postojećih navika ili sustava jer omogućuju njihovu reorganizaciju na načine koji, u odnosu na dotadašnje, izgledaju superiorno.[212] Kao jednostavni primjeri mogu se navesti: utjecaj pojave parnog stroja na tadašnju brodograđevnu industriju i pomorstvo, utjecaj pojave osobnih računala na daktilografiju ili računovodstvenu evidenciju, ili utjecaj pojave kompaktnih digitalnih glazbenih formata, poput MP3-a, na diskografsku industriju.

Sam pojam disruptivnih tehnologija predstavljen je u utjecajnom članku Bowera i Christensena[213] 1995. godine kao dio nastojanja davanja odgovora na pitanje: što se događa s poduzećima koja uspješno i agresivno investiraju u razvoj tehnologija nužnih za zadržavanje svojih kupaca, no istodobno ne uspiju prepoznati potrebu ulaganja u neke druge tehnologije koje će biti važne kupcima u budućnosti?

Christensen detaljno tumači pojavu i utjecaj disruptivnih tehnologija na poduzeća te razliku između njih i tehnologija koje održavaju nastavak postojećeg tržišnog i tehnološkog stanja. Navodi kako je većina tehnologija usmjerena na poboljšanje performansi proizvoda. Neke su pritom

[212] Investopedia: *Disruptive tehnologijes*. https://www.investopedia.com/terms/d/disruptive-technology.asp, pristup: 10.05.2020.

[213] Bower, J. L. i Christensen, C. M. (1995). *Disruptive Technologies: Catching the Wave.* Harvard Business Review. January-February

radikalne i diskontinuirajuće u svojoj prirodi, dok druge nude inkrementalna poboljšanja. No, neovisno o tome, zajedničko im je nastojanje da poboljšaju performanse postojećih proizvoda u skladu s očekivanjima većine kupaca na najvažnijim tržištima. Nasuprot takvim, prevladavajućim tehnološkim pomacima, ponekad se javljaju disruptivne tehnologije i unose inovacije koje, često samo u kratkom roku, pogoršavaju performanse proizvoda, no pritom nude neke druge, u načelu nove osobine koje kupci traže. Disruptivne tehnologije su, prema Christensenu, često jeftinije, jednostavnije, manje i prikladne za uporabu.[214]

Iako to ne mora uvijek biti tako, mnogi su primjeri disruptivnih tehnologija koje, u skladu s gornjim objašnjenjem, pri ulasku na tržište nude lošije performanse od etabliranih konkurenata. Povijesne analize poslovanja Polaroida, jednog od nekoć najznačajnijih poduzeća na tržištu fotoaparata i fotografske opreme, ukazuju da je to poduzeće na vrijeme uočilo pojavu prvih digitalnih fotoaparata, no oni mu nisu izgledali kao prijetnja. Foto zapisi koji su se digitalnim fotoaparatima mogli postići bili su iznimno loše kvalitete, neprikladni za izradu fotografija čak i u standardnom, malom formatu. Kada su s gotovo cijelim desetljećem zakašnjenja ipak predstavili svoj prvi digitalni fotoaparat, tržištem su već vladala neka nova imena koja su do tada stvorila iskustvo u razvoju digitalne tehnologije te ostvarivali strukturu i visinu troškova razvoja i proizvodnje kojoj Polaroid nije mogao konkurirati. To je značilo nestanak Polaroida poznatog po instant filmovima i fotoaparatima. Danas se Polaroid poznaje kao brand sunčanih naočala i jeftinih retro fotoaparata koje proizvode drugi proizvođači. Usporedive teškoće su doživjeli europski i američki proizvođači motocikla nakon ulaska japanskih rivala. Naime, nakon što je Honda doživjela neuspjeh u proizvodnji i prodaji velikih motocikla po ukusu sjevernoameričkih kupaca, prvi uspjeh je doživjela plasiranjem malih mopeda koji tržišnim liderima nisu izgledali kao prijetnja. Put su slijedili i drugi japanski proizvođači motocikla te su zajedno postupno tržištu nametnuli lagane, brze, a istodobno jeftine i pouzdane motocikle.

Sličan su pristup imali brojni proizvođači automobila i elektroničkih proizvoda kad su na tržite ulazili s proizvodima koji su po većini sagledavanih karakteristika izgledali inferiorno proizvodima postojeće konkurencije. Međutim, nudili su povoljnu cijenu i set karakteristika koje su se dijelu kupaca činile dovoljno dobrima. Ako tržište pozitivno reagira na takve proizvode, oni se s vremenom poboljšavaju na sličan način kao postojeći etablirani proizvodi i u konačnici dovode do promjene želja i potreba kupaca. Tako je pojava MP3 tehnologije digitalnog zapisa audio sadržaja dočekana s puno skepse pa čak i podsmijeha audiofila. Kod MP3 formata se, za razliku od digitalne pohrane sadržaja na glazbenim CD-ima, ušteda digitalnog prostora postiže kompresijom, ali uz gubitak dijela zvučnog zapisa. Ljubitelji dobrog zvuka su beskonačno tumačili kako MP3 zapis sakati glazbu tako što je čini neslušljivom i nekvalitetnom. Međutim, velika većina korisnika te gubitke u kvaliteti nije doživjela kao problem te su prigrlili MP3 format zbog veće funkcionalnosti u vidu prenosivosti i lakoće pohrane. Za ilustraciju, dok na jedan audio CD stane 74 minute glazbenog zapisa, što obično znači zapis jednog studijskog albuma od 10 do 20 pjesama, ispunjavanje tog CD-a MP3 zapisima omogućava pohranu desetak studijskih albuma. Osim toga, glazba se osim na CD-u može pohranjivati na računalu ili bilo kojoj drugoj vrsti digitalne memorije. Nakon što su se na tržištu pojavile prve mogućnosti on-line pojedinačne

[214] Christensen, C. M. (2016): *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business Review Press. Boston. str. XV.

kupnje pjesama u MP3 formatu (čime je MP3 prestao biti vezan isključivo uz piratske glazbene sadržaje), promjene je doživjela cijela glazbena industrija. Pritom nije došlo samo do promjene nosača zvuka, kao kod prelaska s vinila na kazete, ili s kazeta na CD, nego je došlo do opadanja važnosti albuma kao zaokruženog glazbenog djela.

Recentne primjere pojave disruptivnih tehnologija može se naći i kod tehnologija uslužne proizvodnje. Razmotrimo tržište rezervacije turističkog smještaja. Zadnjih nekoliko godina na tom tržištu je sve više on-line posredničkih platformi koje spajaju domaćine i goste. Za razliku od klasičnih turističkih agencija, korištenje AirBnB-a, Bookinga i sličnih platformi zahtijeva od iznajmljivača znatno aktivniju ulogu oko prezentacije prostora, komunikacije s potencijalnim gostima i slično. Istodobno se i gostima i iznajmljivačima povećava izloženost potencijalnim neugodnostima u odnosu na poslovanje s agencijama. Međutim, značajno niža cijena posredovanja te veliki broj korisnika na strani ponude i na strani potražnje je takve servise učinilo nadmoćnima klasičnim agencijama te ih počelo ubrzano istiskivati iz poslova vezanih uz posredništvo u iznajmljivanju privatnog smještaja. Pokušaj nošenja s tehnološkim promjenama koje su uzdrmale tržište vidljiv je i iz čestog pojavljivanja nekoć vodećih agencija kao ponuditelja prostora na AirBnB platformi. Drugi primjer disruptivne tehnologije u uslugama može se vidjeti na tržištu taksi usluga. Dosadašnji način funkcioniranja taksi usluga značajno je uzdrman pojavom on-line servisa poput, u Hrvatskoj prisutnog, Ubera. Javni pokušaji udruženja taksista u uvjeravanju svojih klijenata i državnih vlasti da Uberova vozila i vozači pružaju uslugu inferiorne kvalitete, podsjećaju na argumentaciju audiofila o inferiornosti MP3 formata klasičnim zapisima zvuka. U skladu s klasičnim poimanjem disruptivnih tehnologija, inferiornost proizvoda ne predstavlja nepremostivu prepreku ukoliko takav proizvod zadovoljava potrebe kupaca.

Opasnost od pojave disruptivnih tehnologija, ne nužno kroz proizvode inferiornih karakteristika,[215] posebno je značajna u industrijama koje se oslanjaju na linijski tok proizvodnje i proizvodnju masovnog tipa. Naime, troškovne prednosti koje proizlaze iz upotrebe takvih tehnologija iziskuju predvidljiva i stabilna tržišta potražnje koja omogućavaju povrat visokih ulaganja u izgradnju proizvodnih kapaciteta. Nepredvidljivo pojavljivanje i uspjeh disruptivnih tehnologija na nekom od takvih tržišta značilo bi povećanu opasnost da postojeća poduzeća s nefleksibilnim linijskim proizvodnim kapacitetima neće opstati.

## 8.4. POUZDANOST I ODRŽAVANJE SREDSTAVA I OPREME

Održavanje sredstava i opreme se u transformacijskim procesima koji se odvijaju u poduzeću uobičajeno svrstava u pomoćne aktivnosti. Kao takve one su često zanemarivane u ekonomskoj literaturi, čak i iz domene operacijskog menadžmenta. Međutim, održavanje opreme izravno je povezano s njezinom pouzdanošću pa posljedično i s troškovima proizvodnje te ostvarivanjem rezultata poslovanja u cjelini. Za razumijevanje važnosti održavanja potrebno je razumjeti koje ciljeve se održavanjem želi postići. Među najvažnijima se može navesti:

- osiguravanje pouzdanosti i efikasnosti opreme i sredstava za rad

[215] Pojava iPhonea koji je 2007. godine, nakon lansiranja na tržište, u potpunosti promijenio poimanje mobilnog telefona te pritom s tržišta istisnuo neke od do tada najvećih tržišnih igrača poput Nokie i Ericssona, pokazuje da disruptivne tehnologije ne dolaze uvijek u početnoj inferiornoj formi.

- omogućavanje zadovoljavajućeg i nesmetanog izvođenja operacija te ostvarivanje zadovoljavajućih performansi postrojenja
- osiguravanje rada bez sigurnosnih ugroza
- prepoznavanje i vođenje brige o kritičnim područjima ili dijelovima opreme u proizvodnji.

Sustavnim održavanjem, testiranjima i inspekcijama povećava se vjerojatnost za neprekinutu djelotvornost opreme. Održavanje drugih sredstava za rad, poput poslovnih prostora, pridonosi ne samo estetskom dojmu i poslovnom ugođaju već i očuvanju funkcionalnosti. Drugim riječima, primjerenim održavanjem i brigom o sredstvima za rad, osigurava se sigurniji rad i dulji radni vijek opreme te veća vrijednost imovine poduzeća.

## 8.4.1. Pouzdanost sredstava za rad

Iako je adekvatno održavanje od iznimnog utjecaja na pouzdanost opreme, pouzdanost nije isključivo rezultat održavanja već je i pod značajnim utjecajem svojih konstrukcijskih karakteristika (oblikovanje, upotrijebljeni materijali i slično) i dostignute razine tehničke izvedbe u proizvodnji (usklađenost sa specifikacijama). Mada je o navedenom bilo riječi u 4. poglavlju ovog udžbenika (Oblikovanje proizvoda i usluga), bit će korisno neke stvari još jednom navesti.

Ako se pretpostavi da neko poduzeće za osvjetljavanje svojih prostorija koristi stropna rasvjetna tijela ispunjena običnim E27 žaruljama s LED tehnologijom i predviđenim rokom trajanja od 10.000 sati, te ako su sva rasvjetna tijela jednake kvalitete i postavljena u jednakim tehničkim uvjetima (temperatura, vlaga, vibracije i slično), razlike u vremenu trajanja pojedinih žarulja prvenstveno će ovisiti o njihovim konstrukcijskim karakteristikama. Navedeno poduzeće evidentira promjene žarulja te poučeno iskustvom zna da neke žarulje premašuju radni vijek od 10.000 sati, a neke će otkazati prije predviđenog vremena. Ako, temeljem svoje evidencije, izračunaju da će im 85 % žarulja trajati barem 10.000 sati, taj postotak predstavlja pouzdanost žarulja. Korištenje pouzdanijih žarulja značilo bi manji postotak žarulja koje bi prestale raditi prije predviđenog roka, a samim time i mogućnost preciznijeg prognoziranja vremena za potrebnu zamjenu. Ukoliko se prelaskom na žarulje drugog proizvođača može postići da 95 % žarulja može svijetliti minimalno 10.000 sati, time se zapravo postiže povećanje pouzdanosti rada rasvjetnih tijela. Osobitost u iznesenom primjeru je neprikladnost žarulja za održavanje, jer se žarulje u slučaju kvara ne mogu popraviti, niti im se u normalnim uvjetima korištenja preventivnim zahvatima može produljiti trajnost. Međutim, kod većine opreme je za očekivati pozitivan utjecaj održavanja na pouzdanost, a s toga i umanjivanje pouzdanosti opreme u slučajevima izostanka održavanja ili neprimjerenog održavanja.

Iz gornjeg je primjera vidljivo da pouzdanost ima svoju vremensku dimenziju. Europska knjiga standarda definira pouzdanost kao sposobnost stvari (dijela, komponente, uređaja, funkcionalne jedinice ili komada opreme) da odrađuje traženu funkciju unutar predviđenih uvjeta i u zadanom vremenskom intervalu.[216] Prema Schroederu, **pouzdanost** se može definirati kao **vrijeme za koje se oprema može koristiti prije nego prestane raditi**, ili formalnije, pouzdanost predstavlja **vjerojatnost da će proizvod funkcionirati u predviđenom vremenu a da se ne pokvari.**[217]

[216] European standard EN 133306:2010

[217] Schroeder, R. G. (2010). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases.* 5th edition. McGraw-Hill. str. 133.

Iako se često poistovjećuju, pouzdanost treba razlikovati od **raspoloživosti** koja predstavlja **kontinuitet usluživanja potrošača**, odnosno **udio vremena rada u ukupnom vremenu (rada i nerada)**.[218] Prema tome, raspoloživost opreme isključuje vrijeme potrebno za održavanje i popravke jer se odnosi samo na vrijeme u kojem je oprema u upotrebljivom stanju. Ovo je izraženo formulom 4.2. u poglavlju 4. Prema Europskoj knjizi standarda, raspoloživost predstavlja sposobnost bivanja u stanju za obavljanje svoje funkcije kad i kako je zahtijevano. Naravno, to se odnosi na djelovanje u danim uvjetima i uz adekvatnu dostupnost vanjskih resursa.



Iako ne potpadaju pod samu definiciju pouzdanosti, kao dodatni usko povezani pojmovi vidljivi i iz gornjeg primjera sa žaruljama, mogu se istaknuti pogodnost za održavanje i trajnost. **Pogodnost za održavanje** predstavlja **sposobnost** stvari da, uz adekvatno održavanje, odnosno korištenje predviđenih procedura i resursa, **može biti zadržana ili vraćena u stanje u kojem može izvršavati svoju funkciju**. **Trajnost** se pak može definirati kao **sposobnost** stvari da **obavlja traženu funkciju u danim uvjetima** korištenja i održavanja do stanja kada se više ne može ili ne isplati popravljati.[219]

Isprepletenost pouzdanosti, trajnosti i pogodnosti za održavanje može se uočiti na brojnim primjerima. Međutim, važno je naglasiti da njihov odnos nije uvijek pozitivno koreliran, odnosno, mogu se naći primjeri kod kojih poboljšanje jedne od razmatranih dimenzija može umanjiti drugu. Za primjer može poslužiti nakana jednog elektroničkog giganta da poveća pouzdanost i trajnost svojih TV uređaja tako što će tiskane pločice, nakon postavljanja i provjere funkcionalnosti svih njihovih elemenata, zaštititi zalijevanjem u izolator (epoksidnu smolu). Trajnost i pouzdanost tako zaštićenih tiskanih pločica značajno su poboljšani jer je smanjena osjetljivost sklopa na uvjete rada (vlagu, vibracije, prašinu, kukce itd.). Međutim, istodobno je narušena pogodnost za održavanje, jer kvar elementa zanemarive vrijednosti (primjerice, otpornika) znači potrebu za skupom zamjenom cijele tiskane pločice sa svim njezinim elementima. Ostavljanje tiskanih pločica bez takve zaštite možda smanjuje pouzdanost sklopa, ali omogućava da se nakon precizne dijagnoze kvara, standardnim alatom dostupnim svakom elektroničaru, može promijeniti samo defektni ili pokvareni element. Navedeni pristup, koji u slučaju kvara traži zamjenu cijelog modula, pridonosi bržoj dijagnostici kvarova, ali skupljim i ponekad neisplativim popravcima.

Za drugi primjer isprepletenosti pouzdanosti, trajnosti i pogodnosti za održavanje poslužit će automobil Audi A2. Za razliku od primjera iz elektroničke industrije, gdje je najčešće riječ o proizvodima niske ili srednje-visoke cijene u odnosu na financijske mogućnosti kupaca, automobil predstavlja proizvod čija kupnja i održavanje za većinu kupaca predstavljaju značajan izdatak. Navedeni model razvijen je i predstavljen kao tehnološki inovativan proizvod u segmentu malih gradskih automobila. Karoserija tog automobila bila je izrađena od aluminija umjesto od uobičajenog čelika, što je u tom tržišnom segmentu bio potpuni novitet. Aluminij u odnosu na čelik ima visoku otpornost na hrđu i nižu relativnu masu. Otpornost na hrđu izravno utječe na trajnost i sigurnost korištenja vozila tijekom životnog vijeka, a manja masa, između ostalog, omogućava smanjenje potrošnje goriva, bolje performanse i veću aktivnu sigurnost. Nadalje, zbog uvjerenosti Audija u pouzdanost i kvalitetu njihova proizvoda i uvjerenja o snažnoj percepciji pouzdanosti njihovih automobila od strane kupaca, korisnicima uopće nije omogućeno

[218] Ibidem.
[219] European standard EN 133306:2010

podizanje poklopca motora. Za tu radnju trebalo je posjetiti ovlašteni servis koji je posjedovao adekvatni alat. Korisnici su mogli otvoriti samo manju plastičnu površinu između prednjih svjetala kako bi dobili pristup kontroli maziva i rashladne tekućine. Iako su današnji automobili tehnološki toliko složeni da većina njihovih korisnika u slučaju kvara ionako ne zna učiniti više nego što im je na Audiju A2 bilo omogućeno, glas o automobilu kojeg se ne može popravljati izvan ovlaštenih servisa se brzo proširio. Osim toga, prednosti koje aluminijska karoserija ima uslijed manje potrošnje, boljih performansi i otpornosti na hrđu, kod kupaca malih gradskih automobila nisu prepoznate. Baš suprotno, češće su isticani nedostaci takve konstrukcije koja u slučaju sudara dovodi do značajno većeg troška limarskih radova. U konačnici je automobil ostvario značajno slabiji tržišni uspjeh od konkurentskih modela te je proizvodnja napuštena nakon šest godina bez predstavljanja nasljednika. Prvi sljedeći Audijev model slične veličine, ali značajno različite koncepcije, predstavljen je tek pet godina kasnije.

## 8.4.2. Održavanje sredstava za rad

Primjeri o povezanosti pouzdanosti, trajnosti i pogodnosti za održavanje iz prethodne točke ukazuju na to da na izazove izbora tehnologije i izbora politike održavanja nije moguće odgovoriti jednostavnim rješenjima koja će vrijediti u svim situacijama. Na odluke o održavanju utjecat će i niz čimbenika poput:

- vrijednosti promatranog dijela opreme ili postrojenja
- predviđenih troškova održavanja, uključujući rad i cijenu dijelova kojima je potreban popravak ili zamjena
- procijenjene vjerojatnosti zastoja u slučaju kvara na promatranom dijelu opreme, te
- izravnih i neizravnih troškova zastoja.

Kod elektroničkih uređaja široke potrošnje, a zbog relativno niske nabavne cijene, malih troškova zastoja i visokih troškova popravaka izvan jamstva u odnosu na nabavnu cijenu, pogodnost za održavanje od strane korisnika zanemarena je i supstituirana predodžbom o pouzdanosti i/ili oslanjanjem na duljinu jamstva. Kod automobila je pak odnos visine cijene proizvoda i troškova održavanja značajno drugačiji te se održavanju posvećuje značajno veća pažnja. Adekvatno održavanje automobila doprinosi očuvanju vrijednosti, povećanju pouzdanosti i trajnosti. Osim toga, kvarovi kod elektroničkih uređaja široke potrošnje u većini slučajeva mogu izazvati tek poneku neugodnost, dok kvarovi na vozilu mogu izazvati troškove zastoja. Osim samih troškova popravaka, pritom se često pojavljuju i troškovi vuče vozila do servisne radionice i/ili izlaska mehaničara na teren, kao i troškovi korištenja alternativnih transportnih rješenja dok je vozilo u kvaru (zamjensko vozilo, taksi ili javni prijevoz). Zbog toga će u operativnom poslovanju poduzeća politika održavanja biti rezultat procjene troškova održavanja nasuprot troškovima zastoja, troškovima kvarova koji su adekvatnim održavanjem mogli biti izbjegnuti uz umanjenje trajnosti i funkcionalnosti opreme.

**Održavanje** se može definirati kao **kombinacija svih tehničkih, administrativnih i menadžerskih radnji** tijekom životnog vijeka trajanja opreme **s ciljem da ju se održi ili vrati u stanje** u kojem može **obavljati svoju funkciju.**[220] Kao dio strategije održavanja pojavljuje se plan održavanja kojeg se može opisati kao strukturirani i dokumentirani niz zadataka koji mogu uključivati

[220] Ibidem.

aktivnosti, procedure, resurse i potrebno vrijeme za izvršenje poslova održavanja. S obzirom da se poslovi održavanja i/ili njihova organizacija u poduzećima najčešće prepuštaju tehničkom osoblju, za ostvarivanje strategije održavanja potrebno je ostvariti adekvatnu financijsku i logističku potporu menadžmenta poduzeća. Planiranje održavanja opreme i umanjivanje vjerojatnosti zastoja od posebne je važnosti u poduzećima koja u svom poslu koriste opremu visoke vrijednosti i kod poduzeća kojima zbog vezanosti uz rokove mogući troškovi zastoja predstavljaju posebno opterećenje. Među takva poduzeća može se ubrojiti karlovački AB Produkt u čijim pogonima se proizvode tehnološki zahtjevni dijelovi hidrocentrala i čija je pravovremena proizvodnja uvjetovana od strane kupaca i strogo određena klauzulama u ugovorima. Usprkos zapošljavanju stalnoga tima za održavanje, u AB Produktu se često suočavaju s neplaniranim vremenski uzrokovanim kvarovima uslijed dotrajalosti opreme. S ciljem njihovog umanjivanja, u AB Produktu održavanju posvećuju posebnu pažnju. Planovi tekućeg održavanja strojeva i aparata za zavarivanje u tom poduzeću prikazani su u *Dodacima 1.* i *2.* na kraju ovog poglavlja.

Samo održavanje može se organizirati unutar poduzeća formiranjem službe ili timova za održavanje, njihovom obukom i opskrbom potrebnim resursima. Alternativno, poslove održavanja opreme može se djelomično ili u cijelosti prepustiti vanjskim izvoditeljima. Za primjer takvog postupanja je u izdvojenom slučaju 4. prikazano održavanje voznoga parka taksi prijevoznika. Prema Chandlerovom[221] tehnološkom pogledu, poduzeće će razmatrati proširenje poslovanja izvan svoje osnovne djelatnosti kada u toj dodatnoj djelatnosti bude moglo osigurati ekonomiju obujma na razini na kojoj je ostvaruju tržišni specijalisti. Načelno, poduzeća će težiti korištenju vanjskih specijalista dok obim poslova održavanja ne postane takav da im je efikasnije internalizirati navedene poslove unutar svoga sustava. Nešto drugačiji teorijski pogled na odluku o korištenju vanjskih izvođača nasuprot vlastitoj organizaciji održavanja pruža Williamson.[222] Prema njegovim argumentima, poduzeća će se odlučiti za vlastitu organizaciju dodatnog segmenta posla u slučaju pojave takozvanih specifičnih resursa, u ovom slučaju moguće oskudnosti znanja potrebnih za održavanje skupe specijalizirane opreme.

[221] Chandler, A. D. i Hikino, T. (1990). *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Harvard University Press

[222] Williamson, O. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press. str. 52.

### *Izdvojeni slučaj 4. Održavanje voznog parka taksi prijevoznika*

Trenutno najveći hrvatski taksi prijevoznik je poduzeće Cammeo koje je započelo s radom 2006. godine s voznim parkom od 13 vozila koja su prometovala u gradu Rijeci. Narednih godina, Cammeo je svoje poslovanje proširio na 10 gradova, a u rujnu 2017. je samo u Rijeci raspolagao voznim parkom od 80 vozila. Prilikom ulaska na taksi tržište, Cammeo je u odluci o tehnologiji posegnuo za novim automobilima Renault Laguna, dakle vozilima srednje klase renomiranog francuskog proizvođača. Izbor automobila na tada nerazvijenom taksi tržištu u Republici Hrvatskoj se činio gotovo luksuznim, s obzirom da su postojeća taksi poduzeća i udruženja uglavnom koristila izvožene automobile starijih godišta. Međutim, ulazak novih konkurenata na tržište i jačanje rivalstva te zaključak Cammea da korisnici taksi usluga u Hrvatskoj manje drže do luksuznog automobila, a više do konkurentne cijene, dovelo je do promjena u izboru tehnologije. U skladu s time je Cammeo cijeli redovni vozni park zamijenio i utemeljio na značajno jeftinijem automobilu, Dacia Logan MCV. Navedeni automobili su karavanske forme pa gabaritima zadovoljavaju tehničke preduvjete za taksi vozila te su sva pogonjena benzinskim motorima s tvorničkom ugradnjom sustava za potrošnju ukapljenog naftnog plina (LPG). Usprkos čestoj percepciji o troškovnoj superiornosti automobila pokretanih dizel motorima, Cammeo je izabrao benzinska vozila nadograđena sustavom za pogon plinom. Plinom pogonjeni benzinski motori, uz sličnu ekonomičnost vezanu uz utrošak energije, iziskuju niže troškove održavanja. Nadalje, pri izboru tehnologije pazilo se i na druge troškovne aspekte poput, primjerice, korištenja guma standardnih dimenzija kakve se ugrađuju na početne verzije većine automobila. Dok pri kućnoj odluci o kupnji automobila kupci rado posežu za paketima opreme koji donose vizualno atraktivnije dimenzije kotača, u odluci o flotnoj nabavci automobila koji će voziti gotovo 100.000 km godišnje, odnosno trošiti dva do tri seta guma, cijena guma u raspoloživim dimenzijama čini značajnu razliku.

Glede održavanja voznoga parka, osim kontrole tlaka u gumama i količine ulja i rashladnih tekućina koje vrše sami vozači, Cammeo se oslanja na ugovoreno održavanje u ovlaštenoj servisnoj radionici. Ugovaranjem održavanja cijelog voznoga parka kojeg čini samo jedan model automobila, postižu se troškovne uštede vezane uz lakše planiranje resursa, dostupnost potrebne opreme i zaliha rezervnih dijelova. S ciljem sprečavanja rasta cijene održavanja izvoženih vozila, ili vozila izvan jamstvenog roka, vozila se eksploatiraju do granice od približno 200.000 km, nakon čega se zamjenjuju novima. S obzirom na intenzitet uporabe taksi vozila, do te zamjene dolazi prije isteka jamstva i prije pojave potrebe za većim automehaničarskim zahvatima o trošku Cammea. Redovito održavanje je s izabranom servisnom radionicom dogovoreno tako da su im osigurana dva sata korištenja kapaciteta automehaničarske radionice svaki tjedan. Na taj način, a uz precizno praćenje korištenja vozila i potrebe za servisnim zahvatima, Cammeo osigurava da se servisni pregledi automobila odvijaju unutar propisanih intervala. Time se povećava pouzdanost voznog parka i minimaliziraju gubici uslijed kvarova.

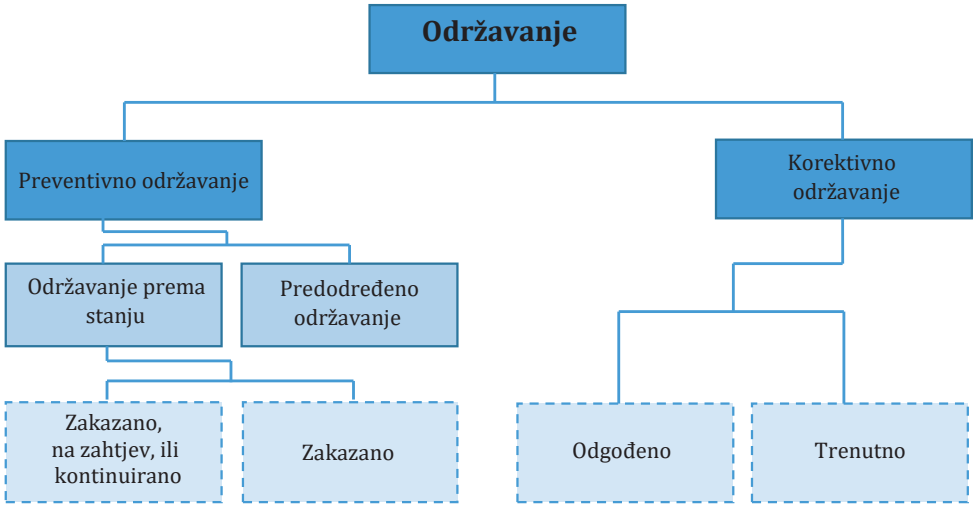
Na primjeru Cammea je opisano takozvano **tekuće održavanje** koje se financira iz obrtnih sredstava poduzeća. Od tekućeg održavanja razlikuje se **investicijsko održavanje** kod kojega dolazi do značajnijih nadogradnji ili remonta opreme. Investicijsko održavanje se, češće od redovnog, prepušta vanjskim specijalistima, a s obzirom na troškove koje uzrokuje, obično se vezuje uz korištenje poluge financiranja. Kao primjer poduzeća koje sudjeluje u investicijskom održavanju za druge poslovne subjekte može se spomenuti remontno Brodogradilište Viktor Lenac iz Kostrene. Obuhvat mogućih poslova koji brodarske kompanije naručuju od remontnog brodogradilišta je veoma širok pa Lenac za tu svrhu posjeduje veliku količinu opreme raspoređene u nizu radionica. U *Dodatku 3.* na kraju poglavlja prikazane su sheme dviju radionica Viktora Lenca za održavanje.



### *8.4.2.1. Vrste održavanja*

S obzirom na razlike u korištenoj tehnologiji, prostornom rasporedu sredstava za rad te procijenjenim troškovima popravaka i zastoja, razlikuju se i različiti pristupi održavanja. Uobičajeno se održavanje grupira u dvije osnovne vrste, pa tako i Europska knjiga standarda prepoznaje **korektivno** i **preventivno** održavanje (slika 8.4).[223] Korektivnim održavanjem smatraju se radnje poduzete nakon otkrivanja kvara, a s ciljem da se oprema vrati u operativno stanje. Dio korektivnih akcija treba se provesti **trenutno** po otkrivanju kvarova ili nedostataka, dok se dio može **odgoditi** za neko prikladnije razdoblje u budućnosti.

Za razliku od korektivnog, preventivno održavanje provodi se u unaprijed određenim intervalima, odnosno u skladu s preporučenim kriterijima. Preventivnim održavanjem nastoji se umanjiti vjerojatnost nastanka kvarova, ali i umanjivanja vrijednosti ili funkcionalnosti opreme. Kod preventivnog održavanja može se razlikovati održavanje prema stanju i predodređeno (predeterminirano) održavanje. Održavanje **prema stanju** sastoji se od kombinacije praćenja stanja, inspekcije i/ili testiranja ispravnosti opreme te odlučivanja o potrebnim akcijama na temelju analize zatečenog stanja. **Predodređeno održavanje** vrši se poštujući predviđene radne intervale bez prethodne provjere stanja.




***Slika 8.4. Vrste održavanja***

[223] European standard EN 133306:2010

Unatoč nekim razlikama, koncepti održavanja se ne razlikuju u značajnoj mjeri od starijih podjela i koncepata i iz domaće ekonomsko-tehničke literature. Tako, primjerice, Rejec još u knjizi izdanoj 1974. godine, s ciljem postizanja ekonomičnosti, razlikuje sljedeća načela održavanja:[224]

- **Načelo „čekaj i vidi"** svojim slikovitim nazivom objašnjava praksu nečinjenja, odnosno praksu održavanja po kojoj se osim rutinskih poslova, poput čišćenja i podmazivanja, ne poseže ni za kakvim dodatnim aktivnostima održavanja. Primjena navedenog načela je uobičajen način brige o sitnom inventaru i opremi manje nabavne vrijednosti pa i o drugoj opremi neprikladnoj za održavanje. Kod takve opreme moguće je očekivati da će korisnici, s ciljem umanjivanja opasnosti od zastoja, na zalihi držati zamjenski primjerak. Za ilustraciju ovog pristupa održavanju mogu poslužiti električni šišači/trimeri u frizerskim salonima, ili univerzalni alati poput miksera u profesionalnim kuhinjama i bušilica u radionicama.
- **Načelo oportunističkog održavanja** može se opisati kao svojevrsna nadogradnja prethodnog načela. Naime, ni kod oportunističkog održavanja se u održavanje ne ulaže nikakav značajan trud sve do pojave prvih kvarova. Nakon toga se procjenjuje korisnost uvođenja preventivnog održavanja na pogođenim mjestima. Primjerice, ukoliko bi blanjalica za preradu drva u radionici nakon duljeg razdoblja eksploatacije počela povremeno pojačano trošiti prijenosni remen, kod te blanjalice bi se započelo s planiranim periodičnim pregledima remena i zamjene istog, prije nego dođe do anticipiranog pucanja.
- **Načelo preventivnog održavanja,** za razliku od netom objašnjenih reaktivnih načela, nalaže sustavno obavljanje predviđenih radova održavanja na opremi, s ciljem umanjivanja ili otklanjanja opasnosti od nepredviđenih kvarova ili njihove ozbiljnosti. Za ilustraciju ovako protumačenog načela održavanja mogu poslužiti uobičajeni preventivni pregledi motornih vozila.
- **Načelo predviđenog održavanja** pretpostavlja procjenu vjerojatnosti pojave kvarova na pojedinim sklopovima. Česti slučajevi povlačenja automobila, odnosno pozivi vlasnicima da odvezu svoja vozila u ovlaštene servisne radionice na besplatne intervencije uglavnom se provode kad proizvođači spoznaju povećanu vjerojatnost od pojave kvara na manjkavim sklopovima, posebno ako pojava kvara može biti od utjecaja na sigurnost vozila.
- **Načelo održavanja prema stanju** nalaže intervenciju na dijelovima opreme za koju se tijekom rutinskih ili preventivnih pregleda ustanovi istrošenost ili defektnost. Tako će, primjerice, kao dio radova održavanja u skladištu, plastični ležajevi na podiznim ili kliznim vratima biti mijenjani kad se uoči njihova istrošenost, jednako kao i kotači na visokopodiznom viličaru.

Iz opisa je vidljivo da će priklanjanje pojedinom načelu održavanja ovisiti i o izvorima mogućih kvarova na opremi i sredstvima za rad. Uobičajena sistematizacija kvarova, s obzirom na njihove izvore, prepoznaje **početne, slučajne, vremenske i uzrokovane** kvarove.

Početni kvarovi uzrokovani su nesavršenostima ili defektima u proizvodnji opreme koji se javljaju ubrzo nakon početka njezina korištenja. Često ih se može poistovjetiti s vanjskim troškovima loše kvalitete proizvoda zato što su uglavnom pokriveni jamstvima proizvođača. Oprema koja se instalira pri gradnji proizvodnih pogona je često za taj pogon namjenski proizvedena (ili barem adaptirana). Za razliku od standardne, serijski proizvedene opreme koja je višestruko testirana i u proizvodnji i od strane kupaca, kod namjenski proizvedene opreme je vjerojatnost pojave početnih kvarova relativno visoka.

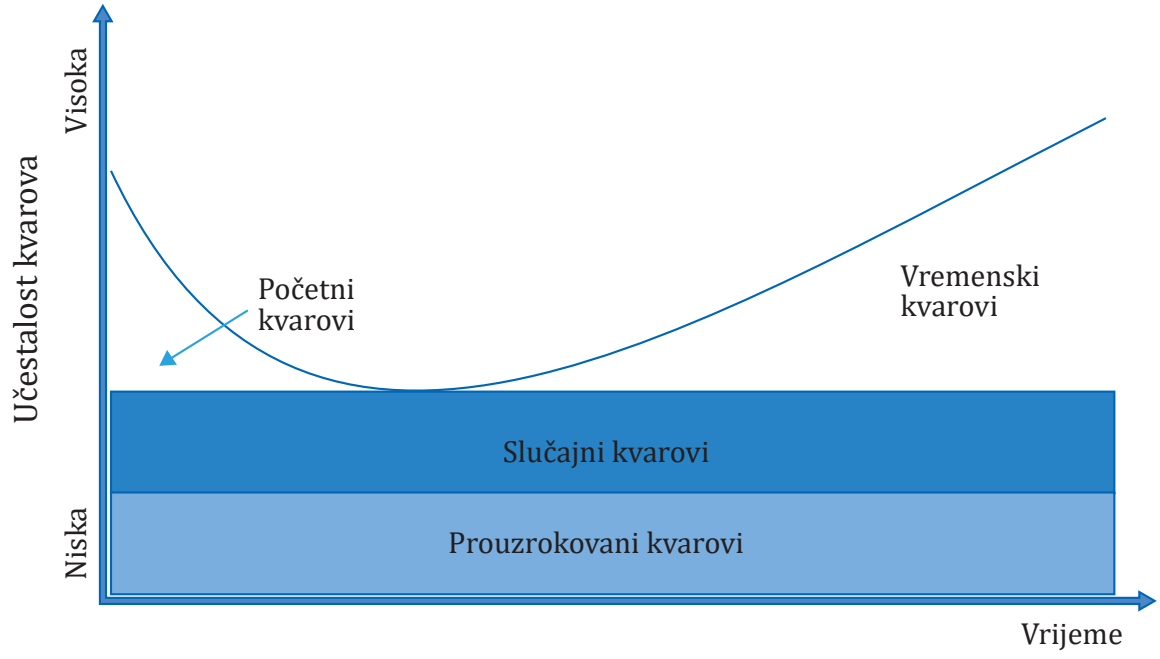
[224] Rejec, E. (1974). *Terotehnologija (Savremena organizacija održavanja sredstava)*. Zagreb: Informator. str. 50.

Slučajni kvarovi su uzrokovani nepoznatim razlozima i stoga teški za prognoziranje. Uzroci im mogu biti neprepoznate manjkavosti u kvaliteti opreme, korištenje opreme u uvjetima za koje nije predviđena ili testirana i slično. Frekvencija pojave slučajnih kvarova mjera je pouzdanosti opreme koja je objašnjena u točki 8.4.1.

Vremenski uzrokovani kvarovi javljaju se zbog trošenja, korozije i starenja opreme. Ovi kvarovi su često rezultat istrošenosti opreme i njezinih dijelova. Istrošenost sama po sebi nije kvar pa se istrošenu opremu koja je u funkciji ne smatra pokvarenom. Međutim, kada zbog istrošenosti dođe do kvara, onda je riječ o vremenski uzrokovanom kvaru. Primjerice, trošenje gume na ranije spomenutom skladišnom viličaru samo po sebi nije kvar, ali do kvara može doći kada od pohabanosti guma pukne i time prouzroči nemogućnost korištenja viličara do sanacije kvara.

Prouzrokovani kvarovi su oni do kojih dolazi djelovanjem ljudskog čimbenika. Mogu biti rezultat neznanja, nepažnje te namjernog ili slučajnog rukovanja opremom na neprikladan način.

Veza učestalosti pojavljivanja objašnjenih vrsta kvarova i starosti opreme se u literaturi već dugo prikazuje na sličan način.[225] Grafički prikaz vremenski uvjetovanih kvarova s ostalim vrstama kvarova dat je na slici 8.5.




***Slika 8.5. Učestalost kvarova i starost opreme***

[225] Više o tome u: Tng, K. H. et al. (2015). *Membrane ageing during water treatment: mechanisms, monitoring, and control*. Advances in Membrane Technologies for Water Treatment: Materials, Processes and Applications. Elsevier Ltd. i Rejec, E. (1974): *op.cit.*

### *8.4.2.2. Pristupi održavanju*

Osnovni ciljevi održavanja su osiguravanje pouzdanosti i funkcionalnosti opreme ili općenito sredstava za rad. Rastom veličine i vrijednosti postrojenja te rastom važnosti realizacije planova proizvodnje, raste i potreba za izbjegavanjem zastoja koji bi mogli biti prouzrokovani nedovoljnim održavanjem. Kvarovi i zastoji u proizvodnji mogu rezultirati raznim problemima poput:[226]

- gubitaka u proizvodnji
- potrebe za pomicanjem rokova i korekcijom operativnih planova proizvodnje
- nastanka škarta na materijalima (zbog prekida u radu opreme)
- potrebe za prekovremenim radom
- potrebe za podugovaranjem poslova, i
- potrebe za organizacijom alternativnih radnih zadataka za radnike koji zbog zastoja ne mogu raditi na svojim radnim mjestima.

Pristupa održavanju može biti jako puno, no mogu se izdvojiti **održavanje usmjereno na pouzdanost** (engl. *reliability-centered maintenance, RCM*), **potpuno proizvodno održavanje** (engl. *total productive maintenance, TPM*) i **poslovno usmjereno održavanje** (engl. *business centered maintenance, BCM*).

Počeci razvoja **održavanja usmjerenog na pouzdanost** vezuju se uz težnje osiguravanja što pouzdanijih borbenih i putničkih zrakoplova tijekom i nakon Drugog svjetskoga rata.[227] S obzirom na najčešće tragične posljedice kvarenja zrakoplova tijekom rada, razumljivo je stavljanje naglaska njihovog održavanja upravo na pouzdanost, odnosno na povećanje vjerojatnosti funkcioniranja u predviđenom vremenu trajanja.

Prema SAE JA 1011[228] standardu svaki proces održavanja usmjeren na pouzdanost (*RCM*) trebao bi rezultirati zadovoljavajućim odgovorima na sljedeća pitanja:

- Koje su funkcije i s njima povezani željeni standardi performansi opreme u njezinom trenutnom operativnom kontekstu?
- Na koje načine oprema može zakazati u ispunjavanju svojih funkcija?
- Što uzrokuje svako pojedino funkcionalno zakazivanje?
- Što se dogodi kada dođe do zakazivanja?
- Na koji način je svako zakazivanje važno?
- Što treba učiniti za predviđanje ili sprečavanje svakog zakazivanja?
- Što treba učiniti ukoliko se ne uspije pronaći održiva proaktivna mjera?

Nakon provedene evaluacije, odnosno dobivanja odgovora na pitanja iz standarda, za svaki promatrani komad opreme izabire se prikladna metoda održavanja. Zbog individualnog pristupa svakom komadu opreme, uspješna primjena *RCM*-a uz povećanje pouzdanosti sustava i raspoloživosti opreme može rezultirati i povećanjem troškovne učinkovitosti. I konačno, primjena *RCM*-a omogućava bolje razumijevanje rizika s kojima se organizacija suočava.

---

226 Minakshi, J. *Maintenance Management: Importance, Objectives and Functions.* http://www.yourarticlelibrary.com/industries/maintenance-management-importance-objectives-and-functions/90677, pristup: 10.10.2020.

227 Mungani, D. S. i Visser, J. K. (2013): *Maintanance approaches for different production methods*. South African Journal od Industrial Engineering. vol. 24. br. 3.

228 SAE JA 1101, AUG1999. https://www.onupkeep.com/learning/maintenance-tools/sae-ja1011, pristup: 11.10.2020.

Kao potpora razvoju potpunog upravljanja kvalitetom (engl. *total quality management, TQM*) u japanskim proizvodnim sustavima razvijen je i pristup **potpunog proizvodnog održavanja**. Za razliku od održavanja usmjerenog na pouzdanost i poslovno usmjerenog održavanja, potpuno proizvodno održavanje predstavlja više filozofiju nego konkretni sustav mjera i postupaka. Potreba za njegovim nastankom vezuje se uz nastanak tzv. vitke proizvodnje (engl. *lean manufacturing*) koja je poznata po sustavnom uklanjanju svih izvora rasipanja u proizvodnji. Inzistiranje na razvoju proizvodnih sustava temeljenih na uklanjanju svih rasipanja manifestira se kroz razvoj sustava brze zamjene alata (engl. *single minute exchange of die*, *SMED*),[229] proizvodnje upravo na vrijeme (engl. *just in time, JIT*) i potpunog upravljanja kvalitetom. Naime, ako poduzeće nastoji postići učinkovitu proizvodnju koristeći fleksibilnu opremu, (primjerice, preše s brzo izmjenjivim kalupima), međufazne zalihe i defektna proizvodnja moraju nestati jer se oprema, odmah nakon osiguravanja planirane količine jedne komponente, prilagođava za proizvodnju druge. U takvim okolnostima zastoji zbog kvarova na opremi nužno dovode do smanjenja iskorištenosti kapaciteta, a stoga i do smanjenja efikasnosti proizvodnje. U takvim okolnostima razvijanje sustava održavanja sredstava za rad te njihovo kontinuirano poboljšanje postaje neizostavan dio primjene *vitke* (*lean*) filozofije. Analogno principima potpunog upravljanja kvalitetom, kod pristupa potpunog proizvodnog održavanja, cilj je razviti sustav koji će težiti ostvarivanju nula defekata, nula gubitaka i nula slučajeva zakazivanja opreme.[230] Glavno obilježje potpunog proizvodnog održavanja je eliminacija gubitaka zbog kvarova na opremi. To se postiže kreiranjem malih timova radnika koji istražuju svaki problem zakazivanja opreme te se zatim pobrinu da se isti problemi više ne ponavljaju.

Pristup koji naglašava cjenovnu efektivnost sustava održavanja i uključivanje održavanja u strateško planiranje poduzeća poznat je kao **poslovno usmjereno održavanje**. Ovaj sveobuhvatan pristup održavanju razvijen je tijekom 1980-ih kao odgovor na potrebu za troškovno učinkovitim modelima održavanja, ali uz postavljanje sigurnosti kao prvog prioriteta. Dubinsko razumijevanje operacija koje se izvode unutar sustava koristi se kao input za analizu. Cilj analize je razvoj plana životnog vijeka za komponente i dijelove sustava. U planu životnog vijeka definirane su efektivne procedure i plan održavanja za svaku jedinicu. Pristup poslovno usmjerenog održavanja osigurava visoku razinu točnosti, ali zahtijeva prikupljanje i manipulaciju velike količine podataka što ga čini kompleksnim za integraciju u poslovanje poduzeća.[231] Kao prednost ovog pristupa treba spomenuti njegovu primjenjivost u većini industrija, odnosno u većini sustava za proizvodnju proizvoda ili usluga.

## 8.5. ZAKLJUČAK

Na većini danas postojećih tržišta proizvodni potencijali značajno premašuju tržišnu potražnju. Takva zasićenost pritišće proizvođače prema korištenju efikasnije tehnologije koja omogućava troškovne uštede u proizvodnji. Međutim, proizvođači se istodobno suočavaju sa skraćivanjem životnog ciklusa proizvoda i pritiskom na česte promjene proizvodnog asortimana pa ravnoteža

[229] O ovom tehničkom rješenju bilo je već riječi u poglavljima 6 i 7. Da se prisjetimo, riječ je o brzoj zamjeni kalupa što je omogućilo korištenje istih preša za proizvodnju većeg broja dijelova i time dovelo do pojeftinjenja pogona i veće fleksibilnosti u proizvodnji. O tome više: Womack, J. P., Jones, D. T. i Roos, D. (2007): *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production - Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. New York: Free Press

[230] Mungani, D. S. i Visser, J. K. (2013). *op.cit.*

[231] Više o tome: Kelly, A. (2002): *Maintenance Strategy*. Business-centered Maintenance. Butterworth-Heinemann

između efikasnosti i fleksibilnosti predstavlja ključni izazov u izboru tehnologije. Stalne tehnološke promjene i česta pojava disruptivnih tehnologija stvaraju prilike za rast, ali istodobno i prijete opstanku poduzeća. Čak i poduzeća čiji su proizvodi u jednom trenutku prepoznati kao najkvalitetniji, u svojim tržišnim nišama vrlo brzo mogu biti izgurana s tržišta.[232] Takav tržišni kontekst čini odluke o tehnologiji presudnima za uspješno ostvarivanje strategije poduzeća.

Kao što je naglašavano u okviru ovog poglavlja, održavanje je usko vezano uz odluke o tehnologiji. Tako je kod korištenja opreme opće namjene i korištenja poslovnih strategija koje su u manjoj mjeri ovisne o korištenoj tehnologiji, uloga održavanja očekivano manja nego kod tehnološki intenzivnih aktivnosti, korištenja specijalizirane tehnologije i pogona linijskog tipa kod kojih kvar na komadu opreme može uzrokovati zastoj dijela ili cijele linije. Sukladno navedenom, za očekivati je da će u pogonima radioničke proizvodnje postojati manje opasnosti od skupih zastoja zbog neadekvatnog održavanja te da će politike održavanja biti značajnije usredotočene na odnos troška održavanja u odnosu na trošak kvarova, odnosno popravaka. S rastom vrijednosti korištene opreme, upotrebe specijalizirane opreme, veće razine automatizacije i povezanosti (sljedivosti) u proizvodnji, trošak zastoja postaje sve značajniji i u većini slučajeva premašuje sam trošak popravka opreme. U takvim slučajevima, poduzeća će se sve manje oslanjati na korektivno održavanje i preferirati sustavniji, preventivni pristup održavanju opreme. Pri tome će troškovi održavanja zacijelo biti visoki ali predvidljivi te stoga pogodniji za optimalizaciju (izbor prikladnih vremena za poslove održavanja, optimalizacija zaliha rezervnih dijelova, troškova angažiranja osoblja za poslove održavanja i slično). Istodobno će troškovi zastoja biti minimalizirani i svedeni na otklanjanje nepredvidljivih ili slučajnih kvarova.

[232] Od tehnološki naprednih poduzeća s hvaljenim proizvodima, a koji su se 2017. i 2018. godine našli u poslovnim problemima, može se spomenuti tržišnog lidera u proizvodnji električnih automobila „Teslu“ i tajvanskog proizvođača elektroničkih uređaja HTC. Deset godina ranije su kratak put od pozicije tržišnog lidera do nestanka prošli u finskoj Nokiji.

## 8.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***D*** | |
| ***Disruptivne tehnologije*** | Tehnologije koje predstavljaju inovaciju koja u značajnoj mjeri mijenja način na koji djeluju potrošači, poduzeća i industrija. |
| ***K*** | |
| ***Korektivno održavanje*** | Radnje poduzete nakon otkrivanja kvara, a s ciljem da se oprema vrati u operativno stanje. |
| ***N*** | |
| ***Nepovratni troškovi*** (engl. *sunk costs*) | Troškovi koji su već nastali i ne mogu biti nadoknađeni ili poništeni. |
| ***O*** | |
| ***Održavanje*** | Kombinacija svih tehničkih, administrativnih i menadžerskih radnji tijekom životnog vijeka trajanja opreme s ciljem da ju se održi ili vrati u stanje u kojem može obavljati svoju funkciju. |
| ***Održavanje prema stanju*** | Kombinacija praćenja stanja, inspekcije i/ili testiranja ispravnosti opreme te odlučivanja o potrebnim akcijama na temelju analize zatečenog stanja. |
| ***P*** | |
| ***Pouzdanost*** | Vrijeme za koje se oprema može koristiti prije nego prestane raditi ili, formalnije, vjerojatnost da će proizvod funkcionirati u predviđenom vremenu bez da se pokvari. |
| ***Početni kvarovi*** | Kvarovi uzrokovani nesavršenostima ili defektima u proizvodnji opreme koji se javljaju ubrzo nakon početka njezina korištenja. |
| ***Pogodnost za održavanje*** | Sposobnost stvari da uz adekvatno održavanje, odnosno korištenje predviđenih procedura i resursa, može biti zadržana ili vraćena u stanje u kojem može izvršavati svoju funkciju. |
| ***Preventivno održavanje*** | Održavanje koje se provodi u unaprijed određenim intervalima, odnosno u skladu s preporučenim kriterijima. |
| ***Prouzrokovani kvarovi*** | Kvarovi do kojih dolazi uslijed djelovanja ljudskog čimbenika. |
| ***Predodređeno održavanje*** | Održavanje koje se vrši poštujući predviđene radne intervale bez prethodne provjere stanja. |
| ***R*** | |
| ***Raspoloživost*** | Kontinuitet usluživanja potrošača, odnosno udio vremena rada u ukupnom vremenu (rada i nerada). |
| ***S*** | |
| ***Slučajni kvarovi*** | Kvarovi uzrokovani nepoznatim razlozima i stoga teški za prognoziranje. |
| ***T*** | |
| ***Tehnologija*** | Način ostvarivanja zadataka, posebno korištenjem tehničkih procesa, metoda ili znanja. |
| ***Tehnologija procesa*** | Set procesa, alata, metoda i opreme koji se koriste u proizvodnji proizvoda i usluga. |
| ***Trajnost*** | Sposobnost stvari da obavlja traženu funkciju u danim uvjetima korištenja i održavanja do stanja kada ju se više ne može ili ne isplati popravljati. |
| ***V*** | |
| ***Vremenski uzrokovani kvarovi*** | Kvarovi koji se javljaju uslijed trošenja, korozije i starenja opreme. |

## 8.7. ZADATAK ZA PROVJERU ZNANJA

Trgovačko poduzeće za potrebe svoga poslovanja koristi niz službenih automobila. Svi automobili pripadaju kompaktnoj klasi i imaju benzinske motore od 1.400 ili 1.600 kubičnih centimetara. Zbog visokog udjela goriva u strukturi troškova korištenja tih automobila, poduzeće razmatra ugradnju instalacije za prijelaz na ukapljeni naftni plin. Od ovlaštenog servisa za ugradnju plinske instalacije poduzeće saznaje da ugradnja plina u ovaj tip motora košta 7.000 kn (uz zanemarive razlike ovisno o količini sitnih dijelova koje se mogu razlikovati od automobila do automobila), te da je potrebno napraviti izvanredni tehnički pregled koji košta 1.300 kn. Osim toga, kod plinom pogonjenog automobila uputno je jednom godišnje pregledati plinsku instalaciju što serviseri naplaćuju 300 kn, a cijena redovitog godišnjeg tehničkog pregleda se povećava za 500 kn zbog paušalne naplate poreza na vozila pogonjena plinom.[233] Od varijabilnih troškova, za svakih 15.000 kilometara je potrebno kupiti jednu litru posebnog ulja za dodatno podmazivanje ventila koja košta 120 kn. Potrošnja goriva kod automobila pogonjenih plinom povećava se za 10 %, a po cijenama u trenutku kad je poduzeće radilo kalkulaciju, bezolovni benzin je koštao 9,26 kn, a ukapljeni naftni plin 4,20 kn za litru. Politika poduzeća je da automobile proda kada prijeđu 180.000 km ili napune 6 godina.

Izračunajte isplativost ugradnje plina kod sljedećih vozila:

a) Automobila starih godinu dana s prosječnom potrošnjom benzina od 7,6 l na 100 km od kojih je jedan prešao 20.000, a drugi 48.000 km. Očekuje se da će i narednih godina oba zadržati približno jednaku godišnju kilometražu. (Zadatak pod a) je riješen u nastavku).
b) Automobila starog tri godine s prosječnom potrošnjom od 5,7 l na 100 km i 11.400 prijeđenih km. Očekuje se da će i narednih godina zadržati približno jednaku godišnju kilometražu.
c) Nedavno kupljenog automobila koji troši 5,9 l na 100 km, za kojeg se pretpostavlja da će prelaziti 30.000 km godišnje.
d) Četiri godine starog automobila koji je upravo prešao 100.000 km i troši 7 litara. Očekuje se da će i narednih godina zadržati približno jednaku godišnju kilometražu.
e) Novog (još nekupljenog) automobila koji troši 6,7 l na 100 km, a kojemu kao alternativa postoji 13.000 kn skuplja dizel verzija s potrošnjom od 4,9 l i s istim predviđenim troškovima održavanja. Očekuje se da će automobil godišnje prelaziti oko 18.000 km.

RJEŠENJE ad a):

***Tablica 8.1. Troškovi vezani uz vožnju automobila na plin***

| **Troškovi ugradnje plinske instalacije** | **8.300 kn** |
|---|---|
| Ugradnja plinske instalacije | 7.000 kn |
| Izvanredni tehnički pregled | 1.300 kn |
| **Vremenski vezani troškovi (godišnji)** | **800 kn** |
| Godišnji servis plinske instalacije | 300 kn |

[233] Navedeno davanje predstavlja svojevrsnu nadoknadu za davanja koja korisnici benzinom i dizelom pogonjenih automobila plaćaju kroz cijenu goriva.

| | |
|---|---|
| Godišnji paušalni porez za ceste za vozila pogonjena plinom | 500 kn |
| **Varijabilni troškovi vožnje na plin** | |
| Ulje za podmazivanje ventila | 120 kn / 15.000 km |
| Potrošnja plina (očekivana potrošnja benzina + povećanje 10 %)<br>=> (7,6 l/100 km * 1,1) * 4,20 kn/l = 35,11 kn/100 km | 35,11 kn/100 km |



***Tablica 8.2. Troškovi bez prelaska na plin***

| | |
|---|---|
| **Varijabilni troškovi vožnje na benzin** | |
| Potrošnja benzina<br>=> 7,6 l/100 km * 9,26 kn/l = 70,38 kn/100 km | 70,38 kn/100 km |

***Tablica 8.3. Usporedba razlika u godišnjim troškovima za oba automobila za prve dvije godine od ugradnje***

| Troškovi / uštede na troškovima | Automobil s procjenom upotrebe od 20.000 km godišnje | Automobil s procjenom upotrebe od 48.000 km godišnje |
|---|---|---|
| Godišnji troškovi vožnje na benzin<br>=> ukupna potrošnja za procijenjenu kilometražu | 14.074 kn | 33.782,38 kn |
| Godišnji troškovi vožnje na plin za 1. godinu<br>=> ugradnja i registracija<br>=> godišnji vremenski troškovi<br>=> ukupna potrošnja za procijenjenu kilometražu | 16.122.40 kn | 25.952,80 kn |
| Troškovna ušteda nakon 1. godine od ugradnje | -2.048,40 kn | 7.829,58 kn |
| Godišnji troškovi vožnje na plin za 2. godinu<br>=> godišnji vremenski troškovi<br>=> ukupna potrošnja za procijenjenu kilometražu | 7.822 kn | 17.652,80 kn |
| Troškovna ušteda nakon 2. godine od ugradnje | 4.203,60 kn | 23.959,16 kn |

UOČENO ad a): U oba slučaja se ugradnja plinske instalacije pokazuje isplativom.
Automobil koji godišnje prolazi 20.000 km, uštedu od montaže će ostvariti u drugoj godini i to u iznosu od približno 4.200 kn.
Automobil koji godišnje prelazi 48.000 km će već u prvoj godini ostvariti uštedu od približno 7.800 kn, a u drugoj ukupno približno 24.000 kn.

## 8.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Što sve obuhvaća pojam tehnologije?
2. Po čemu se razlikuje poimanje tehnologije u širem i u užem smislu?
3. Moraju li i na koji način menadžeri i drugi donositelji odluka poznavati tehnologiju koju koriste ili namjeravaju koristiti u proizvodnji?
4. Kakve su to disruptivne tehnologije i kako one mijenjaju tržišta?
5. Kako se može razlikovati pojam pouzdanosti od pojma raspoloživosti i pojma trajnosti?
6. Što predstavlja održavanje sredstava za rad?
7. Koji su glavni čimbenici od utjecaja na troškove održavanja?
8. Koja je glavna razlika između tekućeg i investicijskog održavanja?
9. Po čemu se razlikuju preventivno i korektivno održavanje?
10. Kakav oblik ima krivulja vremenski uzrokovanih kvarova i zašto?
11. Koji su i po čemu se razlikuju najpoznatiji pristupi održavanju?

## LITERATURA

1. Best, M. (1993). *The New Competition - Institutions of Industrial Restructuring*. Harvard University Press
2. Bower, J. L. i Christensen, C. M. (1995). *Disruptive Technologies: Catching the Wave.* Harvard Business Review. January-February
3. Chandler, A. D. i Hikino, T. (1990). *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Harvard University Press
4. Christensen, C. M. (2016). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business Review. Boston
5. Jaffee, D. (2000). *Organization Theory: Tension and Change.* New York: McGraw-Hill
6. Kelly, A. (2002). *Maintenance Strategy*. Business-centered Maintenance. Butterworth-Heinemann
7. Mungani, D. S. i Visser, J. K. (2013). *Maintanance approaches for different production methods*. South African Journal od Industrial Engineering. vol. 24. br. 3.
8. Rejec, E. (1974). *Terotehnologija (Savremena organizacija održavanja sredstava).* Zagreb: Informator
9. Schroeder, R. G. (2010). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases*. 5th edition. McGraw-Hill
10. Stigler, G. J. (1967). *The Theory of Price*. 3rd edition. New York: The Macmillian Company
11. Tng, K. H. et al. (2015). *Membrane ageing during water treatment: mechanisms, monitoring, and control*. Advances in Membrane Technologies for Water Treatment: Materials, Processes and Applications. Elsevier Ltd
12. Williamson, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press
13. Womack, J. P., Jones, D. T. i Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production -- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That is Now Revolutionizing World Industry.* New York: Free Press

## Internet izvori

1. European standard EN 133306:2010
2. https://www.britannica.com/technology/technology
3. https://www.merriam-webster.com/dictionary/technology
4. Investopedija: *Disruptive tehnologies.* https://www.investopedia.com/terms/d/disruptive-technology.asp
5. Minakshi, J. *Maintenance Management: Importance, Objectives and Functions* http://www.yourarticlelibrary.com/industries/maintenance-management-importance-objectives-and-functions/90677
6. SAE JA 1101, AUG1999. https://www.onupkeep.com/learning/maintenance-tools/sae-ja1011

# **Dodatak 8.1.** Plan održavanja strojeva u AB Produktu

| AB PRODUKT | Naziv dokumenta: **Plan održavanja strojeva za 2021. godinu** | Oznaka dok: OB 713 - 1<br>Str.1 / 2<br>Rev./Dat: 4 / 17.10.2020. |
|---|---|---|

| Redni broj | Naziv Stroja / uređaja | *Periodički pregled* | | *Redovni mjesečni pregled* | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ispitano | Sljedeći | *1.* | *2.* | *3.* | *4.* | *5.* | *6.* | *7.* | *8.* | *9.* | *10.* | *11.* | *12.* |
| 1. | TOKARSKI STROJ (KARUSEL)<br>REFAMET KCF / 320 A<br>*Montaža* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | X | | | | | | X | | | | | |
| 2. | TOKARSKI STROJ<br>POREBA TR-70<br>*Strojna obrada 4D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | X | | | | | | X | | | | | |
| 3. | **TOKARSKI STROJ RUS<br>1A 64 D.T. 3000 mm<br>*Strojna obrada 5D RASHODOVAN*** | **02.12.2016.** | **02.12.2019.** | | | | | | | | | | | | |
| 4. | TOKARSKI STROJ<br>POTISJE ADA PA 631 P<br>*Strojna obrada 3D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | X | | | | | | X | | | | |
| 5. | TOKARSKI STROJ<br>POTISJE PA 30<br>*Strojna obrada 1D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | X | | | | | | X | | | |
| 6. | TOKARSKI STROJ<br>ALFA 600 X 2000 MM<br>*Strojna obrada 2D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | X | | | | | | X | | | |
| 7. | KONZOLNA GLODALICA<br>PRVOMAJSKA PGH<br>*Strojna obrada 1D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | X | | | | | | X | | |
| 8. | KONZOLNA GLODALICA<br>PRVOMAJSKA GHK-3P<br>*Strojna obrada 3D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | X | | | | | | X | | |
| 9. | KONZOLNA GLODALICA<br>PRVOMAJSKA GHK – 3P<br>*Strojna obrada 2D* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | X | | | | | | X | | |
| 10. | BUSILICA GLODALICA<br>ALFA 5 XZ63502A<br>*Alatnica* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | | X | | | | | | X | |
| 11. | KONZOLNA GLODALICA<br>HELKERT VEB FKSR 630<br>*Strojna obrada ZL* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | | X | | | | | | X | |
| 12. | STUPNA BUSILICA<br>ALFA ZN 5032 A<br>*Strojna obrada 1L* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | | | X | | | | | | X |
| 13. | RADIJALNA BUSILICA<br>MAS VR8<br>*Montaža* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | X | | | | | | X | | | | | |
| 14. | RADIJALNA BUSILICA<br>MAS VR8<br>*Montaža* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | X | | | | | | X | | | | |
| 15. | **RADIJALNA BUSILICA<br>MAS VR4<br>*Str. obrada ML RASHODOVANO*** | **02.12.2016.** | **02.12.2019.** | | | | | | | | | | | | |
| 16. | RADIJALNA BUSILICA<br>MAS VR6A<br>*Strojna obrada VL* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | X | | | | | | X | | |
| 17. | VALJCI ZA SAVIJANJE LIMA<br>MS 18 / 2500 IK-VL01<br>*Rezaonica VV* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | | X | | | | | | X | |
| 18. | TRACNA PILA ZA ZELJEZO<br>MACC SPECIAL 315 CSO<br>*Rezaonica MTP* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | | | X | | | | | | X |
| 19. | PRESA HIDRAULICNA<br>IK-HP01<br>HPB 1500 | 02.12.2019. | 02.12.2022. | X | | | | | | X | | | | | |
| 20. | PRESA HIDRAULICNA<br>IK-HP02<br>*Rezaonica* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | X | | | | | | X | | | | |
| 21. | SKARE ZA REZANJE LIMA<br>JELSINGRAD MVCS-3100/10<br>*Rezaonica* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | X | | | | | | X | | | |
| 22. | BORVERK<br>TOS VARNSDORF WHN13A<br>*Montaža* | 02.12.2019. | 02.12.2022. | | | | X | | | | | | X | | |
| 23. | **DVOVRETENA GLODALICA<br>TOS KURIMFS 36<br>*Strojna obrada RASHODOVANO*** | **02.12.2016.** | **02.12.2019.** | | | | | X | | | | | | X | |

Izvor: Interna dokumentacija AB Produkta

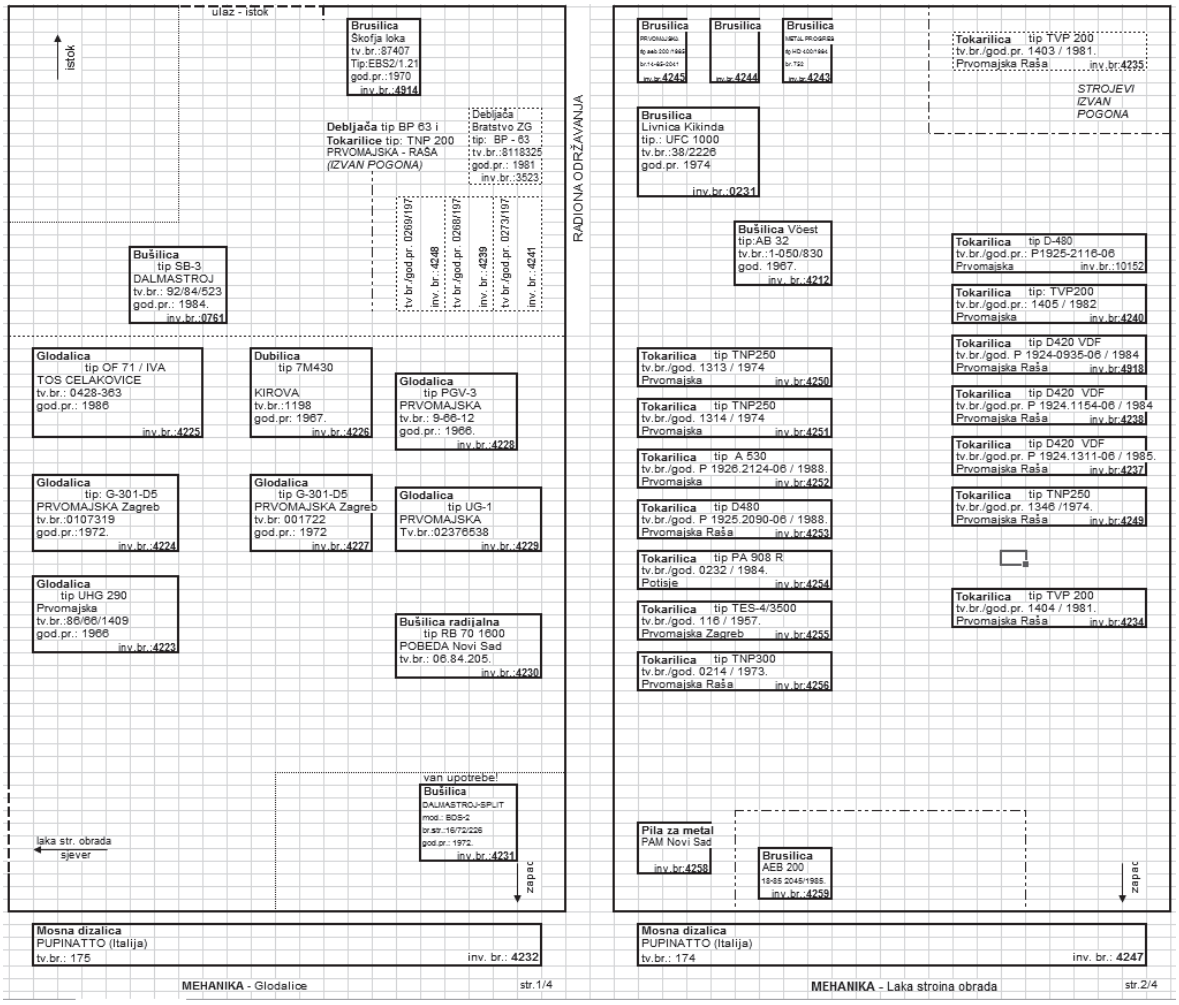
## Dodatak 8.2. Plan održavanja aparata za zavarivanje u AB Produktu

| AB PRODUKT | Naziv dokumenta:<br>**Plan održavanja aparata za zavarivanje za 2020. godinu** | Oznaka dok: OB 713 – 2<br>Str.1 / 1<br>Rev./Dat:<br>2 / 17.10.2020. |
|---|---|---|

| Redni broj | Naziv Aparata / uređaja | *Redovni mjesečni pregled* | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 01. | 02. | 03. | 04. | 05. | 06. | 07. | 08. | 09. | 10. | 11. | 12. |
| 1. | FRONIUS Trans Synergic 4000 | X | | | | | | X | | | | | |
| 2. | FRONIUS Vario Synergic 4000 | | X | | | | | | X | | | | |
| 3. | FRONIUS Trans Synergic 4000 | | | X | | | | | | X | | | |
| 4. | FRONIUS Trans Puls Synergic 4000 | | | | X | | | | | | X | | |
| 5. | FRONIUS Magic vave 2600 | | | | X | | | | | | X | | |
| 6. | FRONIUS Vario Synergic 4000 | | | | | X | | | | | | X | |
| 7. | ULJANIK MIG 330 | | | | | | X | | | | | | X |
| 8. | FRONIUS Trans Puls Synergic 4000 | | | X | | | | | | X | | | |
| 9. | ULJANIK MIG 330 C | | | X | | | | | | X | | | |
| 10. | FRONIUS Vario Synergic 4000 | | X | | | | | | X | | | | |
| 11. | FRONIUS Vario Synergic 4000 | X | | | | | | X | | | | | |
| 12. | FRONIUS Vario Synergic 4000 | X | | | | | | X | | | | | |
| 13. | CLOSS Qin Tren 400 | | X | | | | | | X | | | | — |
| 14. | Aparat za provarivanje korjena | | | | | | | | | | | | — |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Izvor: Interna dokumentacija AB Produktu

# **Dodatak 8.3.** Shema dviju radionica za održavanje u Brodogradilištu Viktor Lenac




Izvor: Interna dokumentacija Brodogradilišta Viktor Lenac

# 9. OBLIKOVANJE POSLA

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *definirati oblikovanje posla*
- *objasniti pristupe u oblikovanju posla*
- *objasniti čimbenike utjecaja na oblikovanje posla*
- *objasniti studij pokreta*
- *objasniti i primijeniti metode mjerenja rada.*



## 9.1. UVOD

U prvom poglavlju udžbenika navedeno je da je zadatak operacijskog menadžmenta oblikovati i implementirati uspješan poslovni proces. Tako se operacijski menadžment povezuje s planiranjem kapaciteta, proizvodnim rasporedom, oblikovanjem proizvodnog procesa, kontrolom kvalitete i slično, međutim sva ta područja odlučivanja, pored tehnološke, imaju i ljudsku komponentu. Stoga se i u okviru operacijskog menadžmenta donose odluke vezane za upravljanje ljudskim potencijalima. Koliko god procesi postaju tehnološki sofisticirani, ljudski resurs će i dalje ostati ključan za postizanje zadovoljavajuće učinkovitosti operacija. Mnogo se puta izgovorila pomalo dosadna fraza da su radnici duša svakog poduzeća, a ne tek resurs koji se samo eksploatira. Međutim, nebrojeno puta se pokazalo da su upravo radnici onaj „detalj" koji čini razliku između prosječnog poduzeća i tržišnog predvodnika. Naravno, tehnologija je nužna, ali nije dovoljna. Potreban je netko tko će ju znati iskoristiti na kreativan način, drugim riječima, potrebno je pravoj osobi dodijeliti pravi posao. Time se dolazi do najosjetljivijeg područja odlučivanja, upravljanja radom. Ovo područje uključuje pitanje motivacije, ali i oblikovanja posla. Za oblikovanje posla već je Herzberg 1960-ih godina identificirao niz obilježja koja treba uzeti u obzir, kao što su:[234]

- prikladan stupanj ponavljanja
- odgovarajući stupanj pažnje i mentalne apsorpcije
- određeni stupanj odgovornosti radnika
- kontrola vlastitog posla
- povratne informacije o postignućima
- spoznaja o vlastitom doprinosu korisnosti proizvoda ili usluge
- mogućnost za izgradnju osobnih i prijateljskih odnosa
- određeni utjecaj na način rada u grupi
- korištenje vještina.

Pored navedenih obilježja, oblikovanje posla obuhvaća praktički tri međusobno povezana područja. To su: analiza zadataka uključenih u posao, zahtjevi radnika, te okruženje u kojem se posao obavlja (radno okruženje).[235]

[234] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley & Sons. str. 332.

[235] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 333.

**Analiza zadataka** određuje kako se obavlja svaki zadatak i kako se svi zadaci spajaju u jedan posao. To uključuje opis svakog pojedinačnog zadatka, redoslijed njegova izvođenja, njegovo trajanje, odnos s drugim zadacima, kao i njihov broj (frekvenciju).

**Analiza radnika** određuje karakteristike koje radnik treba imati da bi ispunio zahtjeve posla, odgovornosti koje se od njega očekuju, te pitanje nagrađivanja za izvršeni rad. Ova pitanja jednako trebaju biti analizirana za fizički i umni rad.

**Analiza okruženja** odnosi se na fizičku lokaciju posla u proizvodnom ili uslužnom objektu, kao i na uvjete koji trebaju postojati na tom radnom mjestu. Riječ je o uvjetima kao što su: pravilna temperatura, osvjetljenje, ventilacija i buka.

Oblikovanje posla je, najjednostavnije rečeno, postupak specificiranja sadržaja radnih mjesta. Ovaj postupak zahtijeva odgovor na sljedeća važna pitanja:[236]

- Što se radi?
- Tko radi taj posao?
- Kako se obavlja taj posao?
- Gdje se obavlja taj posao?

Oblikovanje posla odnosi se dakle na strukturiranje posla svakog pojedinca, eventualno određivanje pripadnosti određenom timu, definiranje radnog mjesta i tehnologije koja će se koristiti. Da bi se posao što bolje oblikovao, potrebno je dobiti odgovore na sljedeća pitanja:[237]

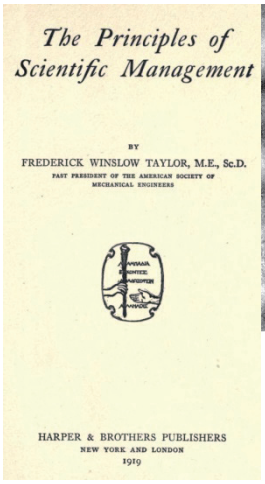
- *Na koji način će se zadaci podijeliti među radnicima?* Svako poduzeće ima proizvodnju određenih dobara i usluga koja se raščlanjuje na jednostavne zadatke koji se raspoređuju među radnicima. Hoće li radnik dobiti jedan zadatak ili više njih, ovisi o pristupu u podjeli rada određenog poduzeća.
- *Koji je najbolji način obavljanja nekog posla?* Svaki posao bi trebao imati preporučenu najbolju metodu rada. Najbolja metoda rada je ona koja rezultira obavljenim zadatkom uz najkraće vrijeme i najniže troškove.
- *Koliko vremena i koliko ljudi je potrebno da bi se izvršio neki zadatak?* Odgovor na ovo pitanje dobit će se mjerenjem rada.
- *Na koji način održati posvećenost poslu kod radnika?* Ovo je ključno pitanje u oblikovanju posla koje u sebi uključuje bihevioralni pristup, timski rad, fleksibilno radno vrijeme i slično.
- *Koja tehnologija je na raspolaganju i kako se njome služiti?* Mnoge operacije odvijaju se uz pomoć tehnologije koju treba prikladno osmisliti.
- *Kakvi su uvjeti na radnome mjestu?* Stvaranje poticajnih uvjeta rada je od iznimne važnosti za uspješno izvršavanje zadataka.

[236] Stevenson J. W. (2014). *Operations Management*. 12th global edition. McGraw Hill. str. 289.
[237] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2011). *Operations Management.* 7th edition. Pearson. str. 260.

# 9.2. OBLIKOVANJE POSLOVA U POVIJESNOJ PERSPEKTIVI

## 9.2.1. Znanstveni menadžment

Koncept znanstvenog menadžmenta uveo je američki strojarski inženjer **Frederick Winslow Taylor** (1856 – 1915), kojeg je objasnio u svojoj knjizi „Principi znanstvenog menadžmenta" 1911. godine. Temeljna postavka njegova koncepta bila je odvajanje planiranja, za što su odgovorni menadžeri, od izvršenja zadataka, za što su odgovorni radnici.



Taylor je bio začetnik proizvodno orijentirane teorije menadžmenta. Kao inženjer, poduzeće je promatrao kao stroj i smatrao da se proizvodnji treba pristupiti na znanstveni način. Prema njegovom mišljenu, razlog neuspjeha mnogih poduzeća ležao je u tome što je menadžmentu nedostajao sustavni pristup. Također je smatrao da je istinski menadžment zapravo znanost koja počiva na jasno definiranim zakonima, pravilima i načelima.[238]

Do ideje znanstvenog menadžmenta Taylor je došao dok je radio kao direktor proizvodnje u željezari Betlehem Steel. Primijetio je da radnici ne rade ni približno onoliko koliko bi mogli. Drugim riječima, radili su premalo i presporo. Taylor je zastupao stav da se proizvodnja može ubrzati tako da se najprije analizira kako se do proizvoda uopće dolazi, a onda da se pronađe najbolji način da se taj proizvod i napravi. Zanimljivo je njegovo rješenje pretovarivanja ugljena. Radnici su pretovarivali ugljen različitim lopatama koje su donosili od kuće. Oni koji su imali male lopate, mogli su pretovariti više, ali za duže vrijeme. Lopate su bile lagane, ali nisu mogle puno zagrabiti. S druge strane, oni koji su imali velike lopate, pretovarivali su manje, ali za kraće vrijeme. Lopate su bile preteške. Taylor se posvetio misiji odrediti onu veličinu lopate s kojom se moglo pretovariti najviše tereta u najkraće vrijeme. Pronašao je idealnu težinu tereta kojeg bi radnik trebao podignuti lopatom, a to je 9,525 kg (21 funta). Potom je naložio menadžmentu da nabavi svim radnicima jednake i odgovarajuće lopate koje zajedno s teretom neće prelaziti 9,5 kg i da uvede plaćanje putem poticaja za radnike koji pretovare najviše ugljena. Taylor je u stvari pogrešno pretpostavio da će jednom optimalno definiran način rada omogućiti da svi radnici imaju iste rezultate.

238 Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scienticic Management.* New York: Harper & Brothers. str. 19.

Cijeli koncept znanstvenog menadžmenta počiva na četiri načela:[239]

1. Znanstveno razviti svaki element ljudskog rada, čime se zamjenjuje stara metoda „pravila palca" (engl. *rule of thumb*).
2. Odabrati i znanstveno trenirati, podučavati i razvijati radnika, za razliku od ranije prakse kada je radnik sam izabrao posao i osposobio se što je najbolje mogao.
3. Razvijati međusobnu suradnju kako bi se osiguralo da se sav posao obavlja u skladu s razvijenim znanstvenim načelima.
4. Gotovo jednako raspodijeliti rad i odgovornosti između uprave i radnika. Uprava preuzima sve poslove koje može obaviti bolje od radnika, dok su u prošlosti gotovo svi radovi i veći dio odgovornosti bili na leđima radnika.

Taylor je smatrao da radnici ne zaslužuju bezrezervno povjerenje svojih nadređenih te ih je stoga potrebno pomno kontrolirati. Prema njegovu mišljenu, radnici su zabušanti te namjerno rade najsporije moguće, a da ne budu kažnjeni. Štoviše, svjesno kriju stvarno vrijeme trajanja pojedinih operacija. Imao je svoj omiljeni izraz za ovu pojavu: soldiering.[240]

Da bi kontrola obavljenog posla bila moguća, proizvodne operacije trebalo je svesti na mjerljive vrijednosti. Najprije je trebalo svaki posao raščlaniti na njegove najjednostavnije zadatke, a zatim štopericom izmjeriti vrijeme potrebno za izvršenje pojedinog zadatka. Cilj mjerenja bio je utvrditi najkraće moguće vrijeme potrebno za izvršenje nekog zadatka, bez pretjeranog iscrpljivanja radnika. Zahvaljujući mjerenju vremena, dobio se podatak trajanja neke operacije u minutama, pa čak i u sekundama. Naposljetku, sva vremena izvršenja bi se objedinila u jedan precizno vremenski definiran proizvodni proces. Zahvaljujući tome, menadžment je mogao pratiti izvedbu svakog radnika ponaosob te intervenirati ako bi neki radnik bio sporiji od propisanog vremena. Ovaj postupak poznat je pod nazivom **studij vremena** i najprepoznatljiviji je dio znanstvenog menadžmenta. Kasnije će studij vremena poslužiti kao podloga za izračunavanje radnih normi.

Uz studij vremena vezuje se studij pokreta. Za razliku od studija vremena koji odgovara na pitanje *koliko vremena treba da bi se obavio neki posao*, **studij pokreta** odgovara na pitanje *na koji se način obavljaju zadaci*. Studij pokreta dodatno su razvili supružnici **Frank i Lillian Gilbreth** koji su ispočetka bili zagovornici znanstvenog menadžmenta, a kasnije žustri kritičari istoga. U okviru **studija pokreta** analizirani su položaj i pokreti radnika dok obavljaju neki posao, primjenom znanstvenih metoda. Najviše se koristila metoda promatranja. Često se radnike snimalo kako rade, a kasnije su se snimke koristile za pronalaženje poboljšanja i za izobrazbu mladih radnika prikazujući im najbolje primjere iz prakse. Više riječi o studijima vremena i pokreta bit će na kraju ovog poglavlja.

Usprkos dobrim namjerama idejnog tvorca, znanstveni menadžment imao je neke negativne posljedice. Jedna od njih je da je doveo do oblikovanja posla osiromašenog autonomijom, te gotovo nikakvim utjecajem radnika na radne procese. Sva znanja koja su radnici stjecali tijekom godina svoga rada trebala su se prepustiti menadžmentu. Umjesto radnika, menadžment je propisivao točan način i brzinu kojom se neki zadatak trebao obaviti.

239 Ibidem.

240 Pojam dolazi od engleske riječi soldier (vojnik). U slobodnom prijevodu pojam je označavao služenje vojnog roka koji je u to vrijeme bio obvezan u SAD-u, ali istovremeno i omražen, pa su se vojni zadaci odrađivali bez osobitog interesa novaka.

Jedan od nepoželjnih ishoda znanstvenog menadžmenta bio je krajnje usitnjavanje zadataka uslijed čega je radnik postao puki izvršitelj radnih zadataka. Do usitnjavanja zadataka dolazilo je tako što se analizirao proizvodni proces i lomio na veći broj jednostavnih zadataka koji su se dodjeljivali različitim radnicima na način da jedan radnik dobije samo jedan zadatak. Svaki zadatak je bio standardiziran što je menadžmentu olakšavalo kontrolu nad proizvodnim procesom, a radnicima nije ostavljalo nimalo prostora za kreativnost ili korištenje iskustva. Ovakav pristup omogućio je poduzećima uštedu na troškovima rada budući da jednostavni i rutinski poslovi zahtijevaju nisko kvalificiranu radnu snagu koja u pravilu prima niske nadnice. Tayloro-vi kritičari tvrde da je znanstveni menadžment zaslužan za nestanak radnih mjesta iz Europe i SAD-a.[241] Naime, mnogo bi teže bilo prebaciti proizvodnju u zemlje trećega svijeta kada bi proizvodni procesi počivali na iskusnim i izučenim zanatlijama, jer navedene zemlje nisu raspolagale kvalificiranom radnom snagom.

Taylor je u svojim djelima snažno zagovarao načelo poštenog plaćanja radnika. Baš su taj „detalj" menadžeri i vlasnici poduzeća preskočili kad su odlučili primijeniti principe znanstvenog menadžmenta u svojim pogonima. Bila im je vrlo privlačna ideja povećanja proizvodnosti, efikasnosti i posljedično prihoda, međutim, sva ta poboljšanja išla su na štetu radnika. Radnici su, naposljetku, radili više za istu naknadu što je rezultiralo brojnim štrajkovima. Plaća, međutim, nije bila jedini izvor nezadovoljstva radnika. Implementacijom znanstvenog menadžmenta nestala je povezanost između radnika i proizvodnih procesa, čime je iščezao ponos vlastitim radom. Naime, radnik više nije imao kontrolu nad proizvodnjom niti je sudjelovao u cijelom proizvodnom procesu već u njegovom sitnom dijelu. Rad je postao dosadan i zamoran jer se sastojao od jednostavnih, ponavljajućih aktivnosti.

Znanstveni menadžment, mada se i danas primjenjuje u proizvodnim poduzećima, prvenstveno u prerađivačkoj industriji (serijska i masovna proizvodnja) nije u potpunosti primjenjiv na uslužna poduzeća, prvenstveno zato što je osmišljen za poboljšanje poslovanja proizvodnih poduzeća. Zbog njihovih specifičnosti, usluge je teško standardizirati i nametnuti vrijeme proizvodnje, tj. pružanja usluge. To posebno vrijedi za usluge s visokim stupnjem interakcije s klijentom. Uzmimo za primjer liječničke usluge. Na koji način propisati standardnu liječničku uslugu ako se zna da svaka usluga ovisi o pacijentu, vrsti i težini bolesti. Za neke intervencije je potrebno pet minuta, a za druge mnogo više. Nadalje, ljudski čimbenik je od neizmjerne važnosti kod pružanja usluga. Ako je pružatelj usluge (u ovom slučaju liječnik) nezadovoljan, klijent će lako primijetiti njegovo nezadovoljstvo, što će pokvariti ukupan doživljaj, a time i kvalitetu usluge. Biste li voljeli da vas operira liječnik koji je proteklu noć radio? Naravno da ne.

Ipak, neki elementi znanstvenog menadžmenta mogu se naći i u sektoru usluga. To su:[242]

- ***Podjela poslova na aktivnosti u neposrednom kontaktu s korisnikom i pozadinske aktivnosti (tzv. prednji i stražnji ured)***. Poslovi se nastoje što više raščlaniti i standardizirati. Rutinski poslovi dodjeljuju se prednjem uredu, primjerice šalterski poslovi u banci koji se sastoje od jednostavnih transakcija: otvaranje računa, isplata gotovine i slično. Oni složeniji poslovi koji uključuju donošenje odluka, primjerice, gdje i koliko investirati, pridjeljuju se stražnjem uredu.

241 Noble, D. F. (1984). *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*. New York: Knopf

242 Pruit, H. D. (1997). *Job Design and Technology: Taylorism vs. Anti-Taylorism*. Routledge. str. 4.

- ***Nadomještanje nedostatka kvalificirane radne snage.*** Početkom 90-ih godina dvadesetog stoljeća dansko zdravstvo suočavalo se s nedostatkom medicinskih sestara. Kako bi se riješio problem, poslovi medicinskih sestara razlomljeni su na veći broj jednostavnih poslova koje su mogle izvoditi osobe s nižim kvalifikacijama.[243]
- ***Usluge koje se distribuiraju putem franšize***. Uslužna poduzeća, primjerice McDonald's, uvelike organiziraju poslovanje po detaljno razrađenim procedurama, standardima te metodama kontrole poslovnih aktivnosti.

Može se zaključiti da je, usprkos nedostacima, koncept znanstvenog menadžmenta opstao do danas u različitim oblicima. Automatizacija i informatizacija poslovnih procesa pogodovala je daljnjem razdvajanju vještina od izvršitelja i raščlanjivanju poslova. Tipičan primjer je posao unosa podataka u računalo. To je jednostavan, rutinski zadatak koji ne zahtijeva visoku naobrazbu i relativno je slabo plaćen. S druge strane, nove su tehnologije mnoga zanimanja učinile manje važnima ili pak suvišnima i na taj način eliminirale radna mjesta. Nestanak radnih mjesta predstavlja krajnost u spektru posljedica implementacije načela znanstvenog menadžmenta.

## 9.2.2. Bihevioralni pristup oblikovanju posla

Bihevioralni pristup stavlja u središte ponašanje radnika, njegovo zadovoljstvo poslom te potrebu samoaktualizacije na radnome mjestu. U okviru ovog pristupa posebno se ističe Herzbergov pristup obogaćivanja posla koji su dalje razvili Hackman i Oldham.[244]

**Frederick Herzberg** je 1960-ih osmislio nov, motivacijski pristup radu temeljem istraživanja provedenog intervjuiranjem inženjera i računovođa. Tražio je od njih da se prisjete kada su bili izrazito zadovoljni, a kada izrazito nezadovoljni na radnom mjestu i da navedu razloge jednoga i drugoga. Ispitanici su naveli sljedeće razloge zadovoljstva: osjećaj postignuća, mogućnost napredovanja, priznanje i preuzimanje odgovornosti. Ove razloge Herzberg je nazvao **čimbenicima (faktorima) motivacije, motivatorima ili intrinzičnim čimbenicima**. Među razlozima nezadovoljstva ispitanici su najčešće navodili: beneficije, sigurnost posla, politika poduzeća, međuljudski odnosi i radni uvjeti. Herzberg ih je nazvao **higijenskim ili ekstrinzičnim čimbenicima**. Time je razvio dvofaktorsku teoriju motivacije prema kojoj intrinzični čimbenici mogu voditi većem zadovoljstvu poslom, dok ekstrinzični mogu spriječiti ili smanjiti nezadovoljstvo poslom, ali nisu motivatori.

Herzberg je smatrao da dobar menadžment treba smanjiti nezadovoljstvo radnika, a povećati njegovo zadovoljstvo u cilju povećanja proizvodnosti. Rješenje za to vidio je u obogaćivanju poslova, tako da u njihov sadržaj ugradi motivirajuće čimbenike. To bi značilo da posao koji radnici obavljaju bude što kreativniji, da uključuje odgovornost, potiče razvoj pojedinca i njegovo samopotvrđivanje. Obogaćivanje poslova ustvari bi se temeljilo na vertikalnom proširenju poslova koje u sebi uključuje odgovornost, autonomiju i planiranje.

Kritičari ove teorije upućuju na upitnu metodologiju jer se istraživanje baziralo isključivo na sjećanjima i subjektivnim dojmovima ispitanika.

---

243 Ibidem.

244 Parker, S. i Wall, T. (1998). *Job and work design: organizing work to promote well-being and effectiveness*. Sage Publications. str. 10-13.

Naslanjajući se na istraživanja prethodnika, **Richard J. Hackman i Greg R. Oldham** su osmislili svoj pristup obogaćivanju poslova. Oni su promatrali kako koji posao utječe na motivaciju. Uočili su da dosadni i monotoni poslovi smanjuju motivaciju, dok kreativni i izazovni poslovi tjeraju radnike da koriste sve svoje vještine i razvijaju nove, te na taj način djeluju motivirajuće. Nadalje, shvatili su da ništa ne može demotivirati radnika više od spoznaje da je njegov rad za poduzeće nevažan. Jasno definiran zadatak stvara u radniku osjećaj smislenosti i postignuća. Motivacija će pak biti veća ako se radniku da određena sloboda odlučivanja u radu jer osjećaj odgovornosti naglašava osjećaj važnosti. Temeljem uočenog, razvili su model obogaćivanja poslova koji sugerira obogaćenje i rotaciju poslova kao moguće načine kako poslove napraviti izazovnijima.

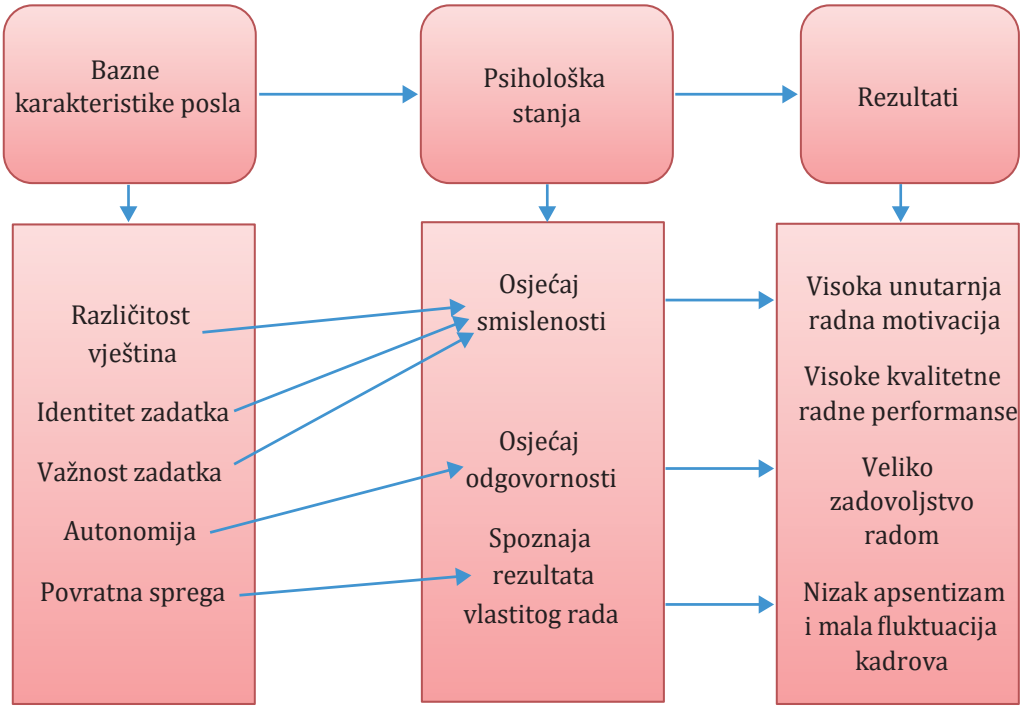
Hackman i Oldham u svom **modelu obogaćivanja posla** ističu pet bazičnih karakteristika (dimenzija) posla. To su:[245]

- Različitost vještina
  - Zahtijeva li neko radno mjesto više različitih vještina?
  - Traži li se od radnika da radi više različitih poslova ili samo jedan rutinski posao?
- Identitet zadatka
  - Ima li zadatak jasno definiran početak, sredinu i kraj?
  - Ima li radnik spoznaju da je uspješno obavio zadatak?
- Važnost zadatka
  - Koliko je zadatak važan za poduzeće?
  - Koliko zadatak znači ljudima unutar i izvan poduzeća?
- Autonomija
  - Ima li radnik slobodu u izvršavanju zadataka?
  - Ima li radnik mogućnost sam odrediti raspored i način izvršenja zadataka?
- Povratna sprega
  - Dobiva li radnik povratnu informaciju o svom radu?
  - Daje li mu se jasno do znanja kada nešto napravi dobro i kada nešto napravi loše?

Bazne karakteristike posla uzrokuju tri psihološka stanja: osjećaj smislenosti posla, osjećaj odgovornosti i spoznaju o rezultatima vlastitog rada. Navedena psihološka stanja rezultiraju visokom unutarnjom radnom motivacijom, visokim kvalitetnim radnim performansama, velikim zadovoljstvom radom te niskim apsentizmom i malom fluktuacijom kadrova (slika 9.1).[246]

[245] Parker, S. i Wall, T. (1998). *op.cit.* str. 10.

[246] Prilagođeno prema: Parker, S. i Wall, T. (1998). *op.cit.* str. 13. i Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb: Mate. str. 745.




***Slika 9.1. Model obogaćivanja poslova***

U okviru bihevioralnog pristupa obogaćivanja poslova, kojim se nastoji da poslovi budu što zanimljiviji i smisleniji, dizajneri poslova koriste pristupe, kao što su: proširenje posla (engl. *job enlargement*), obogaćivanje posla (engl. *job enrichment*) i rotacija posla (engl. *job rotation*).[247]

**Proširenje posla** je pridjeljivanje radnicima dodatnih zadataka koji ne zahtijevaju višu razinu znanja i vještina od osnovnog zadatka. Radi se o horizontalnom obogaćivanju poslova zato što se pridodaju zadaci jednake razine vještina i odgovornosti. Cilj proširenja posla je smanjiti monotoniju i povećati motivaciju i zadovoljstvo radnika. U suštini, proširenje posla je pokušaj eliminacije nedostataka podjele rada kada radnici izvršavaju najjednostavniji, ponavljajući i rutinski posao. Kada radnik obavlja nekoliko poslova, umjesto samo jednog, rad mu postaje zanimljiviji te ima osjećaj većeg doprinosa poduzeću.

Za razliku od proširenja posla, **obogaćivanje posla** zahtijeva od radnika povećanje kompetencija jer mu se dodjeljuju složeniji i zanimljiviji zadaci, kao što su planiranje, priprema ili kontrola. Dakle, riječ je o vertikalnom obogaćivanju poslova. Može se reći da je obogaćivanje posla pokušaj da se ispravi šteta nanesena primjenom načela znanstvenog menadžmenta.[248] Obogaćivanje poslova je svakako izazovnije od proširenja posla. Radniku se daje određena autonomija u izvršavanju zadataka, a s time dolazi veća odgovornost, ali i veći osjećaj ponosa i svrhovitosti na radnome mjestu. Pored spomenutih prednosti ovaj pristup može donijeti mnogo teškoća ako mu se pristupi neselektivno. Dodjeljivanje novih zadataka neminovno povećava opterećenje radnika. Ovo vrijedi podjednako za proširenje i za obogaćenje posla. U takvoj situaciji radnik je

[247] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 291.
[248] Pruit, H. D. (1997). *op.cit.* str. 73.

umoran, nervozan i u određenom smislu neorganiziran. Razdoblje prilagodbe traje kod svakog radnika različito i za to vrijeme može doći do pada proizvodnosti rada. Nadalje, složeniji zadaci iziskuju nova znanja i vještine. Zadatak menadžmenta je da na vrijeme organizira obuku radnika koje planira obuhvatiti obogaćivanjem poslova. Bez te pripreme radnici neće kvalitetno izvršavati nove poslove. Također, menadžment mora prepoznati koji radnici žele napredovati, a koji su zadovoljni izvršavanjem jednostavnih zadataka. Naime, nisu svi radnici spremni na povećanje odgovornosti, odnosno ne žele nositi teret donošenja odluka. Za njih bi dodjeljivanje složenijeg posla bila kazna, a ne nagrada.



**Rotacija poslova** podrazumijeva povremenu zamjenu poslova između radnika. Na taj se način omogućava stjecanje novih znanja i iskustava te spjrečava monotonija koja je neizbježna pri obavljanju rutinskih zadataka. Učenjem o drugim poslovima radnici mogu mijenjati jedan drugoga u slučaju bolesti ili bilo kojeg drugog razloga izostanka s posla.

## 9.2.3. Sociotehnički pristup oblikovanju poslova

Opisani pristupi, znanstveni menadžment i bihevioralni pristup, imaju dominantnu tehničku (znanstveni menadžment), odnosno socijalnu komponentu oblikovanja posla (bihevioralni pristup). Kao takvi, imaju svoje prednosti i nedostatke, a upravo je na njihovim nedostacima izgrađen sociotehnički pristup. Među najvećim nedostacima znanstvenog menadžmenta navode se zanemarivanje radnika i njihova zadovoljstva poslom, gubitak kontrole nad vlastitim radom, svođenje poslova na najjednostavnije zadatke čije je izvršavanje dosadno i demotivirajuće. S druge strane, bihevioralnom pristupu zamjera se fokusiranje na zadovoljstvo radnika. Sociotehnički pristup **objedinjuje socijalnu (društvenu) i tehničku komponentu poslova**. Pod socijalnom komponentom podrazumijevaju se radnici i njihove međusobne interakcije. Tehnička komponenta podrazumijeva ne samo tehnologiju, već organizacijsku strukturu, radne procedure i sl.[249] Sociotehnički pristup oblikovanja posla temelji se na sljedećim načelima:[250]

- Oblik procesa mora biti kompatibilan sa željenom organizacijom poduzeća.
- Metodologija rada mora biti minimalno specificirana.
- Problemi u radnom procesu (kvarovi ili promjena specifikacije na proizvodu) trebaju biti rješavani decentralizirano, odnosno tamo gdje su nastali.
- Oni koji koriste resurse trebaju biti odgovorni za njihovo korištenje.
- Radna mjesta (uloge) moraju biti multifunkcionalna, a radnici moraju raspolagati različitim vještinama.
- Preoblikovanje radnih mjesta treba biti kontinuirano.

Sociotehnički pristup oblikovanja poslova uzima u obzir i oblikovanje cijele organizacije. Naime, povećanje proizvodnosti ili kvalitete života radnika nisu određeni samo oblikovanjem posla nego i oblikovanjem cijeloga niza organizacijskih mehanizama kao što su, primjerice, sustav nagrađivanja, izbor i edukacija radnika, nadzor, informacijski sustav i slično. Promjene u navedenim organizacijskim mehanizmima mogu poboljšati proizvodnost i kvalitetu života radnika.

---

249 Trist, E. i Bamforth, K. (1951). *Some social and psychological consequences of the longwall method of coal getting.* Human Relations. br. 4. str. 7-9.

250 Parker, S. i Wall, T. (1998). *op.cit.* str. 17.

## 9.3. RADNO OKRUŽENJE

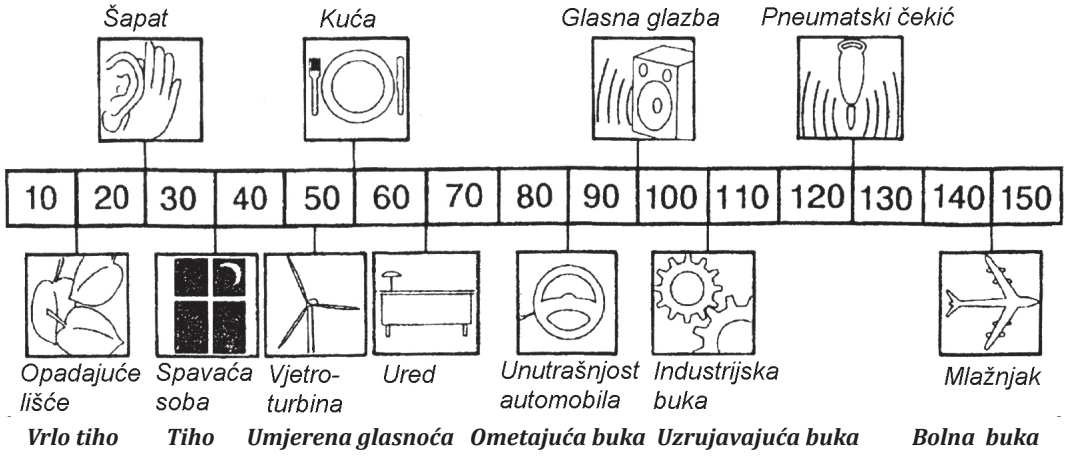
Radno okruženje je bitan element oblikovanja posla. Istraživano je već 1930-ih godina, a prisutno je i kroz tzv. higijenske čimbenike u istraživanjima F. Herzberga. Naime, radnici bi obavljanjem svoga posla trebali zaraditi za život, ali se i ugodno osjećati na radnome mjestu, imati mogućnost napredovanja, biti zadovoljni. Ako je radno okruženje radnika dobro, velika je vjerojatnost da će osjećati zadovoljstvo na poslu te da će njihova proizvodnost biti visoka. Kvaliteta radnog okruženja jednako je važna u oblikovanju posla, kao što su važni analiza posla i zahtjevi radnika. Ipak, dvije stvari vezane za radno okruženje će se detaljnije objasniti, a to su radni uvjeti i nagrađivanje, tj. kompenzacija.

### 9.3.1. Radni uvjeti

Kako je prethodno navedeno, uvjeti na radnome mjestu uvelike utječu na proizvodnost radnika, kvalitetu njegova rezultata rada i u konačnici na njegovo zadovoljstvo. Ukoliko je posao oblikovan tako da pruža visoko zadovoljstvo, ali uvjeti na radu nisu zadovoljavajući, ukupni efekt rada radnika može biti nizak. Neki od ključnih uvjeta rada objasnit će se u nastavku.

**Osvijetljenost** ovisi o vrsti posla koji se obavlja. Izrazito precizni poslovi, kao što su izrada satova ili operativni zahvati zahtijevaju više svjetla. Za takve poslove nema potrebe da cijeli objekt bude osvijetljen najjačim intenzitetom, jer bi to iziskivalo dodatne troškove radi visoke potrošnje električne energije. Međutim, svi prostori u kojima radnici rade, kao što su uredi i radionice, trebaju biti osvijetljeni, kao i potencijalno opasni dijelovi objekata, poput stubišta.

**Buka** je neželjeni zvuk. Ako traje dulje vrijeme, postaje izvor dekoncentracije te može uzrokovati greške i ozljede na radnom mjestu. Tipična ozljeda od buke je oštećenje sluha. Buku mogu stvarati ljudi i strojevi. Različiti izvori buke mogu se vidjeti na slici 9.2.[251] Osim neugodnih zvukova, buka stvara i vibracije, mada vibracije mogu biti i bez buke. Izvori vibracija mogu biti strojevi, alati, vozila, ljudske aktivnosti, crpke i slično. Za zaštitu od buke koristi se zvučna izolacija, a zaštita od vibracije uključuje ugradnju punjenja, stabilizatora, amortizera, jastuka, gumenih nosača i sličnog, ovisno o izvoru vibracije.




***Slika 9.2. Razine glasnoće nekih svakodnevnih zvukova (dB)***

[251] Klarin, B. *Utjecaj na okoliš vjetroturbine kao izvora zvuka*. Split: Fakultet elektronike, strojarstva i brodogradnje. http://marjan.fesb.hr/~bklarin/Rad003/Utjecaj_na_okolis_vjetroturbine_CLANAK.html, pristup: 20.09.2020.

Iako ljudi žive u različitim podnebljima te imaju široku toleranciju na **temperaturu i vlažnost zraka**, poželjno je da radna sredina ima ugodnu temperaturu i vlažnost zraka. Temperatura itekako utječe na proizvodnost radnika. Ako je temperatura previsoka, radnicima je prevruće. Pada im koncentracija i usporavaju rad. Također, ako je temperatura preniska, radnici su više usredotočeni na to kako se ugrijati, nego na posao, pa proizvodnost pada. Danas prevladava stav da je optimalna temperatura za većinu radnika između 22 i 23 stupnja celzija.[252] Međutim, optimalna temperatura nije univerzalna, već ovisi o brojnim čimbenicima. Kao prvo, sjedilački poslovi zahtijevaju višu temperaturu prostorije, a fizički poslovi nižu, jer čovjek vlastitim kretanjem oslobađa energiju u obliku topline. Drugi važan čimbenik je spol radnika. Poznato je da žene imaju drugačiju kemijsku ravnotežu od muškaraca, sporiji metabolizam i veći udio masti te stoga teže podnose hladnoću od muškaraca. Zatim je važan i broj osoba u prostoriji, broj i veličina prozora, visina stropa, godišnje doba i slično. Sve to treba uzeti u obzir kada se planira grijanje, odnosno hlađenje radnih prostora. Optimalna vlažnost zraka je oko 40 %.[253]

Neki su poslovi usko vezani za obavljanje na radnom mjestu u **radnom vremenu**. Primjerice, radnik na pokretnoj traci, konobar ili blagajnica moraju biti na raspolaganju na svom radnom mjestu određeni broj radnih sati. Prosječno radno vrijeme je osam sati, ali u praksi često bude i dulje od toga. Zbog toga su za takve poslove iznimno važne **pauze za odmor** kako bi radnici stigli predahnuti. Predugi radni intervali uzrokuju umor i pad koncentracije pa stoga opadaju proizvodnost i kvaliteta rada. Međutim, postoje poslovi koji se mogu obavljati od kuće ili s drugoga mjesta i nemaju fiksno radno vrijeme, kao primjerice novinarski, prevoditeljski ili programerski. Kod ovakvih poslova pojedinac sam gospodari svojim radnim vremenom te odlučuje što će i kada napraviti. Naglasak se stavlja na zadatak, a ne na vrijeme provedeno na radnome mjestu. Novinar ima zadan rok za predaju članka u novinsku redakciju, ali ga ne mora pisati u redakciji od 08:00 do 16:00 sati. Može ga pisati, primjerice, kod kuće u bilo koje doba dana, jer kvaliteta članka ne ovisi o mjestu rada.

**Sigurnost** radnika je također važan element oblikovanja radnoga mjesta. Radnici neće biti usmjereni na zadatak ako se osjećaju nesigurno. Rizik od nezgode je uvijek prisutan i ne može se potpuno iskorijeniti. Ipak, menadžment ima na raspolaganju razne mjere osiguranja od rizika. Prije svega, radnike treba informirati o postojanju rizika od nezgode te ih obučiti na koji način postupati da se rizik smanji. Zaštita na radu uključuje jasno označavanje opasnih zona, adekvatnu odjeću za radnike, nošenje kaciga, rukavica, maski i slično. Ponekad radnici namjerno ignoriraju propisane procedure i mjere zaštite. Na menadžmentu je da uvede kontrolu i privoli radnike da poštuju propise. Nezgoda je za poduzeće trošak jer uključuje štetu na zgradama, strojevima, sirovinama i proizvodima. Nekada se mora zaustaviti proizvodnja pa poduzeće trpi gubitak propuštene dobiti. Ako dođe do ozljede radnika, poduzeće mu je dužno platiti odštetu. Od nekih se rizika može osigurati kod osiguravajućeg društva. Međutim, ako je nesreća izazvana nemarom, osiguravajuće kuće neće pokriti štetu.

Samo je zdrav radnik dovoljno motiviran za rad i postiže zadovoljavajuću proizvodnost. Loše zdravlje loše utječe na moral radnika. Radnik je često na bolovanju te njegovo odsustvo opterećuje ostale zaposlene jer moraju raditi i njegov posao. Dobar poslodavac vodi računa o **zdrav-**

[252] https://www.thoughtco.com/how-temperature-affects-productivity-1206659, pristup: 11.10.2020.
[253] Ibidem.

**stvenoj skrbi** svojih radnika jer vrijedi narodna poslovica „Bolje spriječiti, nego liječiti." Stoga dobra poduzeća osiguravaju redovite sistematske preglede, a u svrhu prevencije organiziraju programe zdrave prehrane i tjelovježbe.

## 9.3.2. Nagrađivanje (kompenzacija)

Mada kompenzacija obuhvaća sva primanja koja radnik dobiva radeći u nekom poduzeću, naglasak će se staviti na plaću kao njezin najveći dio. Određivanje odgovarajuće plaće je od velike važnosti u oblikovanju posla. Ako je plaća preniska, poduzeće neće moći zadržati kvalitetne radnike. Ako je pak previsoka, povećat će se troškovi poduzeća i time smanjiti dobit.

Dva su temeljna načina plaćanja radnika, a to su plaćanje po satu i plaćanje po učinku. **Plaćanje po satu**, kao što sam naziv kaže, je plaćanje prema broju sati provedenih na radnome mjestu. Široko je primjenjivo u administrativnim i upravljačkim poslovima, kao i u plaćanju *plavih ovratnika*. Prednost ove metode za poduzeće je jednostavnost obračuna i predvidljivost troškova. Za radnike to znači stabilnost prihoda. Za neke poslove plaćanje po satu nema alternativu. Kreativni i mentalni poslovi ne mogu biti plaćeni po učinku jer je teško procijeniti njihov rezultat. Neki poslovi produciraju više različitih učinaka pa plaćanje po učinku također nije prihvatljivo, kao što nije prihvatljivo ni na pokretnim trakama gdje bi moglo prouzročiti poremećaje toka procesa.

Postoje situacije kad je poželjno **plaćanje po učinku**. Ovakvo plaćanje motivira radnike da rade više nego da su plaćeni po satu zato što vide povezanost između svoga zalaganja i plaće. Nedostaci su kompliciraniji obračun plaće, obvezna standardizacija poslova te nužno mjerenje učinka za svakog radnika posebno. Standardizacija je nužna jer postoji rizik da se kvantitetom, odnosno željom za većom zaradom ugrozi kvaliteta. Stoga poduzeće treba imati mehanizam eliminacije loših učinaka iz obračuna. Komplikacija pri pojedinačnom mjerenju učinka može se ublažiti plaćanjem po učinku na razini tima.

Poduzeća se mogu odlučiti i za svojevrstan hibrid ovih dviju metoda. U tom slučaju dio plaće je zajamčen i ne ovisi o učinku. To je najniži iznos kojeg će radnik primiti, čak i ako radi ispod norme. Drugi dio je varijabilan i predstavlja nagradu za rad iznad norme. Na ovaj su način iskorištene prednosti oba modela, sigurnost dohotka i motivacija.

U organizacijama koje daju prednost fleksibilnosti, kvaliteti i inovativnosti, količina učinaka neće biti osnova za obračun plaće. Primjerice, vitka proizvodnja od radnika zahtijeva stalno učenje i usavršavanje, pa se stoga više cijene osobe koje mogu obavljati više različitih poslova. Ovdje se nagrađuju nova znanja i vještine u obliku dodatka na plaću. Ova se metoda zove plaćanje temeljeno na znanju i ima tri dimenzije.[254] Prva se odnosi na horizontalne vještine, odnosno raznolikost zadataka koje je radnik sposoban obaviti. Druga dimenzija se odnosi na vertikalne vještine koje odražavaju upravljačke zadatke koje je radnik sposoban obaviti, a treća na dubinske vještine koje odražavaju kvalitetu rada i proizvodnost.

[254] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 299.

## 9.4. PRISTUPI PROUČAVANJU RADA

Proučavanje rada je preispitivanje postojećeg načina rada u funkciji njegova poboljšanja. Svrha proučavanja rada je učiniti rad lakšim, postići veću proizvodnost, rasporediti prave ljude na prave poslove, unaprijediti plaćanje rada i slično. Proučavanje rada odvija se u okviru triju osnovnih područja: studija rada, studija pokreta i studija vremena.

Studij rada ima za cilj utvrditi dobre i loše strane postojećeg načina rada kako bi se on poboljšao. Studij pokreta razvijen je s ciljem eliminiranja svih nepotrebnih pokreta, odnosno obavljanja posla sa što manje pokreta, što većom lakoćom i što manjim utroškom energije. Studijem vremena utvrđuje se stupanj iskorištenosti radnog vremena radnika i strojeva, u cilju postizanja njihove što veće iskorištenosti.



### 9.4.1. Studij rada

Studij rada je sastavni dio oblikovanja poslova, a predstavlja proučavanje načina kako se obavlja neki posao. Primjenjuje se u dva slučaja: a) pri preoblikovanju (redizajniranju) postojećih poslova i b) pri osmišljavanju novih poslova.

**Preoblikovanje postojećih poslova** javlja se u situacijama kada se uvode promjene u poslovanju, kao što su nabava novih strojeva, usvajanje novih standarda ili uvođenje novih proizvoda i slično. Promatrajući izvođenje nekog zadatka analitičar nastoji ustanoviti obavlja li se on na najefikasniji mogući način, ima li možda nepotrebnih radnji ili pak neke radnje nedostaju. Nadalje, stječe se uvid u to koliko je neki posao integriran u proizvodni proces kao cjelinu.

**Pri razvoju novih poslova** analiza poslova je ponešto drukčija. Budući da posao još ne postoji, analitičar se služi njegovim opisom na temelju kojega stječe predodžbu na koji će se način posao obavljati. Alati koji se najčešće koriste pri analizi poslova su razni grafikoni koji na jednostavan način predočavaju kako se obavlja neki zadatak. Dva su osnovna tipa takvih grafikona: dijagram toka i karta radnik-stroj.

***Dijagramom toka*** opisuje se tok procesa rada. Ovaj alat opisan je u poglavlju 6, kao ključan alat analize toka procesa. Međutim, njegova uloga je značajna i u oblikovanju posla,[255] što se može vidjeti na primjeru rada u laboratoriju, na slici 9.3.

[255] Pomoću simbola za rad (○), transport (⇨), zastoj (D), kontrolu (□) i skladištenje (▽) prikazuju se međusobno povezane radnje ili koraci nekog procesa.

| Lokacija | Bolnički laboratorij | | | | SAŽETAK | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Aktivnost | Opaženo | Preporuka | Ušteda |
| Datum opažanja | 28. 6. 2020. | | | | Operacija ili rad | 7 | | |
| Analitičar | Pero Perić | | | | Transport | 8 | | |
| Objekt opažanja | Čovjek | | | X | Čekanje | 1 | | |
| | Stroj | | | | Kontrola | 1 | | |
| | Materijal | | | | Skladištenje | 1 | | |
| | | | | | Vrijeme (min) za dva pacijenta | 21,7 | | |
| | | | | | Udaljenost | 48 m | | |

| Aktivnost | Simboli | Vrijeme (min) | Udaljenost (m) | Opaske |
|---|---|---|---|---|
| Sjedanje na stolicu | | | | |
| Hodanje prema ambulanti | | 1 | 10 | |
| Uzimanje sterilne igle i ampule | | 1,5 | | |
| Hodanje prema pacijentu | | 0,2 | 2 | |
| Uzimanje uzorka krvi | | 2,2 | | |
| Hodanje prema laboratoriju | | 0,2 | 2 | |
| Uzimanje stakalca i nanošenje krvi na stakalce | | 0,8 | | |
| Hodanje prema ambulanti | | 0,6 | | |
| Uzimanje sterilne igle i ampule | | 1,5 | | |
| Hodanje prema novom pacijentu | | 0,2 | 5 | |
| Uzimanje uzorka krvi | | 2,2 | | |
| Hodanje prema laboratoriju | | 0,2 | 2 | |
| Uzimanje stakalca i nanošenje krvi na stakalce | | 0,8 | | |
| Stavljanje oba stakalca pod mikroskop | | 0,5 | 5 | |
| Gledanje na mikroskop | | 1,8 | | |
| Hodanje do radnog stola | | 2,0 | 20 | |
| Unos nalaza | | 1,0 | | |
| Čekanje pacijenata | | 5,0 | | |
| Hodanje do ambulante | | 1,0 | 10 | |

***Slika 9.3. Tok procesa u laboratoriju***

Prema slici 9.3. prati se tok rada laboranta. Iskusnom analitičaru ovaj grafikon pomaže odgovoriti na neka važna pitanja, primjerice: Jesu li čekanja i skladištenja prečesta? Prelaze li se pre-

velike udaljenosti? Mogu li se slične aktivnosti objediniti? Je li oprema zastarjela? Ima li radnik ideje za poboljšanje? Mogu li se neke aktivnosti eliminirati? Ili skratiti?

Na temelju podataka sa slike 9.3. lako se može primijetiti da promatrana osoba troši dosta vremena na hodanje, koje je na obrascu predstavljeno kao transport između radnih postaja. Naime, osoba radi na tri radne postaje (mjestima rada), a to su: mjesto gdje se vadi krv, mjesto gdje se uzorak krvi promatra pod mikroskopom i mjesto gdje se unose nalazi u računalo. Analitičar će predložiti preoblikovanje posla koje će rezultirati manjim udjelom vremena utrošenim na hodanje između tri radne postaje. To je moguće postići smanjenjem međusobne udaljenosti radnih postaja.

***Karta radnik-stroj*** pomaže odrediti koliko vremena čovjek i stroj rade, a koliko miruju. Analitičar može vrlo lako primijetiti kada čovjek i stroj rade zasebno, a kada se njihove aktivnosti preklapaju. Druga funkcija ove karte je ustanoviti koje i koliko strojeva treba radnik za obavljanje posla. Primjer karte radnik-stroj može se vidjeti na slici 9.4.[256]

| Proizvod: Voće i povrće: | | | Operater: Kupac: |
|---|---|---|---|
| Proces: Vaganje: | | | |
| Korak | Kupac | Vrijeme (sek.) | Vaga |
| 1 | Stavlja na vagu | 1 | Miruje |
| 2 | Unosi šifru | 3 | Miruje |
| 3 | Miruje | 1 | Važe i obračunava cijenu. Izbacuje naljepnicu |
| 4 | Lijepi naljepnicu na vrećicu | 2 | Miruje |
| 5 | Skida s vage | 1 | Miruje |

| Sažetak | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Kupac | | | Vaga | |
| | Vrijeme (sek.) | % | | Vrijeme (sek.) | % |
| Radi | 7 | 87,5 % | | 1 | 12,5 % |
| Miruje | 1 | 12,5 % | | 7 | 87,5 % |

***Slika 9.4. Karta radnik-stroj***

Može se primijetiti da je u ovom slučaju kupac koji važe voće i povrće u trgovini u ulozi radnika, a vaga je stroj. Karta također prikazuje i stopu iskorištenosti vremena kupca i vage.

## 9.4.2. Studij pokreta

Kao što je ranije navedeno, studij (proučavanje) pokreta razvio je bračni par Lillian i Frank Gilbreth početkom 20. stoljeća. Njihovo prvo i najpoznatije proučavanje pokreta bilo je vezano za slaganje cigli, odnosno pravljenje zida od cigli. Za razliku od studija vremena koji ima za

[256] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 303.

cilj skratiti vrijeme trajanja određenog postupka, smisao studija pokreta je povećati efikasnost rada uklanjanjem suvišnih pokreta. Suvišni pokreti, ne samo da kompliciraju obavljanje posla, već uzrokuju zamor radnika. Može se lako primijetiti da je studij pokreta više usmjeren ka dobrobiti radnika od studija vremena. Smanjenje zamora radnika bila je velika znanstvena preokupacija Gilbrethovih, a kao rezultat brojnih istraživanja nastao je tzv. studij zamora detaljno opisan u istoimenoj knjizi 1916. godine.

Proučavanjem pokreta postavljeni su temelji suvremenoj ergonomiji. Osim smanjenja broja pokreta radilo se i na preoblikovanju alata, boljem razmještaju alata i materijala, visini stolice, odnosno preoblikovanju radnoga prostora.[257] Temeljem rada bračnog para Gilbreth definirana su načela studija pokreta koja idu u tri smjera: načela za korištenje tijela, načela za uređenje radnoga mjesta i načela za oblikovanje alata i opreme. Primjer načela korištenja tijela obuhvatio je sljedeće preporuke:

1. Pokreti ruku trebaju biti simetrični.
2. Ruke treba koristiti istovremeno. Iznimno, za vrijeme odmora, obje ruke ne smiju mirovati istovremeno.
3. Kružni pokreti su poželjniji od ravnih pokreta i pokreta koji naglo mijenjaju smjer.

Studij pokreta donio je poboljšanja u brojnim djelatnostima. Gilbreth je primjerice razvio standardne procedure brzog rastavljanja i sastavljanja oružja, čak i s povezanim očima ili u potpunom mraku. Ili, proučavajući pokrete kirurga za vrijeme operacije, uvidio je da kirurg troši više vremena tražeći instrumente nego radeći na pacijentu. Stoga je sugerirao pristup koji je postao standardan u gotovo svim operacijskim dvoranama svijeta. Danas je uobičajeno da se operacije rade uz asistenciju osobe koja dodaje instrumente kirurgu. Kada kirurgu zatreba, primjerice skalpel, on samo ispruži ruku i reče: "Skalpel, molim."[258]

Studij pokreta temeljio se na tome da se svaki posao rastavi na svoje elementarne zadatke kako bi se utvrdio najbolji način njihova izvođenja. Za svaki takav element trebalo je izolirati bazične ili elementarne pokrete. Te pokrete Gilbreth je nazvao prema vlastitom obrnutom prezimenu „therblig", a prikazani su u tablici 9.1.[259] Elementarnim pokretima se lako može manipulirati, može ih se, primjerice, izbaciti, ubaciti, mijenjati im redoslijed i na taj način pronaći optimalnu kombinaciju pokreta za neki posao.

257 http://gilbrethnetwork.tripod.com/qv1n2.html, pristup: 15.09.2020.
258 Ibidem.
259 Prilagođeno prema: http://gilbrethnetwork.tripod.com/qv1n2.html, pristup: 15.09.2020.

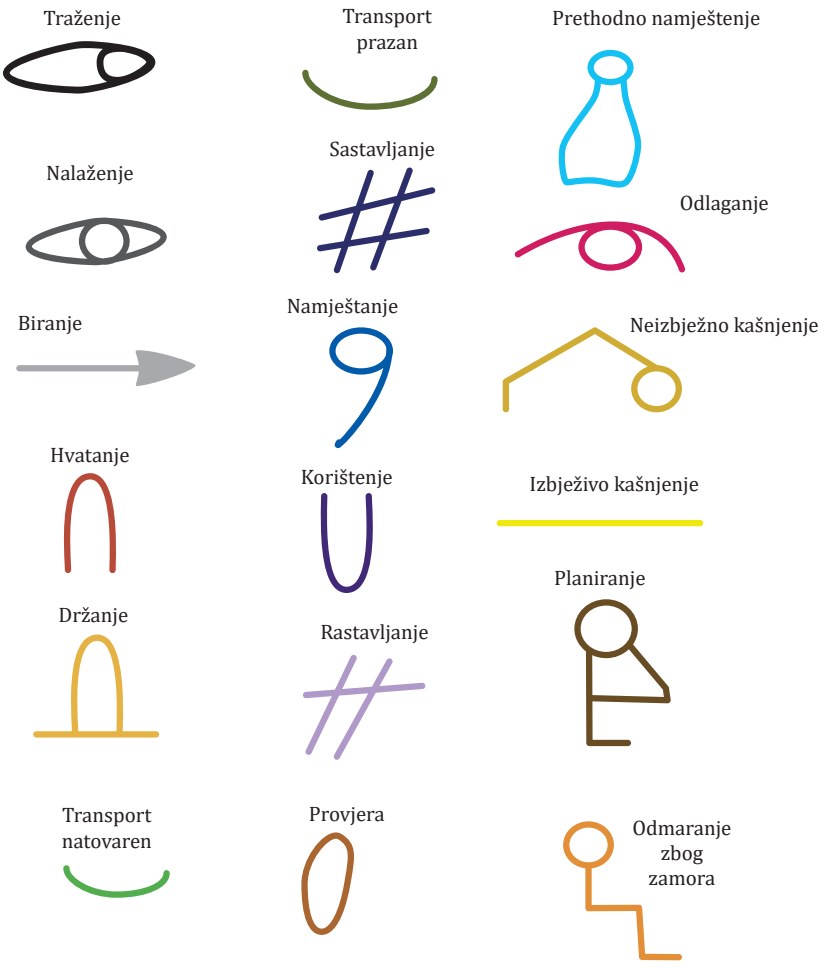
***Tablica 9.1. Popis i značenje elementarnih pokreta F. Gilbretha***

| Elementarni pokret | Opis |
|---|---|
| Traženje | Traženje predmeta očima i rukama |
| Nalaženje | Prekid procesa traženja (Ovaj element je naknadno dodan) |
| Biranje | Selekcija predmeta |
| Hvatanje | Posezanje aktivnom rukom prema predmetu |
| Držanje | Držanje predmeta u ruci |
| Transport natovaren | Premještanje predmeta rukom s jednoga mjesta na drugo |
| Transport prazan | Kretanje radnika praznih ruku |
| Konačno namještanje | Stavljanje predmeta u konačan položaj za obrađivanje |
| Sastavljanje | Spajanje sastavnih dijelova |
| Korištenje | Manipulacija predmetom |
| Rastavljanje | Odvajanje sastavnih dijelova |
| Provjera | Procjena kvalitete proizvoda |
| Prethodno namještanje | Namještanje predmeta za sljedeću aktivnost |
| Odlaganje | Spuštanje predmeta iz ruke |
| Neizbježno kašnjenje | Kašnjenje na koje radnik ne može utjecati |
| Izbježivo kašnjenje | Kašnjenje na koje radnik može utjecati |
| Planiranje | Odabir sljedećih aktivnosti (Ovaj element je naknadno dodan) |
| Odmaranje zbog zamora | Prekid aktivnosti radi odmora radnika |

Opisivanje poslova kroz Gilbrethove elementarne pokrete može biti vrlo zahtjevno kad su u pitanju složeni poslovi. Složeni poslovi sastoje se od velikog broja elementarnih pokreta koji se često ponavljaju i to po neujednačenom redoslijedu. Iz tog je razloga ovaj način analize poslova najopravdaniji kod jednostavnih, rutinskih i ponavljajućih poslova.

Svaki elementarni pokret ima i svoj simbol koji se može vidjeti na slici 9.5.[260]

[260] Prilagođeno prema: http://gilbrethnetwork.tripod.com/qv1n2.html, pristup: 15.01.2018.




***Slika 9.5. Simboli elementarnih pokreta***

## 9.4.3. Studij vremena

Studij vremena ili mjerenje rada (engl. *work measurement*) je određivanje vremena potrebnog da bi se obavio neki zadatak. Vrijeme trajanja nekog zadatka, posla ili operacije mora biti poznato i unaprijed definirano prije bilo kakvog oblika planiranja; planiranja kapaciteta, radne snage, proizvodnog rasporeda i slično. Svi poslovi koji se mogu standardizirati imaju i standardno vrijeme, tj. vrijeme koje je potrebno da kvalificirani radnik obavi određeni posao koristeći predviđeni materijal i opremu, te predviđene radne procedure u odgovarajućem radnom okruženju. Bilo koja promjena navedenih varijabli utječe na promjenu standardnog vremena. Primjerice, kada se nabavi novi stroj većeg kapaciteta, onda on skraćuje vrijeme obavljanja zadatka pa je nužno ponovno izmjeriti i postaviti **standardno vrijeme**. Postoji više načina određivanja standardnog vremena, a u ovom udžbeniku obradit će se četiri najčešća: mjerenje štopericom, povijesna metoda, metoda unaprijed određenih vremena i uzorkovanje rada.

**Mjerenje štopericom** uveo je F. W. Taylor kao sastavni dio znanstvenog menadžmenta. Temelji se na mjerenju vremena jednog radnika pri obavljanju jednog posla kroz veći broj ciklusa (ponavljanja). Ova metoda određivanja standardnog vremena pogodna je za jednostavne, rutinske i ponavljajuće poslove. Kod složenijih poslova pristupa se raščlanjivanju istih na jednostavnije zadatke ili na elementarne pokrete. Cilj je dobiti što realniji izračun standardnog vremena. Mjerenje vremena rada radnici nisu rado prihvatili jer su smatrali da će ih se iskoristiti ili oštetiti. Zato su često namjerno radili sporije kako bi se postavio blaži standard koji bi mogli lakše ispuniti. Međutim, poslovi koji su imali jednostavnije zadatke nisu omogućavali takve manipulacije.



Mjerenje štopericom provodi se kroz ***osam standardiziranih koraka***:[261]

1. Odrediti predmet mjerenja (zadatak).
2. Podijeliti zadatak na elementarne pokrete koji traju tek nekoliko sekundi.
3. Odlučiti koliko puta treba izvršiti mjerenje (veličina uzorka).
   Veličina uzorka ovisi o tri varijable, a to su: a) varijabilnost izmjerenih vrijednosti, b) dozvoljeno odstupanje od srednje vrijednosti i c) stupanj pouzdanosti.[262] Veličina uzorka može se izračunati na dva načina ovisno o tome kako je izraženo odstupanje od srednje vrijednosti (u postotku ili vremenu).

Ukoliko je odstupanje od srednje vrijednosti izraženo kao postotak, koristi se formula 9.1.

$$n = \left( \frac{z\sigma}{a\overline{x}} \right)^2 \qquad (9.1)$$

gdje su:

$n$ = veličina uzorka
$z$ = broj standardnih devijacija za odabranu razinu pouzdanosti
$\sigma$ = σ = standardna devijacija uzorka
$a$ = dozvoljeno odstupanje izraženo u %
$\overline{x}$ = aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti

Vrijednost „*z*“ može se pronaći u tablici u *Prilogu 2,* na kraju udžbenika i ovisi o odabranoj razini pouzdanosti. Najčešće se biraju ove razine pouzdanosti s pripadajućim „*z*“ vrijednostima (tablica 9.2):[263]

***Tablica 9.2. Stopa pouzdanosti i "z" vrijednosti***

| Odabrana stopa pouzdanosti | „*z*“ vrijednosti |
|---|---|
| 90 | 1,65 |
| 95 | 1,96 |
| 95,45 | 2,00 |
| 98 | 2,33 |
| 99 | 2,58 |
| 99,73 | 3,00 |

[261] Heizer, J. i Render, B. (2011). *Operations management.* 10th edition. New Jersey: Pearson. str. 427-429.
[262] Stevenson J. W. (2014). *op.cit.* str. 306.
[263] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 431. i Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 307.

S druge strane, ako je odstupanje od srednje vrijednosti izraženo u vremenu, tada se koristi formula 9.2.

$$n = \left( \frac{z\sigma}{e} \right)^2 \qquad (9.2)$$

gdje je:

$e$ = najveće dozvoljeno vremensko odstupanje (prihvatljiva greška)

U praksi postupak teče na sljedeći način. Analitičar prvo napravi preliminarno istraživanje s manjim brojem ponavljanja, te s izmjerenim vremenima izračuna aritmetičku sredinu ($\overline{x}$) i standardnu devijaciju ($\sigma$) i to prema formuli 9.3.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \left( x_i - \overline{x} \right)}{n-1}} \qquad (9.3)$$

gdje je:

$x_i$ = svako izmjereno vrijeme od *1* do *n* mjerenja

Postupak izračunavanja potrebnog broja mjerenja prikazan je kroz primjer 9.1.

***Primjer 9.1. Izračunavanje potrebnog broja mjerenja***

Analitičar studije vremena želi utvrditi standardno vrijeme za jedan posao. Proveo je preliminarno istraživanje i dobio da je srednja vrijednost svih mjerenja 10,6 minuta, a standardna devijacija 2,8 minuta. Tražena pouzdanost je 95 %. Treba izračunati broj mjerenja uz najveće dozvoljeno odstupanje od aritmetičke sredine od:

a) ± 5 %?
b) 45 sekundi?

PRISTUP:
$\overline{x}$ = 10,6 $\sigma$ = 2,8 $a$ = 0,05

RJEŠENJE:
a) U prvom slučaju koristi se formula 9.1. Za izračun broja promatranja nedostaje samo vrijednost $z$ koja se može iščitati iz tablice 9.2. Za pouzdanost od 95 % $z$ iznosi 1,96.

$$n = \left( \frac{z\sigma}{a\overline{x}} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{1,96 * 2,8}{0,05 * 10,6} \right)^2$$

$$n = 107{,}22 \approx 108$$

Preporuča se napraviti 108 mjerenja. Ako je rezultat decimalan broj, uvijek ga treba zaokružiti na viši cijeli broj. Da se kojim slučajem tražila pouzdanost od 99 %, povećao bi se broj mjerenja.

b) U drugom slučaju koristi se formula 9.2. Vremensko odstupanje *e* iznosi 45 sekundi, odnosno 0,75 minuta.

$$n = \left(\frac{z\sigma}{e}\right)^2$$

$$n = \left(\frac{1{,}96 * 2{,}8}{0{,}75}\right)^2$$

$$n = 53{,}54 \approx 54$$

UOČENO: Prema kriteriju vremenskog odstupanja, potrebno je napraviti 54 mjerenja. Kad bi vremensko odstupanje bilo kraće (primjerice, 30 sekundi), broj mjerenja bi se povećao.

Ponekad analitičari ne koriste formule za određivanje broja mjerenja, već se vode vlastitim iskustvom.

4. Izmjeriti vrijeme i rangirati rezultate.
5. Izračunati prosječno vrijeme. Prosječno vrijeme dobije se kada se zbroj svih vremena podijeli s brojem opažanja (formula 9.4).

$$\overline{x} = \frac{\sum x_i}{n} \qquad (9.4)$$

6. Odrediti ocjenu učinkovitosti i izračunati normalno vrijeme. Normalno vrijeme je prosječno promatrano vrijeme pomnoženo s ocjenom učinkovitosti radnika. Ocjena učinkovitosti ustvari prilagođava prosječno promatrano vrijeme onome što obučeni radnik može očekivati da će normalno obaviti. Razlog uvođenja ocjene učinkovitosti je u tome da svi radnici ne rade jednako brzo; neki rade normalnom brzinom, neki su sporiji, a neki brži. Za rad normalnom brzinom dodjeljuje se koeficijent učinkovitosti 1. Radnik koji radi sporije od normalnog tempa dobit će koeficijent manji od 1 (primjerice 0,8), a radnik koji radi brže od normalnoga dobit će koeficijent veći od 1 (primjerice 1,1). Utvrđivanje normalnog vremena nije uvijek jednostavno i ovisi o iskustvu i procjeni analitičara, a računa se prema formuli 9.5.

$$V_n = \sum \overline{x}_i * ČU \qquad (9.5)$$

gdje su:

$V_n$ = normalno vrijeme

$ČU$ = čimbenik (ocjena) učinkovitosti radnika

7. Često se neki zadatak sastoji od više elementarnih pokreta. U tom slučaju treba zbrojiti normalna vremena svih elementarnih pokreta da bi se dobilo normalno vrijeme zadatka.

$$V_n = \sum \left( X_{ij} * ČU_j \right) \tag{9.6}$$

gdje su:

$X_{ij}$ = normalno vrijeme svakog elementa *i* u zadatku *j*

$ČU_j$ = čimbenik učinkovitosti radnika svakog elementa u zadatku *j*

8. Izračunati standardno vrijeme. Pri izračunavanju normalnog vremena ne uzimaju se u obzir osobne potrebe radnika, odmor, neizbježni zastoji i slično. Da bi se i to vrijeme ukalkuliralo, uvodi se dodatak, odnosno čimbenik tolerancije koji se dodaje normalnom vremenu.

$$V_s = NV * ČT \tag{9.7}$$

gdje su:

$V_s$ = standardno vrijeme

$ČT$ = čimbenik tolerancije

Čimbenik tolerancije može se odrediti temeljem vremena potrebnog da se odradi posao (vrijeme posla) ili temeljem radnog vremena (primjerice, radni dan od osam sati). Sukladno tome, može se izračunati na dva načina.[264]

a) Čimbenik tolerancije baziran na vremenu posla koristi se kad poslovi imaju različite tolerancije i računa se prema formuli 9.8.

$$ČT_{posao} = 1 + T_{\%p} \tag{9.8}$$

gdje je:

$T_{\%p}$ = postotak tolerancije na temelju vremena posla

b) Čimbenik tolerancije temeljen na radnom vremenu koristi se kada su poslovi isti ili slični, te imaju iste čimbenike tolerancije, a izračunava se formulom 9.9.

$$ČT_{dan} = \frac{1}{1 - T_{\%d}} \tag{9.9}$$

gdje je:

$T_{\%d}$ = postotak tolerancije na temelju radnog dana

Izračun čimbenika tolerancije prikazuje primjer 9.2.

264 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 309.

***Primjer 9.2. Izračunavanje čimbenika tolerancije***

Izračunajte čimbenik tolerancije ako dozvoljeno vrijeme za odmor radnika iznosi:
a) 10 % vremena obavljanja posla?
b) 10 % radnog vremena?

RJEŠENJE:

$T_{\%p} = T_{\%d} = 0{,}1$

a) $\check{C}T_{posao} = 1 + T_{\%p} = 1 + 0{,}1 = 1{,}10$ ili 110 %

b) $\check{C}T_{dan} = \frac{1}{1 - T_{\%d}} = \frac{1}{1 - 0{,}1} = 1{,}11$ ili 111 %

Premda je studij vremena vrlo precizna metoda mjerenja rada, ima i neke nedostatke. Prvo, iziskuje dobro obučene analitičare, jer rezultati mjerenja značajno ovise o njihovoj procjeni i iskustvu. Drugo, zahtijeva dosta vremena za provođenje mjerenja i treće, dok se izračuna standardno vrijeme, zadatak je već obavljen.[265] Da bi se izbjegli spomenuti nedostaci, koriste se i druge metode izračunavanja standardnog vremena.

Kada poduzeće primjenjuje studij vremena (metodu štoperice) kroz duže vrijeme, stvori se stanovita baza normalnih vremena za elementarne pokrete. Nakon određenog vremena nije više potrebno vršiti mjerenja štopericom i raditi sve izračune ispočetka. Dovoljno je zadatak podijeliti na elementarne pokrete te potražiti njihova normalna vremena u bazi. Zatim se normalna vremena elementarnih pokreta zbroje i korigiraju s čimbenikom tolerancije kako je ranije objašnjeno. Ovo se naziva **povijesna metoda**.

Ukoliko poduzeće ne želi samostalno praviti vlastitu bazu elementarnih vremena, može koristiti metodu **unaprijed određenih vremena (vremenskih standarda)**. Ovakve standarde izrađuju specijalizirane organizacije od kojih je najpoznatija Organizacija za metode mjerenja vremena (engl. *methods time measurement association, MTM*).[266] Ova metoda utvrđivanja standardnog vremena ima sljedeće prednosti u odnosu na metodu štoperice:[267]

- Standardi su nastali u laboratorijskim (kontroliranim) uvjetima bez ometanja proizvodnih aktivnosti u poduzeću.
- Standard je ustanovljen prije izvođenja zadatka, stoga se može koristiti kao ulazni podatak u fazi planiranja.
- Posao koji se radi, ne prekida se.
- Standardi se mogu uspostaviti i prije nego se posao završi.

**Uzorkovanje rada (metoda trenutačnih zapažanja)** razlikuje se od tri prethodne metode jer se ne bavi mjerenjem točnog vremena potrebnog da se obavi neki zadatak, već se procjenjuje

[265] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 432.
[266] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 433.
[267] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 312.

postotak vremena koje radnik potroši na različite zadatke. Ovdje se ne radi o kontinuiranom promatranju radnika i mjerenju vremena od početka do kraja zadatka, nego o nasumičnom promatranju radnika i bilježenju aktivnosti kojom se u tom trenutku bavi (radi, ili možda ne radi ništa). Svrha uzorkovanja rada je steći uvid kako radnici raspoređuju svoje vrijeme na različite aktivnosti, odnosno koliko vremena u postotku provode radeći ili u mirovanju. Ove se informacije koriste pri odlučivanju o preraspodjeli zadataka među radnicima te određivanju čimbenika tolerancije (udio vremena koji se može utrošiti za odmor ili neku drugu vrstu nerada).[268] Također, rezultati uzorkovanja rada mogu se koristiti za kreiranje opisa i sadržaja radnoga mjesta za koje će se precizirati koji se zadaci na njemu izvršavaju i koje su kvalifikacije nužne.[269]

Postupak uzorkovanja rada provodi se u ***pet faza***:[270]

1. Odabrati preliminarni uzorak (otprilike pedesetak promatranja) iz kojega će se izračunati postotak vremena u kojem radnik radi i miruje. Ovaj korak se može preskočiti, ali se tada treba odredi privremena vrijednost $p = 0{,}50$.
2. Izračunati potrebnu veličinu uzorka, odnosno broj promatranja koristeći formulu 9.10.

$$n = \frac{z^2 p\,(1-p)}{e^2} \qquad (9.10)$$

gdje je:

$p$ = procijenjena vrijednost udjela vremena u kojima radnik radi ili miruje

Izračunavanje veličine uzorka u ovom slučaju prikazano je kroz primjer 9.3.

***Primjer 9.3. Izračunavanje potrebne veličine uzorka***

Izračunajte potrebnu veličinu uzorka uz pretpostavku da radnici miruju 20 % radnog vremena. Najveća prihvatljiva greška je 5 %, a stopa pouzdanosti 95,45 %.

RJEŠENJE:
$p = 0{,}20$
$e = 0{,}05$
$z = 2$ za stopu pouzdanosti 95,45 % (tablica 9.2)

Potrebna veličina uzorka računa se koristeći formulu (9.10).

$$n = \frac{z^2 p\,(1-p)}{e^2}$$

$$n = \frac{2^2 * 0{,}20\,(1-0{,}20)}{0{,}05^2} = \frac{4 * 0{,}20 * 0{,}80}{0{,}0025} = 256$$

UOČENO: Da bi se zadovoljili svi traženi parametri, potrebno je napraviti 256 nasumičnih promatranja radnika.

[268] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 435.
[269] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 312.
[270] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 435.

3. Pripremiti detaljan raspored promatranja radnika u danima, satima i minutama. Analitičari se koriste tablicom nasumičnih brojeva kako bi odredili nasumične termine promatranja (tablica 9.3).[271] Prvu tablicu nasumičnih brojeva objavio je engleski statističar Leonard Henry Caleb Tippet 1927. godine. On je ujedno i tvorac metode uzorkovanja rada.[272]

***Tablica 9.3. Fragment tablice nasumičnih brojeva***

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 6912 | 7264 | 2801 | 8901 | 4627 | 8387 |
| **2** | 3491 | 1192 | 0575 | 7547 | 2093 | 4617 |
| **3** | 4715 | 2486 | 2776 | 2664 | 3856 | 0064 |
| **4** | 1632 | 1546 | 1950 | 1844 | 1123 | 1908 |
| **5** | 8510 | 7209 | 0938 | 2376 | 0120 | 4237 |

U tablici 9.3. prikazani su nasumično odabrani brojevi koji su zbog preglednosti grupirani u skupine po četiri znamenke, premda se svaka znamenka može promatrati kao zaseban broj. Za svako promatranje trebat će odrediti tri seta brojeva; prvi set je za dan, drugi za sat, a treći za minute. Neka se pretpostavi da će se „*n*" promatranja vršiti kroz sedam radnih dana, osam radnih sati dnevno. Proizlazi da će trebati za svako promatranje odrediti jednu znamenku za dan (1 – 7), jednu za sat (1 – 8) te dvije znamenke za minute (1 – 60). Prvo će se odrediti dani. Može se započeti s prvim retkom prvog stupca. Prva znamenka je 6, druga znamenka (9) se preskače jer promatranje traje samo sedam dana, zatim slijede 1, 2, i 7 (očitava se onoliko znamenki u prvom retku koliko će biti promatranja, a jednostavnosti radi, napravit će se raspored za samo četiri promatranja. Dobila su se četiri dana. Zatim treba odrediti sate, a to će se očitati u drugom retku. Uzimaju se brojevi 3, 4, 1 (9 se preskače jer se radi 8 sati dnevno) i 1. Minute se traže u trećem retku i uzimaju se po dvije znamenke: 47, 15, 24, (86 se preskače jer je veće od 60) i 27. Rezultat utvrđivanja termina promatranja izgledao bi kako slijedi:

| Dan | Sat | Minuta |
|---|---|---|
| 6. | 3. | 47. |
| 1. | 4. | 15. |
| 2. | 1. | 24. |
| 7. | 1. | 27. |

U šestom danu uzorkovanja promatranje će se izvršiti u trećem satu i 47-oj minuti. Ovo ne znači da će se promatrati u 3:47 ujutro, već u trećem radnom satu u tom radnom danu. Ako radno vrijeme počinje u 8:00, onda će se šestoga dana promatranje izvršiti u 10:47. Jednako tako, prvoga dana će se promatranje izvršiti u 15-oj minuti četvrtog radnog sata, odnosno u 11:15. Kada se podaci poslože kronološkim redoslijedom te preračunaju sati, dobije se sljedeći raspored promatranja:

| Dan | Vrijeme |
|---|---|
| 1. | 11:15 |
| 2. | 08:24 |
| 6. | 10:47 |
| 7. | 08:27 |

[271] Prilagođeno prema: Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 314.
[272] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 435.

4. Obaviti promatranja prema nasumičnom rasporedu i zabilježiti zatečenu aktivnost radnika. Preporuča se dva do tri puta tijekom uzorkovanja mjeriti „*p*“ i korigirati veličinu uzorka „*n*“ koristeći formulu (9.10) zato što preliminarno istraživanje zbog malog broja promatranja rijetko kada daje realnu vrijednost „*p*“. Ako kojim slučajem nova vrijednost „*n*“ bude manja od broja već odrađenih promatranja, uzorkovanje se odmah obustavlja.[273]
5. Odrediti omjer vremena potrošenog na rad i mirovanje. Mirovanje je skupni naziv za sve neproduktivne aktivnosti u kojima radnik ne mora nužno mirovati, ali miruje zadatak. Neproduktivne aktivnosti mogu biti privatno telefoniranje, ispijanje kave s kolegama, marenda, traženje alata, popravljanje stroja i slično.

Kako se utvrđuje omjer vremena rada i mirovanja prikazuje primjer 9.4.

***Primjer 9.4.[274] Utvrđivanje omjera vremena rada i mirovanja***

Voditelj lokalne podružnice za socijalnu skrb želi svojim korisnicima pružiti pravovremenu i kvalitetnu uslugu. Da bi se to ostvarilo, radnici ne smiju biti preopterećeni poslom. Voditelj podružnice smatra da je optimalno opterećenje radnika radom s korisnicima 75 % radnog vremena te zbog toga želi ograničiti njihovu zauzetost poslovnim aktivnostima na 75 %. Najprije treba saznati kolika je stvarna zauzetost radnika radom s korisnicima.

PRISTUP: Voditelj je odlučio da će se provesti uzorkovanje nad radnicima. Prema formuli 9.10. izračunao je da je potrebno napraviti 833 nasumična opažanja u razdoblju od dva tjedna, kako bi se osigurao pravi uzorak. Analitičar mora razlučiti koje su aktivnosti „rad“, a koje nisu. U ovom slučaju aktivnosti rada obuhvaćaju sve ono što osigurava neku korist za korisnika; ispunjavanje obrazaca, unos podataka u računalo, razgovor s korisnikom (telefonom, u uredu ili na adresi korisnika), sastanci i slično. Sve ostalo spada u neproduktivne aktivnosti, uključujući i aktivnosti za osobne potrebe radnika (pauza za ručak, toalet i slično), što se treba odvijati u 25 % neproduktivnog radnog vremena. Nakon dva tjedna napravljena su 833 opažanja koja su dala sljedeće rezultate:

| Broj opažanja | Zabilježene aktivnosti |
|---|---|
| 485 | Telefoniranje ili fizički sastanak s korisnikom |
| 126 | Mirovanje |
| 62 | Osobne potrebe radnika |
| 23 | Sastanci s nadređenim |
| 137 | Unos podataka u računalo |
| **833** | |

[273] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 313.
[274] Prilagođeno prema: Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 435-436.

RJEŠENJE I UOČENO: Na temelju rezultata uzorkovanja rada analitičar zaključuje da je 645 opažanja (77,4 %) vezano za poslovne aktivnosti, što je nešto veća zauzetost nego što bi voditelj poslovnice želio. Na mirovanje otpada ukupno 188 opažanja (126 mirovanja i 62 osobne potrebe) što čini 22,6 % radnog vremena. Očito je da voditelj mora iznaći način smanjenja opterećenja svojih radnika kako bi mogli pružiti kvalitetniju uslugu svojim korisnicima. Jedno od rješenja može biti zaposlenje novog djelatnika.



U usporedbi s metodom štoperice, uzorkovanje rada ima prednosti i nedostatke. Prednosti metode uzorkovanja rada su sljedeće:[275]

- Promatranja se protežu kroz dulje vremensko razdoblje, čime je smanjena osjetljivost rezultata.
- Gotovo da nema prekida u radu.
- Radnici pružaju manje otpora.
- Ne zahtijeva se posebno osposobljavanje analitičara, a cijeli postupak je jeftiniji i kraće traje.
- Promatranja mogu biti prekinuta bez utjecaja na krajnji rezultat.
- Jedan analitičar može istovremeno promatrati više radnika.
- Promatranje ne zahtijeva uređaje za mjerenje vremena.
- Metoda je pogodna za složenije poslove.

Nedostaci metode uzorkovanja rada su sljedeći:[276]

- Puno je manje detalja o svakom elementu posla.
- Radnici mogu promijeniti način rada kada primijete da ih se promatra.
- Često nema zapisa o načinu (metodi) rada radnika.
- Promatrači mogu ne poštovati nasumični raspored opažanja.
- Metoda nije pogodna za kratke i ponavljajuće poslove.
- Troši se puno vremena na šetnju od jednog do drugog radnog mjesta da bi se zadovoljio uvjet nasumičnosti.

## 9.5. ZAKLJUČAK

Radnici su ključan čimbenik svakog poduzeća. Oni su izravno uključeni u proizvodni proces i njegov su sastavni dio. Često se zaboravlja koliko zadovoljstvo i ponos radnika utječu na njihovu proizvodnost. U novije vrijeme sve više menadžera uviđa da će poboljšanjem kvalitete radnog okruženja istovremeno unaprijediti poslovanje poduzeća.

U prošlosti se oblikovanje poslova podređivalo rastu proizvodnosti rada bazirajući se na tehničkoj komponenti poslova (znanstveni menadžment). Nedostatak takvog pristupa bio je stvaranje rutinskih, slabo plaćenih poslova za koje radnici nisu bili motivirani. Sredinom 20. stoljeća pojavio se biheviorални pristup prema kojem su zadovoljstvo i motivacija radnika bili jedini prihvatljiv ishod oblikovanja posla. Predstavnici ovog pristupa bili su Herzberg, te Hackman i Oldham. Herzberg je identificirao dvije vrste čimbenika koji utječu na motivaciju. Prvi su moti-

[275] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 316.
[276] Ibidem.

vatori ili intrinzični čimbenici u koje spadaju osjećaj postignuća, mogućnost napredovanja, priznanje i preuzimanje odgovornosti. Drugi su higijenski ili ekstrinzični čimbenici, a to su beneficije, sigurnost posla, politika poduzeća, međuljudski odnosi i radni uvjeti. Hackman i Oldham razvili su model obogaćivanja poslova koji je sugerirao obogaćivanje posla i rotaciju poslova kao načine stvaranja izazovnijih poslova. Sociotehnički pristup oblikovanja posla nastao je kao sinteza znanstvenog menadžmenta i bihevioralnog pristupa. On objedinjuje socijalnu (društvenu) i tehničku komponentu poslova, ali uzima u obzir i cjelokupnu organizaciju.

Zadovoljstvo i proizvodnost radnika uvelike ovise o radnim uvjetima. Radne uvjete određuju osvijetljenost, buka, temperatura, vlažnost zraka, radno vrijeme i vrijeme za odmor, sigurnost na radnom mjestu i zdravstvena skrb. Uz radne uvjete, nagrađivanje predstavlja važan, premda ne i jedini motivator. Nagrađivati, odnosno plaćati se može po vremenu ili po učinku.

Na kraju poglavlja objašnjeni su studij rada, studij vremena i studij pokreta. Mjerenjem rada uspostavlja se standardno vrijeme, odnosno vrijeme potrebno da se obavi neki posao. Standardno vrijeme je nužno pri razradi proizvodnih rasporeda, planiranju kapaciteta, planiranju zapošljavanja, procjeni troškova i sličnog. Standardno vrijeme utvrđuje se metodom štoperice (studij vremena), povijesnom metodom ili metodom unaprijed utvrđenih vremena. Uzorkovanje rada srodna je metoda koja služi za procjenu utroška radnog vremena radnika na rad i nerad.

## 9.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***B*** | |
| ***Bihevioralni pristup oblikovanju posla*** | Oblikovanje posla vodeći računa o zadovoljstvu radnika. |
| ***H*** | |
| ***Higijenski ili ekstrinzični čimbenici*** | Čimbenici koji smanjuju nezadovoljstvo radnika. |
| ***K*** | |
| ***Kompenzacija*** | Ukupna naknada za obavljeni zadatak/zadatke. |
| ***M*** | |
| ***Metoda unaprijed određenih vremena*** | Određivanje standardnog vremena korištenjem baze vremena elementarnih pokreta izrađene od strane specijalizirane organizacije. |
| ***Motivatori ili intrinzični čimbenici*** | Čimbenici koji povećavaju zadovoljstvo radnika. |
| ***O*** | |
| ***Oblikovanje posla*** | Sinteza pojedinačnih zadataka u posao koji se dodjeljuje radniku ili skupini radnika. Oblikovanjem posla specificira se koje zadatke treba napraviti, tko ih treba napraviti i koji se rezultati očekuju. |
| ***Obogaćenje posla*** | Povećanje ovlasti i odgovornosti na radnome mjestu. |
| ***P*** | |
| ***Povećanje posla*** | Pridjeljivanje radnicima dodatnih zadataka koji ne zahtijevaju višu razinu znanja i vještina od osnovnog zadatka. |

| | |
|---|---|
| ***Povijesna metoda*** | Određivanje standardnog vremena korištenjem vlastite baze vremena elementarnih pokreta. |
| ***R*** | |
| ***Radni uvjeti*** | Uvjeti na radnome mjestu koji utječu na proizvodnost i zadovoljstvo radnika. |
| ***Rotacija posla*** | Razmjena poslova među radnicima. |
| ***S*** | |
| ***Sociotehnički pristup oblikovanju posla*** | Oblikovanje poslova uz uvažavanje tehničkih i socijalnih varijabli. |
| ***Standardno vrijeme*** | Vrijeme potrebno da se obavi neki zadatak. |
| ***Studij pokreta*** | Povećanje efektivnosti radnika uz uklanjanje suvišnih pokreta. Cilj je olakšati rad radnika odbacivanjem svih nepotrebnih pokreta, a pojednostavljenjem potrebnih. |
| ***Studij rada*** | Proučavanje načina kako se obavlja neki posao. |
| ***Studij vremena (mjerenje rada štopericom)*** | Mjerenje vremena jednog radnika pri obavljanju jednog posla kroz veći broj ciklusa (ponavljanja). |
| ***U*** | |
| ***Uzorkovanje rada (metoda trenutačnih zapažanja)*** | Procjena postotka vremena koje radnik potroši na pojedine zadatke. |
| ***Z*** | |
| ***Znanstveni menadžment*** | Pristup oblikovanju posla baziran na povećanju proizvodnosti radnika definiranjem najboljeg načina rada i alata. Ovim pristupom planiranje i odgovornost spadaju u nadležnost menadžmenta, a izvršenje u nadležnost radnika. |

## 9.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Zašto je važno oblikovanje poslova?
2. Koje su prednosti, a koji nedostaci specijalizacije s aspekta menadžera i s aspekta radnika?
3. Na kojim načelima počiva koncept znanstvenog menadžmenta?
4. Može li se koncept znanstvenog menadžmenta efikasno primijeniti u uslugama?
5. Što je karakteristično za čimbenike motivacije, a što za higijenske čimbenike?
6. Koje su temeljne dimenzije modela obogaćivanja poslova?
7. Na koje je sve načine moguće obogaćivati poslove? Objasnite ih.
8. Kako radni uvjeti utječu na oblikovanje posla?
9. Koje su prednosti, a koji nedostaci kompenzacije po vremenu i po učinku?
10. Koje alate studije rada poznajete i što su njihove karakteristike?
11. Koje elemente treba uzeti u obzir pri izračunavanju standardnog vremena?
12. Kako se određuje standardno vrijeme mjerenjem štopericom?
13. Što je suština povijesne metode određivanja standardnog vremena?
14. Koje su prednosti metode unaprijed određenih vremena u odnosu na metodu štoperice?
15. Koji koraci se koriste pri metodi uzorkovanja rada?
16. Koja je razlika između studija vremena i uzorkovanja rada?
17. Na kojim se načelima temelji studija pokreta?

## 9.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Analitičar je mjerio vrijeme rezanja metala kroz 50 ciklusa. Prosječno vrijeme po ciklusu bilo je 10,40 minuta, a standardna devijacija 1,20 minuta. Učinkovitost radnika iznosila je 125 %. Čimbenik tolerancije je 16 % od radnog vremena. Odredite standardno vrijeme za ovu operaciju.

**Zadatak 2.** Jedan posao je mjeren kroz 60 ciklusa s prosječnim vremenom od 1,2 minute po ciklusu. Učinkovitost radnika bila je 95 %, a čimbenik tolerancije 10 % radnog vremena. Na temelju dostupnih podataka izračunajte: a) opaženo vrijeme, b) normalno vrijeme i c) standardno vrijeme.

**Zadatak 3.** Izvršeno je mjerenje vremena posla koji se sastoji od četiri elementa. U tablici 9.4. su prikazani opaženo vrijeme i učinkovitost radnika za šest ciklusa.

***Tablica 9.4. Vremena i učinkovitost***

| Elementi | Učinkovitost (%) | Opažanja (minute po ciklusu) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 90 | 0,44 | 0,50 | 0,43 | 0,45 | 0,48 | 0,46 |
| 2 | 85 | 1,50 | 1,54 | 1,47 | 1,51 | 1,49 | 1,52 |
| 3 | 110 | 0,84 | 0,89 | 0,77 | 0,83 | 0,85 | 0,80 |
| 4 | 100 | 1,10 | 1,14 | 1,08 | 1,20 | 1,16 | 1,26 |

IZRAČUNAJTE:

a) Prosječno vrijeme ciklusa za svaki element
b) Normalno vrijeme za svaki element
c) Standardno vrijeme, ako je čimbenik tolerancije 15 % radnog vremena radnika.

## LITERATURA

1. Heizer, J. i Render, B. (2011). *Operations management*. 10th edition. New Jersey: Pearson
2. Noble, D. F. (1984). *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*. New York: Knopf
3. Parker, S. i Wall, T. (1998). *Job and work design: organizing work to promote well-being and effectiveness*. Sage Publications
4. Pruit, H. D. (1997). *Job Design and Technology: Taylorism vs. Anti-Taylorism*. Routledge
5. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management Creating Value Along the Supply Chain.* 7th edition. Wiley & Sons
6. Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb: Mate
7. Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2011). *Operations Management*. 7th edition. Pearson
8. Stevenson, J. W. (2014). *Operations Management*. 12th global edition. McGraw Hill
9. Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scienticic Management*. New York: Harper & Brothers
10. Trist, E. i Bamforth, K. (1951). *Some social and psychological consequences of the longwall method of coal getting*. Human Relations. br. 4.

## Internet izvori

1. https://www.thoughtco.com/how-temperature-affects-productivity-1206659, pristup: 11.10.2020.
2. http://gilbrethnetwork.tripod.com/qv1n2.html, pristup: 15.09.2020.
3. Klarin, B. *Utjecaj na okoliš vjetroturbine kao izvora zvuka*. Split: Fakultet elektronike, strojarstava i brodogradnje http://marjan.fesb.hr/~bklarin/Rad003/Utjecaj_na_okolis_vjetroturbine_CLANAK.html, pristup: 20.09.2020.

# III.
# Kvaliteta



*O upravljanju kvalitetom i kontroli kvalitete govori se nakon cjeline koja se bavila oblikovanjem proizvoda i usluga, odnosno proizvodnih i uslužnih procesa. Mada bi se moglo poći od toga da je znanje o kvaliteti preduvjet za uspješno oblikovanje, ipak se o kvaliteti govori nakon što su oblikovani i uspostavljeni proizvodni ili uslužni procesi. U tom smislu, ova cjelina razmatra opća znanja iz upravljanja kvalitetom koja pomažu oblikovati bolje proizvodne i uslužne sustave, ali i znanja kojima se nadziru tako uspostavljeni sustavi. Složeniji operacijski sustavi, osobito oni koji su projektirani za pouzdano i učinkovito djelovanje u dužem razdoblju, koriste statističke metode koje se posebno detaljno opisuju u ovoj cjelini. Statističke metode kontrole kvalitete temeljni su alat koji podržava kontinuirano praćenje rada operacijskog sustava u svrhu pravodobnog uočavanja i otklanjanja nesukladnosti, ali i kontinuiranog poboljšanja. Što je sadržaj poglavlja koji čine ovu cjelinu, objasnit će se kratko u nastavku.*

*Deseto poglavlje, Upravljanje kvalitetom, objašnjava razlike u definiranju kvalitete kod proizvođača i kod potrošača, analizira razvoj kvalitete kroz povijest i doprinose najznačajnijih gurua kvalitete području kvalitete. Posebno se analiziraju koraci za postizanje kvalitete, te uloga i važnost identificiranja troškova kvalitete. Pokazalo se da što poduzeća imaju bolju kvalitetu, imaju i bolje poslovne rezultate. U poglavlju su obrađene i najpoznatije nagrade za kvalitetu. Njihov doprinos se očituje u razradi sustava kriterija za procjenu uspješnosti sveukupnog sustava upravljanja poduzećem. Kao takvi mogu poslužiti poduzećima iz proizvodnog i uslužnog sektora prilikom oblikovanja vlastitih sustava upravljanja kvalitetom. Na kraju ovog poglavlja dotaknulo se pitanje etike i kvalitete.*

*U jedanaestom poglavlju, Kontrola kvalitete, objašnjava se zašto je potrebno kontrolirati kvalitetu, iako se ona ugrađuje u procese i proizvode/usluge, te kako se oblikuje sustav kontrole kvalitete. Centralno mjesto u ovom poglavlju posvećeno je statističkoj kontroli kvalitete čiji su principi i postupci razrađeni u onoj mjeri koja je potrebna da bi se razumjelo što se i kako kontrolira. U tom smislu, objašnjen je osnovni alat kontrole kvalitete - kontrolna karta, te se daju formule za izračunavanje sposobnosti procesa i kontrolnih granica varijabilnih i atributivnih značajki kvalitete. Također, kroz niz riješenih primjera, pokazuje se kako se prati kvaliteta proizvoda čije su značajke kvalitete varijabilne, odnosno atributivne.*

# 10. UPRAVLJANJE KVALITETOM

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti različite pristupe definiranja kvalitete*
- *razumjeti razlike u definiranju kvalitete proizvođača i potrošača*
- *navesti i objasniti korake za postizanje kvalitete*
- *opisati razvoj kvalitete kroz povijest*
- *navesti glavne gurue kvalitete i njihove doprinose razvoju kvalitete*
- *identificirati troškove kvalitete i dati primjere za svakog od njih*
- *objasniti važnost kvalitete i posljedice loše kvalitete*
- *navesti osnovne alate kvalitete*
- *usporediti nagrade kvalitete*
- *objasniti važnost etike u kontekstu kvalitete.*



## 10.1. UVOD

Što je kvaliteta? Shvaćaju li proizvođači i potrošači kvalitetu na isti način? Tko određuje kvalitetu: proizvođači ili potrošači? Razumiju li proizvođači što kvaliteta znači za njihovo poduzeće? Razlikuje li se shvaćanje i doživljavanje kvalitete između različitih korisnika istih proizvoda i usluga? Sličnih pitanja ima znatno više, ali navedena su dovoljna da se problematici kvalitete posveti dužna pažnja.

Danas svi raspravljaju o kvaliteti svega; prehrambenih proizvoda, odjevnih predmeta, kućanskih uređaja, lijekova, zdravstvene ili javne usluge, rada Vlade i sličnog. I gotovo svi znaju što je kvaliteta kada neki predmet vide ili neku uslugu dožive. Ali, kako ta kvaliteta nastaje?

Već na samom početku priče o kvaliteti naslućuje se njezina važnost. Stoga priča o kvaliteti započinje pitanjem: što ona jest?

## 10.2. POJAM KVALITETE

Kvaliteta se može promatrati kao **filozofija** (koncept kvalitete postaje sastavni dio organizacijske kulture jednog poduzeća) ili kao **rezultat** (proizvod ili usluga imaju ili nemaju određena obilježja). Kvaliteta može biti **vezana uz proizvodni proces, proizvod ili uslugu, zaposlenike, kupce i sve ostale zainteresirane**. Kvaliteta može biti jedan od **ciljeva** svake organizacije (pored niskih troškova, isporuke na vrijeme i visoke fleksibilnosti). Kako onda definirati kvalitetu?

Teoretičari kvalitete smatraju da se pojam, a onda i definiranje kvalitete može svrstati u tri kategorije.[277] U prvoj kategoriji bile bi **definicije kvalitete koje se temelje na korisnicima** (engl. *user based*). Prema njima, kvaliteta "leži u očima promatrača." Obično tako na kvalitetu gledaju

[277] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations management: Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Pearson. str. 217.

ljudi iz marketinga, te kupci. Za njih, veća kvaliteta znači bolje performanse, ljepše značajke proizvoda i slična (ponekad skupa) poboljšanja. U drugoj kategoriji nalaze se **definicije koje kvalitetu temelje na proizvodnji** (engl. *manufacturing based*). Riječ je uglavnom o menadžerima proizvodnje za koje je kvaliteta sukladnost sa specifikacijama i "napraviti nešto ispravno od prve." U trećoj kategoriji su **definicije koje kvalitetu temelje na proizvodu** (engl. *product based*). Prema njima, kvaliteta je precizna i mjerljiva varijabla, primjerice, tvrdi sir treba sadržavati između 45 i 50 % mliječne masti.

Američko društvo za kvalitetu (engl. *American society for quality, ASQ*)[278] definira kvalitetu kao ukupnost značajki i karakteristika proizvoda ili usluge koje omogućavaju da se zadovolje postojeće ili podrazumijevane potrebe. Prema ISO 9000:2000 kvaliteta je stupanj do kojeg skup svojstvenih karakteristika ispunjava zahtjeve.

Prema Juranu,[279] od svih značenja riječi „kvaliteta" dva su najvažnija za upravljanje kvalitetom:

1. Kvaliteta podrazumijeva one značajke proizvoda koje zadovoljavaju potrebe kupaca i time osiguravaju zadovoljstvo kupaca. U ovom smislu, značenje kvalitete je orijentirano prema prihodu, pa se može reći da viša kvaliteta vodi do zadovoljnijih kupaca, što pak vodi do većih prihoda. S druge strane, visoka kvaliteta obično i više košta.

2. Kvaliteta znači da nema nedostataka – nema grešaka koje zahtijevaju ponovni rad, tj. doradu na proizvodu ili koje rezultiraju nezadovoljstvom kupaca, njihovim pritužbama i sličnim. U ovom smislu, značenje kvalitete je orijentirano troškovima, pri čemu viša kvaliteta obično manje košta.

Iz ovog kratkog prikaza pojma kvalitete može se uočiti da proizvođači i potrošači različito promatraju, a možda i percipiraju kvalitetu. Stoga će se u nastavku detaljnije iznijeti njihovi pogledi.

## 10.2.1. Kvaliteta sa stajališta proizvođača i potrošača

**Proizvođači** u pravilu nastoje oblikovati, a zatim i proizvesti proizvod ili pružiti uslugu tako da se zadovolje potrebe kupaca. Za njih je kvaliteta „dosljedna usklađenost s očekivanjima kupaca".[280] Riječ „usklađenost" podrazumijeva da postoji potreba za ispunjavanjem jasne specifikacije, pri čemu je zadatak proizvodnje osigurati da proizvod ili usluga budu u skladu sa specifikacijom. „Dosljedno" podrazumijeva da sukladnost sa specifikacijama nije ad hoc događaj, već da proizvod ili usluga udovoljavaju specifikaciji jer su uzeti u obzir zahtjevi kvalitete prilikom oblikovanja proizvoda i procesa proizvodnje. Izraz „očekivanja kupaca" znači da proizvod ili usluga moraju uzeti u obzir stavove korisnika, što može utjecati na cijenu.

Mnogi autori smatraju da se kvaliteta sa stajališta proizvođača odnosi na sposobnost proizvoda ili usluge da dosljedno ispuni ili premaši zahtjeve kupaca ili njihova očekivanja.[281] Međutim, različiti kupci imaju različite zahtjeve tako da je radna definicija kvalitete ovisna o kupcu. Upravo razumijevanje očekivanja kupaca pomaže poduzećima u njihovim nastojanjima da zadovolje ili premaše očekivanja kupaca.

278 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit*. str. 217.
279 Juran, J. M. (1999). How to Think about Quality. U: Juran, J. M. i Godfrey, A. B. (eds.). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill. str. 2.1-2.18.
280 Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson. str. 536.
281 Stevenson, W. J. (2015) *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education. str. 367.

Sa stajališta **potrošača** kvaliteta je ono što potrošač smatra da proizvod ili usluga trebaju biti. To je ustvari stupanj podudarnosti između očekivanja kupaca i njihova doživljaja (percepcije) o tome kakav određeni proizvod ili usluga stvarno jesu.[282]

Kupci danas sve više naglašavaju vrijednost proizvoda ili usluge pri čemu im kvaliteta postaje ključni čimbenik u njezinom određivanju. Prema stavu jednog od gurua (pionira) kvalitete, W. E. Deminga, kvaliteta proizvoda i usluge određena je onim što kupac želi i što je spreman platiti.[283]

Kupci, ne samo da imaju različite potrebe, oni imaju i različita očekivanja. To rezultira time da se kvaliteta definira kao pogodnost proizvoda ili usluge za namjeravanu upotrebu ili kao prikladnost za upotrebu (engl. *fit for use*).

Bez obzira na različite pristupe kvaliteti, proizvođači i kupci žele kvalitetu. Proizvođači pri tome nastoje zadovoljiti potrebe ciljane skupine potrošača ugrađujući kvalitetu u proizvod od oblikovanja do njegove finalizacije. Često se događa da se proizvodi i usluge oblikuju s namjernim razlikama u svojim značajkama upravo da bi se zadovoljile različite želje i potrebe potrošača jer, kako je rečeno, svaka ciljna skupina je specifična po svojim potrebama. Primjerice, kamioni Mercedesa i Forda jednako su „prikladni za upotrebu", u smislu da oba omogućavaju transport potreban kupcu, i da svaki može zadovoljiti standarde kvalitete pojedinog kupca. Mada su ova dva kamiona oblikovana za istu upotrebu, razlikuju se po svojoj izvedbi, značajkama, veličini i raznim drugim svojstvima kvalitete jer su oblikovani za različite skupine potrošača.[284]



## 10.2.2. Usklađivanje pogleda proizvođača i potrošača s obzirom na kvalitetu

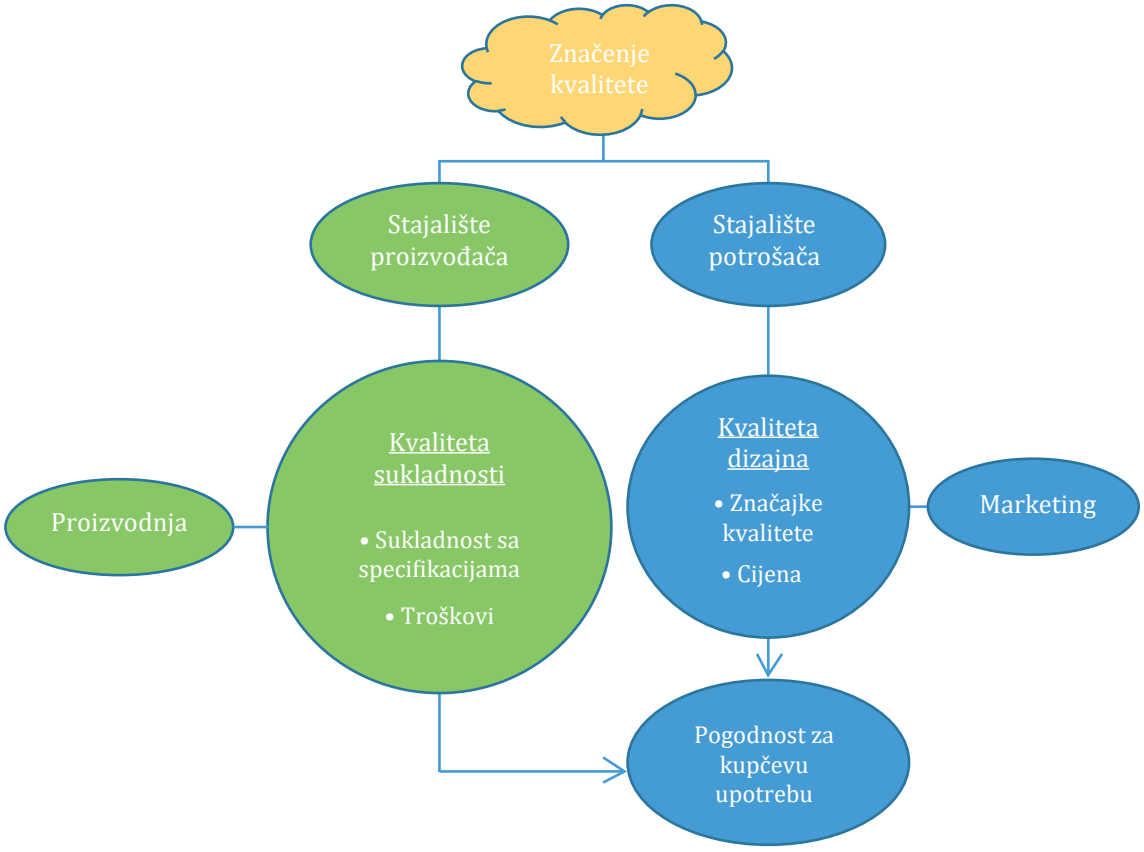
Sa stajališta proizvođača, kvaliteta se povezuje s oblikovanjem i izradom proizvoda da bi se zadovoljile potrebe potrošača. Sa stajališta potrošača, kvaliteta se povezuje s vrijednošću, korisnošću, pa čak i s cijenom proizvoda.[285] Proizvođač se usredotočuje na zadovoljavanje specifikacija i ograničavanje nedostataka, a potrošač često kvalitetu definira nejasno, neodređeno, promjenjivo i/ili subjektivno.[286]

Mada se cijena najrjeđe vezuje za kvalitetu proizvoda ili usluge, iz perspektive kupca ona ipak ima određenu važnost. To proizvođač treba uzeti u obzir, te treba nastojati postići kvalitetu usklađenosti po prihvatljivoj cijeni, što znači da treba voditi računa o troškovima proizvodnje. Ako se proizvodi ili usluge ne mogu proizvesti po konkurentskoj cijeni, to finalni proizvod neće imati prihvatljivu vrijednost (cijena će biti viša nego što je potrošač spreman platiti s obzirom na kvalitetu proizvoda). Dakle, značajke kvalitete uključene u oblikovanje proizvoda moraju biti uravnotežene s proizvodnim troškovima.[287]

---

282 Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 537.
283 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management*. 7th edition. Wiley & Sons, str. 56.
284 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit*. str. 56.
285 Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. 4. izd. Zagreb: Mate. str. 90.
286 Brennan, L. L. (2011). *Operations management.* McGraw-Hill 36-Hour Course. str. 58.
287 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management*. 7th edition. Wiley & Sons. str. 58.

Zaključno, može se reći da su pogledi na kvalitetu kod proizvođača i potrošača međusobno ovisni, što prikazuje slika 10.1.[288]




***Slika 10.1. Značenje kvalitete***

Proizlazi da se kvaliteta može definirati kao pogodnost za upotrebu, što odgovara definiranju kvalitete sa stajališta potrošača. Potrošač je taj koji donosi konačnu presudu u pogledu kvalitete.

## 10.3. KVALITETA I SUKLADNOST SA SPECIFIKACIJAMA

Sukladnost sa specifikacijama znači da je proizvod proizveden ili usluga pružena onako kako su oblikovani. O oblikovanju proizvoda ili usluge bilo je riječi u poglavlju 4. Tamo se moglo naučiti da cijeli proces oblikovanja započinje kupcem koji specificira svoje potrebe. Potrebe kupca se kroz tehničku (inženjersku) funkciju oblikuju u proizvod ili uslugu i pretvaraju u specifikacije. Proizvodna funkcija izrađuje proizvod prema specifikaciji, inzistirajući na usklađenosti (čime se osigurava kvaliteta proizvoda).

[288] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 59.

Postizanje usklađenosti sa specifikacijom, a time i kvalitete, zahtijeva sljedeće **korake**:[289]

1. određivanje ključnih značajki kvalitete proizvoda ili usluge
2. odlučivanje o tome kako mjeriti svaku značajku kvalitete
3. postavljanje standarda kvalitete za svaku značajku kvalitete
4. kontroliranje kvalitete prema tim standardima
5. pronalaženje i ispravljanje uzroka loše kvalitete
6. nastavljanje s poboljšanjima.

**Korak 1. Određivanje ključnih značajki kvalitete proizvoda ili usluge***.* Značajke proizvoda ili usluge navode se prilikom njihova oblikovanja, pri čemu sve nisu ključne za kvalitetu proizvoda ili usluge. Cilj je izabrati one značajke koje su ključne za zadovoljstvo potrošača. Pri tome su neke značajke kvalitete iste za proizvode i usluge, ali su često i različite.

Najčešće značajke kvalitete proizvoda su: funkcionalnost, izgled, pouzdanost, trajnost, popravljivost i kontaktibilnost. *Funkcionalnost* označava koliko dobro proizvod obavlja ono što mu je temeljna funkcija, a uključuje njegove performanse i značajke. *Izgled* se odnosi na senzorske značajke proizvoda ili usluge: miris, izgled, osjećaj i zvuk. *Pouzdanost* je dužina vremena u kojem se proizvod ili usluga koriste prije nego prestanu raditi. *Trajnost* znači ukupan korisni vijek trajanja proizvoda uz pretpostavku povremenog popravka. *Popravljivost* znači lakoću kojom se problemi s proizvodom ili uslugom mogu otkloniti. *Kontaktibilnost* se odnosi na prirodu osobnog kontakta koji bi se mogao dogoditi, a može uključiti ljubaznost, empatiju, osjetljivost i znanje kontakt osoblja.

Za razliku od proizvoda, kod usluga se često kao značajke kvalitete navode sljedeće: vrijeme i pravovremenost, potpunost, ljubaznost, konzistentnost, pristupačnost i praktičnost, točnost i suosjećanje.[290] *Vrijeme i pravovremenost* se odnose na nastojanje da kupac ne čeka dugo na uslugu i da se ona realizira na vrijeme. Primjerice, da se paket isporuči u dogovoreno vrijeme, na dogovorenu adresu. *Potpunost* treba osigurati da se izvrši sve što je kupac zatražio. Primjerice, da se kupcu isporuči kompletirana narudžba iz kataloga web trgovine. *Ljubaznošću* se želi osigurati da se kupci ljubazno tretiraju od strane zaposlenika. Primjerice, da medicinsko osoblje bude ljubazno i svojim glasovima ugodno. *Konzistentnost* se odnosi na nastojanje da se pruži ista razina usluge svakom kupcu, svaki put. Primjerice, da SPA tretman traje uvijek isto vrijeme, s istim postupcima. *Pristupačnost i praktičnost* se odnose na nastojanje da kupac lako dobije traženu uslugu. Primjerice, kada kupac nazove banku u kojoj ima uslugu internet bankarstva, da mu servisni predstavnik odgovori vrlo brzo. *Točnost* ima za cilj da se usluga izvede ispravno svaki put. Primjerice, da naš izvod bankovnog računa ili kreditne kartice bude ispravan svakog mjeseca. *Suosjećanjem* se nastoji da zaposlenici poduzeća dobro reagiraju na neobične situacije. Primjerice, da telefonski operater pomogne kupcu koji se ne snalazi dobro u online kupovini, tako da ga sasluša, strpljivo odgovara na postavljena pitanja, vodi ga kroz postupak kupovine, ponovi nešto ako kupac nije razumio i slično.



289 Schroeder, R. G. (1999). *op.cit.* str. 97.
290 Prilagođeno prema: Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 56-57.

U tablici 10.1.[291] će se pokazati što se pod kojom značajkom kvalitete podrazumijeva u različitim procesima. Navedene su značajke kvalitete koje se uobičajeno analiziraju kod proizvoda, ali ovaj primjer pokazuje kako se one mogu analizirati i kod usluga.

***Tablica 10.1. Značajke kvalitete za automobil, bankovni kredit i putovanje zrakoplovom***

| Značajke kvalitete | Automobil (proces transformacije materijala) | Bankovni kredit (proces transformacije informacija) | Putovanje zrakoplovom (proces transformacije u kojem sudjeluje kupac) |
|---|---|---|---|
| **Funkcionalnost** | *Brzina, ubrzanje, potrošnja goriva, kvaliteta vožnje, držanje na cesti itd.* | *Kamatna stopa, uvjeti i odredbe* | *Sigurnost i trajanje putovanja, obrok i piće tijekom putovanja, rezervacija automobila i hotela* |
| **Izgled** | *Estetika, oblik, završna obrada, itd.* | *Estetski izgled informacija, web stranica, itd.* | *Uređenje i čistoća zrakoplova, salona i osoblja* |
| **Pouzdanost** | *Prosječno vrijeme do greške* | *Održavanje obećanog (implicitno i eksplicitno)* | *Poštivanje objavljenih redova letenja* |
| **Trajnost** | *Korisni životni vijek (uz održavanje)* | *Stabilnost uvjeta i odredbi* | *Ukorak s trendovima u industriji* |
| **Popravljivost** | *Jednostavnost popravka* | *Rješavanje nedostataka usluge* | *Rješavanje nedostataka usluge* |
| **Kontaktibilnost** | *Znanje i ljubaznost prodajnog osoblja* | *Znanje i ljubaznost osoblja u podružnici i centrali* | *Znanje, ljubaznost i osjećajnost zrakoplovnog osoblja* |

**Korak 2.** **Odlučivanje o tome kako mjeriti svaku značajku kvalitete**. U ovom koraku važno je utvrditi način mjerenja i kontroliranja izabranih značajki. Svaku značajku kvalitete nije jednako lako izmjeriti. To se posebno odnosi na „izgled" i „kontakt", pri čemu se „izgled" može lakše objektivizirati nego „kontakt". Značajka kvalitete kao što je „izgled" može se izmjeriti pomoću svojih konstitutivnih elemenata. Na primjeru automobila mogu se mjeriti „boja podudaranja", „površinska obrada" i „broj vidljivih ogrebotina", što su objektivno opisane značajke kvalitete koje se mogu i kvantificirati. U ovakvim slučajevima postoje razni uređaji, mjerni instrumenti, ili čak vizualni pregled. Puno teže je opisati, primjerice, „ljubaznost" zrakoplovnih djelatnika. Ova značajka kvalitete nema objektivnu kvantitativnu mjeru, ali se ona često ističe kao ključna u svim uslugama s visokim kontaktom s kupcima, pa tako i u zrakoplovnim kompanijama. U ovakvim slučajevima, organizacija će morati pokušati izmjeriti percepciju korisnika o ljubaznosti, najčešće upitnikom.

Značajke kvalitete koje se mjere mogu biti varijabilne i atributivne. Varijabilne značajke su one koje se mogu mjeriti na kontinuiranoj varijabilnoj skali kao, primjerice, duljina, promjer, težina ili vrijeme. Atributivne su one koje se procjenjuju ili opisuju kao dva stanja, primjerice pravo ili krivo, radi ili ne radi, dobro je ili nije dobro i slično. Primjeri varijabilnih i atributivnih mjera koje se mogu koristiti za izabrane značajke kvalitete za automobil i putovanje zrakoplovom, prikazuje tablica 10.2.[292]

[291] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 542.
[292] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 544.

***Tablica 10.2. Varijabilne i atributivne mjere za značajke kvalitete***

| Značajke kvalitete | Automobil | | Putovanje zrakoplovom | |
|---|---|---|---|---|
| | varijabilne | atributivne | varijabilne | atributivne |
| **Funkcionalnost** | *Vrijeme ubrzanja i kočenja* | *Je li zadovoljavajuća kvaliteta vožnje?* | *Broj letova koji je stvarno stigao na destinaciju (nije se srušio)* | *Je li hrana prihvatljiva?* |
| **Izgled** | *Broj vidljivih mrlja na automobilu* | *Odgovara li boja specifikaciji?* | *Broj mjesta koja nisu očišćena zadovoljavajuće* | *Je li posada odjevena primjereno?* |
| **Pouzdanost** | *Prosječno vrijeme između kvarova* | *Je li pouzdanost zadovoljavajuća?* | *Postotak letova koji su stigli na vrijeme* | *Je li bilo ikakvih pritužbi?* |
| **Trajnost** | *Životni vijek automobila* | *Je li predvidljiv životni vijek?* | *Broj inovacija usluga u odnosu na konkurente* | *Ažuriraju li se zrakoplovne usluge na zadovoljavajući način?* |
| **Popravljivost** | *Vrijeme od otkrivanja greške do njezinog popravka* | *Je li servisiranje automobila prihvatljivo?* | *Postotak pogrešnih usluga riješenih zadovoljavajuće* | *Ima li kupac osjećaj da osoblje pristupa na zadovoljavajući način pritužbama?* |
| **Kontaktibilnost** | *Razina pomoći pružena od prodajnog osoblja (na ljestvici od 1 do 5)* | *Osjećaju li korisnici da su dobro posluženi (da ili ne)?* | *Stupanj koji pokazuje koliko se kupci dobro osjećaju postupanjem osoblja (od 1 do 5)* | *Jesu li korisnici osjećali da je osoblje korisno (da ili ne)?* |

**Korak 3.** **Postavljanje standarda kvalitete za svaku značajku kvalitete**. Obično se standardi kvalitete definiraju kao ciljana vrijednost i granice tolerancije, odnosno kao minimalno i maksimalno prihvatljive granice neke značajke kvalitete (± od ciljane vrijednosti). Kod varijabilnih značajki kvalitete puno je lakše mjeriti kvalitetu i donositi odluke o uspješnosti proizvodnje. Primjerice, ako kutija žitnih pahuljica treba sadržavati 250 g (ciljana vrijednost), granice tolerancije mogu biti, donja: - 0 g, i gornja: + 1 g, odnosno kutija bi trebala težiti između 250 i 251 g. Kod atributivnih značajki nije problem utvrditi koliko je proizvoda, primjerice, loše, a koliko dobro, ali je problem utvrditi je li broj loših proizvoda prihvatljiv ili ne? Ovaj problem je posebno prisutan u onim djelatnostima u kojima treba ispuniti očekivanja kupaca, odnosno djelatnostima s visokim kontaktom s kupcima. Primjerice, ako se samo jedan putnik od njih 10.000 u letovima jedne zrakoplovne kompanije žali da je hrana bila loša, to je dobro, jer je 9.999 putnika zadovoljno. Ili je to loše? Naime, ako se jedan putnik žali, moguće da postoji još nezadovoljnih koji se nisu žalili. Stoga se u ovakvim djelatnostima vrši usporedba s drugim kompanijama, te ako je razina žalbi slična drugim zrakoplovnim kompanijama, možda bi se moglo reći da je kvaliteta obroka bila zadovoljavajuća.

**Korak 4.** **Kontroliranje kvalitete prema definiranim standardima**. Nakon što se postave odgovarajući standardi, proizvodnja treba provjeriti jesu li proizvodi ili usluge u skladu s tim standardima. To uključuje tri odluke:

- Gdje u proizvodnji treba provjeriti da je proizvod u skladu sa standardima?
- Treba li provjeriti svaki proizvod ili uslugu, ili uzeti uzorak?
- Kako treba izvršiti provjere?

Gdje se provodi provjera? Provjera značajki kvalitete u pravilu se provodi na početku procesa gdje se provjerava ono što ulazi u proces. Zatim se provjera može odvijati tijekom procesa u određenim fazama proizvodnje, te na kraju procesa, kada je proizvod gotov, a prije nego je došao do kupca.

Provjeriti svaki proizvod ili uslugu, ili uzeti uzorak? Naizgled može biti opravdano kontrolirati svaki proizvod ili uslugu, ali mnogo je praktičnije provjeru raditi temeljem uzorka. Više je razloga tome. Jedan je u tome da može biti opasno pregledavati sve. Primjerice, ako trebamo analizu krvi, laborant nam ne treba izvaditi svu krv. Dovoljan je mali uzorak krvi, jer će on dobro reprezentirati stanje našeg organizma. Drugi razlog je u tome da kada bi se sve provjeravalo to bi moglo uništiti proizvode ili ometati uslugu. Primjerice, kada bi se ispitivalo koliko dugo traje žarulja, ne treba upotrijebiti sve žarulje, jer bi ih sve uništili. Ili, konobar ne treba provjeravati svakih 30 sekundi je li gost zadovoljan hranom. Treći je u tome da provjeravanje svega može biti dugotrajno i skupo. Naime, neizvedivo je kontrolirati sve proizvode jedne veliko serijske proizvodnje ili osjećaje svakog putnika autobusa svakoga dana. Također, 100 % provjere ne može jamčiti da će se otkriti svi nedostaci jer nije lako uočiti sve. Primjerice, pokušajte izbrojiti broj slova „o“ na ovoj stranici. Ponovite postupak i vidite jeste li dobili isti rezultat. Često je odluka o provođenju 100 % kontrole kvalitete ili kontrole pomoću uzorka određena odnosom troškova propuštanja proizvoda s greškom i troškova kontrole. Ako je trošak propuštanja proizvoda s greškom veći od troška kontrole, treba provoditi 100 % kontrolu. I obrnuto.

Kako treba izvršiti provjere? U praksi se većina značajki kvalitete proizvoda ili usluge ispituje pomoću uzorka. Najčešći pristup za provjeru kvalitete je statistička kontrola procesa, SKP (engl. *statistical process control, SPC*). SKP se bavi uzorkovanjem procesa tijekom proizvodnje roba ili isporuke usluga. Na temelju izabranog uzorka donosi se odluka o tome je li proces „pod kontrolom“, tj. djeluje li onako kako bi trebao. Ključni aspekt SKP je da provjerava varijabilnost tijekom izvođenja procesa kako bi se utvrdilo radi li proces kako treba. Zapravo, smanjenje varijabilnosti jedan je od najvažnijih ciljeva poboljšanja kvalitete.

**Korak 5. Pronalaženje i ispravljanje uzroka loše kvalitete**. Puno je važnije otkriti uzrok loše kvalitete nego samu grešku. Još je važnije otkloniti uzrok loše kvalitete, jer ako se to ne bi napravilo, proizvodi s greškama bi se ponavljali. Uzroci loše kvalitete mogu biti u neadekvatnim sirovinama, slabim vještinama ili nedovoljnim znanjima radnika, nejasnim ili loše definiranim procedurama rada, neispravnim strojevima i opremi itd. Kada se uzroci loše kvalitete pravilno identificiraju i otklone, proizvodni sustav postaje stabilan i pogodan za poboljšanje.

**Korak 6. Nastavljanje s poboljšanjima**. Poboljšanja su moguća samo ako je proizvodni sustav pod kontrolom, tj. ako je stabilan. To znači da su proizvodi ili usluge određenog procesa u skladu sa specifikacijama. Tako stabilne sustave treba stalno poboljšavati, odnosno težiti da se spriječi pojava grešaka. Prevencija grešaka uvijek je jeftinija nego ispravljanje grešaka, a moguće ju je postići u svim fazama procesa proizvodnje – od oblikovanja proizvoda, izbora dobavljača i sirovina, oblikovanja procesa, obuke radnika, održavanja strojeva i sličnog.

Iz svega navedenog zaključuje se da postizanje kvalitete usklađenosti sa specifikacijama ovisi o brojnim čimbenicima; oblikovanju proizvodnog procesa (razlikuje se od oblikovanja proizvo-

da), razini pripreme strojeva, opreme i tehnologije, materijalu koji se koristi, osposobljenosti radnika, stupnju korištenja tehnika statističke kontrole kvalitete, procedurama rada i slično. Kada je oprema loša ili nije prilagođena, kada radnici rade greške, kada su materijali i dijelovi neispravni, a nadzor loš, procedure nejasne, teško se mogu ispuniti specifikacije. I obrnuto.

## 10.4. RAZVOJ KVALITETE

O kvaliteti se vodilo računa od najranijih aktivnosti čovjeka, ali su se razine znanja i način pristupanja kvaliteti mijenjali razvojem društva. Sustavnija briga za kvalitetu počela je u ranim danima industrijske revolucije, nastavila se tijekom Drugog svjetskoga rata te postala prioritet za američke i europske menadžere, nakon što su japanski proizvodi preuzeli veće tržišne udjele u 1970-im i 1980-im godinama. Od tada do danas kvaliteta nastavlja biti među glavnim temama poslovnog odlučivanja.

**Prije industrijske revolucije** za kvalitetu proizvoda su bili zaduženi majstori obrtnici koji su izvodili sve faze proizvodnje nekog proizvoda. Oni su birali sirovine, oblikovali i izrađivali proizvod, kontrolirali ga, razvijali proizvodne tehnike i oruđa za rad, prodavali i popravljali proizvod u slučaju reklamacije. Svaki proizvod je bio malo drugačiji od drugog, mada te razlike nisu bile vidljive. Dugotrajno naukovanje bio je način na koji su se znanja i vještine prenosile na nove radnike.

**Pojavom industrijske revolucije** sve je više rasla potražnja, te se zahtijevala brža proizvodnja, što je za zanatlije postalo napornije. Došlo je do daljnje podjele rada (zanatlija posao više nije izvodio u cjelini, već samo jedan njegov segment), što je dovelo do centralizacije proizvodnje (više radnika je surađivalo na izradi određenog proizvoda). Novi način proizvodnje organizirao se u tvornicama, a radnici (nekada zanatlije, majstori) su postali odgovorni samo za dio posla kojeg su obavljali. Radnik se više nije mogao identificirati s konačnim proizvodom jer je radio samo jedan njegov manji dio. Zbog toga je izgubio ponos vezan za rezultat svoga rada. Kontrole, u pravom smislu te riječi, nije bilo. Ona je bila slučajna, mada u nekim slučajevima i 100 postotna.

**Početkom dvadesetog stoljeća** razvija se novi pristup proizvodnji i kvaliteti poznat kao „znanstveni menadžment", tvorac kojeg je F. W. Taylor.[293] Taylor je zastupao stav da, ako se želi ubrzati proizvodnja, najprije treba analizirati kako se do proizvoda uopće dolazi, a potom naći najbolji način da se taj proizvod napravi. Drugim riječima, *„nije bitno što se radi, već kako se to radi".*[294] Taylor je dao novi naglasak na kvalitetu uključivanjem inspekcije proizvoda i mjerenja kao temeljnih područja upravljanja proizvodnjom. Za ovo razdoblje karakteristična su dva doprinosa: prvi, da je kvaliteta uključena već kod oblikovanja proizvoda, i drugi, da su povezani visoka kvaliteta, povećana proizvodnost i niži troškovi.[295]

Daljnji napredak u području kvalitete dogodio se s W. Shewhartom koji je uočio da su varijacije u proizvodnom procesu prirodna pojava zbog koje proizvodi ne mogu biti potpuno identični, ali

[293] Znanstveni menadžment detaljnije je objašnjen u poglavlju 9.
[294] Rose, K. H. (2005). *Project Quality Management: Why, What, and How.* J. Ross Publishing, Inc. str. 14.
[295] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 368-369.

su unutar zadanih specifikacija. Ako su pak te varijacije izazvane nekim uzrokom (radnik koji se ozlijedio nastavlja raditi, materijal je lošije kvalitete i slično), odstupanja od specifikacija postaju veća. Razvio je alate za analizu i razumijevanje varijacija te postavio temelj za statističku kontrolu procesa. To je bilo **razdoblje između 1920-ih i 1930-ih**. Mada su postavljeni temelji za statističku kontrolu kvalitete pomoću kontrolnih karata, statistički postupci kontrole nisu se često koristili do Drugog svjetskoga rata.

**Drugi svjetski rat** doveo je do povećane brige za kvalitetom. Potrebe na bojištu bile su hitne, nije bilo vremena za doradu proizvoda, čime se skraćivalo vrijeme proizvodnje. Svi proizvodi koji su bili blizu ciljane vrijednosti su isporučivani, jer ih je vojska trebala upravo tada. Mada je veliki broj inženjera bio obučen za primjenu statističkih metoda kontrole i mada su u tom vremenu nastale profesionalne organizacije koje su se bavile kvalitetom, kao primjerice Američko društvo za kontrolu kvalitete (engl. *American society for quality control, ASQC*), razdoblje rata nije poboljšalo kvalitetu.

**Tijekom 1950-ih** su kretanja u području kvalitete evoluirala u osiguranje kvalitete. Područje kontrole kvalitete proširilo se iz proizvodnje na oblikovanje proizvoda i ulazne sirovine. Važna značajka ovog razdoblja bila je i veći angažman višeg menadžmenta u kvaliteti.

**Tijekom 1960-ih** postao je popularan koncept „nula grešaka". U ovom pristupu naglasak je bio na motivaciji i svijesti radnika, kao i očekivanju savršenstva od svakog radnika. Cilj je bio dobiti proizvode bez greške.

**U 1970-im** godinama dogodile su se dvije bitne stvari. Metode osiguranja kvalitete značajnije su se primijenile u uslugama, a japanski proizvodi su svojom kvalitetom i cijenom osvojili tržišta. Japanci su nakon Drugog svjetskoga rata prihvatili kvalitetu kao ključnu komponentu u obnovi industrijske baze zemlje, te razvili dalje koncept kvalitete naglašavajući važnost *unutarnjeg kupca*, uvodeći *kružoke kvalitete*, te *kaizen – kontinuirano poboljšanje*. Svojim pristupom kvaliteti japanski su proizvodi postali jeftiniji i kvalitetniji od sličnih proizvoda diljem svijeta. Ono što je označavao pojam „japanska kvaliteta" promijenilo je značajnije odnos prema kvaliteti - s osiguranja kvalitete (reaktivan pristup) na strateški pristup kvaliteti (proaktivan pristup). Strateški pristup kvaliteti stavio je naglasak na sprečavanje grešaka, a ne na pronalaženje i ispravljanje neispravnih proizvoda prije nego oni dođu na tržište. Pored navedenog, ovaj je pristup veći naglasak stavio na zadovoljstvo kupaca, kao i uključivanje svih razina menadžmenta i radnika u kontinuiranom nastojanju ka povećanju kvalitete.

Japanski utjecaj na kvalitetu doveo je do **današnjeg pristupa kvaliteti**, prema kojem kvalitetu definiraju zahtjevi kupaca, a ne proizvodi ili procesi. Kratak pregled pristupa kvaliteti, od industrijske revolucije do danas, prikazuje tablica 10.3.[296]

[296] Rose, K. H. (2005). *op.cit*. str. 18.

***Tablica 10.3. Kvaliteta nekada i danas***

| Kvaliteta nekada | Kvaliteta danas |
|---|---|
| **Nadzor (inspekcija):** Kontrola proizvoda na kraju procesa radi utvrđivanja podudarnosti sa specifikacijama | **Fokus na kupca:** Zahtjevi kupaca su u osnovi proizvoda |
| **Statistika:** Utvrđivanje granica prihvatljivosti | **Varijacije:** Razumjeti ih, kontrolirati ih |
| **Dorada:** Popravak (ili odbacivanje) nesukladnih proizvoda | **Kontinuirano poboljšanje:** Proizvodi i procesi se neprekidno unapređuju |

## 10.5. GURUI KVALITETE



Prema Oxfordskom rječniku,[297] guru je utjecajni učitelj ili popularni stručnjak. Sukladno tome, guru u području kvalitete, uz navedene osobine, je karizmatičan pojedinac čiji koncept i pristup kvaliteti ima velik i trajan utjecaj na poslovanje i život.[298] S obzirom na to da je japanski pristup kvaliteti doveo do revolucionarnih promjena u razvoju kvalitete, ali i to da su Japanci temeljne spoznaje o kvaliteti dobili od američkih stručnjaka, mogu se definirati dvije grupe gurua kvalitete. To su:[299]

- *Amerikanci*, koji su donijeli poruke kvalitete Japanu i svijetu, kao što su: Walter Shewhart, Armand V. Feigenbaum, William E. Deming, Joseph M. Juran, Philip B. Crosby, te
- *Japanci,* koji su razvili nove koncepte kao odgovor na američke poruke, kao što su: Kaoru Ishikawa, Shigeo Shingo i Genichi Taguchi.

Za svakog od njih dat će se kratak pregled doprinosa kvaliteti.

**Walter A. Shewhart** (1891 – 1967) bio je inženjer, a poznat je kao otac statističke kontrole kvalitete. Shewhart je uočio da svaki proces ima varijacije, ali da neki procesi prikazuju kontroliranu varijaciju koja je prirodna za proces, dok drugi prikazuju nekontroliranu varijaciju, koja nije u svakom trenutku prisutna u procesu. Stoga je zaključio da ***varijacije u procesu*** mogu biti prirodne ili nečim uzrokovane, te je razvio alat za razlikovanje tih dviju varijacija. Ukazao je na važnost smanjenja varijacija u proizvodnom procesu i razumijevanja da je stalno prilagođavanje procesa zbog nepodudarnosti sa specifikacijama samo povećavalo varijacije i smanjivalo kvalitetu. Cilj njegova rada bio je držati proces pod statističkom kontrolom kako bi se izbjegle slučajne varijacije. Shewhart je imao snažan utjecaj na Deminga i Jurana.

297 https://en.oxforddictionaries.com/definition/guru, pristup: 08.11.2017.
298 Ho, S. K. M. (1999). *Operations and Quality Management.* London: International Thomson Business Press. str. 47.
299 Ho, S. K. M. (1999). *op.cit.* str. 47.

**Armand V. Feigenbaum** (1922 - 2014) je bio ekspert u području kontrole kvalitete, te je razvio koncept „***ukupna kontrola kvalitete***“ (engl. *total quality control, TQC*). Njegov doprinos području kvalitete je sljedeći:[300]

- Smatrao je da kvaliteta treba biti prisutna u svim fazama poslovnog ciklusa. Ona treba započeti s utvrđivanjem zahtjeva za kvalitetom od strane kupca i završiti onda kada je kupac zadovoljan proizvodom kojeg ima u rukama. Ukupna kontrola kvalitete treba voditi koordinirane aktivnosti ljudi, strojeva i informacija kako bi se postigao ovaj cilj.
- Odgovornost za ukupnu kontrolu kvalitete mora biti podijeljena, a ne temeljiti se samo na osiguranju kvalitete ili kontroli kvalitete.
- Pojasnio je ideju o troškovima kvalitete, i to o troškovima povezanima s lošom kvalitetom. Naime, definirao je „***skriveni pogon***“ kao udio kapaciteta tvornice koji postoji kako bi se obradili nezadovoljavajući dijelovi i koji se kreće od 15 % do 40 %. Bio je među prvima koji je tvrdio da je bolja kvaliteta, dugoročno, jeftinija.

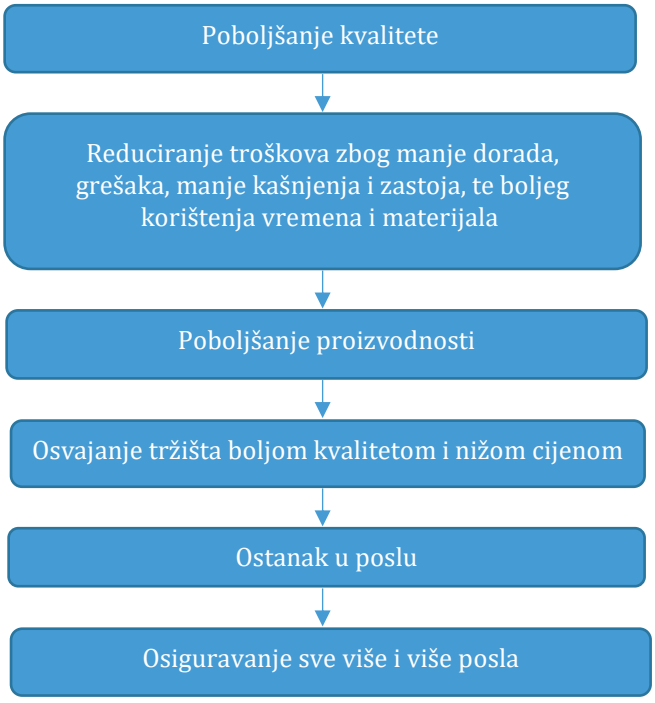
**Edwards W. Deming** (1900 – 1993), fizičar i statističar, nastavio je raditi sa Shewhartom na unapređivanju statističke kontrole procesa, naročito za vrijeme Drugog svjetskoga rata. Unaprijedio je alat poznat kao „Shewhartov krug“ u krug „***planiraj-izvedi-provjeri-djeluj***“ (engl. *plan-do-study-act, PDSA*), koji se danas naziva Demingov ciklus. Poznat je po svom radu na poboljšanju kvalitete u Japanu nakon Drugog svjetskoga rata. Njegova se uloga u Japanu izuzetno cijenila, te je kao zahvalu za svoj doprinos u području kvalitete dobio niz priznanja, od kojih je posebno značajna nagrada za kvalitetu nazvana njegovim imenom Deming Prize, utemeljena 1951. godine. Ova nagrada se dodjeljuje u tri kategorije: (1) za pojedince, (2) za poduzeća i autonomne dijelove poduzeća, te (3) za kontrolu kvalitete u tvornicama.[301]

Deming nikada nije dao jednu definiciju kvalitete, mada je u mnogo navrata objašnjavao što kvaliteta jest. Smatrao je da proizvod ili usluga posjeduje kvalitetu ukoliko nekome pomaže i ukoliko je održiv/a na tržištu.[302] Objašnjavao je također da je kvaliteta funkcija kontinuiranog poboljšanja temeljena na smanjenju varijacija oko željenog rezultata.[303] Njegova filozofija kvalitete se u stvari fokusira na poboljšanja u proizvodima i uslugama reduciranjem varijacija u procesima oblikovanja i proizvodnje. Prema njemu, varijacije su glavni krivac za lošu kvalitetu jer u proizvodnim poduzećima vode do nekonzistentnih izvedbi i grešaka, a u uslužnim poduzećima do nezadovoljstva kupaca i lošeg ugleda na tržištu.

Deming se zalagao za kontinuirani ciklus oblikovanja proizvoda, proizvodnje, testiranja, prodaje praćene marketinškim procjenama te eventualnim preoblikovanjem. Smatrao je da viša kvaliteta vodi većoj proizvodnosti, što zauzvrat vodi dugoročnom jačanju konkurentnosti. Ovaj pogled sažima tzv. „lančana reakcija“, prikazana na slici 10.2.

---

300 Schonberger, R. J. i Knod, E. M. (1994). *Operations Management: continuous Improvement*. 5th edition. Irwin. str. 29.
301 Oakland, J. (2002). *Assessing business Excellence*. Oxford: Butterworth-Heinemann. str. 32.
302 Evans, J. R. i Lindsay, W. M. (2002). *The management and Control of Quality.* 5th edition. South-Western: Thomson learning. str. 91.
303 Beckford, J. (2004). *Quality*. 2nd edition. London: Routledge. str. 65.




***Slika 10.2. Demingova lančana reakcija***

Deming je naglašavao da najviši menadžment snosi najveću odgovornost za poboljšanje kvalitete. Formulirao je 14 točaka za menadžment koje su tada izazvale određenu konfuziju i nerazumijevanje kod poslovnog svijeta, a čije značenje je pred kraj života sintetizirao u tzv. ***„sistem temeljnog znanja"*** (engl. *system of profound knowledge*). Smatrao je da razumijevanje elemenata ovog sistema olakšava razumijevanje 14 točaka. „Sistem temeljnog znanja" čine četiri međusobno povezane dimenzije:[304]

- uvažavanje sustava
- poznavanje statističke teorije
- teorija znanja
- poznavanje psihologije.

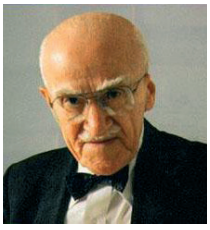
Njegovih ***14 točaka menadžmenta*** su sljedeće:[305]

1. Kreirajte i prikažite svim radnicima izjavu o ciljevima i svrsi poduzeća. Menadžment treba stalno pokazivati svoje opredjeljenje za ovu izjavu.
2. Prihvatite novu filozofiju – menadžment i svi ostali.
3. Shvatite svrhu inspekcije, kako za poboljšanje procesa tako i za smanjenje troškova.
4. Prekinite s praksom dodjeljivanja poslova samo na temelju cijene.
5. Poboljšavajte stalno i uvijek sistem proizvodnje i usluga.
6. Uspostavite obuku svih radnika.
7. Podučite i uspostavite vodstvo koje treba pomoći da se bolje radi.

[304] Ho, S. K. M. (1999). *op.cit.* str. 51-53.
[305] Evans, J. R. i Lindsay, W. M. (2002). *op.cit.* str. 92.

8. Eliminirajte strah. Stvorite povjerenje. Stvorite klimu za inoviranje.
9. Optimalizirajte napore timova, grupa i osoblja prema ciljevima i svrsi poduzeća.
10. Eliminirajte poticanje radne snage.
11. Eliminirajte numeričke kvote za proizvodnju. Umjesto toga, podučite i uvedite metode za poboljšanje. Eliminirajte upravljanje ciljevima. Umjesto toga, shvatite sposobnost procesa i kako ga poboljšati.
12. Uklonite prepreke koje ljudima oduzimaju ponos zbog posla.
13. Potičite obrazovanje i samorazvijanje svakog radnika.
14. Poduzmite akciju da se ostvari transformacija.

Deming je želio da ljudi proučavaju njegove ideje i da sami kreiraju vlastite pristupe. Mada su ga mnogi kritizirali jer nisu razumjeli njegove ideje, ipak su brojna poduzeća razradila svoje pristupe kvaliteti upravo prema Demingovoj filozofiji.



**Joseph M. Juran** (1904 – 2008) započeo je sa svojim radom u razdoblju kada su se počele razvijati statističke metode kvalitete. Vrlo važnu ulogu odigrao je u reorganizaciji japanskih poduzeća gdje je zajedno s Demingom doprinio razvoju japanske privrede. Za Jurana je karakteristično da ne predlaže velike promjene, već predlaže da se kvaliteta poboljša unutar postojećeg sustava koji je poznat menadžmentu. Kvalitetu je definirao kao „pogodnost za upotrebu" čime je sugerirao da se ona može sagledati iz unutrašnje i vanjske perspektive. Odnosno, kvaliteta se odnosi na (1) performanse proizvoda koje mogu rezultirati zadovoljstvom kupca, i (2) nedostatak grešaka koje, ukoliko postoje, mogu izazvati nezadovoljstvo kupaca.[306]

Juran je najpoznatiji po naglašavanju triju procesa kvalitete nazvanih „***trilogija kvalitete***" (engl. *quality trilogy*), a koji uključuju: planiranje, kontrolu i poboljšanje kvalitete. Pravilno planiranje kvalitete treba rezultirati procesima sposobnim ispuniti ciljeve kvalitete u određenim radnim uvjetima. Kontrola kvalitete sastoji se od mjerenja stvarne kvalitete performansi, njihovog uspoređivanja sa standardom i djelovanja na bilo koju razliku, a poboljšanje kvalitete se odnosi na pronalaženje načina da se postignu nove, poboljšane razine performansi.

Juran je pokazao da, kada se podiže svijest o kvaliteti, to u pravilu rezultira ponašanjem „napravi to kako treba od prve." Stoga je predložio četiri koraka potrebna za postizanje uspjeha u području kvalitete:[307]

- Utvrditi konkretne ciljeve koje treba ostvariti.
- Utvrditi plan za postizanje postavljenih ciljeva.
- Dodijeliti jasnu odgovornost za postizanje ciljeva.
- Temeljiti nagrade na postignutim rezultatima.

306 Evans, J. R. i Lindsay, W. M. (2002). *op.cit.* str. 104.
307 Ho, S. K. M. (1999). *op.cit.* str. 58.

**Philip B. Crosby** (1926- 2001), za razliku od Deminga i Jurana, koji su se oslanjali na statističke tehnike, zalagao se za promjenu u ponašanju kako bi se promijenile organizacijska kultura i stavovi. Njegova filozofija kvalitete može se predočiti sljedećim točkama:[308]

1. Kvaliteta je definirana kao sukladnost sa zahtjevima, a ne kao „dobrota" ili „elegancija."
2. Ne postoji problem kvalitete.
3. Uvijek je jeftinije napraviti ispravno od prve.
4. Jedino mjerilo uspješnosti je trošak kvalitete.
5. Jedini standard uspješnosti je „nula grešaka."

Crosby je sigurno najpoznatiji po konceptu „***nula grešaka***" i frazi „učinite to ispravno prvi put." On je naglašavao prevenciju i bio protiv ideje da će „tamo uvijek biti neka razina nedostataka." Koncept „***kvaliteta je besplatna***", kojeg je također zastupao, objašnjavao je troškovima loše kvalitete. Naime, te troškove je smatrao mnogo većima od tradicionalno definiranih. Prema Crosbyju, ti su troškovi toliko veliki da organizacije, umjesto da gledaju na napore za postizanje kvalitete kao trošak, trebaju gledati na kvalitetu kao način za smanjenje troškova. Razlog tome je da poboljšanja koja nastanu kao posljedica rada u području kvalitete donose puno više nego što iznose ulaganja.

Crosby je vjerovao da je svaka razina nedostataka previsoka i da postizanje kvalitete može biti relativno lako. Njegovi stavovi bili su također kritizirani, ali su u mnogim poduzećima u određenoj mjeri prisutni. Tako, primjerice, mnoga poduzeća proglašavaju „dan bez grešaka" kao dan u kojem nastoje ne napraviti niti jednu grešku.

**Kaoru Ishikawa** (1915 – 1989) jedan je od japanskih gurua kvalitete na čije stavove su značajno utjecala učenja Deminga i Jurana. Njegovi doprinosi kvaliteti su sljedeći:[309]

- Uveo je kupca u formulu kvalitete i preusmjerio fokus na njega umjesto na proizvodne metode.
- Isticao je trening i obrazovanje radnika kao temelje kvalitete.
- Kreirao je krug kvalitete naglašavajući ulogu radnika u rješavanju problema i identificiranju prilika za poboljšanje.
- Također je naglasio važnost uključenosti svih radnika u poboljšanju kvalitete i skovao frazu „kontrola kvalitete cijele kompanije" (engl. *companywide quality control*, *CWQC*).

Pored navedenog, Ishikawa je ***doprinio demistificiranju statističkog aspekta osiguranja kvalitete***. Podijelio je statističke metode u tri kategorije prema stupnju njihove složenosti i učinio ih razumljivijima svakom radniku. Srednje teške i napredne statističke metode (ili alati kvalitete) bile su predviđene za inženjere i stručnjake kvalitete, dok su elementarne, poznate kao *sedam neophodnih (osnovnih) metoda ili alata kvalitete*, bile predviđene za kontrolu procesa i svakodnevnu upotrebu. Za ove posljednje vrijedilo je da ih može savladati svaki radnik.

[308] Beckford, J. (2004). *op.cit.* str. 54.
[309] Rose, K. H. (2005). *op.cit.* str. 31.

Prema njegovom iskustvu, preko 95 % svih problema u poduzeću može se riješiti pomoću ovih osnovnih metoda ili alata.

**Shigeo Shingo** (1909 – 1990) je radio na usavršavanju proizvodnih procesa u tvornicama. Jedan od izuzetno važnih doprinosa toga rada bio je smanjenje vremena izmjene kalupa na strojevima iz čega je nastala metoda nazvana ***izmjena alata u jednoznamenkastom broju minuta*** (engl. *single minute exchange of die, SMED*).

Shingo je poznat i po konceptu ***Poka-yoke*** koji se najčešće prevodi kao „izbjegavanje greške," a odnosi se na nenamjerne greške. Prema ovom konceptu statistička kontrola kvalitete zamjenjuje se otkrivanjem uzroka svake greške i modifikacijom proizvodnog procesa čime se sprječava nastajanje grešaka. Metoda *Poka-Yoke* razvijena je kako bi se upravljalo proizvodnjom u kojoj se teorijski ne bi javljale greške i povećavali troškovi.

Shingo je napisao 14 knjiga i stotine značajnih članaka iz područja proizvodnje. Jedna od značajnijih knjiga bila je *Nova japanska proizvodna filozofija.* Temeljne platforme navedene knjige su: *proizvodnja bez zaliha, proizvodnja bez greške (defekata), točno na vrijeme (engl. just in time, JIT), poslovanje bez gubitaka* i *netroškovni princip.*

**Genichi Taguchi** (1924 – 2012) poznat je po konceptu „Taguchi metoda"[310] koja je nadogradnja na Shewhartove kontrolne karte i Demingovo kontinuirano poboljšanje. Za njega kvaliteta nije podudarnost sa specifikacijama, već cilj unutar raspona. Upravo postizanje ciljane vrijednosti može osigurati idealnu kvalitetu, dok devijacije od ciljane vrijednosti znače gubitak kvalitete. Umjesto prihvatljive razine varijacija unutar određenih granica, Taguchi sve varijacije promatra kao određeni stupanj troškova kupaca, dobavljača ili društva općenito. Primjerice, ako pizza treba sadržavati 100 g sira, a na nju se stavi 105 g to je trošak proizvođača (stavio je više sira nego je potrebno). Ako se stavi 95 g to je trošak kupca (nije dobio ono što je platio). Za razliku od Taguchija, tradicionalni pristup dopušta raspon od, primjerice, 95 do 105 g (sve unutar tog raspona je zadovoljavajuće). Taguchi nije prihvaćao tradicionalni pristup, jer je sve gledao u terminima troškova (kupca, proizvođača ili društva), i razvio ***funkciju gubitka*** pomoću koje se odmah identificiralo čiji je gubitak.

## 10.6. TROŠKOVI KVALITETE

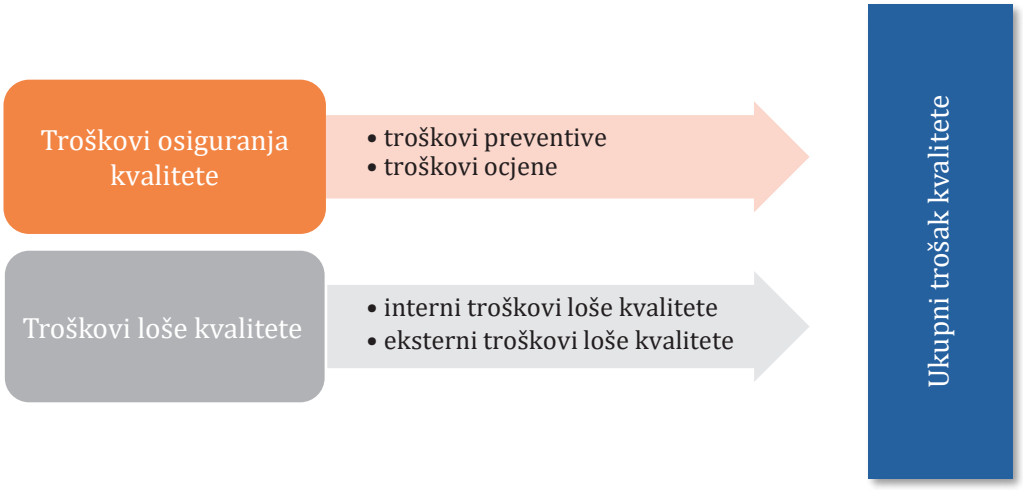
Troškovi kvalitete pojavili su se kao kategorija 1950-ih godina, pri čemu su im različiti autori pridavali različita značenja. Neki su ih izjednačavali s *troškovima postizanja kvalitete*, a neki s *dodatnim troškovima prouzročenim lošom kvalitetom*.[311]

[310] Rose, K. H. (2005). *op.cit*. str. 31.

[311] Juran, J. M. i Gryna F. M. (1999). *Planiranje i analiza kvalitete: Od razvoja proizvoda do upotrebe*. 3. izdanje. Zagreb: Mate. str. 16.

Troškovi kvalitete generalno služe kao temelj za procjenu ulaganja u programe kvalitete. Može se reći da su to troškovi koji nastaju da bi se postigla dobra kvaliteta i zadovoljni kupci, kao i troškovi koji nastaju kada kupci nisu zadovoljni isporučenom kvalitetom. Iz ovoga proizlazi da se troškovi kvalitete mogu podijeliti u dvije kategorije: 1. troškove postizanja dobre kvalitete, poznate kao troškovi osiguranja kvalitete i 2. troškove povezane s lošom kvalitetom, poznate kao troškovi nepodudarnosti sa specifikacijama.[312]

Svaka kategorija **troškova kvalitete** sadržava po dvije vrste troškova, što prikazuje slika 10.3.[313]




***Slika 10.3. Troškovi kvalitete***

Prvu skupinu ukupnih troškova kvalitete čine **troškovi osiguranja kvalitete**. To su troškovi povezani s aktivnostima kojima se uklanjaju greške tijekom proizvodnje, što se može učiniti preventivom i ocjenom.

***Troškovi preventive*** su troškovi koji nastaju zbog nastojanja da se troškovi propusta i ocjenjivanja zadrže na minimumu.[314] Oni obuhvaćaju:[315]

- Planiranje kvalitete; čitav niz aktivnosti koje se odnose na uspostavljanje plana kvalitete i drugih specijalističkih planova, te pripremu postupaka za prijenos tih planova svima zainteresiranima
- Ispitivanje novog proizvoda; ispitivanje i priprema specifikacija za nove proizvode, ocjena novog dizajna, priprema programa za testiranje i eksperimentiranje, ocjena dobavljača, marketinške studije da se utvrde zahtjevi kupaca glede kvalitete
- Obuku; razvoj i izvođenje programa obuke
- Planiranje procesa; oblikovanje i razvoj sredstava za kontrolu procesa
- Podatke o kvaliteti; prikupljanje podataka, analiza podataka, izvještavanje
- Projekte za poboljšanje; planirana istraživanja propusta usmjerena na kronične probleme u kvaliteti.

312 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 83.
313 Prema: Schroeder, R. G. (1999). *op.cit.* str. 105.
314 Juran, J. M. i Gryna F. M. (1999). *op.cit.* str. 18.
315 Schroeder, R. G. (1999). *op.cit.* str. 106.

***Troškovi ocjene*** javljaju se prilikom određivanja stupnja sukladnosti sa zahtjevima kvalitete, a obuhvaćaju sljedeće troškove:[316]

- Pregled ulaznog materijala; troškovi utvrđivanja kvalitete ulaznih sirovina
- Nadzor procesa; svi testovi, postupci uzorkovanja i pregleda koji se provode tijekom proizvodnje
- Kontrolu gotovog proizvoda; svi pregledi ili testovi koji se provode na gotovom proizvodu u tvornici ili na terenu, u eksploataciji
- Laboratorij za kvalitetu; troškovi rada laboratorija na ispitivanju materijala u svim fazama proizvodnje.

**Troškovi loše kvalitete** jesu razlika između onoga koliko stvarno košta proizvod ili usluga i onoga koliko bi koštala da nema nedostataka. Smatra se da upravo troškovi loše kvalitete znatno povećavaju troškove poslovanja poduzeća, tako da se oni procjenjuju u rasponu od 20 % do 30 % od ukupnih prihoda. Što se tiče kategorije ukupnih troškova kvalitete, troškovi loše kvalitete kreću se čak od 70 % do 90 %.[317] Stoga je ova kategorija troškova ona unutar koje se mogu postići najveća poboljšanja. Troškovi loše kvalitete dijele se u dvije skupine: interne i eksterne troškove loše kvalitete.

***Interni troškovi loše kvalitete*** vezani su uz nedostatke koji se pronađu prije nego se proizvod otpremi kupcu. U te troškove spadaju:[318]

- Otpaci; trošak rada i materijala za proizvod koji se ne može koristiti ili prodati
- Popravci (ponovna obrada); troškovi ponovne obrade proizvoda
- Kvaliteta nižeg stupnja; proizvodi koji se moraju prodati ispod pune cijene zbog problema s kvalitetom
- Ponovno ispitivanje; troškovi testiranja i kontrole nakon ponovne obrade, tj. popravaka
- Vrijeme zastoja; vrijeme nerada sredstava i ljudi zbog loše kvalitete.

***Eksterni troškovi loše kvalitete*** vezuju se uz nedostatke koji se ustanove nakon što je proizvod isporučen kupcu. Primjeri tih troškova su sljedeći:[319]

- Jamstvo; troškovi povrata, popravaka ili zamjene proizvoda na temelju jamstva
- Povrat trgovačke robe; trgovačka roba vraćena prodavaču
- Reklamacije; troškovi rješavanja reklamacija potrošača zbog loše kvalitete
- Odbici; troškovi ustupaka kupcu za proizvod ispod standardne kvalitete.

Pregledom troškova kvalitete jasno se uočava da je ulaganje u preventivu i ocjenu isplativije nego izbjegavanje takvih ulaganja. Naime, ako se ne investira u osiguranje kvalitete (preventiva i ocjena), nužno dolazi do rasta troškova loše kvalitete. Pri tome nije riječ samo o vidljivim troškovima loše kvalitete, već i onim skrivenima, na koje treba obratiti posebnu pozornost. Tu spadaju:[320] troškovi ponovnog projektiranja (oblikovanja) zbog loše kvalitete, troškovi promjene procesa proizvodnje zbog nemogućnosti zadovoljavanja zahtjeva kvalitete, troškovi promjene softvera iz razloga kvalitete, dodatni troškovi prostora, prekovremenog rada i zaliha, troš-

316 Juran, J. M. i Gryna F. M. (1999). *op.cit.* str. 17.
317 Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 84.
318 Schroeder, R. G. (1999). *op.cit.* str. 106.
319 Ibidem.
320 Prilagođeno prema: Juran, J. M. i Gryna F. M. (1999). *op.cit.* str. 22-23.

kovi škarta koji nisu prethodno prikazani, troškovi ugrađeni u norme zbog granica tolerancije, dodatni procesni troškovi potrebni da bi proizvod bio prihvatljiv i slično. Rast troškova loše kvalitete (vidljivih i skrivenih) kao krajnju posljedicu može imati gubitak reputacije poduzeća, pa i tržišta.

## 10.7. ALATI ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM

Postoji niz alata koje svako poduzeće može koristiti za rješavanje problema i poboljšanje procesa. Svi alati za upravljanje kvalitetom klasificiraju se prema nekom kriteriju. Najpoznatija klasifikacija alata za upravljanje kvalitetom obuhvaća *sedam osnovnih alata kvalitete* i *sedam dodatnih alata kvalitete* koji se koriste za prikupljanje i tumačenje podataka, te pružaju osnovu za donošenje odluka. U **osnovne alate kvalitete** spadaju:

- dijagram toka (engl. *flowchart*)[321]
- evidencijska lista (engl. *check sheet*)
- histogram (engl. *histogram*)
- pareto analiza (engl. *pareto analysis*)
- dijagram rasipanja (korelacije) (engl. *scatter diagram*)
- kontrolne karte (engl. *statistical process control chart*)
- dijagram uzroka i posljedice (engl. *cause and effect diagram*).

Sedam **dodatnih (ili menadžerskih) alata kvalitete** jesu:

- dijagram toka
- dijagram odvijanja (engl. *run chart*)
- oluja mozgova (engl. *brainstorming*)
- dijagram srodnosti (engl. *affinity diagram)*
- tehnika nominalnih grupa i višestruki odgovori (engl. *nominal group technique and multi-voting*)
- analiza polja sila (engl. *force field analysis*)
- stupni dijagram (engl. *pillar diagram*).

Pored navedene klasifikacije alata zanimljiva je i ona koja alate kvalitete grupira prema **svrsi** koja se postiže pojedinim alatom. Tako postoje alati za:[322]

- prikupljanje podataka; evidencijska lista
- razumijevanje podataka; grafikoni, histogrami, pareto dijagram, dijagram korelacije
- razumijevanje procesa; dijagram toka, dijagram odvijanja, kontrolne karte
- analizu procesa; dijagram uzroka i posljedice, stupni dijagram
- rješavanje problema; analiza polja sila, oluja mozgova, dijagram afiniteta, tehnika nominalnih grupa i višestruki odgovori.

Kako je naprijed rečeno, navedeni alati često se koriste i kao alati za poboljšanje, pa se stoga u ovom poglavlju oni neće detaljno objašnjavati, već u poglavlju 20.

---

321 Dijagram toka Ishikawa ne navodi kao osnovni alat kvalitete. Umjesto dijagrama toka, Ishikawa navodi stratifikaciju.

322 Rose, K. H. (2005). *op.cit.* str. 77.

## 10.8. NAGRADE ZA KVALITETU

Nagrade za kvalitetu usko su povezane s poslovnom izvrsnošću poduzeća, odnosno poslovna izvrsnost je temelj za nagradu kvalitete. Poslovna izvrsnost ne znači da se kvaliteta fokusira samo na proizvode i usluge poduzeća, već i da je uklopljena u praksu upravljanja dotičnih poduzeća. Posljedica toga trebali bi biti dobri poslovni rezultati, odnosno izvrsne poslovne performanse, što je sinonim za poslovnu izvrsnost.[323] Poduzeća koja ostvaruju poslovnu izvrsnost kandidati su za nagrade za kvalitetu. Ovdje će se kratko objasniti tri najpoznatije svjetske nagrade za kvalitetu. To su: Demingova nagrada (engl. *Deming prize*), Malcolm Baldrige nagrada (engl. *Malcolm Baldrige award*), te Europska nagrada za kvalitetu (engl. *European quality award, EQA*).

**Demingova nagrada za kvalitetu.** Ovo je najstarija i najprestižnija nagrada među sličnim nagradama. Utemeljena je 1951. godine od strane Japanskog saveza znanstvenika i inženjera (engl. *Japanese union of scientists and engineers, JUSE*). Ime je dobila po E. W. Demingu koji je u Japan donio znanja o statističkoj kontroli kvalitete te omogućio razvoj filozofije kvalitete kakav poznajemo danas u Japanu. Nagrada se dodjeljuje jednom godišnje poduzećima koja ostvaruju standarde kvalitete definirane u Nagradi. Pri procjeni, glavni fokus ocjenjivača je na statističkoj kontroli kvalitete, što je uže od drugih nagrada za kvalitetu. Primjerice, Baldrigova nagrada se najviše fokusira na zadovoljstvo kupaca.[324]

Demingova nagrada dodjeljuje se u tri kategorije:[325]

- Demingova nagrada za pojedince (engl. *The Deming prize for individuals*) dodjeljuje se pojedincima ili grupama koji su značajno doprinijeli proučavanju potpunog upravljanja kvalitetom (*PUK*) ili statističkim metodama korištenim u *PUK*-u, te onima koji su dali značajan doprinos razumijevanju i širenju koncepta *PUK*.
- Demingova nagrada za aplikaciju (engl. *The Deming application prize*) dodjeljuje se poduzećima ili pojedinim dijelovima poduzeća koji samostalno upravljaju svojim poslovanjem, a koji su postigli značajna poboljšanja svojih performansi primjenom *PUK-a* u tekućoj godini.
- Nagrada za kontrolu kvalitete u operativnim poslovnim jedinicama (engl. *The quality control award for operations business units*) dodjeljuje se operativnim poslovnim jedinicama unutar poduzeća koje su postigle značajno poboljšanje performansi primjenom kontrole ili upravljanja kvalitetom u dotičnoj godini.

**Malcolm Baldrige nagrada za kvalitetu.** Puni naziv ove nagrade je Malcolm Baldrige nacionalna nagrada za kvalitetu (engl. *Malcolm Baldrige national quality award, MBNQA*), a dodjeljuje se jednom godišnje za jednu ili dvije organizacije u svakoj od šest kategorija: proizvodnja, usluge, mala poduzeća (s manje od 500 radnika s punim radnim vremenom), zdravstvo, obrazovanje i neprofitne organizacije. Kandidati se ocjenjuju u sedam glavnih područja: vodstvo, informacije i analiza, strateško planiranje, upravljanje ljudskim resursima, fokus na kupce i tržište, upravljanje procesima, i poslovni rezultati. Ocjenjivači provjeravaju

323 Prema: Lazibat, T. (2009). *Upravljanje kvalitetom*. Zagreb: Znanstvena knjiga. str. 425.
324 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 381.
325 Lazibat, T. (2009). *op.cit.* str. 432.

u kojoj je mjeri uprava uključila vrijednosti kvalitete u dnevno upravljanje, jesu li proizvodi ili usluge barem onoliko dobri kao oni kod konkurenata, jesu li radnici obučeni za primjenu tehnika kvalitete, radi li poduzeće s dobavljačima na poboljšanju kvalitete i jesu li korisnici zadovoljni.[326]

Nagrada, iako prestižna, nije jedini razlog zbog kojeg se poduzeća prijavljuju za nagradu. Svako poduzeće koje provede tako temeljiti pregled vlastitog poslovanja, prema točno određenim i specifičnim kriterijima, može vidjeti svoje stanje u pogledu kvalitete. Dakle, i samo popunjavanje upitnika (uz jasne procedure bodovanja) ima pozitivan učinak na poduzeće. Također, svi prijavitelji dobivaju pisani sažetak prednosti i slabosti njihovog upravljanja kvalitetom i prijedloge za poboljšanja.

Neka poduzeća koja su osvojila Baldrige Quality Award i postala poznata kao lideri u kvaliteti jesu: Motorola, Xerox, Cadillac, Milliken, Federal Express, Ritz Carlton i IBM.

**Europska nagrada za kvalitetu.** Europska nagrada za kvalitetu osnovana je od strane Europske zaklade za upravljanje kvalitetom (engl. *European foundation for quality management, EFQM*) kako bi poticala izvrsnost europskih poduzeća. Prva verzija nagrade usvojena je 1991. godine i od tada je doživjela brojne izmjene. Nagrada se dodjeljuje poduzećima iz privatnog i javnog sektora.

Model Europske nagrade za kvalitetu sadržava devet elemenata. Pet se odnosi na zahtjeve: vodstvo, politika i strategija, ljudi, resursi i procesi, a četiri na rezultate sustava upravljanja kvalitetom: zadovoljstvo radnika, zadovoljstvo kupaca, utjecaj na društvo i poslovni rezultat. Zahtjevi ove nagrade su u stalnoj interakciji s tijekom odvijanja poslovnog procesa, jer upravo o intenzitetu i kvaliteti tih interakcija ovisi rezultat sustava upravljanja kvalitetom (zadovoljstvo svih zainteresiranih i tržišna pozicija poduzeća).

## 10.8.1. Hrvatski pogled na kvalitetu

Mada već dugo godina u znanstvenoj i stručnoj javnosti postoji ideja za oblikovanjem nagrade za kvalitetu hrvatskih proizvoda i usluga, ta ideja još nije realizirana. Hrvatska gospodarska komora pokrenula je aktivnosti, a potom i kreirala *znakove za kvalitetu,* kako bi se vizualno istaknuli hrvatski proizvodi i usluge čija kvaliteta je na razini svjetske. Tako su nastala dva znaka kvalitete: *Hrvatska kvaliteta* i *Izvorno hrvatsko*, znakovi koji na određeni način znače priznanje ili nagradu za uloženo znanje i trud koje poduzeća ulažu za postizanje, održavanje i unapređivanje kvalitete svojih proizvoda i usluga.[327] Proizvodi i usluge koji nose ova dva znaka rezultat su dugogodišnjeg iskustva, znanja, istraživanja, tradicije, invencije, odnosno značajki kojima se ističu u odnosu na uobičajene proizvode i usluge.

Sukladno rečenom, znak ***Hrvatska kvaliteta***[328] nose hrvatski proizvodi i usluge koji svim svojim značajkama (sastav, dizajn, ekološki kriteriji) zadovoljavaju najvišu razinu kvalitete, ne samo u zemlji već i u svijetu. Riječ je o proizvodima i uslugama koji imaju iznadprosječnu kvalitetu.

---

326 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 381.
327 https://znakovi.hgk.hr/o-znakovima/ pristup: 20.10.2020.
328 Pravilnik o znakovima vizualnog označavanja hrvatskih proizvoda i usluga, HGK

Sustav ocjenjivanja uključuje nepristranu stručnu prosudbu proizvoda, dizajn, ekonomsko-marketinške parametre, te sustav osiguravanja kvalitete u proizvodnji.

Znak ***Izvorno hrvatsko*** ima dodatnu vrijednost u odnosu na znak *Hrvatska kvaliteta* i njega nose hrvatski proizvodi i usluge koji su nastali kao rezultat hrvatske tradicije, razvojno-istraživačkog rada, inovacija i invencija. Proizvodi koji nose znak *Izvorno hrvatsko* moraju biti najmanje na razini kvalitete proizvoda nosilaca znaka *Hrvatska kvaliteta*. Sustav ocjenjivanja nadograđuje se kriterijima izvornosti hrvatske tradicije i inventivnosti.

Pored znakova kvalitete, Hrvatska gospodarska komora dodjeljuje još jedno priznanje koje se odnosi na uspješnost poslovanja, *Zlatnu kunu*.[329] Mada ovo priznanje nije specifično vezano za kvalitetu proizvoda i usluga, poduzeća koja dobiju *Zlatnu kunu* u pravilu imaju i visoku kvalitetu svojih proizvoda i usluga.

Priznanje ***Zlatna kuna*** dodjeljuje se, prije svega, za uspješnost u poslovanju, ali i za ukupni poslovni imidž te doprinos hrvatskom gospodarstvu u cjelini. Uspješnost poslovanja utvrđuje se nizom pokazatelja temeljenih na bilanci te računu dobiti i gubitka, kao što su pokazatelji likvidnosti, zaduženosti, aktivnosti, profitabilnosti, zatim pokazatelji vezani za zaposlenost, pokazatelji iz analize prihoda, snaga poduzeća, nematerijalna i materijalna imovina. Poduzeća koja imaju najbolji prosjek u promatranih 20 pokazatelja jesu najuspješnija. Prve kune (zlatna, srebrna i brončana) dodijeljene su 1993. godine, a od tada pa do današnjih dana postale su simbolom uspješnosti i kvalitete u poslovanju.

## 10.8.2. Etika i kvaliteta

Kroz ovo poglavlje uočilo se koliko je pitanje kvalitete sveprisutno, te koliko je kvaliteta važna u svakom segmentu života i rada. Mada o kvaliteti stalno govorimo, mada je proizvođači nastoje postići, a kupci dobiti, sve je više situacija gdje je upravo kvaliteta dovedena u pitanje. Ponašanje proizvođača i kupaca u jednom društvu rezultat je moralnih normi toga društva. Etično bi bilo sve što je dobro, ispravno i pravedno.

U kontekstu etičnog, može se analizirati uloga svakog sudionika u lancu - od dobavljača, preko proizvođača, do kupca. Dobavljači su odgovorni za kvalitetu sirovine, materijala, komponenti, dijelova i ostalih materijalnih resursa koje isporučuju proizvođačima. Menadžment je odgovoran za pristup u oblikovanju, proizvodnji i isporuci proizvoda ili usluga, ali i za metode rada i zaštitu na radu. Ostali radnici odgovorni su za način izvršavanja svojih zadataka. Ako dobavljači isporučuju sirovine ili materijale kvalitetom suprotnom od deklarirane, postupaju neetično. Ako donositelji odluka svjesno donose odluke koje idu na štetu radnika, okoliša i korisnika, postupaju neetično. Ako su radnici svjesni propusta u proizvodnji ili pružanju usluge, mada su u nepovoljnoj poziciji jer ovise o poslu kojeg obavljaju, također postupaju neetično.

[329] https://znakovi.hgk.hr/o-znakovima/ pristup: 20.10.2020.

Sve navedeno može imati niz negativnih posljedica. Primjerice, zbog niže kvalitete ulaznih resursa ili neprikladnog načina obrade, mogu se povećati troškovi poduzeća, jer će trebati dorađivati i popravljati loše proizvode, ili ih čak odbaciti. To direktno vodi smanjenju proizvodnosti. Nadalje, ako se zanemari zaštita na radu ili se provode nestandardne procedure rada, moguće je povećanje stope nezgoda među radnicima. Problem može nastati i u upotrebi proizvoda, u obliku neugodnosti ili, puno ozbiljnije, ozljede kupca, što rezultira nadoknadom štete kupcu i dodatnim povećanjem troškova poduzeća. Dobar primjer za ovo je povlačenje Toyotinih automobila 2016. godine, kada je zbog problema s kočnicama povučeno oko 340.000 automobila. Toyota je ovaj problem priznala tek kada je dobila izvještaj o udesima, povredama i smrtnim slučajevima. Drugi primjer je vezan za Volkswagenov softver za frizziranje rezultata na eko-testovima na modelima automobila s četverocilindarskim dizelskim motorima Jetta, Beatle, Passat, Golf i Audi A3 proizvedenima između 2009. i 2015. godine. Proizvođač je ugradio softver koji prilikom testiranja kontrolira rezultate emisije ispušnih plinova, s ciljem prikazivanja nižih vrijednosti emisije koje su trebale biti u skladu sa strogim američkim propisima. Količina emisije dušikovih oksida je u uvjetima stvarne vožnje na cesti, prema navodima regulatorne agencije, bila i do 40 puta viša od vrijednosti zabilježenih na ekotestu, čime je proizvođač ozbiljno ugrozio zdravlje građana.[330] Primjer iz prehrambene industrije odnosi se na povlačenje „Das gesunde PLUS pločica" s okusom keksa i slatkoga vrhnja, kojeg je povukao trgovački lanac DM (Drogerie Markt) 2016. godine, jer su sadržavale dijelove četki za čišćenje proizvodnog pogona.[331] Stroža regulativa EU za proizvodnju hrane dovela je do toga da je na području EU u razdoblju od lipnja do studenog 2021. godine povučen veliki broj proizvoda s tržišta zbog sadržavanja etilen oksida i aluminija, kao što su začni, dodaci prehrani, slatkiši i sladoledi.[332] Nažalost, postoji mnogo slučajeva prešućivanja informacija o kvaliteti materijalnih proizvoda, prehrambenih proizvoda, igračaka za djecu, hrane za djecu i sličnog ili njihovog povlačenja nakon nekog vremena. A upravo etično ponašanje svih u poduzeću i lancu opskrbe može osigurati kvalitetu, uspješnost poslovanja, te ostanak na tržištu. Poslovanje po etičnim načelima značilo bi da je riječ o društvu razvijene etike svijesti i namjere svijesti.

Kakva je uloga kupaca? Trebaju li oni biti etični u upotrebi proizvoda ili pružene usluge? I ovdje je odgovor nedvosmislen. Etičnost kupaca ogleda se u tome da se proizvodom trebaju koristiti s pažnjom i odgovornošću, te da za vlastitu nepažnju moraju snositi odgovornost sami, a ne ju prebacivati na proizvođača.

Ključno je razumjeti da se svi nalazimo i u ulozi proizvođača ili pružatelja usluge i u ulozi potrošača. Ako se kao proizvođači ponašamo neetično (u bilo kojem pogledu), kako možemo kao kupci očekivati da će proizvodi i usluge drugih biti visoke kvalitete i sigurnosti? Je li cilj ostvariti dobit po svaku cijenu, ili dobit koja osigurava održivi razvoj poduzeća i društva, te zadovoljstvo svih korisnika proizvoda i usluga?

330 http://www.telegram.hr/biznis-tech/volkswagen-trese-najveci-skandal-u-povijesti-a-ovo-je-9-stvari-koje-morate-znati-o-tome/, pristup: 13.11.2017.

331 https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/dm-povlaci-das-gesunde-plus-plocice---430178.html, pristup: 13.11.2017.

332 https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/povlacenje-proizvoda-popis-proizvoda-koji-su-povuceni-iz-trgovina---664455.html, pristup: 10.11.2021.

Na samom kraju treba spomenuti ulogu države. Država treba, ne samo raznim zakonskim i podzakonskim aktima regulirati standarde kojih se trebaju pridržavati poslovni subjekti, već i kontrolirati u kolikoj mjeri ih oni stvarno poštuju. Država je ta koja treba štititi svoje građane/potrošače i stvoriti okvir etičnog ponašanja.

## 10.9. ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju raspravljalo se o razlikama u pojmovnom određenju kvalitete, pri čemu se uočilo da nema jedinstvene definicije tog pojma. Važno je zapamtiti da se razlikuje poimanje kvalitete sa stajališta proizvođača i sa stajališta potrošača, te da proizvođači trebaju uzeti u obzir zahtjeve kupaca kada oblikuju i proizvode određeni proizvod ili pružaju određenu uslugu. U tom smislu, kvaliteta bi se mogla definirati kao sukladnost sa specifikacijama, a ako je pri tome ispunjeno i očekivanje kupaca, onda se može reći da je poduzeće ostvarilo uspjeh. Postizanje sukladnosti sa specifikacijama odvija se pomoću šest koraka. To su: 1) odrediti ključne značajke kvalitete proizvoda ili usluge, 2) odlučiti kako mjeriti svaku značajku kvalitete, 3) postaviti standarde kvalitete za svaku karakteristiku kvalitete, 4) kontrolirati kvalitetu prema tim standardima, 5) pronaći i ispraviti uzroke loše kvalitete, 6) nastaviti s poboljšanjima.

Kvaliteta i odnos prema kvaliteti mijenjali su se s vremenom. Značajniji pomaci u kvaliteti počeli su se događati nakon Prve industrijske revolucije, a naročito nakon Drugog svjetskoga rata, u Japanu. Na sve veće promjene u području kvalitete utjecali su ljudi koji su bili iznimno zainteresirani za kvalitetu u svim segmentima rada i življenja. Riječ je o guruima, kao što su: Shewhart, Feigenbaum, Deming, Juran, Crosby, Shingo, Ishikawa, Taguchi i drugi.

Navedeni gurui kvalitete dali su svoje doprinose na raznim područjima kvalitete, pa se sukladno njihovim promišljanjima kvaliteta počela promatrati i s troškovne strane, i to prvenstveno loša kvaliteta. Oni su doprinijeli razvoju i približavanju alata kvalitete svim radnicima, jer su pomoću tih alata mogli lakše identificirati probleme u proizvodnji, utvrđivati uzroke problema i pronalaziti njihova rješenja. Najčešće se ti alati promatraju kao sedam osnovnih alata kvalitete i sedam dodatnih alata kvalitete (ili sedam alata menadžmenta).

Dobro poslovanje poduzeća poistovjećuje se sve više s nagradama za kvalitetu. Tako danas postoji cijeli niz nacionalnih i međunarodnih nagrada za kvalitetu, od kojih su najpoznatije Demingova nagrada, Malcolm Baldrige nagrada, te Europska nagrada za kvalitetu. Poduzeća koja ostvaruju nagrade za kvalitetu u pravilu imaju jak naglasak na odnose s kupcima, pa je njihovo poslovanje u najvećoj mjeri i etično poslovanje. Etičnost u poslovanju može se rušiti u gotovo svim fazama procesa proizvodnje ili pružanja usluge, a na svim radnicima je odluka da to ne prihvate kao obrazac rada. O njihovom radu ovisi i njihova budućnost.

## 10.10. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Alati kvalitete*** | Svi alati usmjereni ka poboljšanju kvalitete. Dijele se u 7 tradicionalnih (osnovnih) alata i 7 dodatnih alata (ili alata menadžmenta). |
| ***Atributivne značajke kvalitete*** | To su one koje se procjenjuju ili opisuju kao dva stanja, primjerice, pravo ili krivo, radi ili ne radi, izgleda dobro ili nije dobro, i slično. |
| ***B*** | |
| ***Baldrige nagrada za kvalitetu*** (engl. *Malcolm Baldrige national quality award*) | Američka nagrada za kvalitetu kojom se ocjenjuje sedam glavnih područja: vodstvo, informacije i analiza, strateško planiranje, upravljanje ljudskim resursima, fokus na kupca i tržište, upravljanje procesima i poslovni rezultati. |
| ***C*** | |
| ***Cijena kvalitete*** | Cijena nepoštivanja zahtjeva u kombinaciji s troškovima inspekcije, provjere i sprečavanja grešaka. |
| ***Crosby B. Philip*** | Guru kvalitete. Smatra da je „kvaliteta besplatna“ i da je moguće postići standard kvalitete od „nula grešaka“. |
| ***D*** | |
| ***Deming W. Edwards*** | Guru kvalitete. Razvija dalje statističku kontrolu procesa, unapređuje Shewhartov krug „planiraj-izvedi-provjeri-djeluj“, naglasio ulogu menadžmenta za kvalitetu definiranjem 14 točaka. |
| ***Demingov ciklus*** | To je jedan od najprihvaćenijih alata kvalitete, slikoviti prikaz aktivnosti sustavne kontrole kvalitete i stalnog poboljšavanja. Razvio ga je *Shewhart*, ali ga je kasnije popularizirao *Deming*. Moguće ga je primijeniti u svim područjima ljudskog djelovanja. Često se naziva PNPD ciklus, a sastoji se od četiri koraka: planiraj (*plan*), napravi (*do*), provjeri (*check*) i djeluj (*act*). |
| ***Demingova nagrada za kvalitetu*** (engl. *Deming prize*) | Najstarija i najprestižnija nagrada među sličnim nagradama. Dodjeljuje se u Japanu poduzećima koja ostvaruju standarde kvalitete definirane u Nagradi. Pri procjeni, glavni fokus ocjenjivača je na statističkoj kontroli kvalitete. |
| ***Dijagram rasipanja (korelacije)*** | Alat kvalitete kojim se otkriva (ne)postojanje veze između dviju varijabli. Veza može biti pozitivna ili negativna, jaka ili slaba. |
| ***Dijagram toka*** | Alat kvalitete koji prikazuje redoslijed aktivnosti u procesu, te služi za otkrivanje aktivnosti koje se propuštaju napraviti. |
| ***Dijagram uzroka ili posljedice*** | Vidi Ishikawa dijagram. |
| ***E*** | |
| ***Europska nagrada za kvalitetu*** (engl. *European quality award*) | Europska nagrada za kvalitetu s devet elemenata. Pet ih se odnosi na zahtjeve: vodstvo, politika i strategija, ljudi, resursi i procesi, a četiri na rezultate sustava upravljanja kvalitetom: zadovoljstvo radnika, zadovoljstvo kupaca, utjecaj na društvo i poslovni rezultat. |
| ***Evidencijska lista*** | Alat kvalitete za prikupljanje i bilježenje podataka o nekoj pojavi. |
| ***F*** | |
| ***Feigenbaum V. Armand*** | Guru kvalitete. Otac koncepta „ukupna kontrola kvalitete“. |

| | |
|---|---|
| ***H*** | |
| ***Histogram*** | Alat kvalitete kojim se prikazuje distribucija frekvencija. |
| ***I*** | |
| ***Ishikawa Kaoru*** | Guru kvalitete. U japanski koncept kvalitete uveo je kupca, trening svih radnika, krug kvalitete i uključenost svih u poboljšanju kvalitete. Poznat je i po približavanju sedam osnovnih alata kvalitete svim radnicima. |
| ***Ishikawa dijagram ili riblja kost ili dijagram uzroka i posljedice*** | Jedan od osnovnih alata kvalitete gdje se analizom određenog broja uzroka problema pronalazi najznačajniji uzrok. |
| ***J*** | |
| ***Juran M. Joseph*** | Guru kvalitete. Razvio je koncept poznat kao „trilogija kvalitete“ koji uključuje: planiranje, kontrolu i poboljšanje kvalitete. |
| ***K*** | |
| ***Kontinuirano poboljšanje*** | Stalno poboljšanje proizvoda i/ili procesa. Može se provoditi samo ako su procesi pod kontrolom. |
| ***Kontrola kvalitete uzorkovanjem*** | Kontrola značajki kvalitete pomoću izabranih proizvoda u uzorku, te donošenje odluke o kvaliteti svih proizvoda temeljem nalaza u uzorku. |
| ***Kontrolne karte*** | Alat kvalitete za nadgledanje, kontroliranje i poboljšavanje procesa tijekom vremena. |
| ***Krug kvalitete*** | Manja grupa radnika koja raspravlja o problemima u poslovanju i predlaže njihovo rješenje. |
| ***Kvaliteta proizvoda/usluge*** | Podrazumijeva one značajke proizvoda/usluge koje zadovoljavaju potrebe kupca i time osiguravaju zadovoljstvo kupaca. |
| ***Kvaliteta procesa*** | Odvijanje procesa bez zastoja i problema; stabilan proces koji proizvodi proizvode ili pruža usluge u skladu sa specifikacijama. |
| ***O*** | |
| ***Oluja mozgova*** (engl. *brainstorming*) | Alat upravljanja kvalitetom, spontan sustav kreacije ideja, način vođenja grupnog intervjua čiji je cilj da se rješenje određenog problema postigne spontanim idejama, mislima i asocijacijama. |
| ***P*** | |
| ***Pareto dijagram*** | Alat kvalitete za identificiranje malog broja najznačajnijih uzroka nekog problema. |
| ***S*** | |
| ***Shewhart A. Walter*** | Guru kvalitete. Otac statističke kontrole kvalitete. Temeljem spoznaje da su svi procesi pod utjecajem varijacija, uvodi kontrolne karte i statističku kontrolu procesa. |
| ***Shingo Shigeo*** | Guru kvalitete. Zaslužan je za razvoj metode Poka-yoke, te koncepte upravo na vrijeme, proizvodnja bez zaliha, proizvodnja bez grešaka. |
| ***Standard kvalitete*** | Oni opisuju traženu razinu kvalitete za svaku izabranu karakteristiku kvalitete. Obično se definiraju kao granice tolerancije, tj. kao minimalno i maksimalno prihvatljive granice izabrane značajke kvalitete. |
| ***Statistička kontrola procesa*** | Kontrola procesa pomoću statističkih metoda kojima se utvrđuje je li proces stabilan (pod kontrolom) ili ne (izvan kontrole), tj. djeluje li kako bi trebao. |

| | |
|---|---|
| ***Sto postotna kontrola kvalitete*** | Kontrola izabranih značajki kvalitete na svim proizvodima. |
| ***T*** | |
| ***Taguchi Genichi*** | Guru kvalitete. Poznat je po konceptu „Taguchi metoda", prema kojoj sve što nije ciljana vrijednost jeste trošak kvalitete. |
| ***Taguchi metoda*** | Prema ovoj metodi kvaliteta nije podudarnost sa specifikacijama, već cilj unutar raspona. Ciljana vrijednost osigurava idealnu kvalitetu, a devijacije od ciljane vrijednosti jesu gubitak kvalitete, odnosno trošak ili za proizvođača ili za potrošača. |
| ***Taylor W. Frederic*** | Guru kvalitete. Otac „znanstvenog menadžmenta" i naglašavanja odgovornosti menadžmenta za kvalitetu (bitno je kako se nešto radi, a to osmišljava menadžment). |
| ***Trošak kvalitete*** | To su troškovi koji nastaju da bi se postigla dobra kvaliteta, kao i troškovi koji nastaju kada kupci nisu zadovoljni isporučenom kvalitetom. Dijele se na troškove kontrole i troškove loše kvalitete. |
| ***U*** | |
| ***Upravo na vrijeme, UNV*** (engl. *just in time, JIT*) | Koncept UNV razvijen je u Japanu, a označava proizvodnju bez zaliha i gubitaka, gdje u proizvodni pogon ulazi onoliko inputa koliko je potrebno da bi se proizvela naručena količina outputa. |
| ***Uzorkovanje*** | Metoda ispitivanja značajki kvalitete pomoću uzorka. |
| ***V*** | |
| ***Varijabilne značajke kvalitete*** | To su one koje se mogu mjeriti na kontinuiranoj varijabilnoj skali kao, primjerice, duljina, promjer, težina ili vrijeme. |
| ***Z*** | |
| ***Značajke kvalitete*** | Značajke proizvoda ili usluge prema kojima kupac određuje kvalitetu. Za proizvod to su: funkcionalnost, izgled, pouzdanost, trajnost, popravljivost, kontaktibilnost. Za uslugu to mogu biti: vrijeme i pravovremenost, potpunost, ljubaznost, konzistentnost, pristupačnost i praktičnost, točnost, suosjećanje. |

## 10.11. STUDIJ SLUČAJA: PUREX D.O.O. HRVACE[333]

Poduzeće Purex d.o.o. osnovano je 2002. godine, a djelatnost mu je proizvodnja, prerada, pakiranje i distribucija purećeg i pilećeg mesa, proizvodnja konzumnih jaja, te proizvodnja suhomesnatih proizvoda od svinjetine. Uprava poduzeća i centralna farma nalaze se u Košutama, dok su klaonica, pogon za preradu i pakiranje smješteni u Hrvacama pokraj Sinja. Proizvodi ovog poduzeća jedinstveni su u Hrvatskoj po tome što se strogo kontrolira cijeli proces – od uzgoja sirovina i životinja do finalnog proizvoda. Kontrola kvalitete započinje u farmskim objektima gdje se od početka do kraja tova kontroliraju mikroklimatski uvjeti, kao što su temperatura, vlaga, $CO_2$, suhoća stelje, ventilacija te se prati zdravstveno stanje jata. Svi navedeni uvjeti bitni su za normalan i zdrav rast i razvoj peradi. U primarnoj proizvodnji NE koriste se: hormoni, antiparazitici ni GMO žitarice. Kontrolom kokcidia prati se zdravstveno stanje jata, a s biljnim pripravcima (ružmarin, timijan i slično) i mikro elementima (selen, beta- karoten, i slično) dje-

[333] Interna dokumentacija poduzeća Purex d.o.o.

luje se na imunitet, probavni i dišni sustav. Stočna hrana proizvodi se za vlastite potrebe te se tako kontrolira sastav smjesa i svake komponente koja ide u smjesu. Pred sam kraj tova mikrobiološki se analizira stelja objekta iz koje životinje idu na klanje, na patogene gram negativne bakterije, točnije, na *Salmonella enteritidis* i *Salmonella typhimurium,* koje kod ljudi mogu izazvati jake crijevne infekcije, a često i smrt. Tijekom samog postupanja i dopreme životinja u klaonicu pristupa se u skladu s načelima dobrobiti životinja na način da se životinje sputavaju na propisan način i bez dodatnog stresa. Na svakom klanju peradi se dodjeljuje LOT broj koji je bitan u procesu sljedivosti.

Na primjeru proizvoda ***Pureći ćevap*** prikazat će se kako se upravlja kvalitetom, tj. kako se postiže usklađenost sa specifikacijom, a time i kvaliteta koja je u skladu sa zahtjevima kupaca. Proces će se prikazati od klaoničke obrade (koja se odvija na identičan način za svu perad) do izrade smjese za ćevap. Klaonička obrada sastoji se od nekoliko koraka. To su:

- *Omamljivanje i klanje*. Životinja se prije klanja omami strujom tijekom prolaska kroz vodenu kupku, a nakon toga se pristupa postupku klanja.
- *Čerupanje*. Čerupanje se vrši strojno.
- *Evisceracija*. Evisceracija je proces vađenja dijelova dišnog, kardio-vaskularnog i probavnog sustava. Tijekom evisceracije odvajaju se jestivi od nejestivih nusproizvoda kao što su jetra, srce i želudac. Maksimalna dozvoljena temperatura za jestive nusproizvode je do +3°C. Temperatura iznutrica mjeri se i bilježi u liste temperaturne provjere iznutrica 2 puta dnevno.
- *Hlađenje.* Nakon klanja perad se smješta u rashladni tunel gdje se hladi sve do rasijecanja. U rashladnom tunelu trupovi peradi hlade se strujom hladnog zraka te se u roku od 12 sati od klanja u sredini trupa postiže temperatura od maksimalnih +4°C koja je propisana za temperaturu svježeg mesa peradi. U svakom procesnom koraku mjeri se i bilježi temperatura 3 puta dnevno.
- *Rasijecanje.* 24 sata od klanja vrši se rasijecanje trupova peradi na pozicije. Tijekom rasijecanja za pureće ćevape vrši se ručno otkoštavanje purećeg bataka, koji je sirovina za proizvodnju purećih ćevapa. Tijekom ručnog otkoštavanja pazi se da se ne otkine dio kosti ili hrskavice. Nakon završetka otkoštavanja, voditelj vizualno i prevrtanjem pregledava svaku šaržu iskoštenog bataka na prisutnost stranog tijela, tj. prisutnost kosti ili hrskavice. Nakon pregleda, otkošteni bataci melju se u stroju za usitnjavanje, a nakon mljevenja se ponovo vrši vizualna kontrola mljevenog dijela. Usitnjena količina potrebna za izradu purećih ćevapa šarže sa oznakama lota i naziva sirovine, dovozi se na kat objekta u kojem se odvija prerada mesa. Kod prijema sirovine vrši se pregled sirovine na strano tijelo te se mjeri temperatura koja se zapisuje u dokument koji se veže s isporučenom sirovinom. Temperatura mljevenog purećeg mesa ne smije biti viša od +2°C. U slučaju da se u trenutku dopreme sirovine odmah ne pristupi izradi proizvoda, sirovina se smješta u komoru za prijem sirovina, gdje temperatura sirovine ne smije prelaziti +2°C.

Proizvodnja purećih ćevapa sastoji se od nekoliko faza. To su:

- *Prijem i pregled sirovine.* Ovaj korak je već objašnjen.
- *Odvaga začina i dodavanje*. Začini se nalaze u prostoriji za začine (suhom skladištu) u kojoj se vrše odvage za proizvode u koje se dodaju. Začini se dopremaju s analitičkim izvješćem za svaki lot svakog začina na kojem se izvršila mikrobiološka i kemijska analiza koju izra-

đuje proizvođač i dostavlja kupcu. Odvaga svakog potrebnog začina vrši se prema recepturi na koju se zapisuje lot svakog odvaganog začina. Nakon odvage vrši se kontrolna odvaga koju vrši voditelj prerade i koji svojim potpisom na radnom nalogu garantira točnu odvagu odgovarajućih začina.

- *Miješanje.* Nakon vaganja vrši se strojno miješanje sirovine sa začinom te se opet mjeri temperatura radi kontrole i sprečavanja pokretanja mikrobiološkog procesa kvarenja.
- *Odležavanje*. Nakon miješanja smjesa mora odležati u komori na temperaturi do +4°C sve do oblikovanja i pakiranja. Odležavanje traje nekoliko sati. Temperatura komore kontrolira se i bilježi 3 puta dnevno.
- *Oblikovanje*. Smjesa za pureće ćevape oblikuje se strojno gdje poprima prepoznatljivi oblik ćevapa.
- *Pakiranje*. Ćevapi se pakiraju se u polistirenski podložak koji se obavija strach folijom na koju se lijepi deklaracija s lot brojem proizvoda, datumom upotrebljivosti, sastojcima i informacijama o proizvođaču. Primarno pakiranje pakira se u kartonske kutije na koje se lijepi skupna deklaracija te se otprema iz objekta s otpremnicom na kojoj je naziv proizvoda, količina i lot broj.

Lot broj u procesu kontrole sljedivosti je ključan, jer se u slučaju nezadovoljavajućih mikrobioloških, kemijskih rezultata ili prisutnosti stranog tijela u proizvodu može utvrditi gdje je proizvod isporučen, kolike količine, a sve radi povlačenja ili opoziva proizvoda, sirovine ili začina koji se nalazi u tom proizvodu.

Po završetku proizvodnje proizvod se šalje na mikrobiološku analizu parametara: *Salmonella spp.* - MDK: n.n. u 25 g (ni jedna jedinka na 25g) i *E. Coli* MDK: 500-5x$10^3$, u ovlašteni i registrirani laboratorij sukladno Uredbi o mikrobiološkim kriterijima, Uredba EZ br. 2073/2005. Učestalost analize ovisi o mjesečnom kapacitetu proizvodnje. Ovisno o godišnjem kapacitetu klaonice, svježe meso peradi šalje se na detaljnu analizu na kontaminante, dioksine, teške metale i mikrobiologiju.

ZADACI ZA RASPRAVU:

1. Pokušajte identificirati korake za postizanje usklađenosti sa specifikacijom proizvoda.
2. Prodiskutirajte kako poduzeće Purex brine o kvaliteti svoga proizvoda, te u kojoj je mjeri potrošač ključan za pristup kvaliteti proizvoda.
3. Objasnite na primjeru Purexa utječe li kvaliteta procesa na kvalitetu proizvoda.

## 10.12. PITANJA I ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

1. Postoji li samo jedan ispravan način definiranja kvalitete? Obrazložite svoj odgovor.
2. Uskladite sljedeće gurue kvalitete s njihovim doprinosom na području kvalitete.

| | |
|---|---|
| a. Deming | 1. Statistička kontrola procesa |
| b. Shewhart | 2. Planiranje kvalitete |
| c. Crosby | 3. Troškovi loše kvalitete |
| d. Juran | 4. 14 točaka menadžmenta |

3. Nagrade za kvalitetu su:
   a. Demingova

   b. Europska
   c. Izvorno hrvatsko
   d. Malcolm Baldrige
4. Zašto je teško kvalitetu jednoznačno definirati?
5. Kada proizvođač promišlja o kvaliteti proizvoda, koje značajke kvalitete treba uzeti u obzir? A pružatelj usluga?
6. Koje različite značajke kvalitete Vi kao potrošač očekujete kod sljedeća tri proizvoda: MP4 uređaj, pizza i tenisice?
7. Izaberite dvije konkurentske uslužne organizacije koje su Vam poznate (banka, fast-food restoran, trgovina na malo) i usporedite ih prema tome koje značajke kvalitete naglašavaju. Objasnite jesu li, prema Vašem mišljenju, te značajke kvalitete ispravno poentirane?
8. Uzmite za primjer jedan prehrambeni proizvod (primjerice: čokoladu, mlijeko, kruh i slično), te jedan kućanski proizvod (primjerice: električni toster, sokovnik i slično), te za njih:
   a. utvrdite temeljne značajke kvalitete
   b. opišite svaku od utvrđenih značajki kvalitete
   c. odredite kako bi se svaka od tih značajki kvalitete izmjerila.
9. Navedite i objasnite korake potrebne da se postigne sukladnost sa specifikacijama.
10. Objasnite specifičnosti u razvoju kvalitete od razvijenog obrtništva do danas.
11. U čemu se razlikuje današnji pogled na kvalitetu u odnosu na ranija razdoblja?
12. Navedite temeljni doprinos Shewharta konceptu kvalitete.
13. Koji guru kvalitete je tvorac ideje „ukupna kontrola kvalitete“?
14. Koje od 14 točaka Deminga smatrate najvažnijima za uspjeh nekog poduzeća? Zašto?
15. Navedite i objasnite Juranov doprinos razvoju kvalitete.
16. Zašto je prema Crosbyju kvaliteta besplatna?
17. Navedite i objasnite doprinose Ishikawe u području kvalitete.
18. Što je Poka-yoke i tko je njegov tvorac?
19. Kako se kvaliteta ocjenjuje prema Taguchi metodi?
20. Objasnite kako poboljšanje kvalitete može dovesti do smanjenja troškova?
21. Zašto bi troškovi osiguranja kvalitete trebali biti  veći od troškova loše kvalitete?
22. Navedite poduzeće iz Vašeg iskustva čiji proizvod ili usluga su bili loše kvalitete. Opišite prirodu greške i predložite načine koji bi mogli poboljšati kvalitetu tog proizvoda ili usluge.
23. Navedite poduzeće iz Vašeg iskustva čiji su proizvod ili usluga bili visoko kvalitetni. Opišite značajke tog proizvoda ili usluge koje su ih činili takvima.
24. Promotrite svoj Fakultet kao proizvodni sustav čiji je finalni proizvod magistar  ekonomije. Za taj sustav:
   a. Definirajte kvalitetu sa stajališta proizvođača i potrošača.
   b. Navedite primjere troškova loše kvalitete (interne i eksterne), te troškova osiguranja kvalitete (prevencije i ocjene).
25. Koje su najpoznatije nagrade za kvalitetu i koja država ih dodjeljuje?
26. Objasnite ima li Hrvatska nagrade za kvalitetu.
27. Zašto je važna etika u poslovanju poduzeća?
28. U kojem smislu je bitna etika u potrošnji (upotrebi) proizvoda ili usluge?

## LITERATURA


1. Beckford, J. (2004). *Quality*. 2nd edition. London: Routledge
2. Berry, T. H. (1991). *Managing the Total Quality Transformation*. McGraw-Hill
3. Berndt, R. (Hrsg.) (1995). *Total Quality Management als Erfolgsstrategie*. Berlin: Springer
4. Brennan, L. L. (2011). *Operations management.* McGraw-Hill 36-Hour Course
5. Clark, T. J. (1999). *Success through Quality: Suport Guide for the Journey to Continuous Improvement*. American Society for Quality
6. Dale, B. G. (2003). *Managing Quality*. 4th edition. Blackwell
7. Drljača, M. (2004). *Mala enciklopedija kvalitete: Troškovi kvalitete*. V. dio. Zagreb: Oskar
8. Evans, J. R. (2005). *Total Quality: Management, Organization, and Strategy.* 4th edition. Tomson
9. Evans, J. R. i Lindsay, W. M. (2002). *The management and Control of Quality.* 5th edition. South-Western: Thomson learning
10. Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: operations, strategy, information technology*. 7th edition. McGraw-Hill
11. Goetsch, D. L. i Davis, S. B. (2003). *Quality Management: Introduction to Total quality Management for Production, Processing, and Services*. 4th edition. Prentice Hall
12. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson
13. Ho, S. K. M. (1999). *Operations and Quality Management.* London: International Thomson Business Press
14. Injac, N. (2002). *Mala enciklopedija kvalitete: Upoznajmo normu ISO 9000*. I. dio. Zagreb: Oskar
15. Interna dokumentacija poduzeća Purex d.o.o.
16. Juran, J. M. (1989). *Juran on Leadership for Quality: An Executive Handbook*. The Free Press
17. Juran, J. M. (ed.) (1995). *A History of Managing for Quality: The Evolution, trends, and Future Directions of Managing for Quality*. ASQC
18. Juran, J. M. (1999). How to Think about Quality. U: Juran, J. M. i Godfrey, A. B. (eds). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill
19. Juran, J. M. i Gryna F. M. (1999). *Planiranje i analiza kvalitete: Od razvoja proizvoda do upotrebe*. 3. izdanje. Zagreb: Mate
20. Kamiske, G. F. i Brauer, J. P. (2003). *Qualitätsmanagement von A bis Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagement*. 4. auf. Hanser
21. Kanji, G. K. (2002). *Measuring Business Excellence*. London: Routledge
22. Lazibat, T. (2009). *Upravljanje kvalitetom*. Zagreb: Znanstvena knjiga
23. Oakland, J. (2002). *Assessing business Excellence*. Oxford: Butterworth-Heinemann
24. Oslić, I. (2008). *Kvaliteta i poslovna izvrsnost: pristupi i modeli*. Zagreb: M.E.P. Consult
25. Porter, L. i Tanner, S. (1996). *Assessing Business Excellence: A guide to self assessment* Butterworth
26. Rose, K. H. (2005). *Project Quality Management: Why, What, and How,* J. Ross Publishing, Inc
27. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management*. 7th edition. Wiley & Sons
28. Schonberger, R. J. i Knod, E. M. (1994). *Operations Management: continuous Improvement*. 5th edition. Irwin
29. Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. 4. izdanje. Zagreb: Mate
30. Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson

31. Slack, N., Chambers, S. i Johnston, R. (2001). *Operations management*. 3th edition. Prentice Hall
32. Skoko, H. (2000). *Upravljanje kvalitetom*. Zagreb: Sinergija
33. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education
34. Šiško Kuliš, M. i Grubišić, D. (2010). *Upravljanje kvalitetom*. Split: Sveučilište u Splitu Ekonomski fakultet
35. Zollondz, H. D. (2001). *Lexikon Qualitätsmanagement: Handbuch des Modernen Managements auf der Basis des Qualitätsmanagements*. Oldenbourg

## Internet izvori

1. http://www.telegram.hr/biznis-tech/volkswagen-trese-najveci-skandal-u-povijesti-a-ovo-je-9-stvari-koje-morate-znati-o-tome
2. https://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/dm-povlaci-das-gesunde-plus-plocice---430178.html
3. https://en.oxforddictionaries.com/definition/guru
4. Pravilnik o znakovima vizualnog označavanja hrvatskih proizvoda i usluga, HGK
5. https://znakovi.hgk.hr/o-znakovima/

# 11. KONTROLA KVALITETE

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti potrebu kontrole kvalitete*
- *objasniti kako se oblikuje sustav kontrole kvalitete*
- *objasniti statističku kontrolu procesa*
- *objasniti varijabilnost i sposobnost procesa*
- *konstruirati kontrolne karte, tj. izračunati stabilnost i sposobnost procesa*
- *razlikovati značajke kvalitete (numeričke i atributivne) i pripadajuće kontrolne karte kojima se te značajke prate.*



## 11.1. UVOD

Ovo poglavlje obuhvaća kontrolu kvalitete, prvenstveno statističku kontrolu kvalitete. U njemu se neće obrazlagati metode prikupljanja i analiziranja podataka, teorija vjerojatnosti i statistička analiza koje su temelj statističke kontrole kvalitete. Teme iz navedenih područja bit će implementirane u onolikoj mjeri koliko je potrebno s obzirom na ciljeve poglavlja. Ovdje će naglasak biti na shvaćanju kontrole kvalitete kao bitnog elementa oblikovanja adekvatnog sustava kontrole kvalitete i statističkoj podlozi kontrole kvalitete.

## 11.2. POJAM KONTROLE KVALITETE

Svaki proizvodni i uslužni proces ima problema vezanih za kvalitetu. Neki su vidljivi tek u fazi korištenja proizvoda ili usluge kao, primjerice, veća potrošnja goriva automobila u odnosu na ono što je proizvođač naveo, hladnjak koji dobro ne hladi, isporuka laptopa s oštećenim pogonom diska, gubitak prtljage na avionskim letovima, pogrešno upućen lijek pacijentu, izgubljeno ili oštećeno pismo i/ili paket od strane poštanskog ureda, isporučeno jelo u restoranu koje nije naručeno, i slično. Neki problemi kvalitete nisu vidljivi krajnjem korisniku, ali se javljaju tokom procesa proizvodnje. Kada se uoče, nastoji ih se riješiti doradom, ako je moguće, ili odstranjivanjem proizvoda (škart), ako se problem ne može ukloniti. Cilj je da do potrošača ne dođe loš proizvod ili usluga. Zbog toga se za utvrđivanje stanja kvalitete pojedinog proizvoda ili usluge provodi kontrola kvalitete. Bez obzira na činjenicu da se danas u sve većoj mjeri provodi prevencija, greške se i dalje događaju u svim fazama procesa proizvodnje i upotrebe proizvoda, tako da se kontrola kvalitete jednostavno ne može eliminirati.

**Svrha kontrole kvalitete** je pratiti odvija li se određeni proces na prihvatljiv način. To znači da se u tom procesu kontrolira izrađuju li se proizvodi, ili pružaju usluge tako da njihove karakteristike kvalitete odgovaraju onima postavljenima u specifikaciji (kontrolira se je li postignuta ciljana vrijednost). Kontrola kvalitete odnosi se uvijek na krajnji rezultat, ali isto tako ona omogućava da se temeljem nalaza kontrole poduzimaju korektivne radnje kada izlazni rezultati ne zadovoljavaju postavljene specifikacije ili standarde.

**Kontrola kvalitete** provodi se pomoću sedam koraka. Ovi su se koraci na određen način analizirali u poglavlju 10, pri objašnjavanju postizanja usklađenosti sa specifikacijama. Riječ je o sljedećim koracima:[334]

1. izbor predmeta kontrole
2. izbor jedinice mjere
3. postavljanje cilja za predmet kontrole
4. izbor senzora koji može mjeriti predmet kontrole pomoću mjernih jedinica
5. mjerenje stvarnog ispunjavanja funkcije
6. tumačenje razlike između stvarnog ispunjavanja funkcije i cilja
7. djelovanje (ako je potrebno) po razlici.

***Ad.1. Izbor predmeta kontrole.*** Predmeti kontrole kvalitete mogu biti brojni. Na tehnološkoj razini može se kontrolirati *svaki dio proizvoda*, odnosno njegove karakteristike kvalitete, kao što su, primjerice, trajnost, pouzdanost, i slično. Mogu se kontrolirati *procesni uvjeti*, primjerice: trajanje procesa, temperatura, procesna oprema. Nadalje, mogu se kontrolirati karakteristike kvalitete *ulaznog materijala*, kao što su boja, okus, težina, te karakteristike kvalitete *usluge,* primjerice: brzina, pouzdanost, točnost. Pored navedenih, značajan broj predmeta kontrole kvalitete nameću okruženje, odnosno klijenti, zakonski propisi i tijela za normizaciju.

Osim na tehnološkoj, predmet kontrole može biti i na upravljačkoj razini. Riječ je uglavnom o kontroli djelovanja upravljačkog sustava čiji se postupci mogu reflektirati na odnose s kupcima, financijske pokazatelje, odnose sa zaposlenicima, te društvene odnose.

***Ad.2. Izbor jedinice mjere.*** Izabrane karakteristike kvalitete treba izmjeriti. Svaka karakteristika kvalitete ima svoju jedinicu mjere koju treba izraziti u brojkama, što je moguće izborom odgovarajuće metode ili instrumenta za vrednovanje. Primjerice, pravodobnost usluge može se izraziti brojem minuta (sati ili dana) potrebnih da se ona izvrši. Instrument za mjerenje bit će sat.

***Ad. 3. Postavljanje cilja za predmet kontrole.*** Svaki predmet kontrole kvalitete treba imati svoj cilj. Primjerice, za pouzdanost (proizvoda) kao karakteristiku kvalitete, cilj može biti: minimalno, u prosjeku, 500 sati rada između kvarova.

***Ad 4. Izbor senzora.*** Većina senzora je projektirana tako da omogući informaciju pomoću jedinice mjere. Za poslovne predmete kontrole senzori su obično *mjerni instrumenti*, *različiti postupci* (primjerice, laboratorijski) te *osoblje* koje provodi kontrolu (kontrolori), dok su za upravljačke predmete kontrole *to sustavi prikupljanja i obrade podataka*.

***Ad.5. Mjerenje stvarnog ispunjavanja funkcije.*** Ovdje je riječ o postignutim karakteristikama kvalitete u odnosu na postavljene ciljeve, pri čemu se mjerenje može odvijati u svim fazama nastanka proizvoda ili usluge. Cilj mjerenja je da se spriječi izlazak nesukladnog proizvoda na tržište.

***Ad. 6. Tumačenje razlike između stvarnog ispunjavanja funkcije i cilja.*** U ovom koraku kontrole utvrđuje se je li svaka razlika između izmjerene karakteristike i njezine ciljane vrijednosti

[334] Prilagođeno prema: Juran, J. M. i Gryna, F. M. (1999). *Planiranje i analiza kvalitete.* 3. izdanje. Zagreb: Mate. str. 98-112.

dovoljno značajna za određeno djelovanje. Ako je razlika takva da se proizvod ne može isporučiti kupcu, treba utvrditi uzroke takvog odstupanja i poduzeti korektivne mjere, odnosno odstraniti uzroke takvog odstupanja. Ako su odstupanja unutar prihvatljivih granica (dozvoljenog raspona), onda takva odstupanja ne traže dodatna ispitivanja niti korekcije. O uzrocima koji dovode do značajnog ili prihvatljivog odstupanja bit će više riječi u točki 11.4.1.

***Ad. 7. Djelovanje (ako je potrebno) po odstupanju od očekivanog.*** Ako se ustanovi odstupanje potrebno je određeni proces vratiti u stanje u kojem će moći na zadovoljavajući način ostvariti postavljene ciljeve. Pri tome treba utvrditi je li odstupanje od ciljanih vrijednosti posljedica nekog trajnog izvora problema, povremenog izvora problema, ili se proces treba neprekidno regulirati kako bi se smanjile njegove varijacije. Ovisno o izvoru problema, menadžment tvrtke treba donijeti odluku o načinu njegova rješavanja.

## 11.3. OBLIKOVANJE SUSTAVA KONTROLE KVALITETE



Prethodno je navedeno da je kontrola kvalitete važna i nužna u svakom proizvodnom i uslužnom sustavu. Da bi se oblikovao dobar sustav kontrole kvalitete potrebno je definirati sve procese koji će se kontrolirati, te sve postupke i aktere koji će sudjelovati u procesu kontrole. Cilj je oblikovati sustav kontrole kvalitete koji će na najbolji način ostvariti svoju funkciju. Oblikovanje sustava kontrole kvalitete sastoji se od četiri koraka. To su:[335]

1. određivanje kritičnih točaka svakog procesa gdje su potrebni pregled i testiranje
2. odlučivanje o vrsti mjerenja koje treba napraviti u svakoj točki kontrole
3. odlučivanje o opsegu kontrole
4. odlučivanje o tome tko će obaviti kontrolu.

***Ad.1. Kritične točke*** u kojima se mogu vršiti mjerenja karakteristika kvalitete mogu biti: a) na ulazu u proces proizvodnje (kontrola sirovina i materijala, komponenti, poluproizvoda i sličnog), b) tijekom procesa proizvodnje i c) na kraju procesa proizvodnje, kontrola finalnog proizvoda. *Kontrola na ulazu u proces proizvodnje* može biti u nekim slučajevima potpuno eliminirana, primjerice, ako su dobavljači certificirani i pouzdani. *U toku procesa proizvodnje* treba pravilno odrediti točke kontrole. Kontrolu ne treba raditi nakon izvršenja svake operacije, ali je treba raditi na kritičnim točkama koje mogu spriječiti da loš proizvod dođe do kupca. *Kontrola na kraju procesa*, tj. kontrola finalnog proizvoda važna je također zbog sprečavanja odlaska lošeg proizvoda do kupca. Svrha kontrole u različitim fazama procesa je dobiti popis svih grešaka i vratiti podatke o greškama u proizvodnju, kako bi se eliminirali njihovi uzroci u novim procesima.

***Ad.2. Izbor mjerila karakteristika kvalitete*** ovisi o tome što je predmet ocjenjivanja. Naime, karakteristike kvalitete mogu biti numeričke (kontinuirane, varijabilne) ili opisne (diskontinuirane, atributivne). Ako su karakteristike kvalitete numeričke, primjerice: 250 g šećera u prahu, ili 180 ml jogurta, za njih se koristi numeričko, kontinuirano mjerilo. Ako su karakteristike kvalitete opisne, primjerice: ima ili nema zagađenja, dobra ili loša usluga, stroj ide ili ne ide, za njih se koristi atributivno, diskontinuirano mjerilo. Određivanje vrste mjerenja uključuje i

[335] Prilagođeno prema: Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje.* 4. izdanje. Zagreb: Mate. str. 122-125.

specificiranje mjerenog instrumenta, o čemu je bilo riječi u točki 11.2. Neka mjerenja kvalitete mogu uključiti i varijabilne i atributivne karakteristike kvalitete. Primjerice, mjerenje tvrdoće vode može se izraziti opisno: voda nije ili voda jest tvrda (atributivno, diskontinuirano mjerilo). Ali, tvrdoća vode može se izraziti i numerički: u vodi je utvrđeno 405 mg/l $CaCO_3$, što znači da je voda tvrda (interval za tvrdu vodu je: 321,4 – 535,7 $CaCO_3$).

***Ad. 3.*** ***Odluka o opsegu kontrole kvalitete*** odnosi se na izbor između stopostotne kontrole kvalitete ili kontrole kvalitete pomoću uzorka. Sigurno da stopostotna kontrola kvalitete košta znatno više nego kontrola pomoću uzorka, ali odluka ovisi o odnosu troška kontrole i troška propuštanja proizvoda s greškom. Općenito vrijedi da će se stopostotna kontrola kvalitete provoditi uvijek kada je trošak propuštanja proizvoda s greškom veći od troška kontrole. I obrnuto. Troškovi propuštanja proizvoda s greškom značajno rastu kada takvi proizvodi utječu na zdravlje i sigurnost ljudi. Pored zamjene proizvoda, proizvođač u takvim slučajevima mora platiti i visoke odštete.

***Ad. 4.*** ***Odluka o tome tko obavlja kontrolu kvalitete*** ovisit će u značajnoj mjeri o karakteristikama kvalitete koje se ispituju. U nekim proizvodnjama to mogu biti sami zaposlenici, u nekima to mogu biti stručnjaci internog laboratorija dotične tvrtke, u nekima je to kombinacija zaposlenika i internog laboratorija. Negdje to mogu biti vanjski ocjenjivači ili vanjski laboratoriji ili kombinacija unutarnjih i vanjskih ocjenjivača. Izbor onoga tko vrši kontrolu kvalitete također košta. Najjeftinija je kontrola koju provode zaposlenici neposredno na radnom mjestu.

## 11.4. STATISTIČKA KONTROLA PROCESA

Povijest razvoja statističke kontrole seže do prve polovine 20. stoljeća. Loše iskustvo proizvodnje oružja u Prvom svjetskom ratu dovelo je do promjene težišta kontrole kvalitete s kontrole na kraju procesa (utvrđivanje sukladnosti gotovog proizvoda sa specifikacijama) na kontrolu tijekom procesa (statistička kontrola kvalitete). Za ovakav pristup kontroli kvalitete zaslužan je W. A. Shewhart koji je, zaposlivši se 1918. u Western Electric Company, nakon nekog vremena dobio zadatak projektirati radio slušalice za vojsku. Zadatak je počeo mjerenjem promjera glava kod 10.000 vojnika, te je utvrdio da su izmjereni promjeri glava imali oblik normalne distribucije – većina glava vojnika kretala se oko određene srednje vrijednosti, dok je manji broj glava bio vrlo širok ili vrlo uzak. Radeći dalje na nizu poslova uočio je da su svi ponavljajući procesi, kako proizvodni tako i administrativni, podložni varijacijama – kada se nešto radi na isti način, s istim radnicima, rezultati neće biti potpuno isti. Bit će slični, ali i različiti u određenom stupnju koji je predvidiv.[336] Ova spoznaja potakla je Shewharta na razvoj alata za analizu i razumijevanje varijacija u procesu. **Varijabilnost i stabilnost procesa** postali su ključni elementi statističke kontrole procesa (SKP).

[336] Rose, K. H. (2005). *Project Quality Management: Why, What, and How*. J. Ross Publishing. str. 15.

## 11.4.1. Varijabilnost procesa

Pod pojmom procesa podrazumijeva se skup međusobno povezanih resursa i aktivnosti kojima se inputi pretvaraju u outpute. Pri tome resursi mogu uključivati ljude, financije, objekte, opremu, tehnike i metode.[337] Svaki od navedenih resursa ima svoje značajke kojima utječe na finalni proizvod, odnosno svaki resurs ima svoju varijaciju. Posljedice varijacija u pojedinom resursu dovode do toga da svaki proces ima određeni stupanj varijabilnosti. Varijabilnost procesa je, dakle, svojstvo procesa da pokazuje varijacije, tj. promjene ili razlike, posebno u izlazima.[338] Stoga, kada se analiziraju varijacije, ključno je utvrditi njihovu prirodu. Neke varijacije mogu biti prirodne (uobičajene), a neke sistemske (nečim uzrokovane, prenosive).

**Prirodni uzrok varijacije** je onaj koji je svojstven određenom procesu i koji neznatno mijenja njegov izlazni rezultat. Svojstven znači da se ne može odvojiti od svog izvora, a kako je njegov učinak na stabilnost procesa zanemariv, to bi njegovo uklanjanje bilo potpuno neefikasno. Primjerice, materijali nikada ne mogu imati 100 % iste karakteristike kvalitete, ali ako su pravilno obrađeni, čuvani, transportirani i slično, praćene karakteristike kvalitete su vrlo blizu ciljane vrijednosti; zaposlenici koji imaju potrebna znanja i vještine nikada neće svaki proizvod izraditi tako da je on 100 % identičan prethodnom proizvodu, ali će biti skoro pa identičan; strojevi koji su održavani, baždareni također nikada neće sve proizvode napraviti 100 % identične, ali oni će biti gotovo identični itd. Izvor prirodne varijacije može se još jednostavnije objasniti na primjeru vlastitog potpisa. Ako se potpišemo deset puta rukom kojom inače pišemo, svaki naš potpis izgledat će identično, ali svaki će biti za nijansu različit. Truditi se da svaki potpis bude potpuno identičan nema smisla, jer će svaki od njih dokazivati da je doista naš potpis.

**Sistemski uzrok varijacije** je onaj koji nije svojstven nekom procesu i koji značajno mijenja izlazne rezultate tog procesa. Izvori ovih varijacija su, slično kao i kod prirodnih, ljudi, strojevi, materijali, okruženje, ali i metode rada i načini mjerenja rezultata. Tako, primjerice, situacije kada su strojevi preopterećeni, kada ljudi nisu zadovoljni na poslu, kada je materijal promijenio svojstva i slično, generiraju loše proizvode, jer je došlo do promjena u resursima koje nisu svojstvene pojedinom resursu. Jednostavan primjer za izvor ove varijacije može opet biti vlastoručno potpisivanje. Ako je čovjek dešnjak i pokuša se potpisati lijevom rukom, onda će njegov potpis biti vidljivo drugačiji. Ovdje je jasan izvor varijacije u potpisu. To je promjena ruke kojom se inače piše. Ovaj izvor je prenosiv, tj. kada se on eliminira, odnosno omogući se ponovo pisanje desnom rukom, izlazni će rezultat opet biti zadovoljavajući. Sistemsku varijaciju treba identificirati, a njezin uzrok eliminirati.

Spoznaja da svaki proces ima prirodnu varijabilnost i da se ona ne može spriječiti, ključna je za uspostavu statističke kontrole procesa. Rezultati koji izlaze iz takvog procesa imaju prirodnu varijaciju (odstupanje) i smatraju se kvalitetnima. Međutim, još je važnije da statistička kontrola procesa otkriva varijacije koje imaju sistemski uzrok. A kako je već rečeno, izvore ovih

[337] Wadsworth, H. M. (1999). Statistical Process Control. U: Juran, J. M. i Godfrey, A. B. (urednici). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill. str. 45.2.

[338] Baldigara, T. (2008). *Statistička kontrola procesa.* Sveučilište u Rijeci. Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu u Opatiji. str. 129.

varijacija treba otkriti, otkloniti i tako osigurati stabilnost procesa. Stabilan proces (proces pod kontrolom) je proces u kojem je svaka mjera kvalitete u stanju statističke kontrole.[339]

Kada je proces pod utjecajem prirodnih uzroka varijacije, tada se karakteristike kvalitete nekog procesa ponašaju po modelu normalne distribucije. U tom slučaju bi se u intervalu od $\overline{x} \pm 3\sigma$ ispod normalne krivulje trebalo naći 99,73 % svih proizvoda neke serije s praćenom karakteristikom kvalitete (x), a u intervalu od $\overline{x} \pm 2\sigma$ trebalo bi ih biti 95,45 %. Ako bi se, primjerice, u drugom slučaju ($\overline{x} \pm 2\sigma$) izvan ovog intervala našlo više od 5 % komada, moglo bi se reći da je kvaliteta narušena i da se proces nalazi pod utjecajem sistemskih uzroka varijacije.

Shvaćanjem toga da procesi nisu statični, već varijabilni, te da uzroci varijabilnosti mogu biti različiti, dolazi se do važnosti uloge statističke kontrole procesa. Jednostavno, statistička kontrola procesa može se definirati kao disciplinirani način za poboljšanje kvalitete redukcijom varijacija u procesu.[340] Njome se prate karakteristike kvalitete, vrše mjerenja, te poduzimaju korektivne aktivnosti da bi proizvodi ili usluge bili u skladu s postavljenim standardom.[341] Za neki proces se može reći da je pod statističkom kontrolom kada su varijacije u tom procesu posljedica djelovanja prirodnih uzroka.

## 11.4.2. Sposobnost procesa

**Sposobnost procesa** (engl. *process capability*) je mjera prihvatljivosti varijabilnosti procesa.[342] Sposobnost procesa u stvari pokazuje koliko će izlaznih rezultata odgovarati postavljenim specifikacijama. S obzirom na činjenicu da se varijabilnost procesa može opisati normalnom distribucijom, što je prvi dokazao Shewhart, to se i sposobnost procesa vezuje za normalnu distribuciju. U tom smislu, sposobnost procesa (*SP*) izražava se formulom 11.1.

$$SP = \pm 3\sigma \qquad (11.1)$$

gdje je:

$\sigma$ = standardno odstupanje

Ovako izračunata sposobnost procesa treba se usporediti sa zadanom tolerancijom (*ZT*). Zadana tolerancija je razlika između gornje i donje granice specifikacije. Ako je zadana tolerancija šira od raspona procesa (sposobnosti procesa), onda je proces sposoban, što se može zapisati formulom 11.2.

$$ZT \geq 6\sigma \qquad (11.2)$$

Analiza sposobnosti procesa odvija se kako bi se utvrdilo treba li proces poboljšavati ili ne. To znači da najprije treba utvrditi je li uzrok varijabilnosti prirodni ili sistemski. Ako je sistemski, znači da proces nije u stanju statističke kontrole, pa ga niti nije moguće poboljšavati. Međutim, ako je uzrok varijabilnosti prirodan, onda je riječ o procesu koji je u stanju statističke kontrole, te ga je moguće poboljšavati.

339 Wadsworth, H. M. (1999). *op.cit*. str. 45.2.
340 Rose, K. H. (2005). *op.cit*. str. 15.
341 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson. str. 229.
342 Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R., (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson. str. 564.

Kako je već rečeno, mjera procjene sposobnosti procesa je 6σ, što znači da u slučaju kada postoje prirodne varijacije u procesu, 99,73 % rezultata je u intervalu između ± 3σ. Ali za objektivnije mjerenje sposobnosti procesa razvijen je **indeks sposobnosti procesa ($S_p$)** koji stavlja u odnos raspon specifikacija i „prirodnu" varijaciju procesa. Izračun ovog indeksa prikazuje formula 11.3.

$$S_p = \frac{GGT - DGT}{6\sigma} \qquad (11.3)$$

gdje su:

$S_p$ = indeks sposobnosti procesa (engl. *potential capability*)
$GGT$ = gornja granica tolerancije (engl. *upper control limit, UCL*)
$DGT$ = donja granica tolerancije (engl. *lower control limit, LCL*)

Indeks sposobnosti procesa ($S_p$) može poprimiti vrijednost veću i manju od 1. Ako je vrijednost veća od 1 to znači da je proces sposoban, jer su granice tolerancije (raspon specifikacija) veće (šire) od prirodne varijacije procesa. Ako je $S_p$ manji od jedan, onda proces nije sposoban, odnosno zadana tolerancija je manja od prirodnog rasipanja. Vrijednost indeksa od 1 znači da je proces jedva sposoban. Stoga se danas smatra da je indeks od najmanje 1,33 onaj koji dobro opisuje sposobnost procesa. Ovo će se pokazati kroz primjere 11.1. i 11.2.

***Primjer 11.1. Indeks sposobnosti procesa***[343]

Menadžment poduzeća koje proizvodi uloške za vrhunske tenisice želi poboljšati proces te je razvio novi stroj za rezanje uložaka. Cilj menadžmenta je imati svega 3,4 greške na milijun komada, pa se očekuje da bi novi stroj mogao pomoći ostvarenju tog cilja. Debljina uloška treba biti 0,5 cm s dozvoljenim odstupanjem od ± 0,002 cm. Menadžment poduzeća želi utvrditi treba li zamijeniti postojeći stroj čiji indeks sposobnosti procesa ($S_p$) iznosi 1. Utvrđeno je da srednja vrijednost novog procesa ($\overline{x}$) iznosi 0,05 cm, a standardna devijacija ($\sigma$) 0,001 cm.

PRISTUP: Treba odrediti $S_p$ za novi stroj pomoću formule 11.3, te temeljem njega donijeti odluku o primjeni novoga stroja.

RJEŠENJE: Gornja granica tolerancije $GGT$ = 0,052 (0,05 debljina uloška + 0,002 dozvoljeno odstupanje)
Donja granica tolerancije $DGT$ = 0,048 (0,05 – 0,002)

$$S_p = \frac{GGT - DGT}{6\sigma} = \frac{0,052 - 0,048}{6 * 0,001} = \frac{0,004}{0,006} = 0,667$$

UOČENO: S obzirom da je indeks sposobnosti novog procesa ispod jedan, što znači da je zadana tolerancija uža od prirodnog rasipanja, novi stroj ne bi trebao zamijeniti postojeći.

[343] Prilagođeno prema: Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 261-262.

### *Primjer 11.2. Indeks sposobnosti procesa*[344]

Menadžment jednog poduzeća ima mogućnost izbora između tri stroja za posao. Za tri procesa (svaki stroj je jedan proces) standardne devijacije su kao u tablici 11.1.

***Tablica 11.1. Standardne devijacije strojeva***

| Proces | Standardna devijacija σ (mm) |
|---|---|
| A | 0,13 |
| B | 0,08 |
| C | 0,16 |

Odredite koji su strojevi, tj. procesi sposobni, ako su donja i gornja granica specifikacije za promatrani proizvod 10,00 mm (donja) i 10,80 mm (gornja).

PRISTUP: Najprije treba odrediti stupanj varijabilnosti svakog procesa (širinu procesa ili sposobnost procesa), i tu vrijednost usporediti s razlikom u specifikaciji od 0,80 mm (10,80 -10,00). Nakon toga se može izračunati i indeks sposobnosti procesa.

RJEŠENJE:

***Tablica 11.2. Izračun indeksa sposobnosti***

| Proces | σ (mm) | Sposobnost (širina procesa) | $S_p$ |
|---|---|---|---|
| A | 0,13 | 6 * 0,13 = 0,78 | 0,80/0,78 = 1,03 |
| B | 0,08 | 6 * 0,08 = 0,48 | 0,80/0,48 = 1,67 |
| C | 0,16 | 6 * 0,16 = 0,96 | 0,80/0,96 = 0,83 |

UOČENO: Izračunate sposobnosti procesa (0,78; 0,48 i 0,96) usporedile su se sa zadanom tolerancijom od 0,80 (koja je zadana specifikacijom: 10,80 - 10,00 = 0,80). Općenito vrijedi, kada je zadana tolerancija šira od raspona procesa, onda je proces sposoban. U ovom slučaju, može se reći da su procesi A i B stabilni. Međutim, bolja procjena postiže se pomoću indeksa sposobnosti procesa ($S_p$). Prema njemu, proces A je jedva sposoban, jer je $S_p$ vrlo blizu 1 ($S_p$ = 1,03), dok proces B pokazuje dobru stabilnost ($S_p$ =1,67). Stoga treba izabrati stroj B za posao koji se obavlja u dotičnom poduzeću.

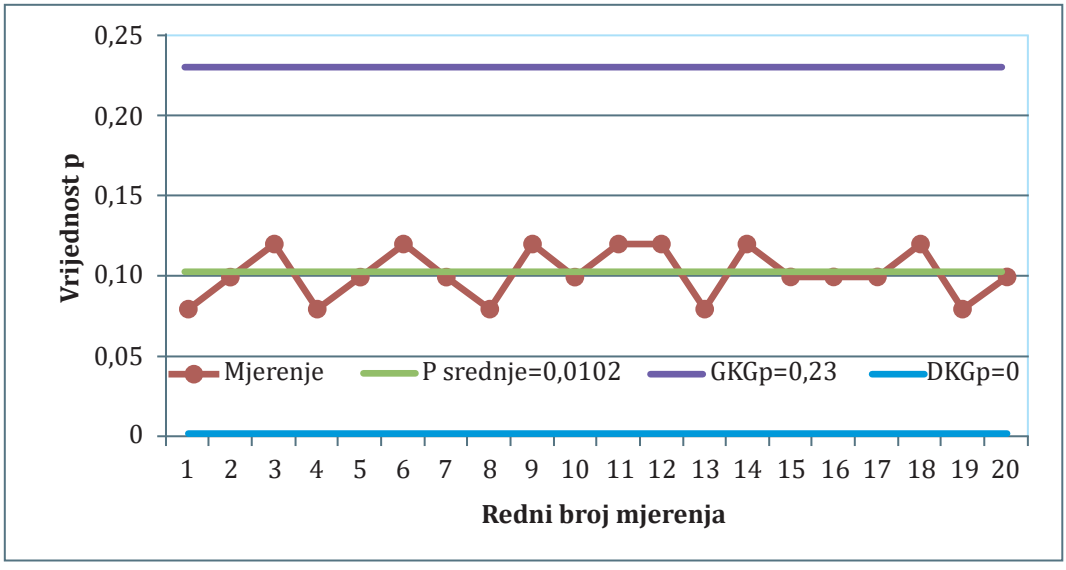
[344] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education. str. 437-438.

## 11.5. KONTROLNE KARTE

Kontrolne karte razvio je W. A. Shewhart 1920-ih kada je uočio da procesi imaju svoje varijacije. Kontrolna karta je alat statističke kontrole procesa koja grafički, tj. vizualno, prikazuje jesu li promatrane karakteristike kvalitete unutar izračunatih kontrolnih granica, odnosno je li proces pod kontrolom. Temeljna svrha kontrolnih karata je utvrđivanje postojanja prirodnih ili sistemskih uzroka varijacija, ali i predviđanje budućih događanja u procesu. Jednostavno rečeno, kontrolne karte su alat za nadgledanje, kontrolu i poboljšavanje procesa tijekom vremena.

Svaka kontrolna karta sadržava tri elementa:
- središnju liniju, tj. prosjek kvalitete mjerene karakteristike
- gornju kontrolnu granicu (*GKG*), tj. razinu maksimalno prihvatljivih slučajnih varijacija
- donju kontrolnu granicu (*DKG*), tj. razinu minimalno prihvatljivih slučajnih varijacija.

Gornja i donja kontrolna granica postavljene su na tri standardne devijacije od srednje vrijednosti, što znači da se njima obuhvaća 99,73 % promatranih slučajnih varijacija. Izgled kontrolne karte stabilnog procesa prikazuje slika 11.1.




***Slika 11.1. Kontrolna karta***

U svakoj kontrolnoj karti, na os apscise unose se uzorci u kojima se ispituju karakteristike kvalitete, a na os ordinate karakteristika koja se mjeri. Uzimanje uzoraka odvija se periodično. U svakom uzorku vrše se mjerenja izabranih karakteristika kvalitete koja se bilježe u kontrolnu kartu. Ako su rezultati mjerenja unutar kontrolnih granica, proces je stabilan. Ako su rezultati izvan kontrolnih granica, trebalo bi zaustaviti proces i pronaći uzrok problema.

Kod kontrolnih karata postoji problem definiranja veličine uzorka i učestalosti uzimanja uzoraka. Kada je riječ o **veličini uzorka** nije svejedno radi li se o karakteristikama kvalitete koje su mjerljive (varijabilne karakteristike) ili opisne (atributivne karakteristike). Kada je riječ o *varijabilnim karakteristikama* (težina, visina, vrijeme, obujam i slično), onda je dovoljno uzeti

između dvije do deset jedinica u uzorak, jer one dobro reprezentiraju seriju koja se trenutno radi, a kada je riječ o *atributivnim karakteristikama* (dobar – loš, ide – ne ide, ima – nema, čeka – ne čeka i slično), veličina uzorka mora biti znatno veća, od 50 do 300 jedinica, jer je svaki proizvod jedinstven.

Što se tiče **učestalosti uzimanja uzoraka** ona ovisi o *obujmu proizvodnje;* što je veći obujam, veća je i učestalost uzimanja uzoraka, te o *odnosu troška proizvodnje jedinica s greškom i troška kontrole*.

Kontrolne karte razlikuju se ovisno o karakteristikama kvalitete koje se prate. S obzirom da **karakteristike kvalitete** mogu biti **varijabilne i atributivne**, tako postoje:
- kontrolne karte za praćenje varijabilnih (kontinuiranih) vrijednosti karakteristika kvalitete ili *x - karte*, i
- kontrolne karte za praćenje atributivnih (diskontinuiranih) vrijednosti karakteristika kvalitete ili *p - karte*.

Ovisno o tome prati li se kvaliteta preko **izvornih ili izvedenih karakteristika kvalitete**, razlikuju se:
- *izvorne* kontrolne karte (vrlo rijetko se koriste)
- *izvedene* kontrolne karte.

Izvorna karakteristika ($X$) je ona kojom se označava kvaliteta. Ukoliko takva karakteristika mjerenjem može poprimiti svaku vrijednost zadanog intervala naziva se karakteristikom s kontinuiranom vrijednošću i za nju se radi izvorna kontrolna karta. ***Izvorne karte*** nazivaju se ***x - karte***. Izvorne karte nemaju širu primjenu. Koriste se za kontrolu operacija koje nisu puno osjetljive u pogledu kvalitete, a njihova konstrukcija se temelji ili na prirodnim granicama rasipanja ili na unaprijed utvrđenim granicama tolerancije.

***Izvedene karte*** imaju znatno širu primjenu od izvornih, a njima se prate izvedene vrijednosti izmjerenih karakteristika kvalitete, kao što su: srednja vrijednost ($\overline{x}$), standardna devijacija ($\sigma$) i raspon ($R$). Prema navedenom, postoje dvije osnovne izvedene karate. To su: $\overline{x}R$ - *karte* i $\overline{x}\sigma$ - *karte.*

$\overline{x}R$ - kontrolne karte prate rasipanje aritmetičkih sredina uzoraka i raspona uzoraka, dok se $\overline{x}\sigma$- kontrolne karte koriste kada je potrebno pratiti proces na temelju većeg broja komada u uzorku (u pravilu više od 15). Radi se o procesima u kojima je trajanje operacija duže i u kojima se javljaju veća rasipanja.

S obzirom na **granice rasipanja** razlikuju se:
- kontrolne karte s *izračunatim kontrolnim granicama (prirodne)*
- kontrolne karte s unaprijed *zadanim kontrolnim granicama (iz tolerancije)*

## 11.5.1. Kontrolne karte za varijabilne karakteristike kvalitete

Kontrola kvalitete odvija se u pravilu na uzorku. Što je veći broj komada u uzorku, bolja je procjena kvalitete cijele serije koja se proizvodi. Međutim, umjesto uzimanja jednog uzorka od 100 komada, bolje je uzeti više malih uzoraka, jer su odnosi između karakteristika uzoraka i osnovnog skupa toliko pouzdani da se može zaključivati o kvaliteti cijele serije (osnovnog skupa). Dakle,

karakteristike uzoraka: srednja vrijednost ($\overline{x}$), raspon ($R$) i standardna devijacija ($\sigma$) stoje u određenom odnosu prema istim karakteristikama osnovnog skupa pa će se temeljem toga ocijeniti kvaliteta osnovnog skupa. Zbog toga se u praksi koriste izvedene kontrolne karte. U nastavku će se prikazati formule za njihov izračun i primjeri zadataka.

### *11.5.1.1. $\overline{x}R$ - kontrolne karte*

$\overline{x}R$ - kontrolne karte koriste se za kontrolu procesa praćenjem aritmetičkih sredina uzoraka i raspona uzoraka, tako da se izračunaju srednje linije za navedene vrijednosti i njihove kontrolne granice.

Srednja linija $\overline{x}R$ - kontrolne karte predstavlja *aritmetičku sredinu aritmetičkih sredina* kontroliranih uzoraka ($\overline{\overline{x}}$), a izračunava se prema formuli 11.4.

$$\overline{\overline{x}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \overline{x}_j}{k} \qquad (11.4)$$

gdje su:

$\overline{x}$ = srednja vrijednost uzorka

$k$ = broj uzoraka koji imaju isti broj komada ($n$)

Drugi parametar jeste *raspon uzorka (R)*, koji se izračunava prema formuli 11.5.

$$R = x_{max} - x_{min} \qquad (11.5)$$

gdje je:

$x$ = karakteristika koja se kontrolira

Uz raspon je potrebno izračunati i *srednju vrijednost raspona uzorka* ($\overline{R}$) što prikazuje formula 11.6.

$$\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{k} R_j}{k} \qquad (11.6)$$

Odnos između srednje vrijednosti raspona uzoraka ($\overline{R}$) i *standardne devijacije osnovnog skupa* ($\sigma_0$) izražava se formulom 11.7.

$$\sigma_0 = \frac{\overline{R}}{d_2} \qquad (11.7)$$

gdje je:

$d_2$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (*Prilog 3*)

Kontrolne granice za ovu kontrolnu kartu mogu se izračunati na dva načina:

***a) Iz snimljenih podataka.***
*Kontrolne granice rasipanja srednjih vrijednosti uzoraka* izračunavaju se formulama 11.8. i 11.9.

$$GKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} \qquad (11.8)$$

$$DKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} \qquad (11.9)$$

gdje je:

$A_2$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (*Prilog 3*)

*Kontrolne granice rasipanja raspona uzoraka (R)* izračunavaju se pomoću formula 11.10. i 11.11.

$$GKG_R = D_4 * \bar{R} \qquad (11.10)$$

$$DKG_R = D_3 * \bar{R} \qquad (11.11)$$

gdje su:

$D_3$ i $D_4$ = parametri koji ovise o veličini uzorka (*Prilog 3*)

***b) Neposredno iz same tolerancije.*** U ovom slučaju, kontrolne granice za srednje vrijednosti i raspone navedene su niže.

*Kontrolne granice za srednje vrijednosti uzoraka* izračunavaju se prema formulama 11.12. i 11.13.

$$GKG_{\bar{x}} = x_0 + A' * ZT \qquad (11.12)$$

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A' * ZT \qquad (11.13)$$

gdje su:

$A'$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (*Prilog 3*)

$ZT$ = vrijednost zadane tolerancije

$x_0$ = srednja vrijednost tolerancije

*Srednja vrijednost tolerancije* izračunava se prema formuli 11.14.

$$x_0 = \frac{ZT_g + ZT_d}{2} \qquad (11.14)$$

gdje su:

$ZT_g$ = gornja vrijednost zadane tolerancije

$ZT_d$ = donja vrijednost zadane tolerancije

*Kontrolne granice za raspone* izračunavaju se prema formulama 11.15. i 11.16.

$$GKG_R = D'_2 * ZT \qquad (11.15)$$

$$DKG_R = D'_1 * ZT \qquad (11.16)$$

gdje su:

$D'_2$ i $D'_1$ = parametri koji ovise o veličini uzorka (*Prilog 3*)

U nastavku će se dati primjer izračuna elemenata $\overline{x}R$ - kontrolne karte i njezina konstrukcija.

***Primjer 11.3. Konstrukcija $\overline{x}R$ - kontrolne karte***

Poduzeće „Maja“ proizvodi patentne zatvarače. Jedna od kritičnih točaka kontrole je njihova dužina. Serija koja se kontrolira treba imati dužinu od 20 cm, s tolerancijom od ± 0,5 cm. Kontrola se odvija uzorkovanjem. Za promatranu seriju uzeto je pet uzoraka od po četiri komada u uzorku. Mjerenjem dužine patentnih zatvarača dobivene su sljedeće vrijednosti (tablica 11.3):

***Tablica 11.3. Dužine patentnih zatvarača u uzorcima***

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 20,05 | 20,03 | 19,95 | 20,04 | 20,00 |
| 20,04 | 19,95 | 20,00 | 20,04 | 20,00 |
| 19,99 | 20,00 | 20,04 | 19,99 | 20,02 |
| 20,00 | 20,04 | 20,05 | 20,04 | 19,95 |

Konstruirajte $\overline{x}R$ - kontrolnu kartu i utvrdite je li proces proizvodnje patentnih zatvarača stabilan?

PRISTUP: Za kontrolu kvalitete promatranih patentnih zatvarača treba konstruirati dvije kontrolne karte, jednu za obilježje *x* (srednju vrijednost dužine patentnih zatvarača svakog uzorka), a drugu za obilježje *R* (raspon dužina patentnih zatvarača u svakom uzorku).

RJEŠENJE: Najprije treba izračunati srednje vrijednosti karakteristika koje se promatraju za svaki uzorak ($\overline{x}$), a zatim raspon za svaki uzorak (*R*). Primjerice, srednja vrijednost obilježja *x* (zbroj svih opažanja podijeljen s brojem opažanja) i raspon (formula 11.5) za 1. uzorak dobiju se na sljedeći način:

$$x_1 = \frac{20,05 + 20,04 + 19,99 + 20,00}{4} = 20,02$$

$$R = x_{max} - x_{min} = 20,05 - 19,99 = 0,06$$

Na isti način izračunaju se srednje vrijednosti obilježja *x* i rasponi za ostale uzorke. Izračunate vrijednosti prikazuje tablica 11.4.

***Tablica 11.4. Srednje vrijednosti i rasponi patentnih zatvarača***

| Uzorak | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{x}$ | 20,02 | 20,005 | 20,01 | 20,0275 | 19,9925 | 100,055 |
| $R$ | 0,06 | 0,09 | 0,10 | 0,05 | 0,07 | 0,37 |

Da bi mogli izračunati kontrolne granice, potrebno je izračunati srednju vrijednost srednjih vrijednosti obilježja x (formula 11.4), te srednju vrijednost raspona (formula 11.6).

$$\overline{\overline{x}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \overline{x}_j}{k} = \frac{20,02 + 20,005 + 20,01 + 20,0275 + 19,9925}{5} = 20,01$$

$$\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{k} R_j}{k} = \frac{0,06 + 0,09 + 0,10 + 0,05 + 0,07}{5} = \frac{0,37}{5} = 0,07$$

Formule za izračunavanje kontrolnih granica za obilježje *x*, tj. za srednju vrijednost dužine patentnih zatvarača su: 11.8 i 11.9.

$$GKG_{\overline{x}} = \overline{\overline{x}} + A_2 * \overline{R} = 20,01 + 0,729 * 0,07 = 20,01 + 0,05 = 20,06$$

$$DKG_{\overline{x}} = \overline{\overline{x}} - A_2 * \overline{R} = 20,01 - 0,729 * 0,07 = 20,01 - 0,05 = 19,96$$

Vrijednost parametra $A_2$ očitava se iz tablice u *Prilogu 3* za veličinu uzorka od 4 elementa. Važno! Ne smije se miješati veličina uzorka (*n*) i broj uzoraka (*k*). Koeficijenti u *Prilogu 3* odnose se uvijek na veličinu uzorka (*n*)!

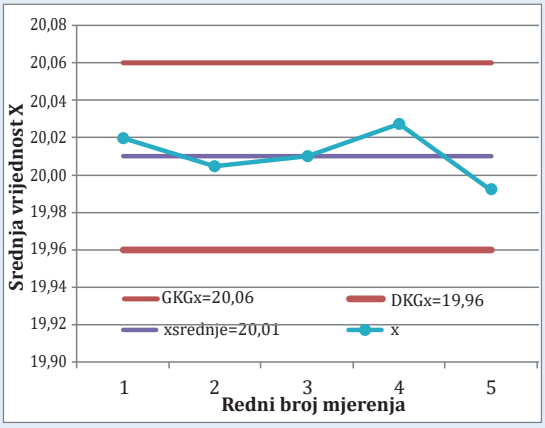
Formule za izračun kontrolnih granica za raspone su: 11.10 i 11.11.

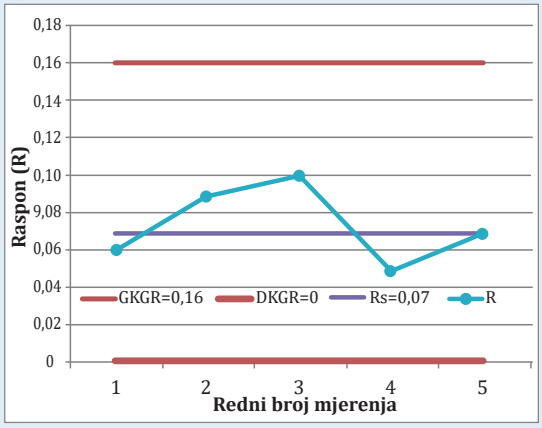
$$GKG_R = D_4 * \overline{R} = 2,282 * 0,07 = 0,16$$

$$DKG_R = D_3 * \overline{R} = 0 * 0,07 = 0$$

Vrijednosti parametara $D_3$ i $D_4$ pročitane su u tablici u *Prilogu 3*, za uzorak od 4 elementa.

Konstrukcija $\overline{x}R$ - kontrolne karte obuhvaća crtanje dviju kontrolnih karata: jedne za srednje vrijednosti mjerene karakteristike (obilježje *x*), a druge za raspone (*R*), što se vidi na slikama 11. 2. i 11.3.




***Slika 11.2.*** $\bar{x}$ ***- kontrolna karta***

***Slika 11.3. R - kontrolna karta***

UOČENO: Prema ucrtanim vrijednostima praćenih karakteristika kvalitete na obje karte, zaključuje se da je proces stabilan i točan, jer se sve točke nalaze unutar kontrolnih granica.

S obzirom da je u ovom primjeru poznata tolerancija (± 0,5 cm), to je moguće usporediti širinu prirodnog rasipanja procesa sa zadanom tolerancijom. Za to nam služi formula 11.7. Iz te formule može se izračunati standardna devijacija osnovnog skupa na sljedeći način:

$$\sigma_0 = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,07}{2,059} = 0,034$$

Vrijednost koeficijenta $d_2$ pročitana je u tablici u *Prilogu 3*, za uzorak od 4 elementa.

Proizlazi da je širina prirodnog rasipanja: $6 * \sigma_0 = 6 * 0,034 = 0,204$.

Zadana tolerancija iznosi 1,0 (± 0,5).

U ovom primjeru je zadana tolerancija (ukupno 1 cm) znatno šira od prirodnog rasipanja (0,204), što dodatno potvrđuje da je ovaj proces stabilan, tj. da će iz njega izlaziti patentni zatvarači predviđene dužine.

Kada bi zadana tolerancija bila uža od prirodnog rasipanja, a izmjerene karakteristike bile unutar kontrolnih granica, to bi upućivalo na moguće probleme u procesu. Moguće uzroke problema bi trebalo pronaći. Međutim, u takvim slučajevima (proces pokazuje stabilnost) korekcije su vrlo teške, jer postoji veliki broj čimbenika koji mogu utjecati na rasipanje. Ako se rasipanje ne uspije smanjiti korektivnim radnjama na operacijama, onda treba ili mijenjati tehnološki proces ili izvršiti reviziju propisane tolerancije. Općenito, kada je prirodno rasipanje šire od propisane, odnosno zadane tolerancije treba napraviti korekcije u procesu.

### *11.5.1.2. $\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte*

*$\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte* koriste se kada je potrebno pratiti proces na temelju većeg broja opažanja jer su u takvim procesima veća rasipanja. Elementi ove kontrolne karte su $\bar{x}$ i $\sigma$. Izračun srednje vrijednosti srednjih vrijednosti obilježja uzoraka prikazan je formulom 11.4, dok se *srednja vrijednost standardnih devijacija uzorka* ($\bar{\sigma}_{\bar{x}}$) izračunava prema formuli 11.17.

$$\bar{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \sigma_{\bar{x}}}{k} \qquad (11.17)$$

Kontrolne granice se, slično kao i kod $\bar{x}R$ - kontrolne karte, izračunavaju na dva načina:
a) temeljem rezultata praćenja procesa i
b) iz zadane tolerancije (ove granice računaju se samo u slučaju ako je prirodno rasipanje uže ili jednako propisanoj toleranciji).

Izračun kontrolnih granica **temeljem praćenja procesa** odvija se na sljedeći način:

*Kontrolne granice $\bar{x}\sigma$ - karte za srednje vrijednosti uzoraka* izračunavaju se prema formulama 11.18. i 11.19.

$$GKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_1 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} \qquad (11.18)$$

$$DKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_1 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} \qquad (11.19)$$

gdje je:

$A_1$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (*Prilog 3*)

*Kontrolne granice za standardne devijacije $\bar{x}\sigma$ - karte* izračunavaju se prema formulama 11.20. i 11.21.

$$GKG_{\sigma_{\bar{x}}} = B_4 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} \qquad (11.20)$$

$$DKG_{\sigma_{\bar{x}}} = B_3 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} \qquad (11.21)$$

gdje su:

$B_4$ i $B_3$ = parametri koji ovise o veličini uzorka (*Prilog 3*)

Kontrolne granice ***iz zadane tolerancije*** za rasipanje aritmetičkih sredina uzoraka izračunavaju se prema formulama 11.12. i 11.13, a za rasipanje standardnih devijacija prema formulama 11.22. i 11.23.

$$GKG_{\hat{\sigma}} = B'_2 * ZT \qquad (11.22)$$

$$DKG_{\hat{\sigma}} = B'_1 * ZT \qquad (11.23)$$

gdje su:

$B'_1$ i $B'_2$ = parametri koji ovise o veličini uzorka (*Prilog 3*)

Ocjena standardne devijacije osnovnog skupa (radi usporedbe prirodnog rasipanja i tolerancije) izračunava se prema formuli 11.24.

$$\sigma_0 = \frac{1}{C_2} * \bar{\sigma}_{\bar{x}} \qquad (11.24)$$

gdje je:

$C_2$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (*Prilog 3*)

Primjer korištenja $\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte dan je u nastavku.

***Primjer 11.4. Konstrukcija $\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte***[345]

Za kontrolu procesa proizvodnje cilindara uzet je šest puta uzorak od po 15 komada. Kontrolirana dimenzija cilindra je promjera 14 mm s tolerancijom od -0,020 do -0,100. Mjerenjem veličina izabranih u uzorak i njihovom obradom dobile su se sljedeće vrijednosti (tablica 11.5).

***Tablica 11.5. Srednje vrijednosti i standardne devijacije uzoraka***

| uzorak | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 13,937 | 13,940 | 13,936 | 13,943 | 13,953 | 13,957 | 83,666 |
| $\sigma$ | 0,0137 | 0,011 | 0,015 | 0,0156 | 0,0127 | 0,0117 | 0,0797 |

Konstruirajte $\bar{x}\sigma$ - kontrolnu kartu, te ocijenite stabilnost i točnost proteklog procesa. Pri računanju kontrolnih granica, izračunajte granice prirodnog rasipanja i granice tolerancije.

PRISTUP: Postupak konstrukcije $\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte isti je kao i kod $\bar{x}R$ - kontrolne karte. Za kontrolu kvalitete promatranih cilindara treba konstruirati dvije kontrolne karte; jednu za obilježje $x$ (srednju vrijednost cilindara svakog uzorka), a drugu za obilježje $\sigma$ (standardnu devijaciju svakog uzorka).

RJEŠENJE: Kako su u ovom slučaju već izračunate srednje vrijednosti svakog uzorka i njihove standardne devijacije, to se može pristupiti računanju elemenata kontrolnih karata, a onda i samih kontrolnih granica obiju kontrolnih karata. Najprije treba izračunati srednju vrijednost srednjih vrijednosti promatranog obilježja ($\bar{\bar{x}}$), a zatim srednju vrijednost standardnih devijacija ($\bar{\sigma}_{\bar{x}}$):

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \bar{x}_j}{k} = \frac{13,937 + 13,940 + 13,936 + 13,943 + 13,953 + 13,957}{6} = \frac{83,666}{6} = 13,944 \text{ mm}$$

[345] Prilagođeno prema: Majstorović, V. (1988). *Organizacija i ekonomika proizvodnje: Zbirka zadataka.* Mostar: Mašinski fakultet, str. 105-108.

$$\bar{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \sigma_{\bar{x}}}{k} = \frac{0,0137+0,011+0,015+0,0156+0,0127+0,0117}{6} = \frac{0,0797}{6} = 0,013 \text{ mm}$$

Kontrolne granice ***prirodnog rasipanja*** računaju se prema formulama 11.18, 11.19, 11.20. i 11.21.

$$GKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_1 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} = 13,944 + 0,816 * 0,013 = 13,944 + 0,011 + 13,955 \text{ mm}$$

$$DKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_1 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} = 13,944 - 0,816 * 0,013 = 13,944 - 0,011 - 13,933 \text{ mm}$$

$$GKG_{\sigma_{\bar{x}}} = B_4 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} = 1,572 * 0,013 = 0,021$$

$$DKG_{\sigma_{\bar{x}}} = B_3 * \bar{\sigma}_{\bar{x}} = 0,428 * 0,013 = 0,006$$

Vrijednosti parametara (koeficijenata) $A_1, B_3$ i $B_4$ pročitane su iz tablice u *Prilogu 3*, za veličinu uzorka od 15 elemenata. Važno! Kod preuzimanja vrijednosti koeficijenata iz *Priloga 3*, ne smije se miješati veličina uzorka ($n$) i broj uzoraka ($k$).

Kontrolne granice iz ***zadane tolerancije*** računaju se prema formulama 11.12, 11.13, 11.22. i 11.23. Prije toga potrebno je izračunati srednju vrijednost tolerancije ($x_0$) prema formuli 11.14.

$$x_0 = \frac{ZT_g + ZT_d}{2} = \frac{13,980+13,900}{2} = 13,940$$

gdje je $ZT_g = 14-0,02 = 13,980$ mm,

a $ZT_d = 14-0,100 = 13,900$ mm

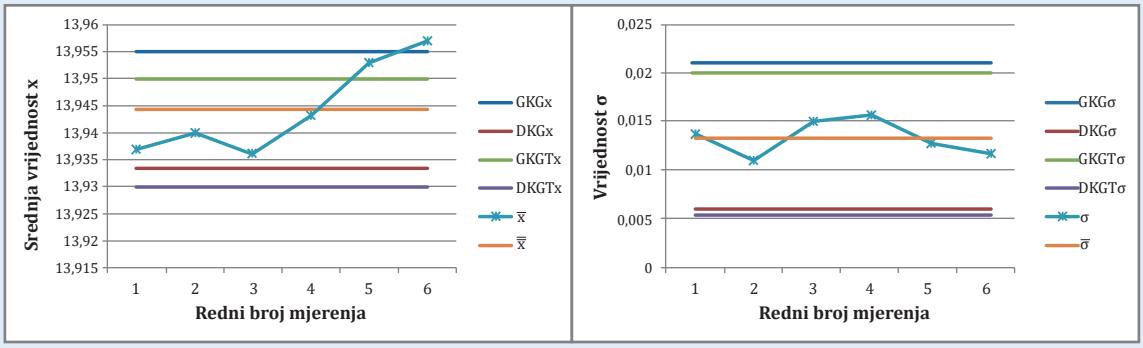
Za kontrolne granice je potrebna i vrijednost zadane tolerancije ($ZT$), a ona iznosi 0,08 mm (13,980 - 13,900 ili 0,100 - 0,020). Sada se mogu izračunati tražene kontrolne granice, a temeljem njih nacrtati i odgovarajuće kontrolne karte (slike 11.4. i 11.5).

$$GKG_{\bar{x}} = x_0 + A' * ZT = 13,940 + 0,129 * 0,08 = 13,940 + 0,010 = 13,950 \text{ mm}$$

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A' * ZT = 13,940 - 0,129 * 0,08 = 13,940 - 0,010 = 13,930 \text{ mm}$$

$$GKG_{\hat{\sigma}} = B'_2 * ZT = 0,249 * 0,08 = 0,020 \text{ mm}$$

$$DKG_{\hat{\sigma}} = B'_1 * ZT = 0,068 * 0,08 = 0,0054 \text{ mm}$$




***Slika 11.4.*** $\overline{x}$***- kontrolna karta*** ***Slika 11.5.*** $\sigma$***- kontrolna karta***

UOČENO: Prema rezultatima kontrolnih karata vidi se da je u $\overline{x}$- kontrolnoj karti jedna točka izvan kontrolnih granica (prirodne i one zadane tolerancijom), i to uzorak 6, dok je uzorak 5 izvan granice zadane tolerancijom, ali unutar prirodnih granica. Što se tiče $\sigma$- kontrolne karte, tu su sva mjerenja unutar kontrolnih granica. Bez obzira što je proces stabilan prema obilježju $\sigma$, nije stabilan prema obilježju $\overline{x}$. Stoga se zaključuje da je protekli proces u cjelini bio nestabilan, jer je jedna točka na $\overline{x}$- karti izašla izvan kontrolnih granica.

Da bi se donijela bolja odluka o uzrocima ovih odstupanja, potrebno je isključiti elemente uzorka br. 6 iz proračuna kontrolnih granica, te temeljem pet uzoraka proračunati nove kontrolne granice.

Ispitivanje točnosti promatranog procesa moguće je i usporedbom širine prirodnog rasipanja sa zadanom tolerancijom. To se može napraviti pomoću ocjene standardne devijacije osnovnog skupa prema formuli 11.24.

$$\sigma_0 = \frac{1}{C_2} * \overline{\sigma}_{\overline{x}} = \frac{0,013}{0,949} = 0,014 \text{ mm}$$

Vrijednost koeficijenta $C_2$ prenesena je iz tablice u *Prilogu 3*, za $n$ = 15.

Širina prirodnog rasipanja dobije se kao: $6 * \sigma_0 = 6 * 0,014 = 0,084$ mm, dok je zadana tolerancija 0,08 mm. Ovdje se vidi da je prirodno rasipanje nešto šire od onog zadanog tolerancijom, što upućuje na zaključak da u procesu može doći do odstupanja. A to se i pokazalo u navedenom primjeru.

## 11.5.2. Kontrolne karte za diskontinuirane vrijednosti karakteristika kvalitete

Kao što je već poznato, u diskontinuirane (atributivne, opisne) karakteristike kvalitete svrstavaju se one koje mogu poprimiti samo određene vrijednosti danog intervala, kao i one koje se ne mogu izraziti brojem nego opisno, primjerice: dobar - loš, ide - ne ide, ima - nema, čeka - ne čeka, i slično.

Najčešće se praćenjem atributivnih karakteristika kvalitete susreću ocjene 'dobar' ili 'loš', pri čemu je potrebno razlikovati činjenicu radi li se o određenom broju grešaka na proizvodu ili je proizvod kao cjelina loš. U tom smislu razlikuje se:

- **globalno praćenje loše kvalitete** (kvaliteta proizvoda se označava kao loša bez obzira na broj pogrešnih karakteristika proizvoda), i
- **strukturno praćenje loše kvalitete** (pravi se razlika u ocjeni kvalitete prema broju grešaka).

Pri globalnom praćenju loše kvalitete koriste se dvije vrste kontrolnih karata:

- kontrolne karte za praćenje *postotka loših komada (p - karte*)
- kontrolne karte za praćenje *broja loših komada (np - karte)*

Pri strukturnom praćenju loše kvalitete koriste se također dvije vrste kontrolnih karata:

- kontrolne karte za praćenje *broja grešaka po jedinici proizvoda (u - karte)*
- kontrolne karte za praćenje grešaka *brojem grešaka na proizvodu (c - karte)*

Kontrolne karte za mjerenje diskontinuiranih vrijednosti karakteristika kvalitete su manje osjetljive od kontrolnih karata za mjerenje varijabilnih vrijednosti karakteristika kvalitete, i stoga zahtijevaju veće uzorke. Osnovne formule za izračun ovih kontrolnih karata i primjeri zadataka prikazat će se u nastavku.

### *11.5.2.1. p - kontrolne karte*

*p* - kontrolne karte koriste se za praćenje *postotka loših komada*. Ove karte daju dobre rezultate u pogledu ocjene procesa ako je broj loših komada u uzorku barem četiri, a broj uzoraka veći od 20. Matematička osnova *p* - kontrolne karte je binomna distribucija.

Izračunavanje centralne linije i kontrolnih granica jednostavnije je nego kod *x* - karata. Tako se centralna linija postotka loših komada izračunava prema formuli 11.25.

$$\overline{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \ldots + n_k p_k}{n_1 + n_2 + \ldots + n_k} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i p_i}{\sum_{j=1}^{k} n_i} \qquad (11.25)$$

gdje su:

$n_i$ = broj komada u j-tom uzorku

$p_i$ = postotak loših komada u j-tom uzorku

$np$ = broj loših komada u uzorku

*Kontrolne granice postotka loših komada* izračunavaju se prema formuli 11.26.

$$KG = \overline{p} \pm 3 * \sqrt{\frac{\overline{p}\left(1 - \overline{p}\right)}{n}} \qquad (11.26)$$

Kada je $\overline{p} \leq 0{,}1$ može se staviti da je: $1 - \overline{p} \approx 1$, pa se kontrolne granice mogu izračunati prema formuli 11.27.

$$KG = \overline{p} \pm 3\sqrt{\frac{\overline{p}}{n}} \qquad (11.27)$$

Pri crtanju *p* - karte, na ordinati se nalazi postotak loših komada (*p*), a na apscisi redni broj uzoraka.

Konstrukcija i upotreba *p* - karte prikazat će se primjerom 11.5.

***Primjer 11.5. Konstrukcija p - kontrolne karte***

U velikom poduzeću koje dnevno šalje na stotine izvješća događa se da se prilozi pogrešno pričvrste ili zaborave. Svako takvo izvješće smatra se lošim. Menadžment je odlučio analizirati kvalitetu rada svojih službenika, tako da je mjesec dana provodio kontrolu izvješća i njihovih priloga. Kontrolirao je u 20 dana (uzoraka) po 50 izvješća. Analizom je ustanovljen sljedeći postotak loših izvješća (*p*) po uzorku (tablica 11.6):

***Tablica 11.6. Postotak loših izvješća***

| **Uzorak** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *p* | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,12 | 0,10 |

| **Uzorak** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *p* | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,08 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 0,10 |

Konstruirajte *p* - kartu i utvrdite je li proces stabilan i točan?

PRISTUP: Kod ove kontrolne karte treba izračunati centralnu liniju koja je prosjek postotka loših izvješća (formula 11.25), te gornju i donju kontrolnu granicu (formula 11.26). Treba obratiti pažnju na to da je ovdje riječ o $k = 20$ uzoraka, a da je veličina svakog uzorka $n = 50$.

RJEŠENJE: Množenjem veličine uzorka (svaki uzorak je isti, tj. ima 50 opažanja) i postotka loših izvješća svakog uzorka, dobije se broj loših komada (np), kako je to prikazano u nastavku:

$$\overline{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \ldots + n_k p_k}{n_1 + n_2 + \ldots + n_k} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i p_i}{\sum_{j=1}^{k} n_i}$$

$$\overline{p} = \frac{50*0,08 + 50*0,10 + 50*0,12 + \ldots + 50*0,10}{50 + 50 + \ldots + 50} = \frac{4 + 5 + 6 + \ldots + 5}{1000} = \frac{102}{1000} = 0,102$$

Nakon izračuna prosjeka postotka loših izvješća, mogu se izračunati kontrolne granice:

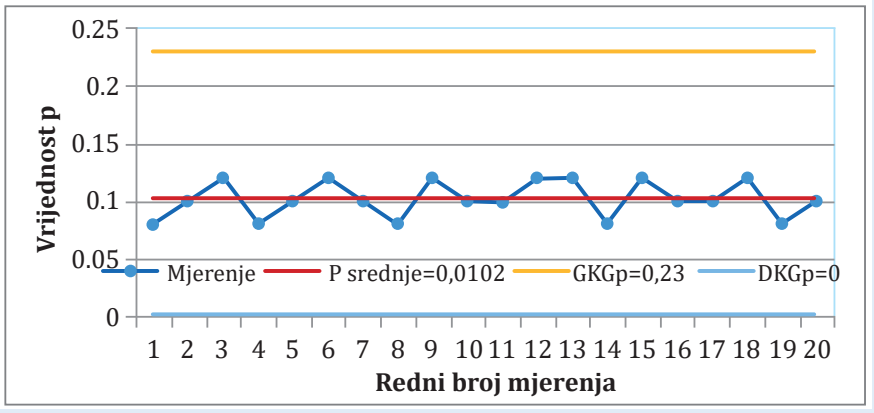
$$KG_D^G = \overline{p} \pm 3*\sqrt{\frac{\overline{p}\left(1-\overline{p}\right)}{n}} = 0{,}102 \pm 3*\sqrt{\frac{0{,}102\left(1-0{,}102\right)}{50}} = 0{,}102 \pm 3*0{,}043 = 0{,}102 \pm 0{,}128$$

$$GKG = 0{,}102 + 0{,}128 = 0{,}230$$

$$DKG = 0{,}102 - 0{,}128 = 0$$

*(dobivena vrijednost bi bila negativna, ali pišemo nula zato što se ne može imati negativan postotak loših komada)*

Sada se može konstruirati kontrolna karta, koja će pratiti postotak loših izvješća (*p*).




***Slika 11.6. p - kontrolna karta***

UOČENO: Iz kontrolne karte se vidi da niti jedan podatak ne izlazi izvan kontrolnih granica i da su svi ravnomjerno raspoređeni oko centralne linije. Iako menadžment nije zadovoljan činjenicom da se prilozi izostave ili pogrešno prikače, može se zaključiti da je proces slanja izvješća pod kontrolom, tj. da je stabilan i točan.

### *11.5.2.2. np - kontrolne karte*

Za razliku od kontrolnih karata koje prate postotak loših komada, *np* - kontrolne karte prate *broj loših komada*.

Centralna linija broja loših komada izračunava se prema formuli 11.28.

$$n\overline{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \ldots + n_k p_k}{k} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i p_i}{k} \qquad (11.28)$$

gdje je:

$k$ = broj uzoraka istog opsega

*Kontrolne granice broja loših komada* izračunavaju se prema formuli 11.29.

$$KG = n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}\left(1-\bar{p}\right)} \qquad (11.29)$$

gdje je $\bar{p}$ kao u formuli 11.25.

Pri crtanju *np* - kontrolne karte, na ordinati se nalazi broj loših komada (*np*), a na apscisi redni broj uzoraka. Izračun elemenata ove karte i njezina konstrukcija prikazat će se primjerom 11.6.

***Primjer 11.6. Konstrukcija np - kontrolne karte***

Praćenje nekog procesa postotkom ili brojem loših komada treba dati isti rezultat. Stoga će se prethodni primjer ovdje analizirati pomoću broja loših komada. Dakle, temeljem podataka iz *primjera 11.5.* konstruirajte *np* - kontrolnu kartu te utvrdite je li proces stabilan i točan.

PRISTUP: Kod ove kontrolne karte prati se izravno broj loših izvješća. Kod nje također treba izračunati centralnu liniju koja je prosjek broja loših izvješća (formula 11.28), te gornju i donju kontrolnu granicu (formula 11.29). S obzirom da je ovaj primjer izveden iz prethodnog, logično je očekivati istu raspodjelu opažanja. I ovdje treba voditi računa da se ne zamijeni broj uzoraka (*k*) s veličinom uzorka (*n*).

RJEŠENJE: Množenjem veličine uzorka (svaki uzorak je isti, tj. ima 50 opažanja) i postotka loših izvješća svakog uzorka dobije se broj loših izvješća (*np*), koje prikazuje tablica 11.7.

***Tablica 11.7. Broj loših izvješća***

| **Uzorak** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| p | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,12 | 0,10 |
| np | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | 6 | 5 |

| **Uzorak** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| p | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,08 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 0,10 |
| np | 5 | 6 | 6 | 4 | 6 | 5 | 5 | 6 | 4 | 5 |

Prosječna vrijednost broja loših izvješća i kontrolne granice izračunati su u nastavku:

$$n\bar{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \ldots + n_k p_k}{k} = \frac{102}{20} = 5{,}1 \text{ loših izvješća}$$

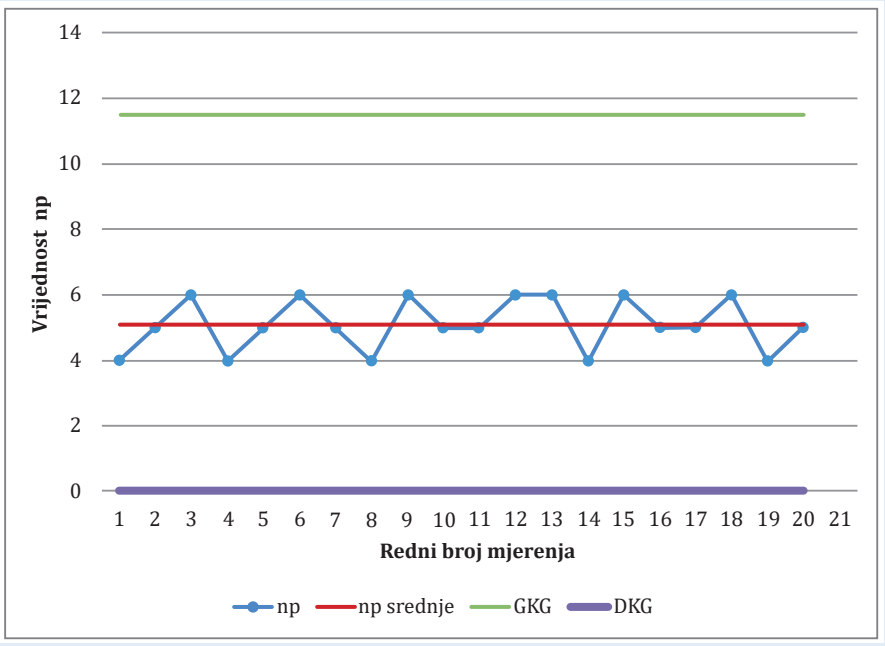
$$KG_D^G = n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}\left(1-\bar{p}\right)} = 5{,}1 \pm 3\sqrt{5{,}1(1-0{,}102)} = 5{,}1 \pm 3*2{,}14 = 5{,}1 \pm 6{,}42$$

$$GKG = 5{,}1 + 6{,}42 = 11{,}5$$

$$DKG = 5{,}1 - 6{,}42 = 0$$

*(zato što se ne može imati negativan broj loših komada)*

Sada se može konstruirati kontrolna karta koja prati broj loših izvješća (*np*).




***Slika 11.7. np - kontrolna karta***

UOČENO: Iz kontrolne karte 11.7. se vidi da niti jedan podatak ne izlazi izvan kontrolnih granica i da su svi ravnomjerno raspoređeni oko centralne linije. Štoviše, vidi se da je raspodjela mjerenja identična karti koja prati postotak loših izvješća. Kako je naprijed istaknuto, ovakva raspodjela je logična jer je svejedno prati li se broj ili postotak loših komada. Može se ponovo zaključiti da je proces slanja izvješća stabilan i točan.

### *11.5.2.3. u - kontrolne karte*

*u* - kontrolne karte prate *broj grešaka po jedinici proizvoda*, a pogodne su i za praćenje broja grešaka po dužinskoj jedinici, kao, primjerice, po $m^2$, $m^4$ itd. Kod ovih karata nije važno kakve su vrste utvrđene greške (iste ili različite), već samo da te greške postoje.

Centralna linija broja grešaka po jedinici proizvoda izračunava se prema formuli 11.30.

$$\overline{u} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i u_i}{\sum_{j=1}^{k} n_i} \qquad (11.30)$$

gdje su:

$u$ = broj grešaka na svim komadima jednog uzorka

$\overline{u}$ = prosječan broj grešaka po jednom komadu

$\sum n_i$ = ukupan broj komada u svim uzorcima

*Kontrolne granice broja grešaka po jedinici proizvoda* izračunavaju se prema formuli 11.31.

$$KG = \overline{u} \pm 3\sqrt{\frac{\overline{u}}{n}} \qquad (11.31)$$

Pri crtanju *u* - karte, na ordinati se nalazi broj grešaka po jedinici proizvoda (*u*), a na apscisi redni broj uzoraka. Kod ove kontrolne karte prikazat će se izračun u situaciji kada je veličina uzorka ista (primjer 11.7) i kada je različita (primjer 11.8).

***Primjer 11.7. Konstrukcija u - kontrolne karte kada su uzorci iste veličine***

Poduzeće za proizvodnju vrtnih crijeva za zalijevanje kontrolira njihovu kvalitetu. Kontrolira se boja, glatkoća i ispupčenost gume. Kontrola se odvija mjerenjem grešaka na crijevu od 5 m u 15 uzoraka. Konstruirajte *u* - kontrolnu kartu, te temeljem nje zaključite kakav je proces proizvodnje vrtnih crijeva za zalijevanje. Tablica 11.8. prikazuje broj grešaka (*nu*) na kontroliranim crijevima:

***Tablica 11.8. Broj grešaka na vrtnom crijevu za zalijevanje***

| **Uzorak** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **Σ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *nu* | 5 | 7 | 4 | 9 | 4 | 5 | 10 | 10 | 8 | 1 | 7 | 6 | 9 | 6 | 8 | 99 |
| *u* | 1,0 | 1,4 | 0,8 | 1,8 | 0,8 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 1,6 | 0,2 | 1,4 | 1,2 | 1,8 | 1,2 | 1,6 | |

*nu* - broj grešaka na kontroliranim trakama

PRISTUP: Kod ove kontrolne karte treba izračunati centralnu liniju broja grešaka po jedinici proizvoda (formula 11.30). S obzirom da je utvrđen broj grešaka (*nu*) po svakom uzorku, to se brojnik formule 11.30. dobije jednostavno zbrajanjem vrijednosti *nu* u prikazanoj tablici. Što se tiče nazivnika formule 11.30, vidi se da je riječ o 15 uzoraka veličine 5 *m* (15 * 5 = 75). Kako se u kontrolnu kartu treba unijeti broj grešaka po jedinici proizvoda (dakle po jednom metru), onda se on treba izračunati tako da se ukupan broj grešaka u svakom uzorku (*nu*) podijeli s veličinom uzorka (*n*). Uzorak je u ovom primjeru uvijek iste veličine i iznosi 5 m. Broj grešaka (*u*) u svakom uzorku izračunat je u trećem retku početne tablice (ovaj podatak se crta u grafičkom prikazu, tj. u kontrolnoj karti).

RJEŠENJE:

$$\overline{u} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i u_i}{\sum_{j=1}^{k} n_i} = \frac{5+7+4+\ldots+8}{5+5+\ldots+5} = \frac{99}{75} = 1,32 \text{ greške/m}$$

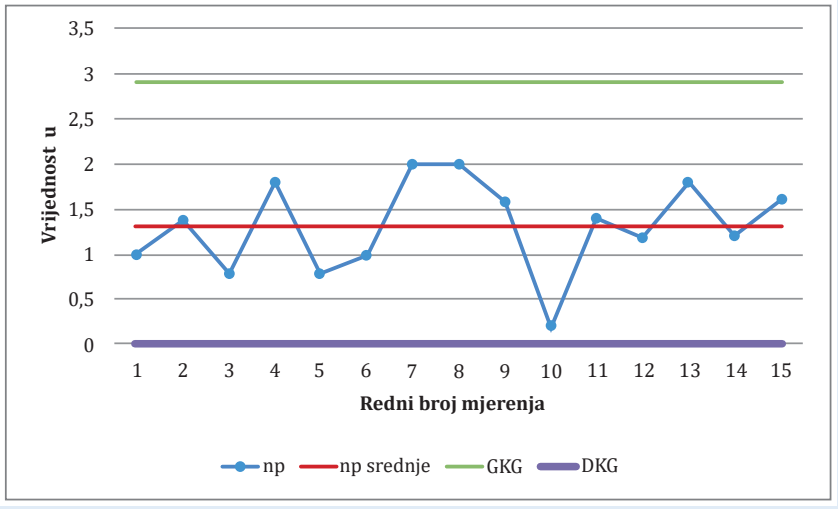
$$KG_D^G = \overline{u} \pm 3\sqrt{\frac{\overline{u}}{n}} = 1,32 \pm 3\sqrt{\frac{1,32}{5}} = 1,32 \pm 3*0,51 = 1,32 \pm 1,53$$

$$GKG = 1,32 + 1,53 = 2,85$$

$$DKG = 1,32 - 1,53 = 0$$

*(zato što se ne može imati negativan broj loših komada)*

Temeljem izračunatih vrijednosti, konstruira se kontrolna karta kako slijedi:




***Slika 11.8. u - kontrolna karta za iste veličine uzorka***

UOČENO: Sve ocijenjene vrijednosti su unutar kontrolnih granica, pa se može reći da je proces proizvodnje crijeva za zalijevanje stabilan i točan.

***Primjer 11.8. Konstrukcija u - kontrolne karte kada su uzorci različite veličine***

Poduzeće specijalizirano za izradu gimnastičke opreme, između ostalog, izrađuje elastične gumene trake. Njihova kvaliteta ispituje se s obzirom na debljinu trake. Smatra se da su trake zadovoljavajuće kvalitete ako na njima nema više od 1 greške po metru. Trake se rade u serijama od 3 do 5 metara. Analizom 20 uzoraka dobiveni su podaci prikazani u tablici 11.9.

***Tablica 11.9. Broj grešaka na trakama različite dužine***

| **Uzorak** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *nu* | 5 | 8 | 3 | 0 | 0 | 2 | 8 | 10 | 10 | 11 |
| *n* | 3,5 | 4,5 | 4,0 | 4,7 | 5 | 3,9 | 4,5 | 5,0 | 4,9 | 4,0 |
| *u* | 1,4 | 1,8 | 0,75 | 0 | 0 | 0,5 | 1,8 | 2 | 2 | 2,75 |

| **Uzorak** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **Σ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *nu* | 4 | 4 | 0 | 1 | 4 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 74 |
| *n* | 3,5 | 5,0 | 5,0 | 4,3 | 4,4 | 3,7 | 3,1 | 4,8 | 5,0 | 5,0 | 87,8 |
| *u* | 1,1 | 0,8 | 0 | 0,2 | 0,9 | 0,5 | 0 | 0,2 | 0,2 | 0 | |

Pomoću *u* - kontrolne karte objasnite kakva je stabilnost ovog procesa.

PRISTUP: Kod ove kontrolne karte postupak utvrđivanja centralne linije i kontrolnih granica identičan je kao i u prethodnom primjeru. Broj grešaka u ovim uzorcima izračunava se također na način da se ukupan broj grešaka u svakom uzorku (*nu*) podijeli s veličinom uzorka (*n*), pri čemu su sada uzorci različite veličine. Izračunati broj grešaka (*u*) je u početnoj tablici u četvrtom retku. Konstrukcija ovakve kontrolne karte drugačija je u odnosu na prethodni primjer, zbog različite veličine uzoraka. Naime, pri konstrukciji kontrolne karte, trebat će izračunati kontrolne granice za minimalnu, prosječnu i maksimalnu veličinu uzorka i te kontrolne granice ucrtati u kontrolnu kartu. Ocjenjivanje stabilnosti procesa procjenjivat će se u odnosu na sve tri ucrtane kontrolne granice.

RJEŠENJE:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i u_i}{\sum_{j=1}^{k} n_i} = \frac{5+8+3+\ldots+0}{3,5+4,5+\ldots+5,0} = \frac{74}{87,8} = 0,8 \text{ grešaka/m}$$

Kontrolne granice treba izračunati za minimalnu vrijednost uzorka ($n$ =3,1 m), maksimalnu ($n$ = 5,0 m) i prosječnu, kao zbroj minimalne i maksimalne, te podijeljene s dva ((3,1 + 5,0) / 2 = 4,05).

$$KG_D^G = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Za $n$ = 3,1: $KG_D^G = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,8 \pm 3\sqrt{\frac{0,8}{3,1}} = 0,8 \pm 3*0,5 = 0,8 \pm 1,5$

$GKG = 0,8 + 1,5 = 2,3$
$DKG = 0,8 - 1,5 = 0$

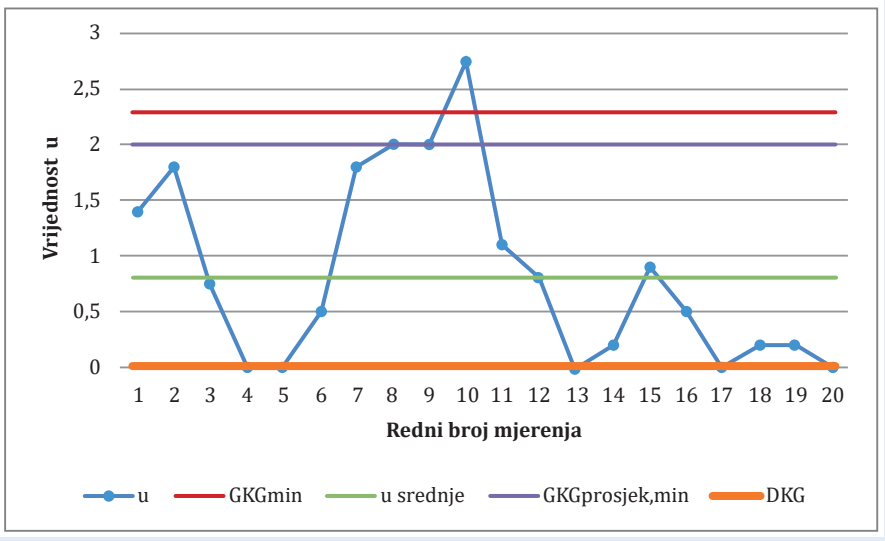
Za n = 4,05: $KG_D^G = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,8 \pm 3\sqrt{\frac{0,8}{4,05}} = 0,8 \pm 3*0,4 = 0,8 \pm 1,2$

$GKG = 0,8 + 1,2 = 2,0$
$DKG = 0,8 - 1,2 = 0$

Za n = 5,0: $KG_D^G = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,8 \pm 3\sqrt{\frac{0,8}{5}} = 0,8 \pm 3*0,4 = 0,8 \pm 1,2$

$GKG = 0,8 + 1,2 = 2,0$
$DKG = 0,8 - 1,2 = 0$

Sada se može pristupiti konstrukciji kontrolne karte koja će imati dvije umjesto tri gornje kontrolne granice (jer su za dvije veličine uzorka gornje kontrolne granice iste), te jednu donju kontrolnu granicu (jer je u sva tri slučaja ona nula).




***Slika 11.9. u - kontrolna karta za različite veličine uzoraka***

UOČENO: Iz kontrolne karte se vidi da je broj grešaka u uzorku 10 prešao izvan gornjih kontrolnih granica, dok je u dva uzorka, 8 i 9, na gornjoj kontrolnoj granici, za veličine uzoraka od 4,05 i 5 m. Ovdje treba istaknuti bitnu stvar. Kada niti jedna karakteristika kvalitete ne izlazi izvan kontrolnih granica, ali se nalazi na gornjoj ili donjoj kontrolnoj granici, treba biti oprezan, jer to upozorava na moguće propuste. Tada treba provjeriti je li možda postupak ili način mjerenja bio ispravan.

Temeljem ovog rješenja može se zaključiti da proces proizvodnje gimnastičke gumene trake nije stabilan, odnosno da proizvedene trake neće moći zadovoljiti postavljene uvjete za kvalitetu. Slično primjeru $\overline{x}\sigma$ - kontrolne karte, u kojoj je kod obilježja *x* došlo do izlaska karakteristika kvalitete izvan kontrolnih granica, i ovdje bi trebalo isključiti uzorak u kojem je rasipanje bilo više od dozvoljenog (10. uzorak), te ponovo proračunati elemente kontrolne karte.

### *11.5.2.4. c - kontrolne karte*

*c* - kontrolne karte služe za praćenje *broja grešaka na proizvodu*, ali samo u slučaju kada su uzorci iste veličine. Također, njome se prati i broj grešaka na jednom komadu.

Centralna linija grešaka brojem grešaka na proizvodu izračunava se prema formuli 11.32.

$$\overline{c} = \frac{\sum_{j=1}^{k} c_i}{k} \qquad (11.32)$$

gdje su:

$c$ = broj grešaka u pojedinom uzorku

$\overline{c}$ = prosječan broj grešaka po uzorku

$\sum c_i$ = ukupan broj grešaka u svim uzorcima

*Kontrolne granice grešaka brojem grešaka na proizvodu* izračunavaju se prema formuli 11.33.

$$KG = \overline{c} \pm 3\sqrt{\overline{c}} \qquad (11.33)$$

Pri crtanju *c* - karte, na ordinati se nalazi broj grešaka po uzorku (*c*), a na apscisi redni broj uzoraka. Konstrukcija i upotreba ove kontrolne karte prikazat će se primjerom 11.9.



***Primjer 11.9. Konstrukcija c - kontrolne karte***

Obrt za proizvodnju sportskih torbi, koja se odvija šivanjem, napravi dnevno dvije do tri torbe. Nakon završetka proizvodnje provjerava se urednost, čvrstoća i izgled šavova, te se utvrđuje broj grešaka po torbi. Ustanovljeni broj grešaka prikazan je u tablici 11.10.

***Tablica 11.10. Broj grešaka po torbi***

| **Dnevna proizvodnja** | **2** | | **3** | | | **2** | | **3** | | | **3** | | | **2** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Broj torbi** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **Σ** |
| Broj grešaka | 2 | 0 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 23 |

Pomoću *c* - kontrolne karte utvrdite je li proces proizvodnje torbi stabilan.

PRISTUP: *c* - kontrolna karta temelji se na istim elementima kao i prethodne. Dakle, treba izračunati i nacrtati srednju vrijednost grešaka šavova (prema formuli 11.32), te kontrolne granice (prema formuli 11.33).

RJEŠENJE:

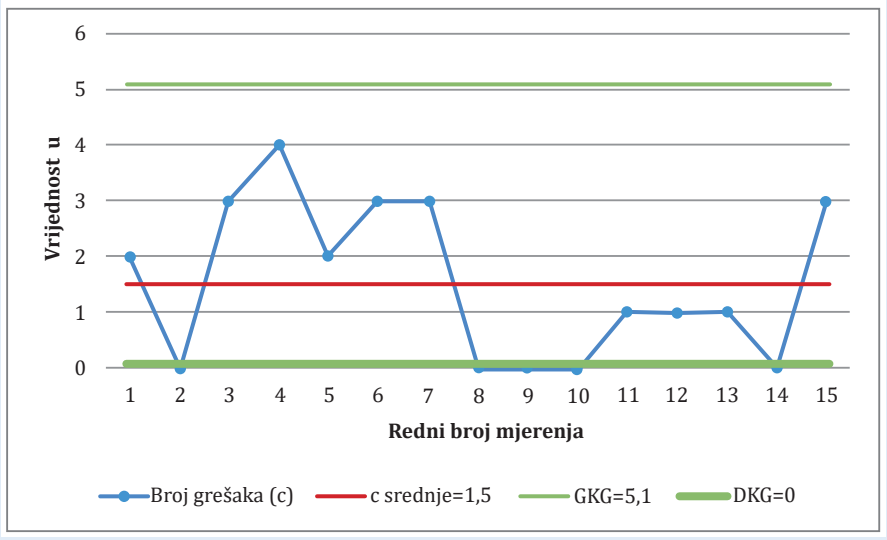
$$\overline{c} = \frac{\sum_{j=1}^{k} c_i}{k} = \frac{2+0+3+\ldots+3}{15} = \frac{23}{15} = 1,5 \text{ grešaka/torbi}$$

$$KG_D^G = \overline{c} \pm 3\sqrt{\overline{c}} = 1,5 \pm 3\sqrt{1,5} = 1,5 \pm 3*1,2 = 1,5 \pm 3,6$$

$$GKG = 1,5 + 3,6 = 5,1$$

$$DKG = 1,5 - 3,6 = 0$$

Konstrukcija kontrolne karte je sljedeća:




***Slika 11.10. c - kontrolna karta***

UOČENO: Sve mjerene karakteristike kvalitete nalaze se unutar kontrolnih granica, te se može reći da je promatrani proces proizvodnji torbi stabilan i točan.

## 11.6. ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju objašnjena je u svojim osnovama statistička kontrola kvalitete. Pri tome je najprije objašnjeno kako se oblikuje sustav kontrole kvalitete, a nakon toga je pozornost usmjerena na statističku kontrolu procesa. Statistička kontrola procesa temelji se na poznavanju dviju vrsta varijacija: prirodnih i sistemskih, a zadatak je statističke kontrole da otkrije upravo sistemska odstupanja u procesu. Temeljni alat koji se pri tome koristi je kontrolna karta. Uz razumijevanje varijacija procesa kratko je objašnjena i sposobnost procesa.

Kontrolne karte se razlikuju ovisno o vrsti karakteristika kvalitete koje se prate u nekom procesu, pa je njihova temeljna podjela na kontrolne karte za varijabilne i za atributivne karakteristike kvalitete. Osnovna funkcija kontrolnih karata je da otkriju je li proces pod kontrolom (je li stabilan, tj. podložan prirodnoj varijaciji) ili je van kontrole (nije stabilan, tj. podložan sistemskoj varijaciji). Ako je proces stabilan, onda se može očekivati da će karakteristike kvalitete koje izlaze iz tog procesa zadovoljiti specifikacije. I obrnuto.

## 11.7. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Atributivna karakteristika kvalitete*** | Karakteristika kvalitete koja se izražava opisno i za koju se koristi diskontinuirano mjerilo, primjerice: ide – ne ide, ima – nema, dobar – loš, čeka – ne čeka i slično. |
| ***C*** | |
| ***Ciljna vrijednost*** | Vrijednost karakteristike kvalitete koja se treba ostvariti, a koja je zadana specifikacijom. |
| ***I*** | |
| ***Indeks sposobnosti procesa ($S_p$)*** | Stavlja u odnos raspon specifikacija i „prirodnu" varijaciju procesa. Ako je $S_p$ veći od 1 to znači da je proces sposoban, jer su granice tolerancije veće (šire) od prirodne varijacije procesa. Ako je $S_p$ manji od 1, onda proces nije sposoban, odnosno zadana tolerancija je manja od prirodnog rasipanja. |
| ***K*** | |
| ***Kontrola kvalitete*** | To je proces koji mjeri izlazni rezultat u odnosu na postavljeni standard i poduzima korektivne radnje kada izlaz ne zadovoljava standarde. |
| ***Kontrolna karta*** | Alat statističke kontrole kvalitete. Prikazuje jesu li karakteristike kvalitete nekog procesa unutar izračunatih kontrolnih granica. |
| ***Kontrolna karta: x - karta*** | Kontrolne karte za praćenje varijabilnih (kontinuiranih) vrijednosti karakteristika kvalitete. |
| ***Kontrolna karta: p - karta*** | Kontrolne karte za praćenje atributivnih (diskontinuiranih) vrijednosti karakteristika kvalitete. |
| ***Kontrolne granice*** | Minimalna i maksimalna vrijednost unutar kojih se može kretati određena karakteristika kvalitete. |
| ***P*** | |
| ***Proces pod kontrolom*** | Proces u kojem je svaka mjera kvalitete u stanju statističke kontrole, tj. unutar definiranih granica tolerancije (prirodnih ili zadanih). |
| ***Proces van kontrole*** | Proces u kojem je neka mjera kvalitete izvan statističke kontrole, tj. izvan definiranih granica tolerancije (prirodnih ili zadanih). |
| ***S*** | |
| ***Senzor*** | Obično tehnički instrument, mada tu ulogu mogu imati i ljudi, kojim se vrši kontrola karakteristika kvalitete. |
| ***Sistemska (prenosiva) varijacija*** | Ona varijacija koja nije svojstvena nekom procesu i koja značajno mijenja izlazne rezultate tog procesa. |
| ***Prirodna varijacija*** | Ona varijacija koja je svojstvena određenom procesu i koja neznatno mijenja izlazni rezultat. |
| ***Specifikacija*** | Mjera koja ukazuje na tehničku odrednicu kvalitete. Ona određuje zadanu, tj. očekivanu razinu učinka (standard, normu) te granice dozvoljenih odstupanja. Na temelju specifikacije obavlja se kontrola kvalitete proizvoda. Specifikaciju utvrđuje proizvođač, a u nekim slučajevima se dogovara s kupcem. |
| ***Sposobnost procesa*** | Pokazuje koliko će izlaznih rezultata odgovarati postavljenim specifikacijama. |

| | |
|---|---|
| ***Stabilan proces*** | Proces u kojem je svaka mjera kvalitete u stanju statističke kontrole (unutar dozvoljenog raspona). |
| ***Statistička kontrola kvalitete*** | Kontrola kvalitete proizvoda i usluga primjenom statističko-matematičkog instrumentarija te zakona vjerojatnosti. |
| ***Statistička kontrola procesa*** | Primjena statističkih metoda za mjerenje i analizu varijacija u bilo kojem procesu. |
| ***Sustav kontrole kvalitete*** | Sustav u kojem će biti određene kritične točke procesa gdje će se odvijati kontrola (na ulazu, tijekom procesa i na izlazu), vrsta mjerenja (ovisno je li obilježje varijabilno ili atributivno), opseg kontrole (100 % ili uzorkovanje) i onaj tko će obavljati kontrolu (zaposlenici ili laboratoriji). |
| ***U*** | |
| ***Uzorkovanje*** | Kontrola kvalitete pomoću uzorka. Pri tome uzorak može biti iste veličine (u svakom uzorku isti broj opažanja), ali i različite. |
| ***V*** | |
| ***Varijabilna karakteristika kvalitete*** | Karakteristika kvalitete koja se mjeri na kontinuiranoj skali, primjerice duljina, promjer, težina ili vrijeme. |
| ***Varijabilnost procesa*** | Svojstvo procesa da pokazuje varijacije, tj. promjene ili razlike, posebno u izlazima. |

## 11.8. STUDIJ SLUČAJA: KONTROLA KVALITETE U SARDINI D.O.O.[346]

Sardina d.o.o. utemeljena je 1907. godine u Postirama, na otoku Braču. Tvrtka se bavi ulovom, preradom i konzerviranjem ribe, te uzgojem proizvoda marikulture na svojim uzgajalištima. Tvrtka posluje više od 100 godina i danas je jedna od vodećih tvrtki u sektoru ribarstva i prerade ribe. Proizvodni asortiman obuhvaća čitav niz proizvoda konzervirane ribe, ribljih pašteta, smrznute ribe, svježih proizvoda marikulture te riblje brašno i riblje ulje. Proizvodnja tvornice zasniva se na ulovu srdele i drugih vrsta sitne i krupne plave ribe vlastitom ribolovnom flotom, a njezini kapaciteti iznose 40.000.000 ribljih konzervi i pašteta, 500 t ribljeg brašna, 100 t ribljeg ulja, kao i 1.500 t visokokvalitetne ribe iz uzgoja.

Kvaliteta proizvoda je u središtu pozornosti ove tvrtke, a ona se osigurava provođenjem ISO 9001:2015, IFS i HACCP sustava kontrole kvalitete. Sukladno smjernicama navedenih sustava kontrole kvalitete, Sardina d.o.o. vrlo rigorozno prati sve potrebne karakteristike kvalitete svih svojih proizvoda.

Kao primjer za ovu analizu uzet će se samo jedan proizvod, *Sardina u biljnom ulju*, temeljem kojeg će se vidjeti složenost i obuhvatnost postupaka koje tvrtka provodi kako bi osigurala visoku kvalitetu svojih proizvoda. Kontrola se temelji na statističkoj kontroli kvalitete uzorkovanjem. Proizvodnja *Sardine u biljnom ulju*, od prijema, prerade do otpreme kupcu, obuhvaća 22 koraka. U ovom procesu postoje tri kritične kontrolne točke.

**Prva kritična kontrolna točka** je kod prijema svježe ribe. U njoj se kontroliraju biološko onečišćenje, paraziti i kemijsko onečišćenje. *Biološko onečišćenje* provjerava se *organoleptički*, tako

[346] Interna dokumentacija poduzeća Sardina d.o.o.

da se provjerava svježina ribe temeljem izgleda kože, kožne sluzi, mesa, očiju, škrga i mirisa. Uz navedene kriterije određuje se i temperatura mesa pomoću ubodnog termometra. Ako se prilikom prijema ribe organoleptičkom kontrolom utvrdi da sirovina nije u skladu s navedenim kriterijima, takva sirovina se ne smije koristiti u proizvodnji prehrambenih proizvoda za ljudsku upotrebu, već ju je potrebno proslijediti u pogon za riblje brašno, prehranu tuna ili je vratiti kupcu. Za prijem svježe ribe odgovoran je član HACCP tima. Ako je temperatura svježe ribe iznad 8ºC, i ako se donese negativna organoleptička ocjena, riba se može vratiti dobavljaču ili odmah preraditi, pod pretpostavkom da nije kemijski onečišćena. Kod kontrole ribe na parazite pregledava se vizualno svaka šarža tako da se od svake šarže uzme minimalno 10 riba iz različitih dijelova šarže. Svaka riba se pregleda izvana, zatim se svakoj skalpelom razreže trbuh i provjerava se ima li parazita u trbušnoj šupljini. Nakon toga se riba filetira, odstrani joj se koža, te se filet postavlja na pregledni stol s osvjetljenjem (u laboratoriju) kako bi se utvrdilo postoje li vidljivi paraziti. Uzorkovanje i vizualnu kontrolu obavlja član HACCP tima. Ako se u ribi uoče paraziti (*Anisakis spp.*) cijela šarža se označava i podvrgava procesu zamrzavanja najmanje 24 sata na temperaturi ne višoj od -20º C. Proizvodi ribarstva koji su vidljivo invadirani parazitima ne smiju se stavljati na tržište za ljudsku upotrebu. Ako se paraziti zamijete samo unutar trbušne šupljine, detaljnim čišćenjem utrobe ribe odstranjuju se i paraziti. Po potrebi član HACCP tima za vizualnu kontrolu gotovog proizvoda na prisutnost parazita uzima 1 do 5 uzoraka na prvih 1.000 proizvedenih konzervi, a kasnije po 1 uzorak na svakih 1.000 konzervi s ribom. Treća vrsta kontrole kod prijema ribe je kontrola na *kemijsko onečišćenje*. Ako postoji sumnja na kontaminiranost mesa svježe ribe *histaminom*, pri prijemu treba napraviti analizu na 9 uzoraka ribe. Dozvoljena razina histamina je do 100 ppm.

**Druga kritična točka kontrole** je pri zatvaranju konzerve. Ovdje se kontrolira hermetičnost (100 %), prekriće (min 45 %), stisnutost (min 70 %), naboranost (visina bore ne smije preći 40 % od visine poklopca). Svaka konzerva treba imati *dvostruki šav.* Za kontrolu ovog parametra, u svakom uzorku uzima se 1 konzerva sa svakog zatvarača, a mjerenje se vrši na 8 pozicija i mjestu deformacije (ako ga ima). Unutrašnje i vanjsko mjerenje dvostrukog šava obuhvaća: debljinu poklopca, debljinu lima kutije, visinu šava (primjerice, ovaj parametar se mjeri profil projektorom, pri čemu je min visina 3,0 mm, a max 3,6 mm), širinu šava, dubinu šava, duljinu okuke kutije, duljinu okuke poklopca, dubinu okuke limenke, prazan prostor, prazan prostor okuke kutije, stisnutost, prekriće i naboranost. Kontrola kvalitete dvostrukog šava i *hermetičnosti* provodi se neposredno nakon početka rada, tijekom proizvodnje, pri promjeni ambalaže, ili kod uočene nepravilnosti tijekom vizualne kontrole. Ako se uoče nesukladnosti u zatvoru, tj. hermetičnosti limenki, zaustavlja se rad na zatvaraču dok se ne otkloni uzrok. Nesukladnost je otklonjena nakon uzorkovanja 1 limenke na dvostruki šav i 2 limenke na hermetičnost. Za kontrolu hermetičnosti pri svakom uzorkovanju uzimaju se 2 konzerve sa svakog zatvarača. Kontrola se vrši tako da se hermetički zatvorena limenka po sredini poklopca probode šiljkom, zatim se navojem pritegne lim do brtve, te se limenka uroni u vodu (voda je prekriva u sloju od 2 do 3 cm) i nastavlja se laganim pumpanjem, istovremeno prateći porast pritiska na manometru i eventualnu pojavu mjehurića kroz dvostruki šav. Početak pojave mjehurića uzima se kao pritisak koji limenka može izdržati. Limenka je ispravna ako može izdržati pritisak do 0,7 bara u vremenu od jedne minute.

**Treća kritična kontrolna točka** je sterilizacija. Tu se kontroliraju vrijeme *sterilizacije* (min 45 min), *temperatura sterilizacije* (min 116° C) i *tlak* (min 1,8 bara). Ove kontrole odvijaju se pomoću termomanografskog zapisa, kontinuirano tijekom proizvodnje, a vrši ih radnik na sterilizaciji. U slučaju nesukladnosti potrebno je ponoviti postupak sterilizacije za one proizvode gdje je uočena nesukladnost, ili, ako to nije moguće, neškodljivo zbrinuti taj dio proizvoda. Ako je problem nastao u opremi, treba otkloniti tehničke neispravnosti autoklava.

PITANJA:
1. Objasnite kako ovo poduzeće koristi metodu uzorkovanja za kontrolu kvalitete?
2. Zašto nema potrebe za provođenjem 100 % kontrole kvalitete u kritičnim kontrolnim točkama?
3. Što osigurava da proizvod bude vrhunske kvalitete - stabilnost procesa, kvaliteta sirovine, postupci kontrole, osobe zadužene za kvalitetu?

## 11.9. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Što je kontrola kvalitete? Kratko opišite korake koje obuhvaća.
2. Kako se oblikuje sustav kontrole kvalitete?
3. Tko je zaslužan za uvođenje statističke kontrole procesa?
4. Kada za proces kažemo da je pod statističkom kontrolom?
5. Što se podrazumijeva pod pojmom varijabilnosti procesa?
6. Ako se u nekom procesu pokaže da su mjerene karakteristike kvalitete iznad ili ispod utvrđenog standarda, je li taj proces stabilan? Što može dovesti do takvog odstupanja?
7. Što je prirodni uzrok varijacije? Tko može biti izvor tog uzroka varijacije?
8. Što je sistemski uzrok varijacije? Tko može biti izvor tog uzroka varijacije?
9. Što je sposobnost procesa i kako se mjeri?
10. Što su kontrolne karte i koja im je svrha?
11. Koji su elementi kontrolne karte?
12. Koje se kontrolne karte koriste za mjerenje varijabilnih, a koje za mjerenje atributivnih karakteristika kvalitete?
13. Kako se određuje širina kontrolnih granica u kontrolnim kartama?
14. Što se može zaključiti o stabilnosti procesa usporedbom prirodnog rasipanja i tolerancije?
15. Koja tvrdnja je točna za primjer u nastavku? Ako je srednja vrijednost određenog uzorka unutar kontrolnih granica, a raspon izvan kontrolnih granica, tada je:
    a. Proces pod kontrolom, sa sistemskim uzrokom varijacije.
    b. Proces ne proizvodi unutar definiranih kontrolnih granica.
    c. Proces proizvodi unutar definiranih kontrolnih granica, uz prirodni uzrok varijacije.
    d. Proces ima i prirodni i sistemski uzrok varijacije.
16. Koju bi kontrolnu kartu upotrijebili za kontrolu procesa poznate uslužne organizacije (izbor organizacije je po vlastitom izboru)?

## 11.10. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Kritična dimenzija svake usluge je vrijeme. U jednoj banci periodično su se uzimali uzorci i vršila mjerenja (u sekundama) triju usluga koje su se odvijale jedna iza druge. Rezultati mjerenja za posljednja četiri uzorka bili su sljedeći:

| Uzorak | Mjerenja u sekundama (s) | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 492 | 501 | 498 |
| 2 | 512 | 508 | 504 |
| 3 | 505 | 497 | 501 |
| 4 | 496 | 503 | 492 |

a) Pod pretpostavkom da menadžment banke želi postaviti granice na tri sigme u utvrđivanju kontrolnih granica procesa, provjerite je li ovaj sustav pružanja usluge stabilan.

b) Ako je standardna devijacija procesa 5,77, a gornja i donja granica specifikacije postavljena na 500±18 s, izračunajte je li proces sposoban?

**Zadatak 2.** Trgovačko poduzeće za dostavu hrane u kuću želi poboljšati svoju uslugu, prvenstveno zaprimanje narudžbi telefonom. Naime, vlasniku trgovačkog poduzeća se čini da bi možda u tom dijelu ciklusa usluge mogao napraviti poboljšanja. Da bi provjerio je li u pravu, želi utvrditi koliko vremena treba njegovim zaposlenicima da zaprime telefonsku narudžbu od kupca, odnosno traje li zaprimanje narudžbi predugo. Svaki dan u tjednu nasumično je mjereno trajanje četiriju telefonskih poziva, a rezultate mjerenja prikazuje slijedeća tablica:

| Uzorak | Mjerenja u min | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. Ponedjeljak | 5 | 3 | 6 | 10 |
| 2. Utorak | 7 | 5 | 3 | 5 |
| 3. Srijeda | 1 | 8 | 3 | 12 |
| 4. Četvrtak | 7 | 6 | 2 | 1 |
| 5. Petak | 3 | 15 | 6 | 12 |

Odgovarajućom kontrolnom kartom utvrdite je li ovaj proces stabilan, tj. je li dužina razgovora prilikom zaprimanja narudžbi zadovoljavajuća u ovoj usluzi?

**Zadatak 3.** U proizvodnji vijaka analizirana je kvaliteta njihove izrade uzimanjem 8 uzoraka od po 20 komada. Traženi promjer vijka iznosio je 20 mm. Dozvoljeno odstupanje kreće se u rasponu od +0,020 mm, odnosno -0,015 mm. Analizom navedenih uzoraka izmjerene su sljedeće vrijednosti prosječnog promjera vijka, te standardne greške:

| Uzorak | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{x}$ | 20,005 | 20,007 | 20,005 | 19,995 | 19,995 | 20,006 | 20,003 | 19,995 |
| $\sigma_{\overline{x}}$ | 0,001 | 0,003 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | 0,001 |

Ocijenite stabilnost i točnost procesa proizvodnje vijaka pomoću prirodnog i tolerancijskog rasipanja. Grafički prikažite proces na odgovarajućim kontrolnim kartama i objasnite dobivene rezultate.

**Zadatak 4.** Pločica jednog složenog proizvoda treba imati dužinu od 50 mm s odstupanjem od ±0,05 mm. Kontrolom 10 uzoraka od po 20 pločica izračunate su sljedeće srednje vrijednosti uzoraka i njihova odstupanja:

| **Uzorak** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{x}$ | 50,010 | 50,020 | 50,005 | 49,990 | 49,900 | 50,000 | 50,010 | 50,015 | 50,025 | 49,910 |
| $\sigma_{\overline{x}}$ | 0,010 | 0,015 | 0,012 | 0,005 | 0,011 | 0,015 | 0,012 | 0,005 | 0,010 | 0,010 |

Ocijenite stabilnost procesa izrade pločica pomoću prirodnog rasipanja te ga prikažite odgovarajućim kontrolnim kartama.

**Zadatak 5.** Velika osiguravajuća kuća ima 20 referenata koji unose nove police osiguranja u računalo. Po završenom poslu oni se rotiraju i svaki mora od drugog provjeriti je li unos ispravan. Svaki referent provjerava 100 unosa. Dobivena je sljedeća distribucija grešaka:

| **Referent (Broj uzorka)** | **Broj grešaka** |
|---|---|
| 1 | 6 |
| 2 | 5 |
| 3 | 0 |
| 4 | 1 |
| 5 | 4 |
| 6 | 2 |
| 7 | 5 |
| 8 | 3 |
| 9 | 3 |
| 10 | 2 |
| 11 | 6 |
| 12 | 1 |
| 13 | 8 |
| 14 | 7 |
| 15 | 5 |
| 16 | 4 |
| 17 | 11 |
| 18 | 3 |
| 19 | 0 |
| 20 | 4 |
| Ukupno | |

Za ovaj primjer odgovarajućom kontrolnom kartom utvrdite je li proces stabilan i točan. Obrazložite svoj odgovor.

**Zadatak 6.** Taksi kompanija ima nekoliko taksista koji se izmjenjuju. Usprkos njihovoj dobroj obučenosti svaki dan u sjedište dolaze pritužbe na ponašanje vozača. Da bi smanjili broj pritužbi, središnjica je odlučila evidentirati te pritužbe i prikazati ih pomoću kontrolnih karata. Podaci o pritužbama su sljedeći:

| **Dan** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Broj pritužbi** | 3 | 0 | 8 | 9 | 6 | 7 | 4 | 9 | 8 |

Koju kontrolnu kartu treba upotrijebiti u ovom primjeru? Temeljem rezultata iz nje, objasnite je li broj pritužbi prihvatljiv?

**Zadatak 7.** Foto Badrov dijeli filmove u boji svojim kupcima koji kod njih razvijaju fotografije. Filmove kupuju „na veliko“ i sami ih režu na komade po 20 slika. Makar klijenti koji su koristili te filmove nisu imali pritužbi na fotografije, djelatnici koji razvijaju filmove zamijetili su povećanje broja loših fotografija. Prenijeli su svoju zabrinutost šefovima, koji su im sugerirali da naprave provjeru prije nego što se odluče o promjeni dobavljača. Djelatnici su evidentirali broj loših fotografija po razvijenom filmu. Mjerenja su vršili mjesec dana, tako da su analizirali 24 filma. Rezultati mjerenja su sljedeći:

| **Rola filma** | **Broj loših fotografija** |
|---|---|
| 1 | 12 |
| 2 | 8 |
| 3 | 5 |
| 4 | 7 |
| 5 | 14 |
| 6 | 9 |
| 7 | 10 |
| 8 | 11 |
| 9 | 8 |
| 10 | 6 |
| 11 | 15 |
| 12 | 10 |
| 13 | 12 |
| 14 | 13 |
| 15 | 9 |
| 16 | 8 |
| 17 | 7 |
| 18 | 11 |

| | |
|---|---|
| 19 | 9 |
| 20 | 13 |
| 21 | 17 |
| 22 | 16 |
| 23 | 12 |
| 24 | 14 |

Temeljem proračuna kontrolnih granica i nacrtane odgovarajuće kontrolne karte utvrdite treba li Foto Badrov promijeniti dobavljača filmova?

**Zadatak 8.** Algoritam dostavnog poduzeća distribuira preko 1.000 narudžbi dnevno. Javila se sumnja da nešto nije u redu s distribucijom, iako se kupci još nisu počeli žaliti. Lošom dostavom smatra se sve što nije izvršeno u roku od pet dana, ako je distribuirana pogrešna knjiga ili CD, te ako je bila greška na računu. Za provjeru sumnji, menadžment poduzeća uzimao je nasumično po 500 narudžbi i pratio cijeli proces, od narudžbe do dostave, i tako 20 dana. Temeljem analize dobila se sljedeća distribucija pogrešnih pošiljaka:

| Uzorak (od 500 narudžbi) | Broj grešaka |
|---|---|
| 1 | 14 |
| 2 | 22 |
| 3 | 36 |
| 4 | 17 |
| 5 | 25 |
| 6 | 41 |
| 7 | 18 |
| 8 | 19 |
| 9 | 26 |
| 10 | 28 |
| 11 | 38 |
| 12 | 24 |
| 13 | 15 |
| 14 | 12 |
| 15 | 10 |
| 16 | 16 |
| 17 | 9 |
| 18 | 21 |
| 19 | 18 |
| 20 | 12 |

Odgovarajućom kontrolnom kartom utvrdite je li proces dostave stabilan i točan.

## LITERATURA


1. Adam, Jr. E. E. i Ebert, R. J. (1992). *Production and Operations Management: Concept, models, and Behavior*. 5th edition. Prentice Hall
2. Baldigara, T. (2008). *Statistička kontrola procesa.* Rijeka: Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu u Opatiji Sveučilišta u Rijeci
3. Cachon, G. i Terwiesch, C. (2009). *Matching supply with Demand: An Introduction to Operations Management.* 2nd edition. McGraw-Hill
4. Davis, M. M., Aquilano, N. J. i Chase, R. B. (1999). *Fundamentals of Operations Managgement*. 3rd edition. Irwin/McGraw-Hill
5. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson
6. Juran, J. M. i Gryna, F. M. (1999). *Planiranje i analiza kvalitete.* 3. izdanje. Zagreb: Mate
7. Miller, I. i Miller M. (1995). *Statistical Methods for Quality: With Applications to Engineering & Management.* Prentice Hall
8. Mulc, A., Taboršak, D. i Budin, I. ur. (2002). Organizacija proizvodnje. u: *Proizvodno strojarstvo*. Inženjerski priručnik. Zagreb: Školska knjiga
9. Nahmias, S. (2009). *Production and Operations Analysis*. 6th edition. Boston. McGraw-Hill.
10. Noori, H. i Radford, R. (1995). *Production and Operations Management: Total Quality and Responsiveness.* McGraw-Hill
11. Noori, H. i Radford, R. (1995). *Production and Operations Management: Total Quality and Responsiveness.* McGraw-Hill
12. Otašević, V. i Ćorić, B. (1983). *Organizacija i ekonomika proizvodnje.* 2. izdanje. Mostar: Mašinski fakultet Mostar
13. Rose, K. H. (2005). *Project Quality Management: Why, What, and How*. J. Ross Publishing
14. Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom: Odlučivanje u funkciji proizvodnje.* 4. izdanje. Zagreb: Mate
15. Slack, N., Chambers, S. i Johnston, R. (2001). *Operations Management*. 3rd edition. Prentice Hall
16. Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. i Betts, A. (2006). *Operations and Process Management: Principles and practice for strategic impact*. Prentice Hall
17. Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson
18. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education
19. Wadsworth, H. M. (1999). Statistical Process Control. U: Juran, J. M. and Godfrey, A. B. (eds). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill

# IV.
# Planiranje

*Planiranje je najsloženija cjelina ovog udžbenika. U okviru ove cjeline opisane su mnoge aktivnosti u kojima se odražava temeljna uloga operacijskog menadžmenta, a to je priprema svih potrebnih resursa kojima će se odgovoriti na prognoze potražnje. Što je prognoza potražnje bolja, to su preciznije odluke o potrebnim (sadašnjim i budućim) kapacitetima. Planiranje obuhvaća dugoročno planiranje potrebnih sredstava za rad, srednjoročno agregatno planiranje, te kratkoročno planiranje, odnosno terminiranje. Dok je kod sredstava za rad važno definirati i njihovu lokaciju, kod agregatnog planiranja treba donijeti odluke vezane za ukupnu razinu outputa u srednjem vremenskom razdoblju, uglavnom do 12 mjeseci unaprijed, ali i odluke o potrebnim inputima za planiranu srednjoročnu razinu proizvodnje (broj radnika, zapošljavanje, otpuštanje, podugovaranje i slično). Terminiranje pak obuhvaća odluke vezane za kratki rok, odnosno njime se alociraju raspoloživi resursi na poslove koje treba napraviti. Kao rezultat tih odluka dobiva se terminski plan kojim se opisuje kada će točno početi i završiti pojedini posao, tko će ga raditi i gdje. Kada je riječ o terminiranju, onda treba naglasiti da se terminiranje projekata razlikuje od terminiranja linijskih i prekidanih procesa. Projekti su specifični po vrsti proizvoda ili usluge, te nemaju tok materijala. Kod njih postoji odgovarajući redoslijed aktivnosti ili operacija, pri čemu neke trebaju slijediti jedna iza druge, a neke se mogu odvijati paralelno. U okviru ove cjeline objašnjeno je zašto je važno dobro planirati i upravljati materijalima (zalihama). Zalihe su u najširem smislu riječi trenutno neiskorišteni resurs, bilo koje vrste (oprema ili radnici koji ne rade), ali u ovom udžbeniku one se promatraju kao materijali koji trebaju olakšati proizvodnju. Kako zalihe zahtijevaju velika ulaganja i utječu na rokove isporuke, nije neobično da je planiranje i upravljanje njima najosjetljiviji dio odluka operacijskog menadžmenta. Za pravilno odlučivanje o zalihama nije svejedno posluje li poduzeće u sustavu nezavisne ili zavisne potražnje, jer se ovisno o tome treba izabrati adekvatan model upravljanja zalihama. Dobro planirani kapaciteti i ostali resursi mogu pomoći da poduzeće zadovolji buduću potražnju koja je kod većine djelatnosti varijabilna. Upravo je varijabilnost potražnje ključna za stvaranje repova čekanja, bilo zbog čekanja na sirovine, materijale, ili druge resurse kako bi započeo proces transformacije u proizvodnim poduzećima ili čekanja klijenata u bankama, bolnicama, trgovinama i sličnim uslužnim djelatnostima. Stoga operacijski menadžeri moraju razumjeti repove čekanja i izabrati adekvatan model upravljanja repovima čekanja. Slijede kratki opisi sadržaja poglavlja obuhvaćenih ovom cjelinom.*

*Poglavlje dvanaest, Prognoziranje, objašnjava važnost dobrog prognoziranja kao inputa za dobro planiranje. Operacijski menadžment mora uzeti u obzir činjenicu da će prognoza uvijek biti manje ili više (ne)točna, te da pogreške u prognozi nije lako apsorbirati ako su one značajne. Velike pogreške mogu dovesti do toga da kapaciteti budu prenapregnuti (prognozirala se mala potražnja, pa se po hitnom postupku treba osigurati radna snaga, sirovine i slično) ili da veći dio proizvedenog mora ići na skladište (prognozirala se znatno veća prodaja od ostvarene). Manje pogreške se mogu lakše apsorbirati ili zalihama gotovih proizvoda ili ponovnim terminiranjem proizvodnje. Kroz poglavlje se navode i kroz primjere objašnjavaju kvantitativne i kvalitativne metode prognoziranja.*

*Trinaesto poglavlje odnosi se na Planiranje kapaciteta. Kapaciteti se često planiraju dugoročno, ali ih treba planirati i u srednjoročnom i u kratkoročnom vremenu. Dugoročno planiranje kapaciteta odnosi se na planiranje postrojenja i opreme koji imaju dugo vrijeme izgradnje i eksploatacije. U srednjoročnom razdoblju mogu se dodavati oprema, osoblje i smjene, mogu se zaključiti podugovori, te se mogu napraviti ili koristiti zalihe. U kratkoročnom razdoblju orijentacija je primarno na raspoređivanju poslova i ljudi, kao i dodjeli strojeva. Pored određivanja razina potrebnih kapaciteta, potrebno je planirati i njihovu lokaciju te raspored opreme. Raspored opreme određuje tok procesa proizvodnje, brzinu kretanja materijala kroz proces, fleksibilnost procesa, mjesta i razine formiranja zaliha te mnoge druge okolnosti bitne za postizanje djelotvorne i učinkovite proizvodnje. Planiranje lokacije važno je jer se ona u pravilu određuje dugoročno. Pri tome postoje razlike u pristupu, ovisno o tome odabire li se lokacija za proizvodno ili uslužno poduzeće.*

*U četrnaestom poglavlju opisuje se Agregatno planiranje, odnosno njegov pojam, smisao i pristupi agregatnom planiranju. Agregatno planiranje je iznimno važno jer se njime određuje planska razina proizvodnje kojom se nastoji optimalizirati buduće poslovanje tako da se usklađuju vlastite proizvodne mogućnosti s tržišnom potražnjom. Planski horizont agregatnog planiranja najčešće obuhvaća razdoblje od 12 mjeseci, koliko traje obračunska godina. Optimaliziranje budućeg poslovanja ovisi o mogućnosti raspolaganja kritičnim kapacitetima. U ovom poglavlju objašnjavaju se dvije osnovne strategije agregatnog planiranja – strategija stabilne razine proizvodnje i strategija slijeđenja tržišta. Prikladna strategija odabire se ovisno o obilježjima poslovno-proizvodnog sustava te trendovima potražnje koji vladaju na tržištima na kojima poslovni subjekt posluje. Posebno se ističu primjeri primjene jednostavnih metoda agregatnog planiranja koje olakšavaju operacijskom menadžmentu donošenje odluka o poslovanju u predstojećem planskom razdoblju.*

*Petnaesto poglavlje obrađuje Terminiranje proizvodnje. Terminiranje, ili terminsko planiranje proizvodnje, slijedi nakon što su doneseni glavni, te agregatni plan proizvodnje. Terminskim planom se alociraju raspoloživi resursi, odnosno utvrđuje se kada će se koristiti koja oprema, sirovine i materijali, ljudi i ostali resursi namijenjeni proizvodnji određene vrste i količine proizvoda. U ovom poglavlju opisani su postupci terminiranja u linijskim i prekidanim procesima, te metode karakteristične za terminiranje tih procesa. Posebna pažnja posvećena je terminiranju usluga, jer je terminiranje u tim djelatnostima iznimno osjetljivo zbog ljudi (radnika) koji su ključni za isporuku vrijednosti u uslužnim djelatnostima. I u ovom je poglavlju dat niz primjera kojima se olakšava razumijevanje terminiranja u proizvodnim i uslužnim djelatnostima.*

*Šesnaesto poglavlje, Upravljanje projektima, bavi te također terminiranjem, pri čemu se terminiraju aktivnosti unutar projekta. Projekti su specifični po načinu izvedbe, a onda i terminiranju. Naime, poduzeća s projektnim načinom poslovanja nalaze se pred problemom kako uskladiti način korištenja (ograničenih) raspoloživih resursa pri istovremenom odvijanju više projektnih aktivnosti. Te aktivnosti često trebaju iste resurse u isto vrijeme, pa se terminiranjem nastoji osigurati što bolja raspodjela resursa. Terminiranjem projekata nastoje se ostvariti tri cilja koja su često u suprotnosti, a to su: rokovi isporuke, planirani budžet i visoke performanse. Za terminiranje projekata koriste se gantogrami i metode mrežnog planiranja, koji ujedno služe i za kontrolu projekata. Kod projekata je ključno utvrditi aktivnosti koje čine kritični put, jer one određuju ukupno vrijeme trajanja projekta. Ako se dogodi da projekt kasni, trebat će skratiti trajanje aktivnosti na kritičnom putu, što u pravilu izaziva porast troškova, a može dovesti u pitanje i dogovorenu kvalitetu isporučenog proizvoda ili usluge.*

*U sedamnaestom poglavlju, Upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji, objašnjava se pojam i značaj zaliha, te troškovi vezani uz poslovanje sa zalihama. Nakon toga, naglasak se stavlja na upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji te modelima upravljanja zalihama karakterističnima za ovu potražnju. Modeli se dijele na kontinuirane i periodične, s obzirom na način praćenja zaliha i količinu narudžbe. Kod kontinuiranih sustava zalihe se kontinuirano prate, a naručuje se fiksna količina kada količina robe na zalihi padne na točno određenu (signalnu) količinu, dok se kod periodičnih sustava zalihe nadziru periodično, u fiksnim intervalima, a količina koja se naručuje je varijabilna. Kroz poglavlje su dati primjeri izračuna zaliha za obje opisane vrste modela.*

*U osamnaestom poglavlju, Upravljanje zalihama u zavisnoj potražnji, dalje se problematizira upravljanje zalihama, ali sada u sustavu zavisne potražnje. Poduzeća koja posluju u zavisnoj potražnji proizvode za proizvođača višeg reda, pa je naručivanje potrebnih sirovina i materijala ovisno o tome koliko proizvoda traži proizvođač višeg reda. Za planiranje zaliha ova poduzeća imaju na raspolaganju neke druge sustave upravljanja zalihama, a to su planiranje potreba za materijalom i upravo na vrijeme. I ovi sustavi su objašnjeni kroz primjere.*

*Poglavlje devetnaest, Upravljanje repovima čekanja, odnosi se na utvrđivanje uzroka stvaranja repova čekanja i objašnjava zašto ih nije moguće u potpunosti eliminirati. Tako se objašnjavaju razlozi repova čekanja u proizvodnim u odnosu na uslužna poduzeća, daju se karakteristike repova čekanja te pregled modela repova čekanja. Obrađena su tri modela repova čekanja koji imaju beskonačni ili neograničeni izvor korisnika, te model koji ima konačni ili ograničeni izvor korisnika. Cilj upravljanja repovima čekanja je smanjiti ukupne troškove u sustavu repova čekanja, dakle troškove poduzeća i troškove za korisnika.*

# 12. PROGNOZIRANJE

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *navesti zajedničke karakteristike metoda prognoziranja*
- *navesti elemente dobre prognoze*
- *navesti korake u procesu prognoziranja*
- *poznavati mjere točnosti prognoza*
- *primijeniti modele vremenskih serija*
- *opisati asocijativne modele*
- *opisati kvalitativne metode prognoziranja.*

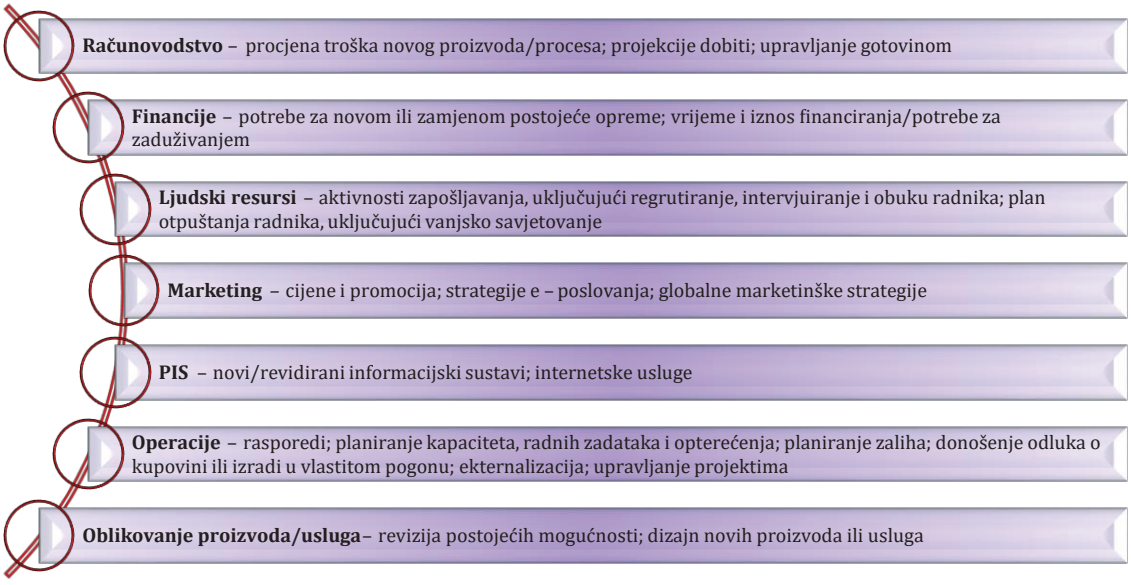
## 12.1. UVOD

Prilikom donošenja brojnih odluka u operacijskom menadžmentu, prognoziranje je važan input budući da pruža informacije koje su bitne za buduće događaje. Prognoziranje je **temelj za dobro planiranje** – agregatno i terminsko; obuhvaća dio planiranja koji nastoji izmjeriti neizvjesnost budućih događaja (koji se mogu kontrolirati, ali i onih koji se ne mogu kontrolirati), a koji mogu utjecati na ostvarenje ciljeva poduzeća. Naravno, da bi se znalo kako stići do željenog cilja, mora se prognozirati stanje u budućnosti i događaji na koje će poduzeće utjecati, te se ponašati u skladu s očekivanim i stvarnim promjenama.

Prognoze utječu na odluke i aktivnosti u cijelom poduzeću – u računovodstvu, financijama, ljudskim resursima, marketingu, poslovnim informacijskim sustavima (PIS), kao i u operacijama (proizvodnim ili uslužnim) te drugim dijelovima organizacije.

Primjeri korištenja prognoze u navedenim dijelovima poduzeća mogu se vidjeti na slici 12.1.[347]

[347] Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management.* McGraw-Hill Education. str. 76-77.




***Slika 12.1. Upotreba prognoziranja u poslovanju***

Odluke koje se prilikom korištenja prognoza donose u jednom području, organizacijskoj jedinici ili dijelu poduzeća, najčešće utječu na drugo područje. Iz navedenog razloga, jako je važno da se sva područja na koja će prognoza utjecati slože oko zajedničke prognoze. Međutim, ponekad to nije jednostavno postići. Različiti dijelovi poduzeća često imaju vrlo različite poglede na prognozu, što otežava postizanje zajedničkog dogovora, tj. zajedničke prognoze.[348]

Metode prognoziranja koje će se objasniti u ovom poglavlju mogu se jednako dobro primijeniti u bilo kojem dijelu poduzeća. Primjeri pomoću kojih će se objasniti primjena pojedinih metoda prognoziranja bazirat će se na prognozi potražnje, jer je proizvodnja (proizvodna funkcija) u središtu interesa ovog udžbenika.

## 12.2. ZAJEDNIČKE KARAKTERISTIKE METODA PROGNOZIRANJA

Važnost prognoziranja u operacijskom menadžmentu je izuzetno velika. **Glavni cilj prognoziranja** je utvrditi potrebe za resursima koji će zadovoljiti očekivanu potražnju. **Očekivana potražnja** prognozira se pak temeljem utvrđivanja stvarnih i očekivanih potreba potrošača, procjenom stanja na tržištu sličnih proizvoda, te očekivanom kretanju cijena.

Prognoze se uvijek rade za određeni **vremenski horizont**. Ovisno o dužini tog vremena, razlikuju se tri kategorije prognoza:[349]

1. *Kratkoročne prognoze*. Ove prognoze obuhvaćaju razdoblje do jedne godine, ali najčešće manje od tri mjeseca. Koriste se za planiranje nabave, raspored poslova, poslovnih zadataka, utvrđivanje radnih mjesta i odgovarajuće razine radne snage te razine proizvodnje.

[348] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 77.
[349] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson. str. 108.

2. *Srednjoročne prognoze*. Najčešće se odnose na vremensko razdoblje od tri mjeseca do tri godine. Koriste se u planiranju prodaje, proizvodnje, proračuna gotovine i pri analizi različitih operativnih planova.
3. *Dugoročne prognoze*. Imaju vremensko razdoblje duže od tri godine. Koriste se u planiranju novih proizvoda ili usluga, nove opreme, novih pogona, istraživanja i razvoja.

Prije nego što se obrade pojedinačne metode prognoziranja te se uoče razlike između njih, promotrit će se neke njihove **zajedničke karakteristike**. To su:[350]

- Metode prognoziranja općenito pretpostavljaju da će isti uzročni sustav koji je postojao u prošlosti postojati i u budućnosti. Zbog toga menadžment jednostavno delegira prognoziranje nekom modelu ili kompjuterskom programu te zatim zaboravi na prognozu. Međutim, tako ne bi smjelo biti, budući da neplanirani događaji mogu prognozu učiniti neupotrebljivom. *Primjerice, porast ili smanjenje poreza može imati utjecaj na potražnju, što treba ugraditi u prognozu.* Menadžment mora biti oprezan te biti spreman nadvladati prognoze koje pretpostavljaju stabilan uzročni sustav.
- Prognoze nisu savršene. Stvarne vrijednosti se obično razlikuju od prognoziranih vrijednosti. Često nismo u mogućnosti precizno utvrditi koji će čimbenici i kako ometati varijable koje se prognoziraju. To, kao i postojanje slučajnosti, sprječava savršenu prognozu. Stoga uvijek treba ostaviti prostora za netočnosti.
- Prognoza za grupu proizvoda često je točnija nego za pojedine proizvode budući da prognostičke pogreške između proizvoda unutar grupe obično imaju poništavajući učinak. Prilike za grupiranje proizvoda se mogu pojaviti ako se dijelovi ili sirovine koriste za više proizvoda ili ako usluge traži veći broj nezavisnih izvora.
- Točnost prognoze se smanjuje kako se povećava vremensko razdoblje na koje se prognoza odnosi. Općenito govoreći, kratkoročna prognoza se suočava s manje neizvjesnosti od dugoročne pa se zbog toga i smatra točnijom.



## 12.3. ELEMENTI DOBRE PROGNOZE

Kako bi prognoziranje bilo što točnije, potrebno je definirati elemente, tj. zahtjeve koje bi prognoze trebale uzeti u obzir. Naime, promjene s kojima se poduzeća suočavaju u suvremenom poslovanju sve se brže odvijaju. Za dio poduzeća brzina tih promjena postaje sve veća prijetnja zato što se sve češće nalaze u situacijama na koje nisu spremna. S druge pak strane, za dio poduzeća upravo brzina promjena postaje prilika, jer prilagodbom bržom od konkurencije postaju sve uspješnija.[351] Ispravno pripremljena prognoza jednako je ključna za obje skupine poduzeća, a ona bi se trebala temeljiti na sljedećim **elementima**:[352]

- Prognoza treba biti pravovremena. To znači da je potrebno određeno vrijeme kako bi se odgovorilo na informacije koje su sadržane u prognozi. *Primjerice, kapaciteti ne mogu biti prošireni preko noći, kao što ni razina zaliha ne može biti odmah promijenjena.* Prilikom prognoziranja mora se voditi računa o vremenu koje je potrebno kako bi se provele potrebne promjene.

---

350 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 77-78.

351 Dumičić, K. i Knežević, S. (2007). *Anketno istraživanje prakse predviđanja promjena u vlastitome poslovanju i u poslovnome okruženju hrvatskih poduzeća*. Ekonomski pregled. 58(3-4). str. 158-180.

352 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 78.

- Prognoza mora biti točna, pri čemu treba navesti stupanj točnosti. To omogućava korisnicima planiranje mogućih pogrešaka te pruža osnovu za usporedbu alternativnih metoda prognoziranja.
- Prognoza treba biti pouzdana i dosljedna. Metoda koja će ponekad omogućiti dobru, a ponekad lošu prognozu, dovest će korisnika u situaciju gdje će se osjećati nesigurno ili će imati nelagodan osjećaj svaki put kada dobije rezultat nove prognoze.
- Prognoza treba biti izražena u smislenim jedinicama pri čemu izbor jedinica ovisi o potrebama korisnika. *Tako, primjerice, osobe koje planiraju financije moraju znati koliko novca (kuna) će biti potrebno, osobe koje planiraju proizvodnju moraju znati koliko će jedinica (količina) biti potrebno, osobe koje terminiraju proizvodnju moraju znati koliko će strojeva te koje vještine radnika biti potrebne.*
- Prognoza mora biti u pisanom obliku. Iako to ne garantira da će svi uključeni koristiti iste informacije, barem će se povećati vjerojatnost za to. Pisana prognoza omogućava objektivnu osnovu za procjenu kada se dobiju stvarni rezultati – kada se budu mogle usporediti prognozirane vrijednosti sa stvarno realiziranim, bilo da je riječ o potražnji, kapacitetima i sličnom.
- Metoda prognoziranja trebala bi biti jednostavna za razumijevanje i upotrebu. Korisnici često nemaju povjerenja u prognoze temeljene na sofisticiranim metodama. Također ne razumiju ni okolnosti u kojima su pojedine metode prikladne, kao ni njihova ograničenja. Zbog toga se metode prognoze često zloupotrebljavaju, pa ne iznenađuje da vrlo jednostavne metode prognoziranja imaju veliku popularnost.
- Prognoza treba biti isplativa, odnosno koristi prognoze trebaju biti veće od troškova prognoze.

Definiranjem elemenata prognoze dolazi se do koraka koji pomažu jednostavnijoj primjeni procesa prognoziranja što će se u nastavku detaljnije objasniti.

## 12.4. KORACI U PROCESU PROGNOZIRANJA

Prognoziranje nije jednostavno identificiranje i korištenje određene metode kako bi se izračunale numeričke procjene potražnje u budućnosti. Prognoziranje je kontinuirani proces koji zahtijeva konstantnu prilagodbu.[353]

Dobar proces prognoziranja temelji se na **sedam osnovnih koraka**:[354]

1. Odrediti svrhu prognoze (kako će se koristiti te kada će biti potrebna). Ovaj korak pruža naznaku razine detaljnosti koja će se zahtijevati u prognozi, količine resursa koja se može opravdati, te potrebnu razinu točnosti.
2. Odabrati stavke koje treba prognozirati. Ovisno o djelatnosti, ove stavke će varirati. *Primjerice, u uslužnim djelatnostima broj korisnika određuje broj radnika, radno vrijeme, broj ponuđenih proizvoda i usluga, utrošenih resursa i slično.*

---

353 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons. str. 502.

354 Prilagođeno prema: Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 110.-111. i Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 79.

3. Odrediti vremensko razdoblje prognoze – kratkoročna, srednjoročna ili dugoročna prognoza. Prognoza mora navesti vremensko razdoblje, pri čemu se treba uzeti u obzir da se točnost prognoze smanjuje kako se vremenski horizont povećava.
4. Prikupiti, očistiti i analizirati odgovarajuće podatke. Prikupljanje podataka može biti otežano. Nakon što su podaci prikupljeni, moguće je da trebaju biti "pročišćeni" kako bi se riješili nepotrebnih podataka prije analize.
5. Odabrati metodu prognoziranja. Ovisno o količini i prirodi prikupljenih podataka izabire se najprikladnija metoda prognoziranja.
6. Napraviti prognozu.
7. Provjeriti i provesti rezultate. Prognoze je poželjno svakodnevno pratiti kako bi bili sigurni da su model, pretpostavke i podaci valjani. Ukoliko rezultati prognoze nisu zadovoljavajući, potrebno je preispitati model, pretpostavke, valjanost podataka i slično. Uvijek je otvorena mogućnost da se neka od stavki prognoze izmijeni ili da se pripremi nova verzija prognoze.

Pored navedenih koraka, trebalo bi uzeti u obzir i to da se svako poduzeće svakodnevno suočava s nizom situacija koje utječu na prognozu. *Primjerice, ako je potražnja daleko manja od prognozirane, trebat će poduzeti aktivnosti poput snižavanja cijena ili promocije. Ukoliko je potražnja veća od prognozirane, povećavanje outputa bi moglo biti idealno. Ovo bi moglo uključiti prekovremeni rad, eksternalizaciju ili korištenje nekih drugih mjera.*



## 12.5. TOČNOST PROGNOZE

Točnost i kontrola prognoze su ključni u prognoziranju te stoga prognostičari žele minimalizirati prognostičke pogreške. Međutim, zbog prirode varijabli koje se prognoziraju, gotovo je nemoguće točno prognozirati njihove vrijednosti u budućnosti. Ako ništa drugo, uvijek postoji slučajna varijacija koja može generirati grešku, mada su prilikom prognoziranja uzeti u obzir svi čimbenici utjecaja. Zbog toga je nužno pratiti pogreške prognoze kako bi se utvrdilo jesu li one unutar prihvatljivih granica. Ako nisu, treba poduzeti odgovarajuće mjere.

**Prognostička pogreška** je razlika između stvarno postignute vrijednosti i vrijednosti koja je prognozirana za određeno razdoblje, što je moguće prikazati formulom 12.1.

$$PP_r = SV_r - P_r \qquad (12.1)$$

gdje su:

$PP_r$ = prognostička pogreška za razdoblje $r$
$SV_r$ = stvarna vrijednost (potražnja) u razdoblju $r$
$P_r$ = prognoza za razdoblje $r$

Pozitivne prognostičke pogreške su rezultat preniskih prognoza, dok su negativne prognostičke pogreške rezultat previsokih prognoza.

Zbrajanjem prognostičkih pogrešaka po razdobljima, dobije se **kumulativna vrijednost pogrešaka** koja se može izračunati pomoću formule 12.2.

$$KPP = \sum_{r=1}^{R} SV_r - P_r \qquad (12.2)$$

gdje su:

$KPP$ = kumulativ prognostičkih pogrešaka

$R$ = broj promatranih razdoblja

Velika pozitivna vrijednost kumulativne pogreške pokazuje da je prognoza vjerojatno dosljedno manja od stvarne vrijednosti, dok velika negativna vrijednost kumulativne pogreške pokazuje da je prognoza vjerojatno dosljedno veća od stvarne vrijednosti. Također, kad se analiziraju pogreške za svako razdoblje, veći broj pozitivnih vrijednosti pokazuje da je prognoza dosljedno manja od stvarne vrijednosti, i obrnuto.[355]

Prognostičke pogreške utječu na odluke na dva različita načina:[356]
- izborom između više alternativa prognoziranja, ili
- procjenom uspjeha ili neuspjeha odabrane metode.

Donositelji odluka žele uključiti točnost prognoze kao čimbenik pri odabiru između različitih metoda (alternativa) prognoziranja, zajedno s troškovima. Cilj je utvrditi u kojoj mjeri bi prognozirane vrijednosti mogle odstupati od stvarnih vrijednosti. Točnost se temelji na utvrđivanju povijesne pogreške prognoze, za što se koriste tri sljedeće najčešće **mjere**:
- prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja, *PAOP* (engl. *Mean Absolute Deviation, MAD*)
- prosječna kvadrirana pogreška, *PKP* (engl. *Mean Squared Error, MSE*)
- prosječni apsolutni postotak pogrešaka, *PAPP* (engl. *Mean Absolute Percentage Error, MAPE*).

Najčešće korištena mjera je **prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja, *PAOP*.** Navedena mjera je prosječna pogreška koja koristi apsolutne vrijednosti. Izračunava se kao zbroj apsolutnih odstupanja razlika između stvarnih i prognoziranih vrijednosti (što predstavlja pogrešku prognoziranja, *PP*) podijeljenih s brojem promatranih razdoblja. Navedeno je izraženo formulom 12.3.

$$PAOP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \left| SV_r - P_r \right|}{R} \qquad (12.3)$$

Prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja uzima u obzir veličine prognostičkih pogrešaka, neovisno o njihovom predznaku, čime se onemogućava poništavanje negativnih i pozitivnih vrijednosti. Međutim, navedena mjera daje jednaku težinu/ponder svakoj prognostičkoj pogrešci, bez obzira na njezinu veličinu i ovisna je o mjernim jedinicama pojave.[357]

355 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 519.
356 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 80.
357 Dumičić, K. i dr. (2011). *Poslovna statistika*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. str. 417.

Ukoliko su velike prognostičke pogreške posebno značajne, kvadriranje će im dati dodatnu važnost.[358] U tom slučaju će se za mjeru točnosti prognoze koristiti **prosječna kvadrirana pogreška** (*PKP*), koja se može izračunati pomoću formule 12.4.

$$PKP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \left(SV_r - P_r\right)^2}{R} \qquad (12.4)$$

Točnost svake od navedenih mjera ovisi o mjernoj jedinici u kojoj su podaci izraženi.

**Prosječni apsolutni postotak pogrešaka** (*PAPP*) je najvažnija mjera točnosti prognostičkih postupaka. Navedena mjera je pogodna za uspoređivanje različitih vremenskih serija s različitim vremenskim intervalima, što za prethodne mjere nije uobičajeno. Prosječni apsolutni postotak pogrešaka može se izračunati pomoću formule 12.5.

$$PAPP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \frac{\left|SV_r - P_r\right|}{SV_r} * 100}{R} \qquad (12.5)$$

Korist primjene promatranih mjera je višestruka. Jedna se sastoji u tome da se pomoću njih može usporediti točnost alternativnih metoda prognoziranja. *Primjerice, menadžer može usporediti rezultate kako bi utvrdio onu metodu koja za određeni skup podataka daje najniže vrijednosti izračunatih mjera.* Druga korist sastoji se u praćenju pogrešaka tijekom vremena kako bi se utvrdilo je li potrebna dodatna pažnja, ovisno o tome pokazuje li kretanje vrijednosti pogreške poboljšanje ili pogoršanje točnosti prognoze ili ona ostaje nepromijenjena. Operacijski menadžment mora staviti u odnos relativni značaj povijesnih podataka i odgovornost te odlučiti hoće li koristiti *PAOP*, *PKP* ili *PAPP* za praćenje prošlih rezultata. *PAOP* je najjednostavnije za izračun, ali dodjeljuje težine pogreškama linearno. *PKP* kvadrira pogreške i time daje još veću težinu velikim pogreškama, što obično uzrokuje još više problema. *PAPP* bi trebalo koristiti kada se pogreške promatraju u perspektivi.[359]

Kako je na početku ove točke rečeno, prognostičke pogreške je potrebno pratiti i analizirati budući da se tako dobiva informacija o tome izvode li se prognoze na zadovoljavajući način. Jedan od načina praćenja prognoze je tzv. prateći signal.

**Prateći signal** (*PS*) je mjera koja pokazuje koliko dobro prognoza prognozira stvarne vrijednosti. Računa se kao kvocijent kumulativne pogreške i prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka razdoblja (formula 12.6).

[358] Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin. str. 462.

[359] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 82.

$$PS = \frac{\sum_{r=1}^{R} SV_r - P_r}{PAOP_r} \qquad (12.6)$$

Pozitivan prateći signal pokazuje da je stvarna vrijednost veća od prognozirane vrijednosti. Negativan prateći signal pokazuje da je stvarna vrijednost manja od prognozirane vrijednosti. Dobar prateći signal, tj. onaj koji ima nisku kumulativnu pogrešku, ima podjednako pozitivnih i negativnih pogrešaka. Drugim riječima, mala odstupanja su dopuštena, ali pozitivne i negativne pogreške bi trebale biti u ravnoteži kako bi prateći signal bio oko nule. Konstantna tendencija prognoze da bude veća ili manja od stvarne vrijednosti (što je u situaciji velike apsolutne kumulativne pogreške) naziva se pristranom pogreškom.[360]

## 12.6. PRISTUPI PROGNOZIRANJU

Postoje dva osnovna pristupa prognoziranju: kvantitativni i kvalitativni pristup. Kvantitativni pristup koristi nekoliko matematičkih modela koji se oslanjaju na povijesne podatke i/ili povezane varijable kako bi se prognozirala buduća vrijednost. Kvalitativni pristup uključuje različite čimbenike kao što su intuicija donositelja odluke, emocije, osobna iskustva, te sustav vrijednosti s ciljem da se ostvari dobra prognoza.[361] Neka poduzeća koriste jedan pristup, neka poduzeća koriste drugi pristup. No najbolje rezultate donosi kombinacija oba pristupa.

### 12.6.1. Kvantitativne metode

Kvantitativne metode za prognoziranje koriste povijesne podatke. Razlikuju se **modeli vremenskih serija i asocijativni modeli**.[362]

Modeli vremenskih serija obuhvaćaju niz metoda, kao što su:

a. naivna metoda
b. metoda pomičnog prosjeka
c. ponderirani pomični prosjek
d. eksponencijalno izglađivanje
e. metoda projekcije trenda
f. učinci trenda i eksponencijalno izglađivanje
g. metode sezonalnosti
    i. sezonski indeks
    ii. sezonski indeks i trend

Asocijativni modeli obuhvaćaju sljedeće metode:

a. linearnu regresiju
b. višestruku regresiju.

---

360 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 138.
361 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 111.
362 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 112.

***Modeli vremenskih serija*** prognoziraju s pretpostavkom da je budućnost funkcija prošlosti. Drugim riječima, ovi modeli gledaju što se dogodilo u nekom prošlom razdoblju te zakonitost iz tog razdoblja koriste za prognozu u budućnosti. ***Asocijativni modeli***, kao, primjerice, linearna regresija, uključuju varijable ili faktore koji mogu utjecati na prognoziranu vrijednost.

### *12.6.1.1. Modeli vremenskih serija*

**Modeli vremenskih serija** analiziraju povijesne podatke za određeno razdoblje, kako bi se na temelju povijesnih podataka stvorila prognoza za buduće poslovne aktivnosti. Pretpostavlja se da postoji dovoljno povijesnih podataka i da se ne mijenjaju okolnosti poslovanja. Podaci se prikupljaju na temelju jednoga dana, tjednih, mjesečnih, godišnjih izvještaja i sličnog.

Vremenska serija se može definirati kao niz kronološki poredanih podataka koji mogu sadržavati jednu ili više komponenti.[363] **Komponente vremenske serije** su:[364]

1. Trend. Trend se odnosi na dugoročno kretanje podataka prema gore ili dolje. *Primjeri takvih kretanja su promjene u populaciji, promjene u prihodima te kulturalne promjene.*
2. Sezonalnost. Ova komponenta se odnosi na kratkoročne, prilično redovite varijacije koje se uglavnom odnose na čimbenike kao što su godišnje doba ili doba dana. *Restorani, supermarketi i kazališta osjećaju tjedne pa čak i dnevne „sezonske" varijacije.*
3. Ciklusi. Ciklusi su varijacije u obliku valova koji traju više od godine dana. *Često su povezani s različitim ekonomskim, političkim i poljoprivrednim uvjetima.*
4. Nepravilne varijacije. Riječ je o varijacijama koje nastaju zbog izvanrednih okolnosti, *kao što su teški vremenski uvjeti, štrajkovi ili pak velike promjene u proizvodu ili usluzi.* Nepravilne varijacije ne odražavaju tipična ponašanja i njihovo uključivanje u nizove može iskriviti cjelokupnu sliku. Kada je god to moguće, ove varijacije treba identificirati i ukloniti iz podataka.
5. Slučajne varijacije. Ovdje se radi o preostalim varijacijama koje ostanu nakon što su ostala ponašanja uzeta u obzir.

#### 12.6.1.1.1. Naivna metoda

**Naivna metoda** je najjednostavnija metoda prognoziranja budući da pretpostavlja da će prognozirana vrijednost u budućem razdoblju biti jednaka stvarnoj vrijednosti prethodnog razdoblja. Matematički je to moguće izraziti formulom 12.7.

$$P_r = SV_{r-1} \qquad (12.7)$$

gdje je:

$SV_{r-1}$ = stvarna vrijednost (potražnja) u razdoblju $r - 1$

Kod nekih proizvodnih linija naivna metoda se pokazuje kao najisplativija i najučinkovitija metoda prognoziranja. Pored toga, pruža polaznu točku prema kojoj se mogu usporediti rezultati dobiveni sofisticiranim metodama koje će se prikazati u nastavku.[365]

---

363 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. 13. izdanje. Zagreb: Mate, str. 492.
364 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 84.
365 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 114.

U primjeru 12.1. ispitat će se točnost prognoziranja potražnje koja je dobivena pomoću naivne metode izračunom sljedećih mjera točnosti: kumulativna prognostička pogreška (*KPP*), prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja (*PAOP*), prosječna kvadrirana pogreška (*PKP*), prosječni apsolutni postotak pogrešaka (*PAPP*) te prateći signal (*PS*).

***Primjer 12.1. Ocjena točnosti prognoze naivnom metodom***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću naivne metode. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.1.

***Tablica 12.1. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 7 | 75 |
| 2 | 73 | 8 | 75 |
| 3 | 71 | 9 | 67 |
| 4 | 75 | 10 | 71 |
| 5 | 77 | 11 | 75 |
| 6 | 70 | 12 | 77 |

Kod ovog primjera potrebno je:

a) Prognozirati potražnju za Razdoblje 2.
b) Izračunati prognostičke pogreške za svako razdoblje, kao i kumulativnu pogrešku *(KPP).*
c) Izračunati vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja (*PAOP)*.
d) Izračunati vrijednost prosječne kvadrirane pogreške (*PKP)*.
e) Izračunati vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške (*PAPP)*.
f) Izračunati vrijednost pratećeg signala (*PS)* za Razdoblje 5.

RJEŠENJE:

a) Korištenjem naivne metode prognozirana potražnja za Razdoblje 2, jednaka je potražnji Razdoblja 1.

$$P_2 = SV_1 = 70$$

Prognozirane vrijednosti potražnje naivnom metodom za ostala razdoblja moguće je vidjeti u tablici 12.2.

***Tablica 12.2. Prognozirane vrijednosti potražnje naivnom metodom***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza |
|---|---|---|
| 1 | 70 | |
| 2 | 73 | 70 |
| 3 | 71 | 73 |
| 4 | 75 | 71 |
| 5 | 77 | 75 |
| 6 | 70 | 77 |
| 7 | 75 | 70 |
| 8 | 75 | 75 |
| 9 | 67 | 75 |
| 10 | 71 | 67 |
| 11 | 75 | 71 |
| 12 | 77 | 75 |
| 13 | | 77 |

b) Prognostička pogreška za Razdoblje 2 računa se kao razlika stvarne potražnje za Razdoblje 2 i prognozirane potražnje za Razdoblje 2.

$$PP_2 = SV_2 - P_2 = 73 - 70 = 3$$

Moguće je primijetiti da se radi o pozitivnoj prognostičkoj pogrešci budući da je prognozirana potražnja za Razdoblje 2 ($P_2$ = 70) manja od stvarne potražnje za Razdoblje 2 ($SV_2$ = 73).

Prognostičke pogreške za ostala razdoblja moguće je vidjeti u tablici 12.3.

***Tablica 12.3. Prognostičke pogreške***

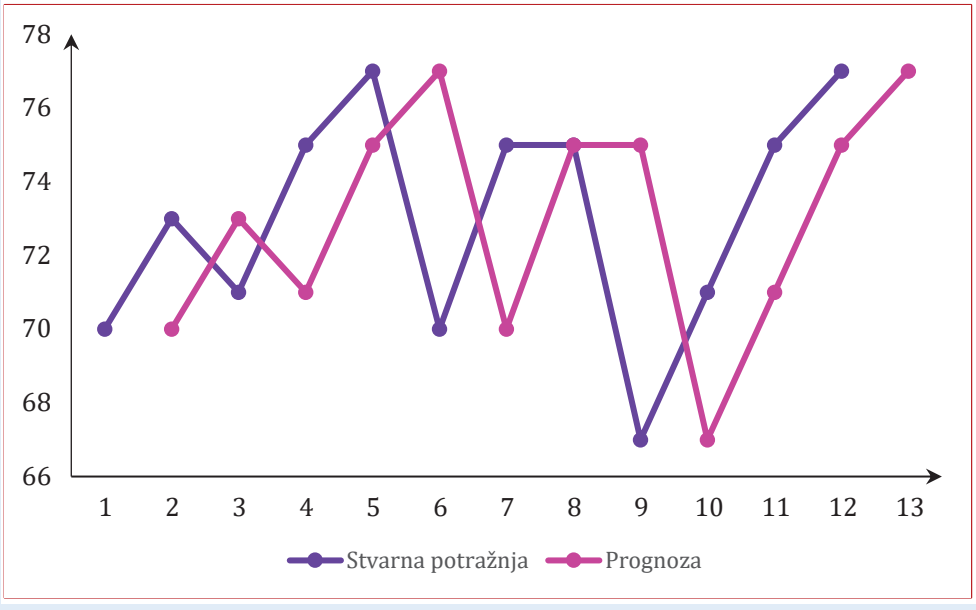
| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza | Pogreška | Kumulativ pogrešaka |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | |
| 2 | 73 | 70,00 | 73,00 – 70,00 = 3,00 | 3,00 |
| 3 | 71 | 73,00 | 71,00 – 73,00 = -2,00 | 3,00 + (-2,00) = 1,00 |
| 4 | 75 | 71,00 | 75,00 – 71,00 = 4,00 | 1,00 + 4,00 = 5,00 |
| 5 | 77 | 75,00 | 77,00 – 75,00 = 2,00 | 5,00 + 2,00 = 7,00 |
| 6 | 70 | 77,00 | 70,00 – 77,00 = -7,00 | 7,00 + (-7,00) = 0,00 |
| 7 | 75 | 70,00 | 75,00 – 70,00 = 5,00 | 0,00 + 5,00 = 5,00 |
| 8 | 75 | 75,00 | 75,00 – 75,00 = 0,00 | 5,00 + 0,00 = 5,00 |
| 9 | 67 | 75,00 | 67,00 – 75,00 = -8,00 | 5,00 + (-8,00) = -3,00 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 71 | 67,00 | 71,00 – 67,00 = 4,00 | -3,00 + 4,00 = 1,00 |
| 11 | 75 | 71,00 | 75,00 – 71,00 = 4,00 | 1,00 + 4,00 = 5,00 |
| 12 | 77 | 75,00 | 77,00 – 75,00 = 2,00 | 5,00 + 2,00 = 7,00 |
| 13 | | 77,00 | | |

Zbrajanjem prognostičkih pogrešaka po razdobljima, dobije se vrijednost kumulativne pogreške. Vrijednosti za kumulativne pogreške moguće je također vidjeti u tablici 12.3.

Moguće je primijetiti da je kumulativna pogreška pozitivna te da su samo za tri razdoblja prognostičke pogreške negativne, što ukazuje da je prognoza najčešće ispod stvarne potražnje.

Navedeno je moguće uočiti i na slici 12.2.




***Slika 12.2. Prognozirane vrijednosti potražnje naivnom metodom***

c) Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške te broja promatranih razdoblja. U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 3,73.

$$PAOP = \frac{\sum_{r=1}^{R} |SV_r - P_r|}{R} = \frac{41}{11} = 3,73$$

Vrijednosti prosječnih apsolutnih odstupanja pogrešaka po razdobljima moguće je vidjeti u tablici 12.4.

***Tablica 12.4. Vrijednosti prosječnih apsolutnih odstupanja pogrešaka po razdobljima***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza | Pogreška | \|Pogreška\| | Kumulativ \|pogrešaka\| | PAOP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | | | |
| 2 | 73 | 70 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 / 1 = 3,00 |
| 3 | 71 | 73 | -2,00 | 2,00 | 5,00 | 5,00 / 2 = 2,50 |
| 4 | 75 | 71 | 4,00 | 4,00 | 9,00 | 9,00 / 3 = 3,00 |
| 5 | 77 | 75 | 2,00 | 2,00 | 11,00 | 11,00 / 4 = 2,75 |
| 6 | 70 | 77 | -7,00 | 7,00 | 18,00 | 18,00 / 5 = 3,60 |
| 7 | 75 | 70 | 5,00 | 5,00 | 23,00 | 23,00 / 6 = 3,83 |
| 8 | 75 | 75 | 0,00 | 0,00 | 23,00 | 23,00 / 7 = 3,29 |
| 9 | 67 | 75 | -8,00 | 8,00 | 31,00 | 31,00 / 8 = 3,88 |
| 10 | 71 | 67 | 4,00 | 4,00 | 35,00 | 35,00 / 9 = 3,89 |
| 11 | 75 | 71 | 4,00 | 4,00 | 39,00 | 39,00 / 10 = 3,90 |
| 12 | 77 | 75 | 2,00 | 2,00 | 41,00 | 41,00 / 11 = 3,73 |
| 13 | | 77 | | | | |

d) Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške te broja promatranih razdoblja. U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 18,82.

$$PKP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \left(SV_r - P_r\right)^2}{R} = \frac{207}{11} = 18{,}82$$

Vrijednosti prosječnih kvadriranih pogrešaka po razdobljima moguće je vidjeti u tablici 12.5.

***Tablica 12.5. Vrijednosti prosječnih kvadriranih pogrešaka po razdobljima***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza | Pogreška | Pogreška$^2$ | Kumulativ kvadriranih pogrešaka | PKP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | | | |
| 2 | 73 | 70 | 3,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 / 1 = 9,00 |
| 3 | 71 | 73 | -2,00 | 4,00 | 13,00 | 13,00 / 2 = 6,50 |
| 4 | 75 | 71 | 4,00 | 16,00 | 29,00 | 29,00 / 3 = 9,67 |
| 5 | 77 | 75 | 2,00 | 4,00 | 33,00 | 33,00 / 4 = 8,25 |
| 6 | 70 | 77 | -7,00 | 49,00 | 82,00 | 82,00 / 5 = 16,40 |
| 7 | 75 | 70 | 5,00 | 25,00 | 107,00 | 107,00 / 6 = 17,83 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 75 | 75 | 0,00 | 0,00 | 107,00 | 107,00 / 7 = 15,29 |
| 9 | 67 | 75 | -8,00 | 64,00 | 171,00 | 171,00 / 8 = 21,38 |
| 10 | 71 | 67 | 4,00 | 16,00 | 187,00 | 187,00 / 9 = 20,78 |
| 11 | 75 | 71 | 4,00 | 16,00 | 203,00 | 203,00 / 10 = 20,30 |
| 12 | 77 | 75 | 2,00 | 4,00 | 207,00 | 207,00 / 11 = 18,82 |
| 13 | | 77 | | | | |

e) Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške te broja promatranih razdoblja.

Vrijednosti apsolutnih postotnih pogrešaka za pojedina razdoblja nalaze se u tablici 12.6.

***Tablica 12.6. Vrijednosti apsolutnih postotnih pogrešaka po razdobljima***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza | Pogreška | \|Pogreška\| | %\|Pogrešaka\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | | |
| 2 | 73 | 70,00 | 3,00 | 3,00 | (3,00 / 73,00) * 100 % = 4,11 % |
| 3 | 71 | 73,00 | -2,00 | 2,00 | (2,00 / 71,00) * 100 % = 2,82 % |
| 4 | 75 | 71,00 | 4,00 | 4,00 | (4,00 / 75,00) * 100 % = 5,33 % |
| 5 | 77 | 75,00 | 2,00 | 2,00 | (2,00 / 77,00) * 100 % = 2,60 % |
| 6 | 70 | 77,00 | -7,00 | 7,00 | (3,00 / 73,00) * 100 % = 10,00 % |
| 7 | 75 | 70,00 | 5,00 | 5,00 | (5,00 / 75,00) * 100 % = 6,67 % |
| 8 | 75 | 75,00 | 0,00 | 0,00 | (0,00 / 75,00) * 100 % = 0,00 % |
| 9 | 67 | 75,00 | -8,00 | 8,00 | (8,00 / 67,00) * 100 % = 11,94 % |
| 10 | 71 | 67,00 | 4,00 | 4,00 | (4,00 / 71,00) * 100 % = 5,63 % |
| 11 | 75 | 71,00 | 4,00 | 4,00 | (4,00 / 75,00) * 100 % = 5,33 % |
| 12 | 77 | 75,00 | 2,00 | 2,00 | (2,00 / 77,00) * 100 % = 2,60 % |
| 13 | | 77,00 | | | |

U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 5,18 %.

$$PAPP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \frac{\left|SV_r - P_r\right|}{SV_r} * 100}{R} = \frac{57,03\%}{11} = 5,18\%$$

Vrijednosti prosječnih apsolutnih pogrešaka po razdobljima moguće je vidjeti u tablici 12.7.

***Tablica 12.7. Vrijednosti prosječnih apsolutnih postotnih pogrešaka po razdobljima***

| Razdoblje | %\|Pogreška\| | Kumulativ %\|pogrešaka\| | PAPP |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | 4,11 % | 4,11 % | 4,11 % / 1 = 4,11 % |
| 3 | 2,82 % | 6,93 % | 6,93 % / 2 = 3,47 % |
| 4 | 5,33 % | 12,26 % | 12,26 % / 3 = 4,09 % |
| 5 | 2,60 % | 14,86 % | 14,86 % / 4 = 3,72 % |
| 6 | 10,00 % | 24,86 % | 24,86 % / 5 = 4,97 % |
| 7 | 6,67 % | 31,53 % | 31,53 % / 6 = 5,26 % |
| 8 | 0,00 % | 31,53 % | 31,53 % / 7 = 4,50 % |
| 9 | 11,94 % | 43,47 % | 43,47 % / 8 = 5,43 % |
| 10 | 5,63 % | 49,10 % | 49,10 % / 9 = 5,46 % |
| 11 | 5,33 % | 54,43 % | 54,43 % / 10 = 5,44 % |
| 12 | 2,60 % | 57,03 % | 57,03 % / 11 = 5,18 % |
| 13 | | | |

f) Vrijednost pratećeg signala za Razdoblje 5 računa se kao kvocijent kumulativne pogreške i prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja izračunatih za Razdoblje 5. Potrebne vrijednosti kumulativne pogreške izračunate su u tablici 12.3. dok su potrebne vrijednosti prosječnih apsolutnih odstupanja pogrešaka izračunate u tablici 12.4. Radi jednostavnosti izračuna, potrebne vrijednosti za izračun pratećeg signala nalaze se u tablici 12.8.

$$PS = \frac{\sum_{r=1}^{4} SV_r - P_r}{PAOP_4} = \frac{7,00}{2,75} = 2,55$$

Vrijednosti pratećeg signala po razdobljima moguće je vidjeti u tablici 12.8.

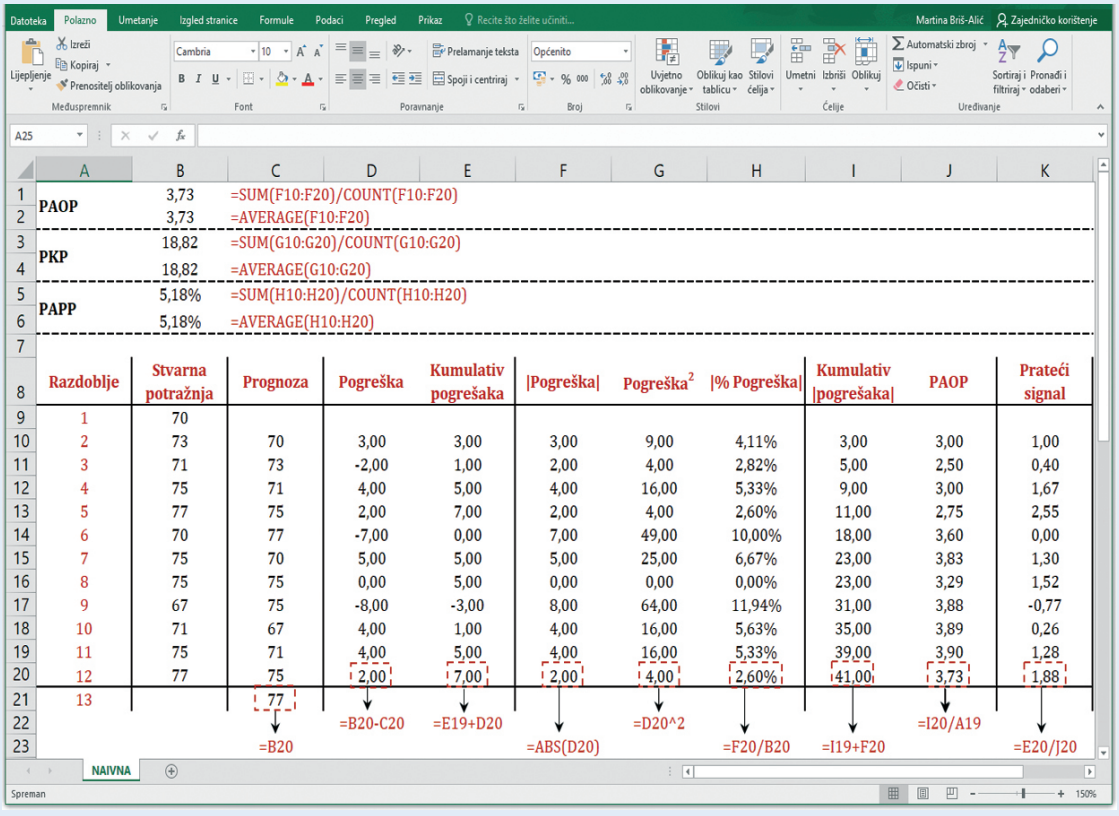
***Tablica 12.8. Vrijednosti pratećeg signala po razdobljima***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza | Pogreška | Kumulativ pogrešaka | PAOP | Prateći signal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | | | |
| 2 | 73 | 70 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 / 3,00 = 1,00 |
| 3 | 71 | 73 | -2,00 | 1,00 | 2,50 | 1,00 / 2,50 = 0,40 |
| 4 | 75 | 71 | 4,00 | 5,00 | 3,00 | 5,00 / 3,00 = 1,67 |
| 5 | 77 | 75 | 2,00 | 7,00 | 2,75 | 7,00 / 2,75 = 2,55 |
| 6 | 70 | 77 | -7,00 | 0,00 | 3,60 | 0,00 / 3,60 = 0,00 |
| 7 | 75 | 70 | 5,00 | 5,00 | 3,83 | 5,00 / 3,83 = 1,30 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 75 | 75 | 0,00 | 5,00 | 3,29 | 5,00 / 3,29 = 1,52 |
| 9 | 67 | 75 | -8,00 | -3,00 | 3,88 | -3,00 / 3,88 = -0,77 |
| 10 | 71 | 67 | 4,00 | 1,00 | 3,89 | 1,00 / 3,89 = 0,26 |
| 11 | 75 | 71 | 4,00 | 5,00 | 3,90 | 5,00 / 3,90 = 1,28 |
| 12 | 77 | 75 | 2,00 | 7,00 | 3,73 | 7,00 / 3,73 = 1,88 |
| 13 | | 77 | | | | |

### *Prognoza potražnje naivnom metodom pomoću Excela*

Ocjenu prognoze potražnje naivnom metodom moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.1 prikazano je na slici 12.3.




***Slika 12.3. Naivna metoda pomoću Excela***

Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (41,00) te broja promatranih razdoblja (11). U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 3,73.

Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (207,00) te broja promatranih razdoblja (11). U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 18,82.

Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (57,03) te broja promatranih razdoblja (11). U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 5,18 %.

### 12.6.1.1.2. Metoda pomičnog prosjeka

Kada je potražnja za proizvodima stalna tijekom vremena, korisna metoda prognoziranja je metoda pomičnog prosjeka. Metoda pomičnog prosjeka **koristi nekoliko stvarnih prethodnih podataka** kako bi se prognozirala vrijednost budućeg razdoblja. Na taj se način nastoje ukloniti ili ublažiti slučajna povećanja ili smanjenja prognoze koja koristi samo jedno razdoblje. Kako vremenska razdoblja prolaze, u izračunu se koriste podaci najnovijih razdoblja, a izbacuju podaci najstarijih promatranih razdoblja. Metoda pomičnih prosjeka pretpostavlja da su sva **promatrana razdoblja jednako važna** za izračun prognozirane vrijednosti te svim promatranim razdobljima **dodjeljuje jednaku težinu**, odnosno ponder. Kod ove metode općenito vrijedi da što je duže razdoblje uprosječivanja, to je sporije reagiranje na promjenu potražnje. Duža razdoblja u prognozi imaju svoje prednosti i nedostatke. Temeljna prednost je u tome što se dužim razdobljem osigurava stabilnost u prognozi potražnje, a nedostatak je da se sporije reagira na stvarne promjene potražnje. Prognoza pomoću metode pomičnog prosjeka može se izračunati formulom 12.8.

$$P_r = \frac{\sum_{i=1}^{R} SV_{r-i}}{R} \qquad (12.8)$$

gdje je:

$SV_{r-i}$ = stvarna vrijednost (potražnja) u razdoblju $r - i$

Primjer 12.2. pokazuje kako se prognozira potražnja primjenom navedene metode.

***Primjer 12.2. Pomični prosjek***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode pomičnog prosjeka. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.9.

***Tablica 12.9. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 7 | 75 |
| 2 | 73 | 8 | 75 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | 71 | 9 | 67 |
| 4 | 75 | 10 | 71 |
| 5 | 77 | 11 | 75 |
| 6 | 70 | 12 | 77 |

Kod ovog primjera potrebno je:

a) Odrediti za koje prvo razdoblje je moguće prognozirati potražnju, ako se koristi metoda tromjesečnog pomičnog prosjeka.
b) Prognozirati potražnju za razdoblje utvrđeno pod a).
c) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
d) Prikazati grafički vrijednosti stvarne potražnje te prognozirane potražnje u situaciji tromjesečnog prosjeka.
e) Prognozirati potražnju metodom pomičnog prosjeka za pet i za sedam razdoblja te na istom grafikonu prikazati odnose stvarnih i prognoziranih vrijednosti potražnje za sva promatrana razdoblja ($R = 3$, $R = 5$ i $R = 7$).

RJEŠENJE:

a) Ukoliko se koristi metoda tromjesečnog pomičnog prosjeka, prvo razdoblje za koje je moguće prognozirati potražnju je Razdoblje 4.
b) Kod metode pomičnog prosjeka općenito vrijedi da je najbolja prognoza za razdoblje $r$ jednostavno prosječna potražnja prethodnih razdoblja. Prognoza za Razdoblje 4 ($P_4$) se vrši jednostavno zbrajanjem vrijednosti potražnje prva tri razdoblja te dijeljenjem s tri (broj razdoblja koja su zbrajana):

$$P_4 = \frac{\sum_{i=1}^{R} SV_{r-i}}{R} = \frac{\sum_{i=1}^{3} SV_{4-i}}{3} = \frac{SV_{4-1}+SV_{4-2}+SV_{4-3}}{3} = \frac{71+73+70}{3} = 71{,}33$$

c) Kako bi se izračunala prognoza potražnje za Razdoblje 13, potrebno je izračunati prognozirane vrijednosti potražnje za razdoblja koja su prethodila. Svaki put kada se prognozira potražnja za razdoblje $P_r$ potrebno je u prosjek uključiti najnoviju potražnju (potražnja prethodnog razdoblja $SV_{r-1}$), a isključiti najstariju promatranu potražnju. Izračune prognoziranih vrijednosti potražnje za sva razdoblja koja prethode Razdoblju 13 moguće je vidjeti u tablici 12.10.

***Tablica 12.10. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka***

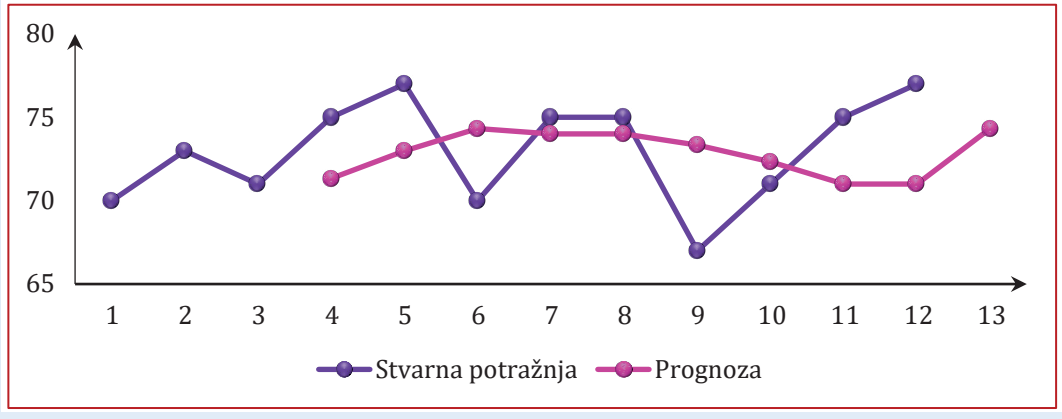
| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza |
|---|---|---|
| 1 | 70 | |
| 2 | 73 | |
| 3 | 71 | |
| 4 | 75 | (71 + 73 + 70) / 3 = 71,33 |
| 5 | 77 | (75 + 71 + 73) / 3 = 73,00 |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 70 | (77 + 75 + 71) / 3 = 74,33 |
| 7 | 75 | (70 + 77 + 75) / 3 = 74,00 |
| 8 | 75 | (75 + 70 + 77) / 3 = 74,00 |
| 9 | 67 | (75 + 75 + 70) / 3 = 73,33 |
| 10 | 71 | (67 + 75 + 75) / 3 = 72,33 |
| 11 | 75 | (71 + 67 + 75) / 3 = 71,00 |
| 12 | 77 | (75 + 71 + 67) / 3 = 71,00 |

Za Razdoblje 13 izračun se vrši na sljedeći način:

$$P_{13} = \frac{\sum_{i=1}^{R} SV_{r-i}}{R} = \frac{\sum_{i=1}^{3} SV_{13-i}}{3} = \frac{SV_{13-1}+SV_{13-2}+SV_{13-3}}{3} = \frac{77+75+71}{3} = 74,33$$

d) Prikaz odnosa stvarnih vrijednosti potražnje i prognoziranih vrijednosti dobivenih metodom tromjesečnog pomičnog prosjeka moguće je vidjeti na slici 12.4.



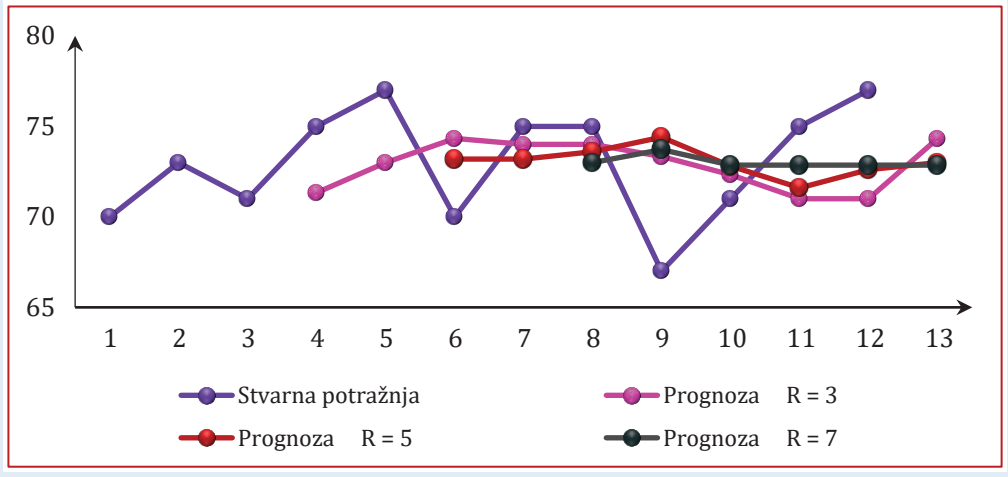

***Slika 12.4. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka***

e) Prikaz odnosa stvarnih vrijednosti potražnje i prognoziranih vrijednosti dobivenih metodom pomičnog prosjeka promatranjem različitog broja prethodnih razdoblja ($R = 3$, $R = 5$ i $R = 7$) moguće je vidjeti u tablici 12.11. i na slici 12.5.

***Tablica 12.11. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka (R = 3, R = 5 i R = 7)***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza *R* = 3 | Prognoza *R* = 5 | Prognoza *R* = 7 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | |
| 2 | 73 | | | |
| 3 | 71 | | | |
| 4 | 75 | 71,33 | | |
| 5 | 77 | 73,00 | | |
| 6 | 70 | 74,33 | 73,20 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7 | 75 | 74,00 | 73,20 | |
| 8 | 75 | 74,00 | 73,60 | 73,00 |
| 9 | 67 | 73,33 | 74,40 | 73,71 |
| 10 | 71 | 72,33 | 72,80 | 72,86 |
| 11 | 75 | 71,00 | 71,60 | 72,86 |
| 12 | 77 | 71,00 | 72,60 | 72,86 |
| 13 | | 74,33 | 73,00 | 72,86 |

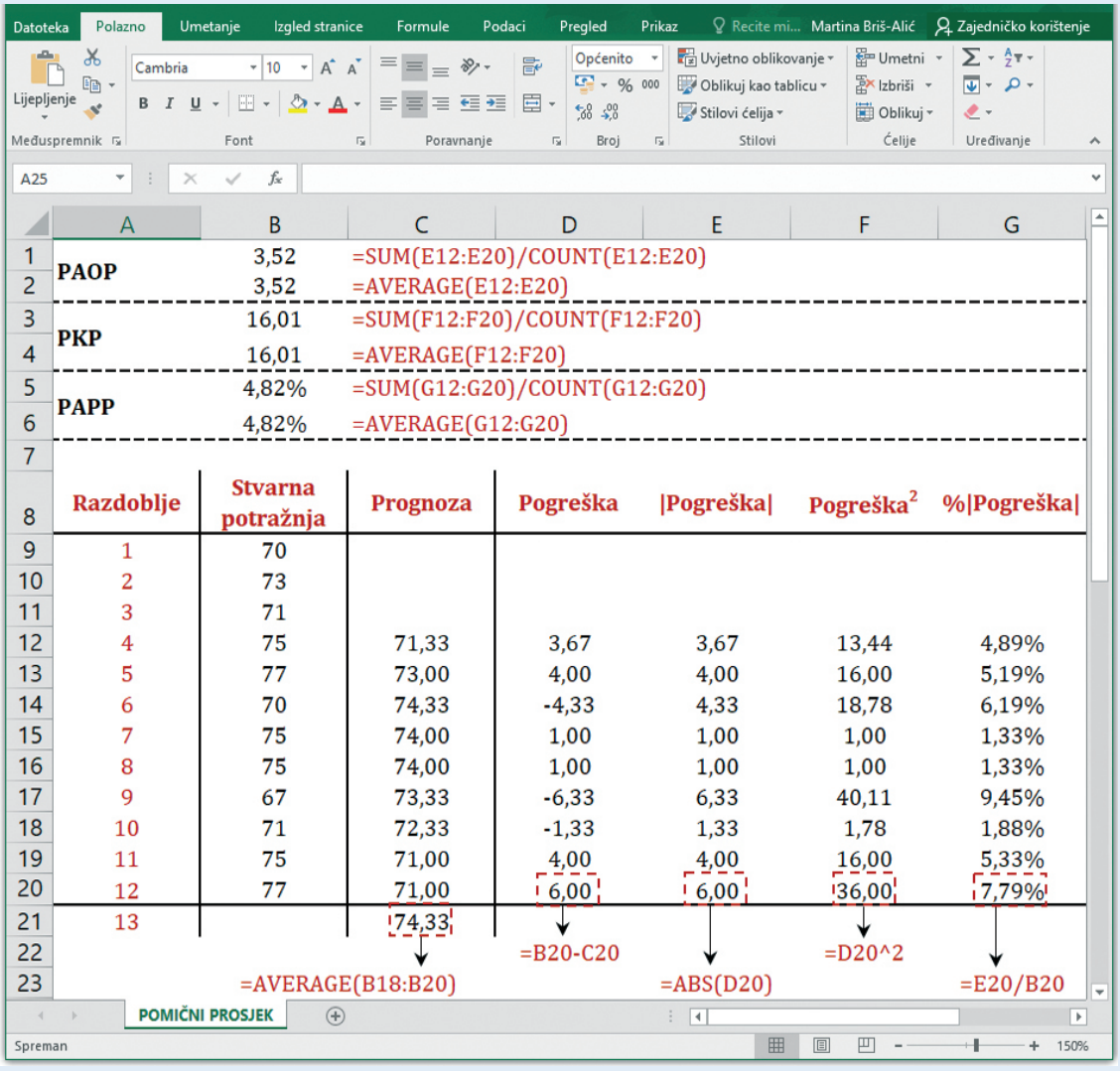



***Slika 12.5. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka (R = 3, R = 5 i R = 7)***

Iz slike 12.5. se lijepo može vidjeti da što je razdoblje uprosječivanja potražnje duže, to je reakcija na promjenu potražnje sporija. Krivulja koja pokazuje pomične prosjeke za sedam razdoblja, puno sporije reagira na promjenu potražnje od krivulje pomičnih prosjeka za pet razdoblja, a ova pak od krivulje pomičnih prosjeka za tri razdoblja.

### *Rješenje metode pomičnog prosjeka pomoću Excela*

Rješenje metode pomičnog prosjeka moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.2. prikazano je na slici 12.6.



| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **PAOP** | 3,52 | =SUM(E12:E20)/COUNT(E12:E20) | | | | |
| 2 | | 3,52 | =AVERAGE(E12:E20) | | | | |
| 3 | **PKP** | 16,01 | =SUM(F12:F20)/COUNT(F12:F20) | | | | |
| 4 | | 16,01 | =AVERAGE(F12:F20) | | | | |
| 5 | **PAPP** | 4,82% | =SUM(G12:G20)/COUNT(G12:G20) | | | | |
| 6 | | 4,82% | =AVERAGE(G12:G20) | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | **Razdoblje** | **Stvarna potražnja** | **Prognoza** | **Pogreška** | **\|Pogreška\|** | **Pogreška$^2$** | **%\|Pogreška\|** |
| 9 | 1 | 70 | | | | | |
| 10 | 2 | 73 | | | | | |
| 11 | 3 | 71 | | | | | |
| 12 | 4 | 75 | 71,33 | 3,67 | 3,67 | 13,44 | 4,89% |
| 13 | 5 | 77 | 73,00 | 4,00 | 4,00 | 16,00 | 5,19% |
| 14 | 6 | 70 | 74,33 | -4,33 | 4,33 | 18,78 | 6,19% |
| 15 | 7 | 75 | 74,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,33% |
| 16 | 8 | 75 | 74,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,33% |
| 17 | 9 | 67 | 73,33 | -6,33 | 6,33 | 40,11 | 9,45% |
| 18 | 10 | 71 | 72,33 | -1,33 | 1,33 | 1,78 | 1,88% |
| 19 | 11 | 75 | 71,00 | 4,00 | 4,00 | 16,00 | 5,33% |
| 20 | 12 | 77 | 71,00 | 6,00 | 6,00 | 36,00 | 7,79% |
| 21 | 13 | | 74,33 | | | | |
| 22 | | | | =B20-C20 | | =D20^2 | |
| 23 | | | =AVERAGE(B18:B20) | | =ABS(D20) | | =E20/B20 |



***Slika 12.6. Metoda pomičnog prosjeka pomoću Excela***

Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (31,67) te broja promatranih razdoblja (9). U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 3,52.

Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (144,11) te broja promatranih razdoblja (9). U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 16,01.

Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (43,40) te broja promatranih razdoblja (9). U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 4,82 %.

### 12.6.1.1.3. Ponderirani pomični prosjek

Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka je slična metodi pomičnog prosjeka. Razlikuje se po tome što metoda ponderiranog pomičnog prosjeka **novijim vrijednostima dodjeljuje veću težinu, odnosno ponder**. Međutim, izbor težine, tj. pondera je u određenoj mjeri proizvoljan, pa odluka o tome kojem razdoblju će se dati koja težina ovisi i o iskustvu prognozera. Davanje različite težine različitim razdobljima omogućuje bržu prilagodbu prognoze promjenama na tržištu.

Kod ove metode, iskustvo i metoda pokušaja i pogrešaka ključni su za odabir težine/pondera. U pravilu su noviji podaci najvažniji pokazatelj onoga što se može očekivati u budućnosti te stoga najčešće dobiju veću težinu. Međutim, ako su podaci, primjerice, sezonski, težine se određuju u skladu s time. Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka ima definitivno prednost nad metodom pomičnog prosjeka budući je u stanju razlikovati učinak prošlih podataka.

Prognoza pomoću metode ponderiranog pomičnog prosjeka može se izračunati formulom 12.9.

$$P_r = \sum_{i=1}^{R} T_{r-i} * SV_{r-i} \qquad (12.9)$$

gdje je:

$T_{r-i}$ = težina/ponder u razdoblju $r - i$

Napomena: U izračunu ponderiranog pomičnog prosjeka suma pondera treba iznositi jedan (1).

Primjer 12.3. pokazuje kako primijeniti navedeni koncept.

***Primjer 12.3. Ponderirani pomični prosjek***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode ponderiranog pomičnog prosjeka. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.12.

***Tablica 12.12. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 7 | 75 |
| 2 | 73 | 8 | 75 |
| 3 | 71 | 9 | 67 |
| 4 | 75 | 10 | 71 |
| 5 | 77 | 11 | 75 |
| 6 | 70 | 12 | 77 |

Dodijeljene su težine/ponderi za prethodna četiri razdoblja, s tim da je najnovijem razdoblju dodijeljena najveća težina. Težine je moguće vidjeti u tablici 12.13.

***Tablica 12.13. Težine/ponderi po razdobljima***

| Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|
| $T_{r-4}$ | 0,10 |
| $T_{r-3}$ | 0,20 |
| $T_{r-2}$ | 0,30 |
| $T_{r-1}$ | 0,40 |

U ovom primjeru potrebno je:

a) Utvrditi za koje razdoblje je moguće najprije prognozirati potražnju, s obzirom na zadane težine/pondere.
b) Prognozirati potražnju za razdoblje utvrđeno pod a).
c) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
d) Prikazati grafički vrijednosti stvarne potražnje i prognozirane potražnje.

RJEŠENJE:

a) Budući da su u primjeru zadane četiri težine/pondera, to znači da treba uzeti u obzir prve četiri potražnje promatranog razdoblja kojima će se dodijeliti zadane težine. Slijedi da je prvo razdoblje za koje je moguće prognozirati potražnju Razdoblje 5.
b) Prognoza potražnje za Razdoblje 5 izračunava se tako da se najkasnijoj potražnji dodijeli najveća težina, a najranijoj najmanja težina, na sljedeći način:

$$P_5 = \sum_{i=1}^{R} T_{r-i} * SV_{r-i} = \sum_{i=1}^{4} T_{5-i} * SV_{5-i} = T_{5-1} * SV_{5-1} + T_{5-2} * SV_{5-2} + T_{5-3} * SV_{5-3} + T_{5-4} * SV_{5-4}$$

$$P_5 = 0,40 * 75 + 0,30 * 71 + 0,20 * 73 + 0,10 * 70 = 72,90$$

c) Kako bi se izračunala prognoza za Razdoblje 13, potrebno je izračunati ponderirane prosječne potražnje za prethodna razdoblja, na način da se svaki put kada se izračunava potražnja za razdoblje *r,* u prosjek uključi najnovija potražnja, a isključi najstarija promatrana potražnja. Izračune prognoziranih vrijednosti potražnje za potrebna razdoblja moguće je vidjeti u tablici 12.14.

***Tablica 12.14. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom ponderiranog pomičnog prosjeka***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza |
|---|---|---|
| 1 | 70 | |
| 2 | 73 | |
| 3 | 71 | |
| 4 | 75 | |
| 5 | 77 | 0,40*75+0,30*71+0,20*73+0,10*70=72,90 |
| 6 | 70 | 0,40*77+0,30*75+0,20*71+0,10*73=74,80 |
| 7 | 75 | 0,40*70+0,30*77+0,20*75+0,10*71=73,20 |

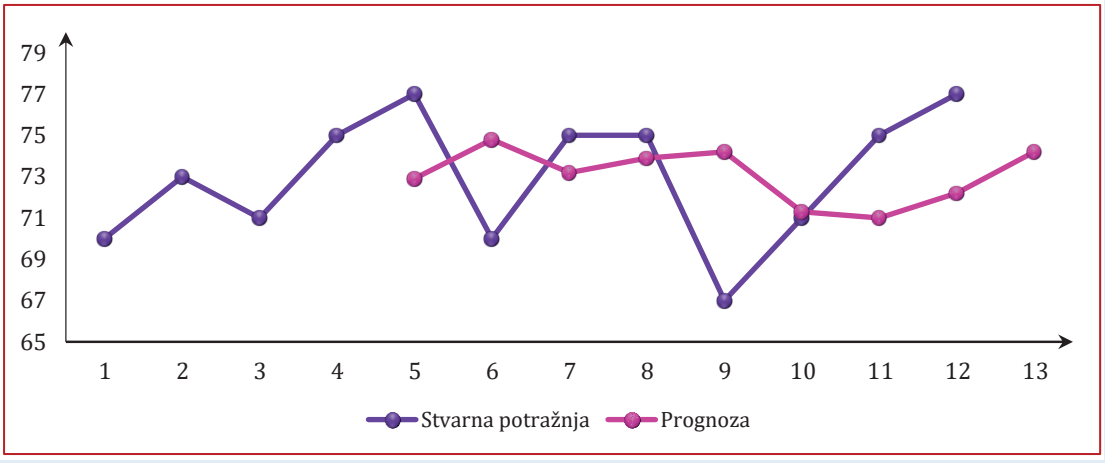
| | | |
|---|---|---|
| 8 | 75 | 0,40*75+0,30*70+0,20*77+0,10*75=73,90 |
| 9 | 67 | 0,40*75+0,30*75+0,20*70+0,10*77=74,20 |
| 10 | 71 | 0,40*67+0,30*75+0,20*75+0,10*70=71,30 |
| 11 | 75 | 0,40*71+0,30*67+0,20*75+0,10*75=71,00 |
| 12 | 77 | 0,40*75+0,30*71+0,20*67+0,10*75=72,20 |
| 13 | | 0,40*77+0,30*75+0,20*71+0,10*77=74,20 |

Za Razdoblje 13 izračun se vrši na sljedeći način:

$$P_{13} = \sum_{i=1}^{R} T_{r-i} * SV_{r-i} = \sum_{i=1}^{4} T_{13-i} * SV_{13-i} = T_{13-1} * SV_{13-1} + T_{13-2} * SV_{13-2} + T_{13-3} * SV_{13-3} + T_{13-4} * SV_{13-4}$$

$$P_{13} = 0,40 * 77 + 0,30 * 75 + 0,20 * 71 + 0,10 * 67 = 74,20$$

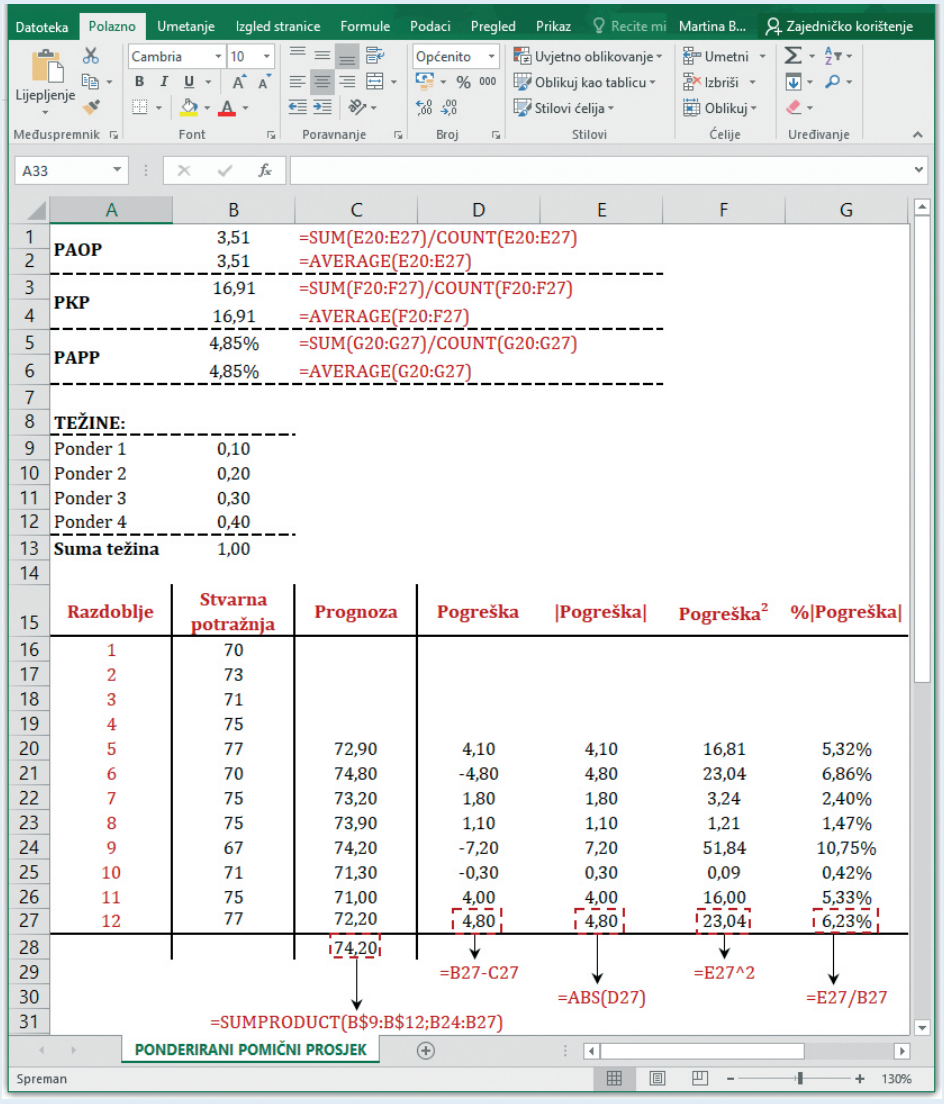
d) Prikaz odnosa stvarnih vrijednosti potražnje i prognoziranih vrijednosti potražnje dobivenih metodom ponderiranog pomičnog prosjeka moguće je vidjeti na slici 12.7.




***Slika 12.7. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom ponderiranog pomičnog prosjeka***

### *Rješenje metode ponderiranog pomičnog prosjeka pomoću Excela*

Rješenje metode ponderiranog pomičnog prosjeka moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.3. dano je na slici 12.8.




***Slika 12.8. Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka pomoću Excela***

Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (28,10) te broja promatranih razdoblja (8). U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 3,51.

Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (135,27) te broja promatranih razdoblja (8). U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 16,91.

Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (38,78) te broja promatranih razdoblja (8). U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 4,85 %.

Metoda pomičnog prosjeka, kao i ponderirani pomični prosjek su učinkovite u izglađivanju naglih varijacija u potražnji kako bi omogućile stabilnu prognozu. Međutim, metoda pomičnog prosjeka ima i neke nedostatke, kao, primjerice:[366]

1. Povećanjem broja promatranih razdoblja koja se uzimaju za izračun prognoze (tri, pet i više mjeseci), fluktuacije se ne izglađuju bolje, ali to čini metodu manje osjetljivom na promjene podataka.
2. Ukoliko u podacima postoji trend, metoda pomičnog prosjeka to ne može dobro uvažiti. Metoda briše bilo kakav trend u podacima, jer jednostavno sve izglađuje (uprosječuje). Budući da se radi o prosjecima, prognozirane vrijednosti će uvijek ostati u okvirima prethodnih vrijednosti, a neće se prognozirati promjene niti prema višim niti prema nižim razinama. Prognozirane vrijednosti zaostaju za stvarnim vrijednostima.
3. Metoda pomičnog prosjeka zahtijeva veliki broj prethodnih podataka.

#### 12.6.1.1.4. Eksponencijalno izglađivanje

Eksponencijalno izglađivanje je poseban oblik metode ponderiranog prosjeka koja je relativno jednostavna za korištenje i razumijevanje.

Prednosti metode eksponencijalnog izglađivanja u odnosu na metodu pomičnog prosjeka su sljedeće:[367]

1. Povijesni podaci se nikad ne odbacuju.
2. Stariji podaci imaju manji utjecaj na prognoziranje (daje im se manja težina).
3. Izračun je jednostavan i zahtijeva samo najnovije podatke.

Svaka nova prognoza temelji se na prethodnoj prognozi plus postotni dio razlike između stvarne vrijednosti prethodnog razdoblja i prognozirane vrijednosti prethodnog razdoblja, što je zapravo **pogreška prognoze.** Prognoza pomoću metode eksponencijalnog izglađivanja može se izračunati formulom 12.10.

$$P_r = P_{r-1} + \alpha * (SV_{r-1} - P_{r-1}) \qquad (12.10)$$

gdje su:

$P_{r-1}$ = prognoza za razdoblje $r - 1$

$\alpha$ = konstanta izglađivanja ($0 \leq \alpha \leq 1$)

Izbor vrijednosti konstante izglađivanja je u osnovi stvar prosudbe ili pak pokušaja i pogreške, koji se temelji na prognostičkoj pogrešci. Cilj je izabrati konstantu izglađivanja koja će izbalansirati prednosti izglađivanja slučajnih varijacija s prednostima odgovaranja na stvarne promjene, ako i kad se dogode. Obično se koriste vrijednosti α u rasponu od 0,05 do 0,50. Niske vrijednosti α se koriste kada je temeljni prosjek stabilan, dok se više vrijednosti koriste kada je temeljni prosjek podložan promjenama.[368]

*Napomena.* Metoda eksponencijalnog izglađivanja trebala bi biti primijenjena na nekoliko ranijih razdoblja umjesto da započne promatranjem samo prethodnog razdoblja. Moguće je pri-

366 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 116.
367 Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *op.cit.* str. 459.
368 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 90.

mijeniti nekoliko različitih metoda kako bi se dobila početna prognoza, kao, primjerice, prosjek prvih nekoliko razdoblja (metoda pomičnog prosjeka) ili subjektivna procjena ili prva stvarna vrijednost kao prognoza za sljedeće razdoblje (naivna metoda). Radi jednostavnosti, u ovom je poglavlju za dobivanje početne prognoze korištena naivna metoda.

Primjer 12.4. pokazuje kako primijeniti navedeni koncept.

***Primjer 12.4. Eksponencijalno izglađivanje***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode eksponencijalnog izglađivanja. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.15. Za konstantu izglađivanja uzima se vrijednost 0,10 ($\alpha = 0{,}10$).

***Tablica 12.15. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 7 | 75 |
| 2 | 73 | 8 | 75 |
| 3 | 71 | 9 | 67 |
| 4 | 75 | 10 | 71 |
| 5 | 77 | 11 | 75 |
| 6 | 70 | 12 | 77 |

Kod ovog primjera potrebno je:

a) Prognozirati potražnju za Razdoblje 3, kao i za Razdoblje 4.
b) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
c) Prikazati grafički vrijednosti stvarne potražnje te prognozirane potražnje.
d) Grafički prikazati usporedbu prognoziranih vrijednosti potražnji za različite vrijednosti konstanti izglađivanja ($\alpha = 0{,}10$, $\alpha = 0{,}30$ i $\alpha = 0{,}40$).

RJEŠENJE:

a) Prognoza za Razdoblje 3 iznosi 70,30, a prognoza za Razdoblje 4 iznosi 70,37.

Za Razdoblje 3 izračun prognoze potražnje vrši se na sljedeći način:

$$P_3 = P_{r-1} + \alpha * (SV_{r-1} - P_{r-1}) = P_{3-1} + 0{,}10 * (SV_{3-1} - P_{3-1}) = 70{,}00 + 0{,}10 * (73{,}00 - 70{,}00) = 70{,}30$$

Za Razdoblje 4 izračun prognoze potražnje vrši se na sljedeći način:

$$P_4 = P_{r-1} + \alpha * (SV_{r-1} - P_{r-1}) = P_{4-1} + 0{,}10 * (SV_{4-1} - P_{4-1}) = 70{,}30 + 0{,}10 * (71{,}00 - 70{,}30) = 70{,}37$$

b) Kako bi se izračunala prognoza za Razdoblje 13, potrebno je izračunati prognozirane vrijednosti potražnje za prethodna razdoblja. Izračune prognoziranih vrijednosti potražnje za potrebna razdoblja moguće je vidjeti u tablici 12.16.

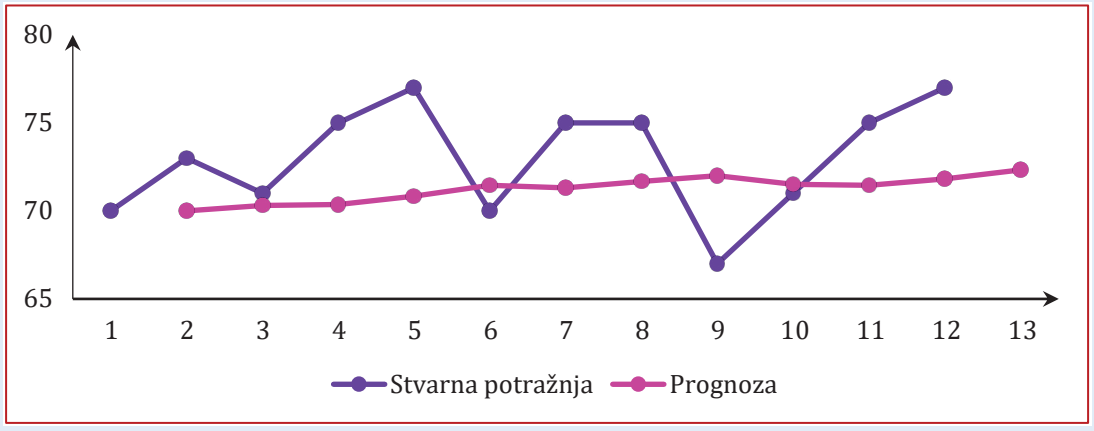
***Tablica 12.16. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza |
|---|---|---|
| 1 | 70 | Početna prognoza |
| 2 | 73 | 70,00 |
| 3 | 71 | 70,00 + 0,10 * (73,00 – 70,00) = 70,30 |
| 4 | 75 | 70,30 + 0,10 * (71,00 – 70,30) = 70,37 |
| 5 | 77 | 70,37 + 0,10 * (75,00 – 70,37) = 70,83 |
| 6 | 70 | 70,83 + 0,10 * (77,00 – 70,83) = 71,45 |
| 7 | 75 | 71,45 + 0,10 * (70,00 – 71,45) = 71,30 |
| 8 | 75 | 71,30 + 0,10 * (75,00 – 71,30) = 71,67 |
| 9 | 67 | 71,67 + 0,10 * (75,00 – 71,67) = 72,00 |
| 10 | 71 | 72,00 + 0,10 * (67,00 – 72,00) = 71,50 |
| 11 | 75 | 71,50 + 0,10 * (71,00 – 71,50) = 71,45 |
| 12 | 77 | 71,45 + 0,10 * (75,00 – 71,45) = 71,81 |

Za Razdoblje 13 izračun prognoze potražnje se vrši na sljedeći način:

$$P_{13}=P_{r-1}+\alpha*(SV_{r-1}-P_{r-1})=P_{13-1}+0{,}10*(SV_{13-1}-P_{13-1})=71{,}81+0{,}10*(77{,}00-71{,}81)=72{,}33$$

c) Prikaz odnosa stvarnih vrijednosti potražnje i eksponencijalno izglađene prognoze moguće je vidjeti na slici 12.9.

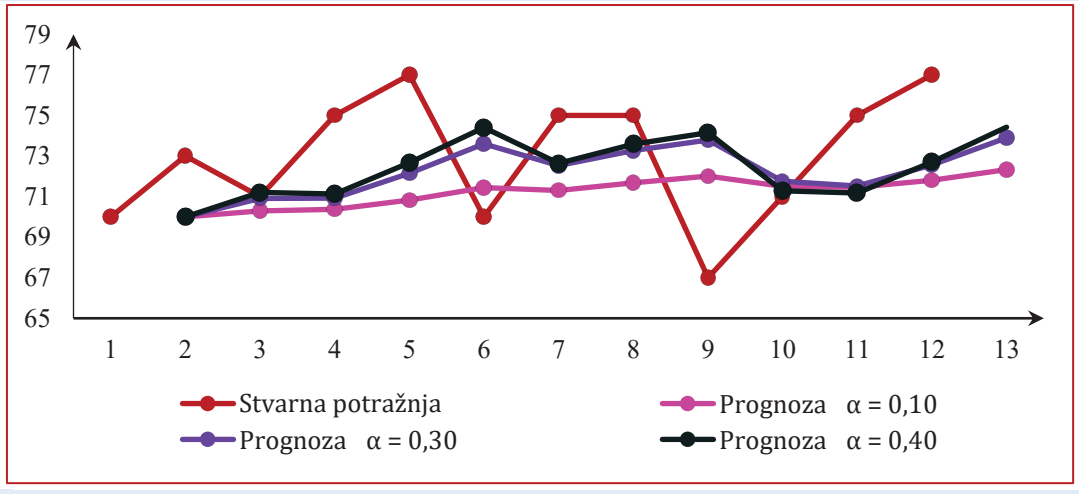



***Slika 12.9. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja***

d) Prikaz odnosa stvarnih i prognoziranih vrijednosti potražnje za $\alpha$ = 0,10; $\alpha$ = 0,30 i $\alpha$ = 0,40 moguće je vidjeti u tablici 12.17 i na slici 12.10.

***Tablica 12.17. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja ($\alpha = 0{,}10$; $\alpha = 0{,}30$ i $\alpha = 0{,}40$)***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza $\alpha = 0{,}10$ | Prognoza $\alpha = 0{,}30$ | Prognoza $\alpha = 0{,}40$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | | | |
| 2 | 73 | 70,00 | 70,00 | 70,00 |
| 3 | 71 | 70,30 | 70,90 | 71,20 |
| 4 | 75 | 70,37 | 70,93 | 71,12 |
| 5 | 77 | 70,83 | 72,15 | 72,67 |
| 6 | 70 | 71,45 | 73,61 | 74,40 |
| 7 | 75 | 71,30 | 72,52 | 72,64 |
| 8 | 75 | 71,67 | 73,27 | 73,59 |
| 9 | 67 | 72,01 | 73,79 | 74,15 |
| 10 | 71 | 71,51 | 71,75 | 71,29 |
| 11 | 75 | 71,46 | 71,53 | 71,17 |
| 12 | 77 | 71,81 | 72,57 | 72,70 |
| 13 | | 72,33 | 73,90 | 74,42 |

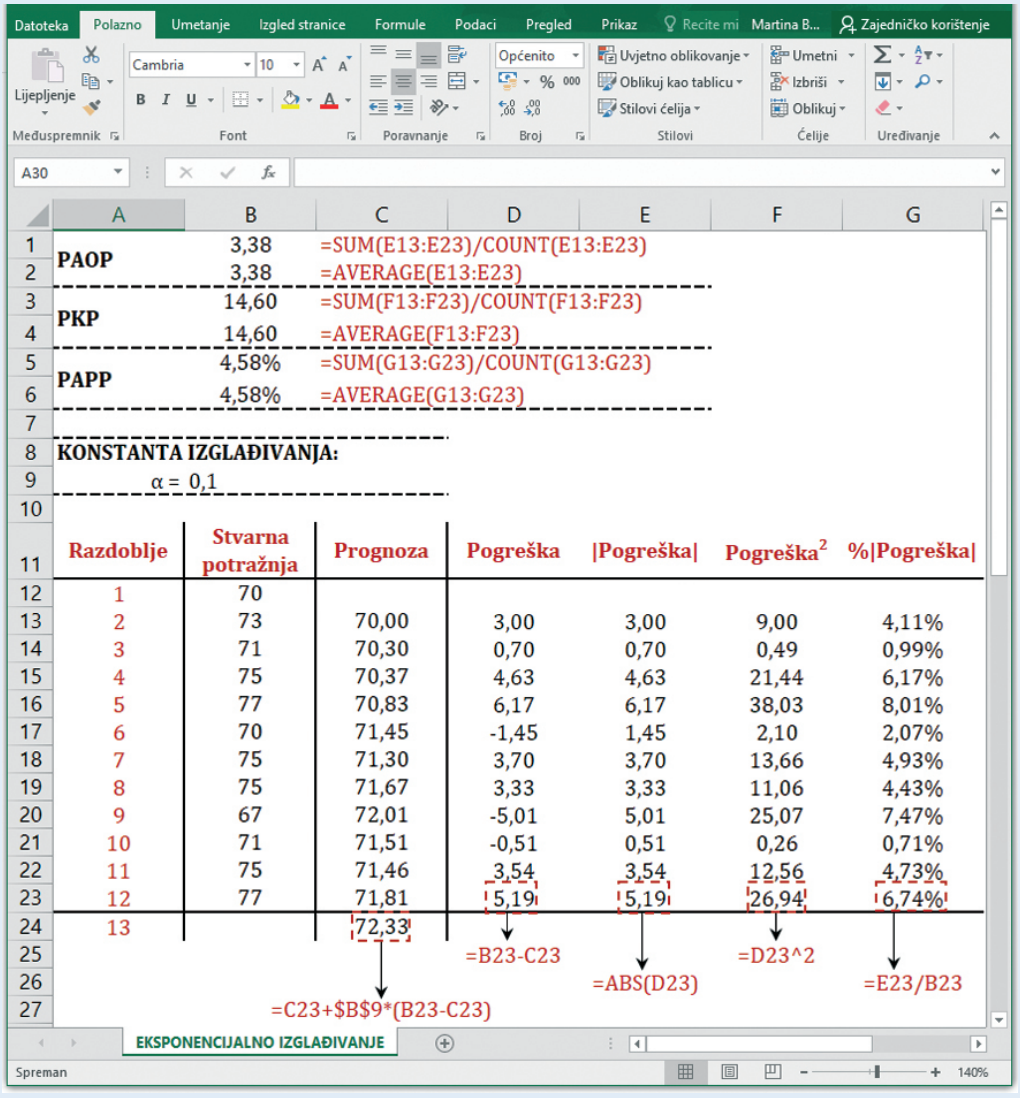



***Slika 12.10. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja ($\alpha = 0{,}10$; $\alpha = 0{,}30$ i $\alpha = 0{,}40$)***

Iz slike 12.10. se lijepo može vidjeti da što je konstanta izglađivanja viša, to je reakcija na promjenu potražnje brža. Krivulja koja pokazuje eksponencijalno izglađivanje za $\alpha = 0{,}40$ najbrže reagira na promjenu potražnje (brže od krivulje za $\alpha = 0{,}30$; a još brže od krivulje za $\alpha = 0{,}10$).

### *Rješenje metode eksponencijalnog izglađivanja pomoću Excela*

Rješenje metode eksponencijalnog izglađivanja moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.4. prikazano je na slici 12.11.




***Slika 12.11. Metoda eksponencijalnog izglađivanja pomoću Excela***

Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (37,22) te broja promatranih razdoblja (11). U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 3,38.

Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (160,60) te broja promatranih razdoblja (11). U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 14,60.

Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (50,36) te broja promatranih razdoblja (11). U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 4,58 %.

### 12.6.1.1.5. Metoda projekcije trenda

Metoda projekcije trenda ugrađuje pravac trenda u seriju točaka koje predstavljaju povijesne podatke, a zatim projicira nagib pravca u budućnost kako bi napravila srednjoročne i dugoročne prognoze. Za projekciju trenda moguće je razviti nekoliko matematičkih jednadžbi trendova, kao, primjerice, eksponencijalni, kvadrirani i slično, ali za potrebe ovog poglavlja promatrat će se samo projekcija linearnog trenda.[369]

Ukoliko se za prognozu razvija linearni trend, zgodno je primijeniti **metodu najmanjih kvadrata**. Ovakav pristup će omogućiti razvijanje pravca koji će minimalizirati zbroj kvadrata vertikalnih udaljenosti između svake točke koja prikazuje stvarnu vrijednost te njezine odgovarajuće točke na pravcu.

**Pravac najmanjih kvadrata** je opisan u terminima sjecišta s osi *y* (visina na kojoj pravac trenda sječe os *y* – označava se sa *a*) te očekivane promjene zavisne varijable prilikom jedinične promjene nezavisne varijable (nagib pravca – označava se s *b*).

Pravac trenda moguće je izraziti pomoću jednadžbe zapisane formulom 12.11.

$$P_r = a + b * r \qquad (12.11)$$

gdje su:

$P_r$ = vrijednost varijable koju treba prognozirati – zavisna varijabla
$a$ = sjecište s osi *y*
$b$ = nagib pravca
$r$ = poznate vrijednosti nezavisne varijable (u ovom slučaju razdoblje)

Formula 12.12. pokazuje kako je moguće izračunati *b*:

$$b = \frac{\sum r * y - R * \overline{r} * \overline{y}}{\sum r^2 - R * \overline{r}^2} \qquad (12.12)$$

gdje su:

$y$ = poznate vrijednosti zavisne varijable
$\overline{r}$ = prosjek svih *r* vrijednosti
$\overline{y}$ = prosjek svih *y* vrijednosti

[369] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 124.

Pomoću formule 12.13. moguće je izračunati sjecište s osi *y*

$$a = \overline{y} - b * \overline{r} \qquad (12.13)$$

Primjer 12.5. pokazuje kako prognozirati primjenom metode linearnog trenda.

***Primjer 12.5. Projekcija pomoću linearnog trenda***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode linearnog trenda. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.18.

***Tablica 12.18. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 7 | 75 |
| 2 | 73 | 8 | 75 |
| 3 | 71 | 9 | 67 |
| 4 | 75 | 10 | 71 |
| 5 | 77 | 11 | 75 |
| 6 | 70 | 12 | 77 |

U projiciranju potražnje linearnim trendom potrebno je:
a) Odrediti nagib pravca linearnog trenda – parametar *b*.
b) Odrediti visinu na kojoj pravac trenda sječe os *y* – parametar *a*.
c) Odrediti jednadžbu pravca trenda.
d) Napraviti projekciju potražnje pomoću linearnog trenda za sva promatrana razdoblja.
e) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
f) Prikazati grafički vrijednosti stvarne i prognozirane potražnje.

RJEŠENJE:
a) Podaci potrebni za izračun parametra *b* nalaze se u tablici 12.19. Temeljem podataka o promatranom razdoblju i njegovoj potražnji izračunate su potražnje u stupcu 3 (stupac 1 * stupac 2) te je u stupcu 4 izračunata vrijednost svakog promatranog razdoblja (stupac 1) na kvadrat.

***Tablica 12.19. Podaci potrebni za izračun jednadžbe linearnog trenda***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje * Stvarna potražnja | Razdoblje$^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 70 | 70 | 1 |
| 2 | 73 | 146 | 4 |
| 3 | 71 | 213 | 9 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 75 | 300 | 16 |
| 5 | 77 | 385 | 25 |
| 6 | 70 | 420 | 36 |
| 7 | 75 | 525 | 49 |
| 8 | 75 | 600 | 64 |
| 9 | 67 | 603 | 81 |
| 10 | 71 | 710 | 100 |
| 11 | 75 | 825 | 121 |
| 12 | 77 | 924 | 144 |
| $\Sigma r = 78$ | $\Sigma y = 876$ | $\Sigma r^*y = 5.721$ | $\Sigma r^2 = 650$ |

Osim podataka navedenih u tablici 12.14, za izračun parametra *b* potrebne su i sljedeće vrijednosti:

- prosječna vrijednost razdoblja ($\overline{r}$)

$$\overline{r} = \frac{\sum r}{R} = \frac{78}{12} = 6,50$$

- prosječna vrijednost stvarne potražnje ($\overline{y}$)

$$\overline{y} = \frac{\sum y}{R} = \frac{876}{12} = 73$$

Sada je moguće izračunati parametar *b*:

$$b = \frac{\sum r^*y - R^*\overline{r}^*\overline{y}}{\sum r^2 - R^*\overline{r}^2} = \frac{5.721 - 12^*6,50^*73}{650 - 12^*6,50^2} = \frac{5.721 - 5.694}{650 - 507} = \frac{27}{143} = 0,189$$

Nagib pravca linearnog trenda, parametar *b,* iznosi 0,189.

b) Pomoću podataka izračunatih pod a) parametar *a* se računa na sljedeći način:

$$a = \overline{y} - b^*\overline{r} = 73 - 0,189^*6,50 = 71,77$$

Visina na kojoj pravac trenda siječe os *y*, parametar *a*, iznosi 71,77.

c) Pomoću podatka o visini na kojoj pravac trenda siječe os *y* (parametar *a*) i podatka o nagibu pravca linearnog trenda (parametar *b*) dobiva se sljedeća jednadžba trenda:

$$P_r = a + b^*r = 71,77 + 0,189^*r$$

d) Projekcija potražnje za Razdoblje 1 izračunava se pomoću formule 12.11. i pomoću zapisa zapisanog pod c) na sljedeći način:

$$P_1 = 71,77 + 0,189^*1 = 71,96$$

Izračune za ostale mjesece moguće je vidjeti u tablici 12.20.

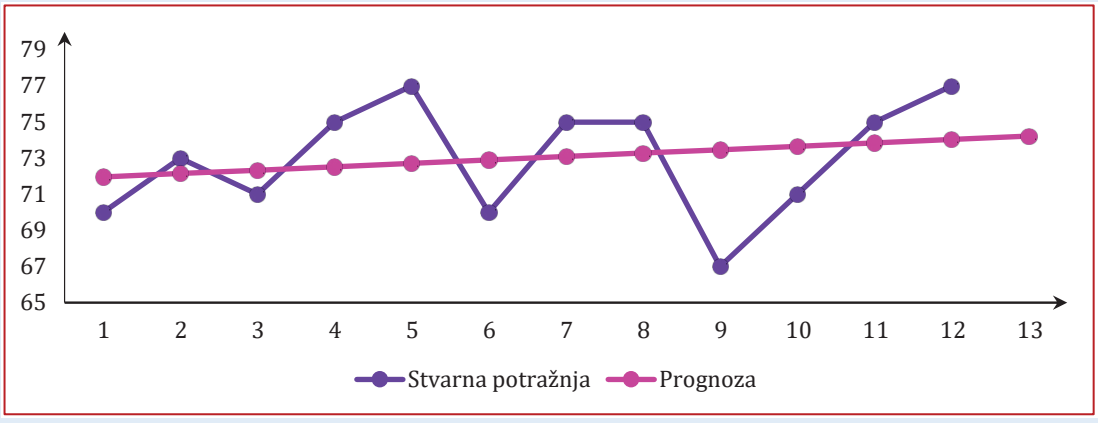
***Tablica 12.20. Projekcija linearnog trenda***

| Razdoblje | Projekcija linearnog trenda | Razdoblje | Projekcija linearnog trenda |
|---|---|---|---|
| 1 | 71,96 | 7 | 73,09 |
| 2 | 72,15 | 8 | 73,28 |
| 3 | 72,34 | 9 | 73,47 |
| 4 | 72,53 | 10 | 73,66 |
| 5 | 72,72 | 11 | 73,85 |
| 6 | 72,90 | 12 | 74,04 |

e) Primjenom formule 12.11. te pomoću zapisa zapisanog pod c) može se prognozirati potražnja za sva buduća razdoblja, pa tako i za Razdoblje 13:

$$P_{13}=71,77+0,189*13=74,23$$

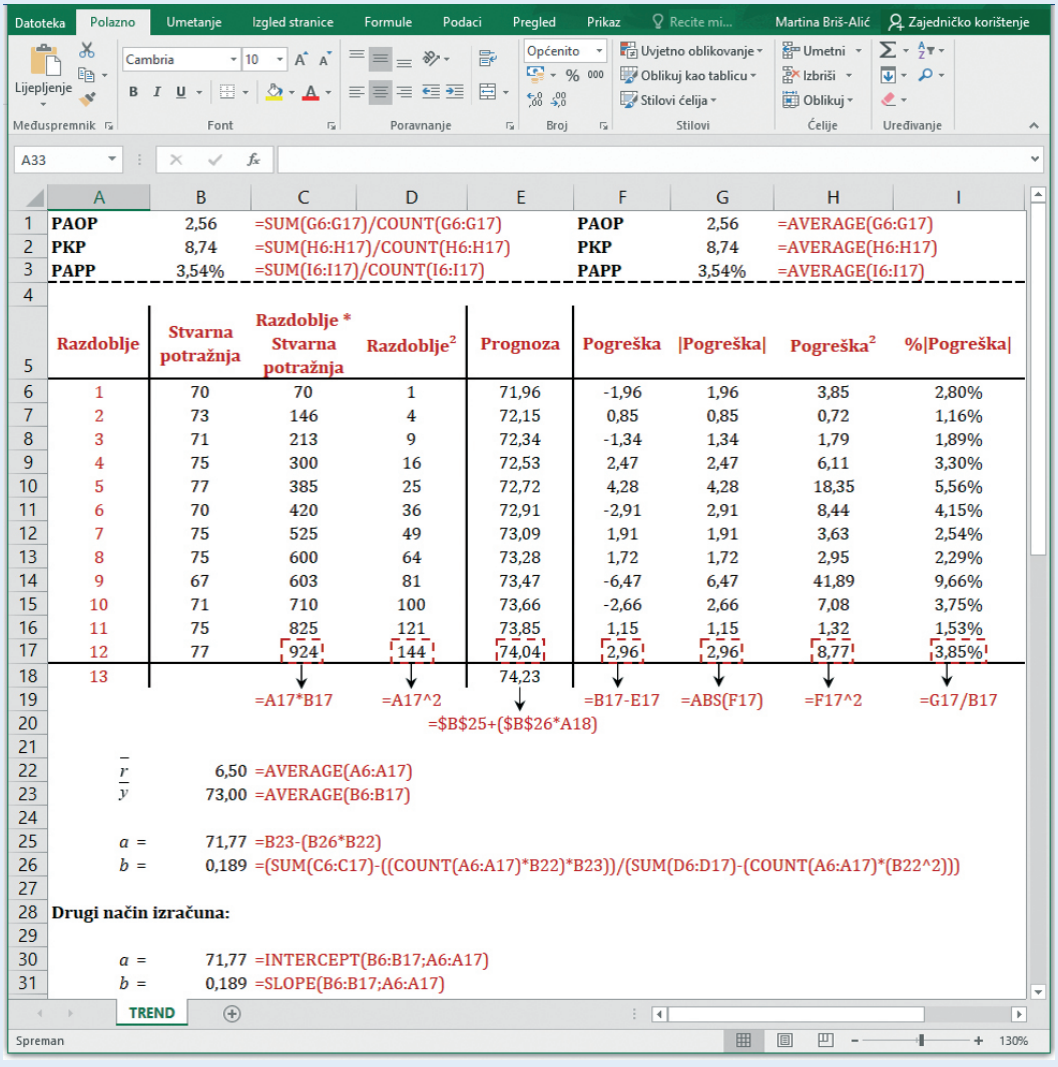
f) Grafički prikaz vrijednosti stvarne i prognozirane potražnje moguće je vidjeti na slici 12.12.




***Slika 12.12. Projekcija potražnje linearnim trendom***

### *Rješenje metode linearnog trenda pomoću Excela*

Rješenje metode linearnog trenda moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.5. prikazano je na slici 12.13.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **PAOP** | 2,56 | =SUM(G6:G17)/COUNT(G6:G17) | | | **PAOP** | 2,56 | =AVERAGE(G6:G17) | |
| 2 | **PKP** | 8,74 | =SUM(H6:H17)/COUNT(H6:H17) | | | **PKP** | 8,74 | =AVERAGE(H6:H17) | |
| 3 | **PAPP** | 3,54% | =SUM(I6:I17)/COUNT(I6:I17) | | | **PAPP** | 3,54% | =AVERAGE(I6:I17) | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | **Razdoblje** | **Stvarna potražnja** | **Razdoblje * Stvarna potražnja** | **Razdoblje$^2$** | **Prognoza** | **Pogreška** | **\|Pogreška\|** | **Pogreška$^2$** | **%\|Pogreška\|** |
| 6 | 1 | 70 | 70 | 1 | 71,96 | -1,96 | 1,96 | 3,85 | 2,80% |
| 7 | 2 | 73 | 146 | 4 | 72,15 | 0,85 | 0,85 | 0,72 | 1,16% |
| 8 | 3 | 71 | 213 | 9 | 72,34 | -1,34 | 1,34 | 1,79 | 1,89% |
| 9 | 4 | 75 | 300 | 16 | 72,53 | 2,47 | 2,47 | 6,11 | 3,30% |
| 10 | 5 | 77 | 385 | 25 | 72,72 | 4,28 | 4,28 | 18,35 | 5,56% |
| 11 | 6 | 70 | 420 | 36 | 72,91 | -2,91 | 2,91 | 8,44 | 4,15% |
| 12 | 7 | 75 | 525 | 49 | 73,09 | 1,91 | 1,91 | 3,63 | 2,54% |
| 13 | 8 | 75 | 600 | 64 | 73,28 | 1,72 | 1,72 | 2,95 | 2,29% |
| 14 | 9 | 67 | 603 | 81 | 73,47 | -6,47 | 6,47 | 41,89 | 9,66% |
| 15 | 10 | 71 | 710 | 100 | 73,66 | -2,66 | 2,66 | 7,08 | 3,75% |
| 16 | 11 | 75 | 825 | 121 | 73,85 | 1,15 | 1,15 | 1,32 | 1,53% |
| 17 | 12 | 77 | 924 | 144 | 74,04 | 2,96 | 2,96 | 8,77 | 3,85% |
| 18 | 13 | | | | 74,23 | | | | |
| 19 | | | =A17*B17 | =A17^2 | | =B17-E17 | =ABS(F17) | =F17^2 | =G17/B17 |
| 20 | | | | | =$B$25+($B$26*A18) | | | | |
| 21 | | | | | | | | | |
| 22 | | $\bar{r}$ 6,50 | =AVERAGE(A6:A17) | | | | | | |
| 23 | | $\bar{y}$ 73,00 | =AVERAGE(B6:B17) | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | |
| 25 | | $a$ = 71,77 | =B23-(B26*B22) | | | | | | |
| 26 | | $b$ = 0,189 | =(SUM(C6:C17)-((COUNT(A6:A17)*B22)*B23))/(SUM(D6:D17)-(COUNT(A6:A17)*(B22^2))) | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | |
| 28 | **Drugi način izračuna:** | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | |
| 30 | | $a$ = 71,77 | =INTERCEPT(B6:B17;A6:A17) | | | | | | |
| 31 | | $b$ = 0,189 | =SLOPE(B6:B17;A6:A17) | | | | | | |

*Slika 12.13. Projekcija potražnje linearnim trendom pomoću Excela*

Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (30,68) te broja promatranih razdoblja (12). U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 2,56.

Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (104,90) te broja promatranih razdoblja (12). U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 8,74.

Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (42,48) te broja promatranih razdoblja (12). U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 3,54 %.

### 12.6.1.1.6. Učinci trenda i eksponencijalno izglađivanje

Budući da je metoda eksponencijalnog izglađivanja poseban oblik metode pomičnog prosjeka, ona briše bilo kakav trend u podacima, što uzrokuje da prognoziranje putem eksponencijalnog izglađivanja uvijek kasni za stvarnim stanjem. S obzirom da je prognoziranje putem eksponencijalnog izglađivanja vrlo korištena metoda u poduzećima, u nastavku će se dodatno razmotriti.[370]

Eksponencijalno izglađena prognoza se može donekle korigirati dodavanjem prilagodbe s obzirom na trend. Da bi se ispravio trend, potrebne su dvije konstante izglađivanja. Pored **konstante izglađivanja α** (koja je uvedena kod metode eksponencijalnog izglađivanja), jednadžba trenda također koristi i **konstantu izglađivanja *β***. Beta smanjuje učinak pogreške i javlja se između stvarnog stanja i prognoziranja. Ako se ne uključe ni alfa ni beta, trend će pretjerano reagirati na pogreške.[371] Obično se koristi vrijednost $\beta$ u rasponu od 0,1 do 0,50, pri čemu vrijednost $\beta$ može biti ista kao i konstanta izglađivanja $\alpha$, a može biti i različita.[372]

Kako bi se pokrenula jednadžba trenda, prvo je potrebno unijeti vrijednost trenda ručno. Početna vrijednost trenda može biti pretpostavka dobivena na temelju iskustva ili izračun koji je dobiven na temelju opažanja prošlih podataka.[373]

Prognoza pomoću metode eksponencijalnog izglađivanja koja uključuje i trend može se izračunati formulom 12.14.

$$PUT_r = EP_r + ET_r \qquad (12.14)$$

gdje su:

$PUT_r$ = prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje $r$

$EP_r$ = eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje $r$

$ET_r$ = eksponencijalno izglađen trend za razdoblje $r$

Za svako razdoblje potrebno je izračunati eksponencijalno izglađeno prognoziranje i eksponencijalno izglađen trend.

Eksponencijalno izglađeno prognoziranje moguće je izračunati pomoću formule 12.15. ili formule 12.16.

$$EP_r = \alpha * SV_{r-1} + (1-\alpha) * (EP_{r-1} + ET_{r-1}) \qquad (12.15)$$

gdje su:

$\alpha$ = konstanta izglađivanja za prosjek ($0 \le \alpha \le 1$)

$EP_{r-1}$ = eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje $r - 1$

$ET_{r-1}$ = eksponencijalno izglađen trend za razdoblje $r - 1$

370 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 120.
371 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 502.
372 Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *op.cit.* str. 463.
373 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 502.

$$EP_r = PUT_{r-1} + \alpha * \left(SV_{r-1} - PUT_{r-1}\right) \quad (12.16)$$

gdje je:

$PUT_{r-1}$ = prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje $r - 1$

Eksponencijalno izglađen trend moguće je izračunati pomoću formule 12.17. ili formule 12.18.

$$ET_r = \beta * \left(EP_r - EP_{r-1}\right) + \left(1 - \beta\right) * ET_{r-1} \quad (12.17)$$

gdje je:

$\beta$ = konstanta izglađivanja za trend ($0 \leq \beta \leq 1$)

$$ET_r = ET_{r-1} + \beta * \left(EP_r - PUT_{r-1}\right) \quad (12.18)$$

Kao što je moguće primijetiti iz prethodno prikazanih formula, kako bi se izračunala eksponencijalna prognoza koja uključuje trend, potrebno je izvršiti sljedeća tri koraka:[374]

**Korak 1:** Izračunati $EP_r$ – eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje $r$ pomoću formule 12.15. ili formule 12.16.

**Korak 2:** Izračunati $ET_r$ – eksponencijalno izglađen trend za razdoblje $r$ pomoću formule 12.17. ili formule 12.18.

**Korak 2:** Izračunati $PUT_r$ – prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje $r$ pomoću formule 12.14.

Primjer 12.6. pokazuje kako primijeniti navedeni koncept.

***Primjer 12.6. Izračunavanje prognoze pomoću eksponencijalnog izglađivanja koje uključuje trend***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode eksponencijalnog izglađivanja te u prognozu uključuje trend. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.21. Za konstante izglađivanja koristit će se sljedeće vrijednosti: $\alpha = 0{,}4$ i $\beta = 0{,}3$.

***Tablica 12.21. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 7 | 75 |
| 2 | 73 | 8 | 75 |
| 3 | 71 | 9 | 67 |
| 4 | 75 | 10 | 71 |
| 5 | 77 | 11 | 75 |
| 6 | 70 | 12 | 77 |

[374] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 122.

Za prvo razdoblje u seriji, eksponencijalno izglađena prognoza je jednaka stvarnoj vrijednosti potražnje, a za vrijednost eksponencijalno izglađenog trenda uzima se vrijednost 0. Dakle, za Razdoblje 1, prognoza koja uključuje trend ($PUT_1$), iznosi 70 ($PUT_1 = 70 + 0 = 70$).

Koraci za izračun prognoze za Razdoblje 2:

**Korak 1:** Izračunati $EP_2$ – eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje 2

$$EP_2 = PUT_1 + \alpha \left(SV_1 - PUT_1\right)$$

$$EP_2 = 70,00 + 0,40 * (70,00 - 70,00) = 70,00$$

**Korak 2:** Izračunati $ET_2$ – eksponencijalno izglađen trend za razdoblje 2

$$ET_2 = ET_1 + \beta * (EP_2 - PUT_1)$$

$$ET_2 = 0,00 + 0,30 * (70,00 - 70,00) = 0,00$$

**Korak 3:** Izračunati $PUT_2$ – prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje 2

$$PUT_2 = EP_2 + ET_2$$

$$PUT_2 = 70,00 + 0,00 = 70,00$$

Koraci za izračun prognoze za Razdoblje 3:

**Korak 1:** Izračunati $EP_3$ – eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje 3

$$EP_3 = PUT_2 + \alpha * (SV_2 - PUT_2)$$

$$EP_3 = 70,00 + 0,40 * (73,00 - 70,00) = 70,00 + 0,40 * 3,00 = 70,00 + 1,20 = 71,20$$

**Korak 2:** Izračunati $ET_3$ – eksponencijalno izglađen trend za razdoblje 3

$$ET_3 = ET_2 + \beta * (EP_3 - PUT_2)$$

$$ET_3 = 0,00 + 0,30 * (71,20 - 70,00) = 0,00 + 0,30 * 1,20 = 0,00 + 0,36 = 0,36$$

**Korak 3:** Izračunati $PUT_3$ – prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje 3

$$PUT_3 = EP_3 + ET_2$$

$$PUT_3 = 70,00 + 0,00 = 70,00$$

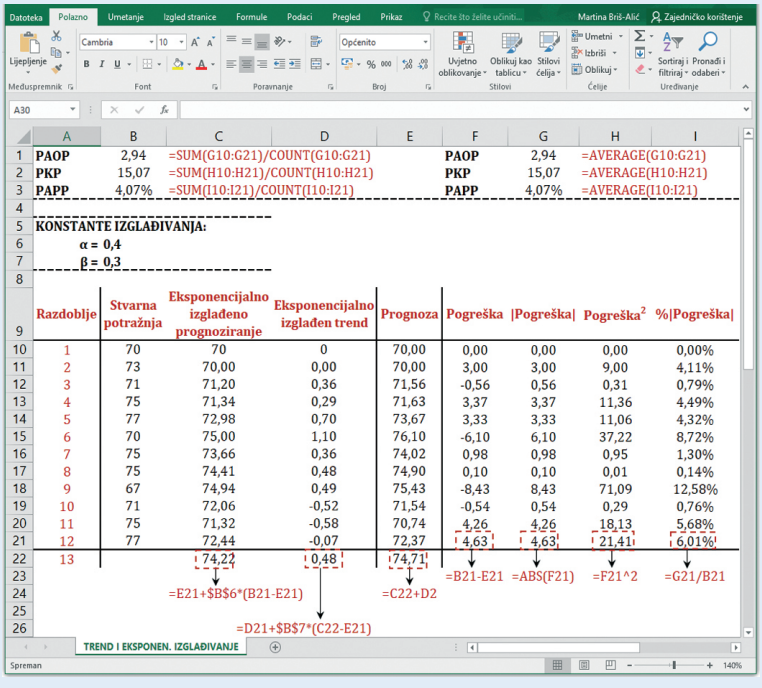
Potrebni izračuni za ostala razdoblja nalaze se u tablici 12.22.

***Tablica 12.22. Eksponencijalno izglađena prognoza koja uključuje trend***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Eksponencijalno izglađeno prognoziranje | Eksponencijalno izglađen trend | Prognoza |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 70 | 0 | 70,00 |
| 2 | 73 | 70,00 | 0,00 | 70,00 |
| 3 | 71 | 71,20 | 0,36 | 71,56 |
| 4 | 75 | 71,34 | 0,29 | 71,63 |
| 5 | 77 | 72,98 | 0,70 | 73,67 |
| 6 | 70 | 75,00 | 1,10 | 76,10 |
| 7 | 75 | 73,66 | 0,36 | 74,02 |
| 8 | 75 | 74,41 | 0,48 | 74,90 |
| 9 | 67 | 74,94 | 0,49 | 75,43 |
| 10 | 71 | 72,06 | -0,52 | 71,54 |
| 11 | 75 | 71,32 | -0,58 | 70,74 |
| 12 | 77 | 72,44 | -0,07 | 72,37 |
| | | 74,22 | 0,48 | 74,71 |

***Rješenje eksponencijalno izglađene prognoze koja uključuje trend pomoću Excela***

Eksponencijalno izglađenu prognozu koja uključuje trend moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.6. dato je na slici 12.14.



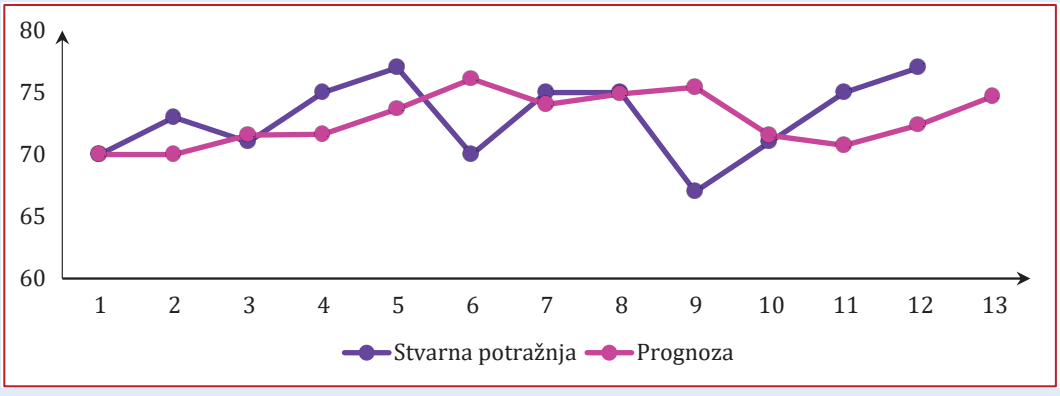

***Slika 12.14. Prognoza pomoću eksponencijalnog izglađivanja koja uključuje trend***

Vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (35,29) te broja promatranih razdoblja (12). U promatranom primjeru vrijednost prosječnog apsolutnog odstupanja pogrešaka prognoziranja iznosi 2,94.

Vrijednost prosječne kvadrirane pogreške računa se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (180,85) te broja promatranih razdoblja (12). U promatranom primjeru vrijednost prosječne kvadrirane pogreške iznosi 15,07.

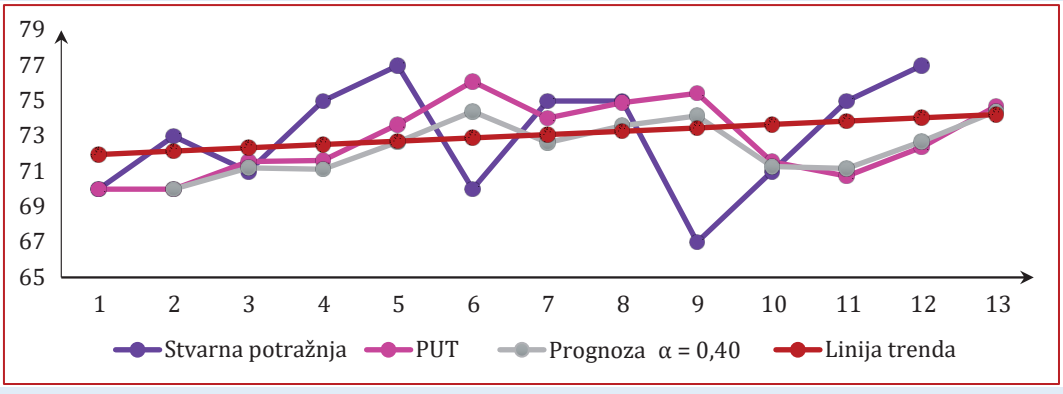
Vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške računa se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (48,90) te broja promatranih razdoblja (12). U promatranom primjeru vrijednost prosječne apsolutne postotne pogreške iznosi 4,07 %.

Prikaz odnosa stvarnih vrijednosti potražnje i eksponencijalno izglađene prognoze koja uključuje trend moguće je vidjeti na slici 12.15.




***Slika 12.15. Stvarna i eksponencijalno izglađena prognoza koja uključuje trend***

Usporedbu eksponencijalno izglađene prognoze koja uključuje trend, prognoze pomoću eksponencijalno izglađene metode, te prognoze pomoću metode linearnog trenda, moguće je vidjeti na slici 12.16.




***Slika 12.16. Usporedba rezultata dobivenih pomoću tri metode prognoziranja***

Iz slike 12.16. se može vidjeti da krivulje *PUT* i eksponencijalnog izglađivanja (Prognoza α = 0,4) imaju isti smjer kretanja pri čemu krivulja *PUT* u većini slučajeva bolje reagira na promjene u stvarnoj potražnji.

### 12.6.1.1.7. Metode sezonalnosti

Sezonske varijacije su obrazac kretanja u podacima koji je najčešće vezan uz sezone, ali i bilo koji drugi redovito ponavljajući obrazac kretanja u podacima**.** To znači da se sezonski karakter u podacima može promatrati i na mjesečnoj, tjednoj ili dnevnoj bazi. Tablica 12.23. prikazuje šest obrazaca sezonskih oscilacija.[375]

***Tablica 12.23. Obrasci sezonskih oscilacija***

| Dužina perioda | "Sezonska" dužina | Broj "sezona" u uzorku |
|---|---|---|
| Tjedan | Dan | 7 |
| Mjesec | Tjedan | 4 – 4,5 |
| Mjesec | Dan | 28 - 31 |
| Godina | Kvartal | 4 |
| Godina | Mjesec | 12 |
| Godina | Tjedan | 52 |

Prema tablici 12.23. vidljivo je da se sezonalnost odnosi na podatke koji se ponavljaju nakon dana, tjedna, mjeseca i slično. *Primjerice, restorani brze hrane mogu imati svakodnevne vršne potražnje između 12:00 i 14:00 sati te između 19:00 i 20:00 sati. Prodavaonice artikala za more imat će vršne potražnje pred ljeto.* Saznanje o sezonskom karakteru potražnje je jako bitno za poduzeća kako bi mogla svoje poslovanje (planiranje kapaciteta) uskladiti s potrebama tržišta.

Postoji nekoliko metoda koje odražavaju sezonske oscilacije u prognozama. U nastavku će biti objašnjena jednostavna metoda koja koristi sezonski indeks te metoda koja koristi sezonski indeks i trend.

#### *12.6.1.1.7.1. Sezonski indeks*

**Sezonski indeks** je numerička vrijednost kojom se množi prognozirana vrijednost kako bi se dobila sezonska prognoza.[376]

**Koraci** za prognozu potražnje poduzeća koja imaju sezonske oscilacije potražnje su sljedeći:[377]

1. Izračunati prosječnu povijesnu potražnju svake sezone (primjerice za kvartal, mjesec). *Ako je sezona mjesec, potrebno je zbrojiti potražnju promatranog mjeseca u svakoj godini te je podijeliti s brojem promatranih godina.*
2. Izračunati prosječnu sezonsku potražnju (*primjerice svih mjeseci*). Potrebno je ukupnu godišnju prosječnu potražnju podijeliti s brojem sezona (*mjeseci*).

375 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 112.
376 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 515.
377 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 127.

3. Izračunati sezonski indeks za svaku sezonu. Potrebno je podijeliti izračunatu prosječnu potražnju određene sezone (korak 1) s izračunatom prosječnom sezonskom potražnjom, *primjerice, brojem mjeseci* (korak 2).
4. Prognozirati ukupnu godišnju potražnju za sljedeću godinu.
5. Izračunati sezonsku prognozu za sljedeću godinu. Podijeliti procijenjenu ukupnu godišnju potražnju za sljedeću godinu s brojem sezona te dobivenu vrijednost pomnožiti sa sezonskim indeksom sezone (*primjerice mjesecima*).

Kako se može izračunati sezonska prognoza potražnje, vidjet će se u primjeru 12.7.

***Primjer 12.7. Izračunavanje sezonske prognoze***

Poduzeće želi izračunati mjesečne indekse potražnje (svaki mjesec je 'sezona'). Raspolaže podacima mjesečne potražnje za prethodne tri godine. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.24.

***Tablica 12.24. Podaci mjesečne potražnje za prethodne tri godine***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | | |
|---|---|---|---|
| | Godina 1 | Godina 2 | Godina 3 |
| Siječanj | 83 | 95 | 101 |
| Veljača | 40 | 55 | 55 |
| Ožujak | 50 | 63 | 52 |
| Travanj | 60 | 65 | 85 |
| Svibanj | 50 | 55 | 75 |
| Lipanj | 45 | 52 | 53 |
| Srpanj | 70 | 72 | 83 |
| Kolovoz | 58 | 72 | 80 |
| Rujan | 55 | 60 | 65 |
| Listopad | 47 | 48 | 55 |
| Studeni | 80 | 85 | 90 |
| Prosinac | 52 | 48 | 50 |

Primjenom prethodno opisanih koraka za izračunavanje sezonske prognoze dobit će se sljedeći rezultati:

a) Na temelju povijesnih podataka najprije treba izračunati prosječnu potražnju svake sezone (mjeseca). U tablici 12.25. to je kolona 5 koja se dobila kao zbroj mjesečnih potražnji u svakoj godini podijeljen s brojem promatranih godina.

***Tablica 12.25. Prosječna potražnja po sezoni***

| Razdoblje | Stvarna potražnja | | | Prosječna potražnja po sezoni |
|---|---|---|---|---|
| | Godina 1 | Godina 2 | Godina 3 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Siječanj | 83 | 95 | 101 | 93 |
| Veljača | 40 | 55 | 55 | 50 |
| Ožujak | 50 | 63 | 52 | 55 |
| Travanj | 60 | 65 | 85 | 70 |
| Svibanj | 50 | 55 | 75 | 60 |
| Lipanj | 45 | 52 | 53 | 50 |
| Srpanj | 70 | 72 | 83 | 75 |
| Kolovoz | 58 | 72 | 80 | 70 |
| Rujan | 55 | 60 | 65 | 60 |
| Listopad | 47 | 48 | 55 | 50 |
| Studeni | 80 | 85 | 90 | 85 |
| Prosinac | 52 | 48 | 50 | 50 |
| **Ukupno** | | | | **768** |

b) Kako bi se izračunala prosječna sezonska potražnja potrebno je ukupnu godišnju prosječnu potražnju podijeliti s brojem sezona. U promatranom primjeru postoji 12 sezona (mjeseci).

Prosječna sezonska (mjesečna) potražnja iznosi 64 proizvoda.

Prosječna sezonska (mjesečna) potražnja = Ukupna godišnja prosječna potražnja / Broj sezona

Prosječna sezonska (mjesečna) potražnja = 768 / 12 = 64 proizvoda

c) Sezonski indeks svake sezone izračuna se kada se izračunata prosječna potražnja svake sezone (korak 1, pod a) podijeli s izračunatom prosječnom sezonskom potražnjom (korak 2, pod b).

Sezonski indeks za siječanj iznosi 1,453.

Sezonski indeks (siječanj) = Prosječna mjesečna potražnja (siječanj) / Prosječna mjesečna potražnja

Sezonski indeks (siječanj) = 93 / 64 = 1,453

U tablici 12.26. moguće je vidjeti sezonski indeks za svaki mjesec.

***Tablica 12.26. Sezonski indeks po sezoni***

| Razdoblje | Prosječna potražnja po sezoni | Prosječna mjesečna potražnja | Sezonski indeks |
|---|---|---|---|
| Siječanj | 93 | 64 | 1,453 |
| Veljača | 50 | | 0,781 |
| Ožujak | 55 | | 0,859 |
| Travanj | 70 | | 1,094 |
| Svibanj | 60 | | 0,938 |
| Lipanj | 50 | | 0,781 |
| Srpanj | 75 | | 1,172 |
| Kolovoz | 70 | | 1,094 |
| Rujan | 60 | | 0,938 |
| Listopad | 50 | | 0,781 |
| Studeni | 85 | | 1,328 |
| Prosinac | 50 | | 0,781 |

d) Ako se očekuje da će godišnja potražnja za proizvodima poduzeća biti 1.300 proizvoda sljedeće godine, pomoću sezonskih indeksa može se prognozirati potražnja svake sezone (u ovom slučaju, svakog mjeseca). To se radi tako da se očekivana godišnja potražnja podijeli s brojem sezona (mjeseci) te da se dobivena vrijednost pomnoži sezonskim indeksom te sezone (mjeseca).

Sezonska prognoza za siječanj iznosi 157 proizvoda.

Sezonska prognoza (siječanj) = (1.300 / 12) * 1,453 = 157,41

U tablici 12.27. moguće je vidjeti sezonski indeks za svaki mjesec sljedeće godine.

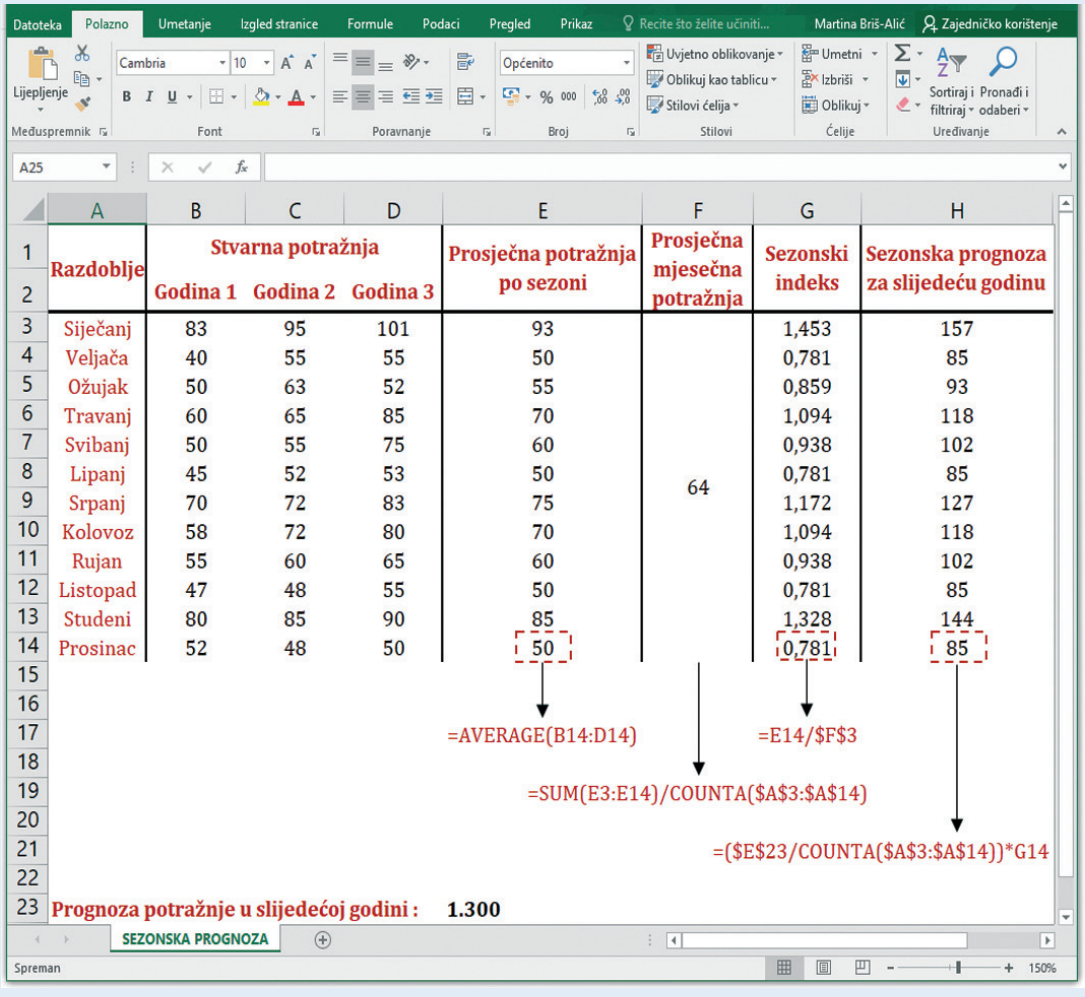
***Tablica 12.27. Sezonska prognoza za sljedeću godinu***

| Razdoblje | Sezonski indeks | Sezonska prognoza za sljedeću godinu |
|---|---|---|
| Siječanj | 1,453 | (1300 / 12) * 0,1453 = 157 |
| Veljača | 0,781 | (1300 / 12) * 0,781 = 85 |
| Ožujak | 0,859 | (1300 / 12) * 0,859 = 93 |
| Travanj | 1,094 | (1300 / 12) * 1,094 = 118 |
| Svibanj | 0,938 | (1300 / 12) * 0,938 = 102 |
| Lipanj | 0,781 | (1300 / 12) * 0,781 = 85 |
| Srpanj | 1,172 | (1300 / 12) * 1,172 = 127 |
| Kolovoz | 1,094 | (1300 / 12) * 1,094 = 118 |
| Rujan | 0,938 | (1300 / 12) * 0,938 = 102 |

| | | |
|---|---|---|
| Listopad | 0,781 | (1300 / 12) * 0,781 = 85 |
| Studeni | 1,328 | (1300 / 12) * 1,328 = 144 |
| Prosinac | 0,781 | (1300 / 12) * 0,781 = 85 |

### *Rješenje sezonske prognoze pomoću Excela*

Rješenje sezonske prognoze moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.7. prikazano je na slici 12.17.




*Slika 12.17. Rješenje sezonske prognoze pomoću Excela*

### *12.6.1.1.7.2. Sezonski indeks i trend*

Kada podaci sadrže u isto vrijeme sezonski i trendovski učinak, pitanje je kakav je odnos između njih.

Postoje **dva modela sezonalnosti**:[378]

- Aditivni model – sezonalnost je izražena u količinskim jedinicama koje se dodaju ili oduzimaju od prosjeka serije kako bi u prognozi bila uključena sezonalnost.
- Multiplikativni model – sezonalnost se izražava kao iznos postotka od prosjeka ili trenda kojim se množe vrijednosti serije kako bi sezonalnost bila uključena u prognozu.

Budući da se multiplikativani model češće koristi u praksi, u nastavku će on biti prikazan.

**Koraci** za određivanje prognoze kada podaci sadrže u isto vrijeme sezonski i trendovski učinak su sljedeći:[379]

1. Izračunati sezonske indekse te projicirati i prilagoditi trend sezonskim indeksima.
    a. Odrediti sezonsku sastavnicu u podacima.
        i. Izračunati prosječnu povijesnu potražnju svake sezone (primjerice za kvartal, mjesec). *Ako je sezona mjesec, potrebno je zbrojiti potražnju promatranog mjeseca u svakoj godini te je podijeliti s brojem promatranih godina.*
        ii. Izračunati prosječnu sezonsku potražnju (*primjerice svih mjeseci*). Potrebno je ukupnu godišnju prosječnu potražnju podijeliti s brojem sezona (*mjeseci*).
        iii. Izračunati sezonski indeks za svaku sezonu. Potrebno je podijeliti izračunatu prosječnu potražnju određene sezone (korak i.) s izračunatom prosječnom sezonskom potražnjom, *primjerice mjesecima* (korak ii.).
    b. Desezonirati originalne podatke. Da bi se iz podataka uklonio sezonski učinak, potrebno je podijeliti originalne podatke sa sezonskim indeksom.
    c. Pronaći trendovsku sastavnicu. Potrebno je odrediti jednadžbu pravca trenda.

2. Prognozirati buduće vrijednosti svake sastavnice.
    a. Projicirati trendovsku sastavnicu u budućnost.
    b. Pomnožiti trendovsku sastavnicu sa sezonskom sastavnicom. Vrijednosti dobivene u koraku 2.a. su desezonirane. Potrebno je okrenuti postupak tako da se pomnože sezonski podaci koji su izračunati u koraku 2.a. sa sezonskim indeksom sezone.

U primjeru 12.8. prikazan je postupak izračuna prognoze potražnje koja u sebi sadržava sezonski i trendovski učinak.

[378] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 96.
[379] Prilagođeno prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 495-497.

***Primjer 12.8. Određivanje prognoze kada podaci sadrže u isto vrijeme sezonski i trendovski učinak***

Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje upotrebom sezonskih indeksa te projiciranjem i prilagođavanjem trenda sezonskim indeksima. Raspolaže kvartalnim podacima potražnje za prethodne tri godine. Podatke je moguće vidjeti u tablici 12.28.

***Tablica 12.28. Podaci kvartalne potražnje za prethodne tri godine***

| Kvartal | Stvarna potražnja | | |
|---|---|---|---|
| | Godina 1 | Godina 2 | Godina 3 |
| I | 1.300 | 3.000 | 4.300 |
| II | 1.800 | 3.300 | 4.700 |
| III | 1.700 | 2.900 | 4.300 |
| IV | 1.700 | 3.100 | 5.100 |

Koraci koje je potrebno napraviti kako bi poduzeće došlo do željene prognoze razrađeni su u nastavku:

1. Izračun sezonskih indeksa te projiciranje i prilagođavanje trenda sezonskim indeksima.
   a. Odrediti sezonsku sastavnicu u podacima.
      *i. Na temelju povijesnih podataka najprije treba izračunati prosječnu potražnju svake sezone (kvartala). U tablici 12.29. to je kolona 5 koja se dobila kao zbroj kvartalnih potražnji u svakoj godini podijeljen s brojem promatranih godina.*

***Tablica 12.29. Prosječna potražnja po sezoni***

| Kvartal | Stvarna potražnja | | | Prosječna potražnja po kvartalu |
|---|---|---|---|---|
| | Godina 1 | Godina 2 | Godina 3 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| I | 1.300 | 3.000 | 4.300 | 2.866,67 |
| II | 1.800 | 3.300 | 4.700 | 3.266,67 |
| III | 1.700 | 2.900 | 4.300 | 2.966,67 |
| IV | 1.700 | 3.100 | 5.100 | 3.300,00 |
| **Ukupno** | | | | **14.400,00** |

*ii. Kako bi se izračunala prosječna sezonska potražnja potrebno je ukupnu godišnju prosječnu potražnju podijeliti s brojem sezona. U promatranom primjeru postoje 4 sezone (kvartala).*

Prosječna sezonska (kvartalna) potražnja iznosi 3.100 proizvoda.

Prosječna sezonska (kvartalna) potražnja = Ukupna godišnja prosječna potražnja / Broj sezona

Prosječna kvartalna potražnja = 14.400 / 4 = 3.100 proizvoda

*iii. Sezonski indeks svake sezone izračuna se kada se izračunata prosječna potražnja svake sezone (korak i.) podijeli s izračunatom prosječnom sezonskom potražnjom (korak ii.)*

Sezonski indeks za I kvartal iznosi 0,92.

Sezonski indeks (I kvartal) = Prosječna kvartalna potražnja (I kvartal) / Prosječna kvartalna potražnja

Sezonski indeks (I kvartal) = 2.866,67 / 3.099,24 = 0,925

U tablici 12.30. moguće je vidjeti sezonske indekse za svaki kvartal.

***Tablica 12.30. Sezonski indeksi po sezoni***

| Kvartal | Prosječna potražnja po kvartalu | Prosječna kvartalna potražnja | Sezonski indeks |
|---|---|---|---|
| I | 2.866,67 | 3.099,24 | 0,925 |
| II | 3.266,67 | | 1,054 |
| III | 2.966,67 | | 0,957 |
| IV | 3.300,00 | | 1,065 |

b. Desezonirati originalne podatke. Da bi se iz podataka uklonio sezonski učinak, potrebno je podijeliti originalne podatke sa sezonskim indeksom.

Desezonirana potražnja za I kvartal iznosi 1.405 proizvoda.

Desezonirana potražnja (I kvartal) = 1.300 / 0,925 = 1.405,41

U tablici 12.31. moguće je vidjeti desezoniranu potražnju za svaki mjesec.

***Tablica 12.31. Desezonirana potražnja***

| Kvartal | Stvarna potražnja | Sezonski indeks | Desezonirana potražnja |
|---|---|---|---|
| I | 1.300 | 0,925 | 1.300 / 0,925 = 1.405,41 |
| II | 1.800 | 1,054 | 1.800 / 1,054 = 1.707,78 |
| III | 1.700 | 0,957 | 1.700 / 0,957 = 1.776,38 |
| IV | 1.700 | 1,065 | 1.700 / 1,065 = 1.596,24 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| I | 3.000 | 0,925 | 3.000 / 0,925 = 3.243,24 |
| II | 3.300 | 1,054 | 3.300 / 1,054 = 3.130,93 |
| III | 2.900 | 0,957 | 2.900 / 0,957 = 3.030,30 |
| IV | 3.100 | 1,065 | 3.100 / 1,065 = 2.910,80 |
| I | 4.300 | 0,925 | 4.300 / 0,925 = 4.648,65 |
| II | 4.700 | 1,054 | 4.700 / 1,054 = 4.459,20 |
| III | 4.300 | 0,957 | 4.300 / 0,957 = 4.493,21 |
| IV | 5.100 | 1,065 | 5.100 / 1,065 = 4.788,73 |

c. Pronaći trendovsku sastavnicu. Potrebno je odrediti jednadžbu pravca trenda korištenjem podataka kojima se raspolaže – kvartalnim podacima potražnje za prethodne tri godine.

Podaci potrebni za izračun parametra *b* nalaze se u tablici 12.32.

***Tablica 12.32. Podaci potrebni za izračun desezonirane jednadžbe linearnog trenda***

| Razdoblje | Kvartal | Desezonirana potražnja | Razdoblje$^2$ (kvartal) | Razdoblje * Desezonirana potražnja |
|---|---|---|---|---|
| 1 | I | 1.405,41 | 1,00 | 1.405,41 |
| 2 | II | 1.707,78 | 4,00 | 3.415,56 |
| 3 | III | 1.776,38 | 9,00 | 5.329,14 |
| 4 | IV | 1.596,24 | 16,00 | 6.384,96 |
| 5 | I | 3.243,24 | 25,00 | 16.216,20 |
| 6 | II | 3.130,93 | 36,00 | 18.785,58 |
| 7 | III | 3.030,30 | 49,00 | 21.212,10 |
| 8 | IV | 2.910,80 | 64,00 | 23.286,40 |
| 9 | I | 4.648,65 | 81,00 | 41.837,85 |
| 10 | II | 4.459,20 | 100,00 | 44.592,00 |
| 11 | III | 4.493,21 | 121,00 | 49.425,31 |
| 12 | IV | 4.788,73 | 144,00 | 57.464,76 |
| $\Sigma r = 78$ | | $\Sigma y = 37.190,87$ | $\Sigma r^2 = 650$ | $\Sigma r * y = 289.355,27$ |

Osim podataka navedenih u tablici 12.32. za izračun parametra *b* potrebne su još sljedeće vrijednosti:

- prosječna vrijednost razdoblja ($\bar{r}$)

$$\bar{r} = \frac{\sum r}{R} = \frac{78}{12} = 6,50$$

- prosječna vrijednost stvarne potražnje ($\overline{y}$)

$$\overline{y} = \frac{\sum y}{R} = \frac{37.190,87}{12} = 3.099,24$$

Sada se može izračunati parametar *b*:

$$b = \frac{\sum r*y - R*\overline{r}*\overline{y}}{\sum r^2 - R*\overline{r}^2} = \frac{289.355,27 - 12*6,50*3.099,24}{650 - 12*6,50^2} = \frac{47.614,55}{143} = 332,97$$

Nagib pravca linearnog trenda, parametar *b,* iznosi 332,97.

Izračun parametra *a* – visina na kojoj pravac trenda siječe os *y*:

$$a = \overline{y} - b * \overline{r} = 3.099,24 - 332,97*6,50 = 934,94$$

Visina na kojoj pravac trenda siječe os *y*, parametar *a*, iznosi 934,94.

Pomoću podatka o visini na kojoj pravac trenda siječe os *y* (parametar *a*) i podatka o nagibu pravca linearnog trenda (parametar *b*) dobiva se sljedeća jednadžba trenda:

$$P_r = a + b*r = 934,94 + 332,97*r$$

Za Kvartal 1 Godine 1 (Razdoblje 1) izračun se vrši na sljedeći način:

$$P_1 = 934,94 + 332,97*1 = 1.267,91$$

Izračune za ostale kvartale moguće je vidjeti u tablici 12.33.

***Tablica 12.33. Desezonirana jednadžba linearnog trenda***

| Razdoblje | Kvartal | Desezonirana jednadžba linearnog trenda |
|---|---|---|
| 1 | I | 934,94 + 332,97 * 1 = 1.267,91 |
| 2 | II | 934,94 + 332,97 * 2 = 1.600,88 |
| 3 | III | 934,94 + 332,97 * 3 = 1.933,85 |
| 4 | IV | 934,94 + 332,97 * 4 = 2.266,82 |
| 5 | I | 934,94 + 332,97 * 5 = 2.599,79 |
| 6 | II | 934,94 + 332,97 * 6 = 2.932,76 |
| 7 | III | 934,94 + 332,97 * 7 = 3.265,73 |
| 8 | IV | 934,94 + 332,97 * 8 = 3.598,70 |
| 9 | I | 934,94 + 332,97 * 9 = 3.931,67 |
| 10 | II | 934,94 + 332,97 * 10 = 4.264,64 |
| 11 | III | 934,94 + 332,97 * 11 = 4.597,61 |
| 12 | IV | 934,94 + 332,97 * 12 = 4.930,58 |

2. Prognozirati buduće vrijednosti svake sastavnice.
   a. Projicirati trendovsku sastavnicu u budućnost. Poduzeće želi prognozirati potražnju za sva četiri kvartala sljedeće godine.

Za Kvartal 1 (Razdoblje 13) prognozirana vrijednost se izračunava na sljedeći način:

$$P_{13} = 934,94 + 332,97 * 13 = 5.263,55$$

Izračune za ostale kvartale moguće je vidjeti u tablici 12.34.

***Tablica 12.34. Prognozirana desezonirana potražnja budućih sezona***

| Razdoblje | Kvartal | Desezonirana potražnja |
|---|---|---|
| 13 | I | 934,94 + 332,97 * 13 = 5.263,55 |
| 14 | II | 934,94 + 332,97 * 14 = 5.596,52 |
| 15 | III | 934,94 + 332,97 * 15 = 5.929,49 |
| 16 | IV | 934,94 + 332,97 * 16 = 6.262,46 |

   b. Pomnožiti trendovsku sastavnicu sa sezonskim sastavnicama. Vrijednosti dobivene u koraku 2.a. su desezonirane. Potrebno je okrenuti postupak tako da se pomnože sezonski podaci koji su izračunati u koraku 2.a. sa sezonskim indeksom sezone.

Za Kvartal 1 (Razdoblje 13) sezonska prognoza izračunava se na sljedeći način:

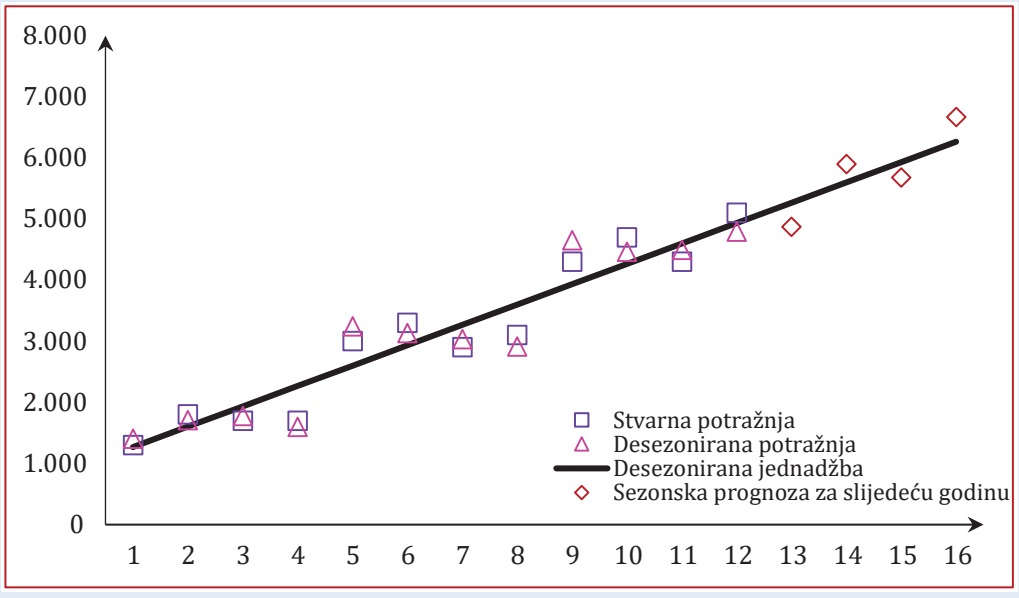
$$P_{13} = 5.263,55 * 0,925 = 4.867,37$$

Izračune za ostale kvartale moguće je vidjeti u tablici 12.35.

***Tablica 12.35. Prognozirana sezonirana potražnja budućih sezona***

| Razdoblje | Kvartal | Desezonirana potražnja | Sezonski indeksi | Sezonska prognoza |
|---|---|---|---|---|
| 13 | I | 5.263,55 | 0,925 | 5.263,55 * 0,925 = 4.867,37 |
| 14 | II | 5.596,52 | 1,054 | 5.596,52 * 1,054 = 5.897,41 |
| 15 | III | 5.929,49 | 0,957 | 5.929,49 * 0,957 = 5.674,46 |
| 16 | IV | 6.262,46 | 1,065 | 6.262,46 * 1,065 = 6.666,49 |

Promatrane sastavnice potražnje moguće je vidjeti na slici 12.18.




***Slika 12.18. Sastavnice potražnje***

### *Rješenje sezonske prognoze pomoću Excela*

Rješenje sezonske prognoze moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenje u Excelu za primjer 12.8. prikazano je na slici 12.19.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Razdoblje | Kvartal | Stvarna potražnja | Prosječna potražnja po kvartalu | | Prosječna kvartalna potražnja | Sezonski indeks | Desezonirana potražnja | Razdoblje$^2$ | Razdoblje * Desezonirana potražnja | Desezonirana jednadžba | Sezonska prognoza |
| 2 | 1 | I | 1.300 | | | | | 1.405,81 | 1,00 | 1.405,81 | 1.268,15 | |
| 3 | 2 | II | 1.800 | I | 2.866,67 | | 0,925 | 1.708,16 | 4,00 | 3.416,33 | 1.601,21 | |
| 4 | 3 | III | 1.700 | | | | | 1.776,40 | 9,00 | 5.329,21 | 1.934,28 | |
| 5 | 4 | IV | 1.700 | | | | | 1.596,97 | 16,00 | 6.387,88 | 2.267,34 | |
| 6 | 5 | I | 3.000 | II | 3.266,67 | | 1,054 | 3.244,19 | 25,00 | 16.220,93 | 2.600,40 | |
| 7 | 6 | II | 3.300 | | | 3.100,00 | | 3.131,63 | 36,00 | 18.789,80 | 2.933,47 | |
| 8 | 7 | III | 2.900 | | | | | 3.030,34 | 49,00 | 21.212,36 | 3.266,53 | |
| 9 | 8 | IV | 3.100 | III | 2.966,67 | | 0,957 | 2.912,12 | 64,00 | 23.296,97 | 3.599,60 | |
| 10 | 9 | I | 4.300 | | | | | 4.650,00 | 81,00 | 41.850,00 | 3.932,66 | |
| 11 | 10 | II | 4.700 | | | | | 4.460,20 | 100,00 | 44.602,04 | 4.265,72 | |
| 12 | 11 | III | 4.300 | IV | 3.300,00 | | 1,065 | 4.493,26 | 121,00 | 49.425,84 | 4.598,79 | |
| 13 | 12 | IV | 5.100 | | | | | 4.790,91 | 144,00 | 57.490,91 | 4.931,85 | |
| 14 | 13 | I | | | | | | | | | 5.264,91 | 4.868,63 |
| 15 | 14 | II | | | | | =E11/$F$2 | | =A13^2 | =H13*A13 | 5.597,98 | 5.898,94 |
| 16 | 15 | III | | | | | | | | | 5.931,04 | 5.675,94 |
| 17 | 16 | IV | =AVERAGEIF($B$2:$B$13;D11;$C$2:$C$13) | | | | | | | | 6.264,10 | 6.668,24 |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | =SUM(E2:E13)/COUNTA($D$2:$D$13) | | | | | | =$B$24+$B$25*A17 | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | $\bar{r}$ = 6,50 | | =AVERAGE(A2:A13) | | =IF(B13=$D$2;C13/$G$2;IF(B13=$D$5;C13/$G$5;IF(B13=$D$8;C13/$G$8;C13/$G$11))) | | | | | | | |
| 22 | $\bar{y}$ = 3100,00 | | =AVERAGE(H2:H13) | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | =IF(B17=$D$2;K17*$G$2;IF(B17=$D$5;K17*$G$5;IF(B17=$D$8;K17*$G$8;K17*$G$11))) | | | | | | | |
| 24 | $a$ = 935,09 | | =B22-B25*B21 | | | | | | | | | |
| 25 | $b$ = 333,06 | | =(SUM(J2:J13)-COUNT(A2:A13)*B21*B22)/(SUM(I2:I13)-COUNT(A2:A13)*B21^2) | | | | | | | | | |

***Slika 12.19. Rješenje sezonske prognoze pomoću Excela***

### *12.6.1.2. Asocijativni modeli*

Asocijativni modeli prognoziranja obično uzimaju u obzir nekoliko varijabli koje su povezane s varijablom koja se prognozira, primjerice, s potražnjom za određenim proizvodom ili uslugom. Kada se pronađu povezane varijable, izgrađuje se model koji se koristi za prognoziranje vrijednosti. Ovaj pristup je puno snažniji od metoda vremenskih serija budući da ne koristi samo povijesne podatke kako bi se prognozirala buduća vrijednost varijabli.[380]

Najpoznatije metode koje se koriste kod asocijativnih modela su metoda linearne regresije te metoda višestruke regresije.

#### 12.6.1.2.1. Metoda linearne regresije

Metoda linearne regresije koristi se za opisivanje funkcionalnog odnosa između dviju varijabli: nezavisne i zavisne. Moguće je koristiti isti matematički model koji je korišten kod metode najmanjih kvadrata u svrhu projekcije trenda. Zavisna varijabla koja se želi prognozirati bit će i dalje označena s $P_r$, no nezavisna varijabla više ne mora biti razdoblje/vrijeme te će se označiti s $x$. Koriste se iste formule koje su već bile promatrane (*12.11 – 12.13*).

#### 12.6.1.2.2. Metoda višestruke regresije

Metoda višestruke regresije je nastavak na objašnjenu metodu linearne regresije. Omogućuje izgradnju modela s nekoliko različitih nezavisnih varijabli, a ne sa samo jednom nezavisnom varijablom.

Početna jednadžba kod metode višestruke regresije zapisana je formulom 12.19.

$$P_x = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 \qquad (12.19)$$

gdje su:

$P_x$ = vrijednost varijable koju treba prognozirati – zavisna varijabla
$a$ = sjecište s osi $y$
$x_1$ i $x_2$ = vrijednosti nezavisnih varijabli
$b_1$ i $b_2$ = koeficijenti nezavisnih varijabli

Izračuni koji pripadaju metodi višestruke regresije su poprilično složeni tako da neće biti promatrani u sklopu ovog poglavlja.[381]

## 12.6.2. Pregled kvalitativnih metoda

Kvalitativne metode prognoziranja, za razliku od kvantitativnih, temelje se na prosudbama i intuiciji menadžera kada ne postoje podaci iz prošlosti ili kada ti podaci nisu pouzdani. Najčešće se ove metode koriste kada se uvodi novi proizvod. Među najpoznatije kvalitativne metode pripadaju: mišljenje stručnjaka, Delphi metoda, prognoza prodaje i istraživanje tržišta.

[380] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 131.
[381] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 136.

### *12.6.2.1. Mišljenje stručnjaka*

**Mišljenje stručnjaka** podrazumijeva prikupljanje mišljenja grupe stručnjaka ili menadžera, često u kombinaciji sa statističkim modelima, kako bi se donijela prognoza za buduće razdoblje.[382]

### *12.6.2.2. Delphi metoda*

Delphi metoda je ponavljajući/iterativan proces kojim se nastoji postići zajednička prognoza tima stručnjaka. U ovoj metodi sudjeluju tri različite **vrste sudionika**. To su:[383]

- Donositelji odluke. Obično se radi o grupi od pet do deset stručnjaka koji će napraviti prognozu.
- Pomoćnici. Pomažu donositeljima odluke u pripremi, distribuciji, prikupljanju i sumiranju serija upitnika i rezultata istraživanja.
- Ispitanici. Radi se o grupi ljudi koja je obično locirana na različitim mjestima. To su osobe čije se mišljenje ocjenjuje. Odgovori su anonimni, što potiče iskrene odgovore i smanjuje rizik da će mišljenje jedne osobe prevladati. Ova grupa pruža ulazne podatke donositeljima odluke prije nego naprave prognozu.

**Koraci** Delphi metode su sljedeći:[384]

1. Odabrati stručnjake za sudjelovanje. Trebalo bi odabrati niz stručnih osoba iz različitih područja.
2. Putem upitnika (ili elektroničke pošte) prikupiti prognoze svih sudionika.
3. Sumirati rezultate te ih podijeliti sudionicima zajedno s odgovarajućim novim pitanjima.
4. Ponovno sumirati, pročistiti prognoze i dobivene rezultate te ponovo osmisliti nova pitanja.
5. Ponoviti 4. korak ukoliko je to potrebno. Podijeliti konačne rezultate svim sudionicima.

### *12.6.2.3. Prognoza prodaje*

**Prodajno osoblje** često može biti dobar izvor informacija koje pomažu u prognoziranju potražnje. Razlog tome je što je to osoblje u direktnom kontaktu s korisnicima usluga ili proizvoda. Navedeni kontakt omogućava im informiranost o očekivanjima korisnika proizvoda ili usluga koju ostali ne posjeduju.[385]

Međutim, postoji **nekoliko nedostataka** ukoliko se koristi mišljenje prodajnog osoblja za prognoziranje potražnje.[386] Jedan od njih je taj da radnici možda ne mogu razlučiti između onoga što bi kupci voljeli napraviti i onoga što će kupci zapravo napraviti. Drugi je da su ti ljudi ponekad pretjerano pod utjecajem nedavnih iskustava. Tako, nakon nekoliko razdoblja niske prodaje, njihove procjene mogu biti pesimistične, dok nakon nekoliko razdoblja dobre prodaje, njihove procjene mogu biti previše optimistične. Osim toga, ako se prognoziranje koristi za utvrđivanje prodajnih kvota, postojat će sukob interesa budući da će davanje niske procjene prodaje omogućiti prednost prodajnom osoblju.

382 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 111.
383 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 111.
384 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 510.
385 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 501.
386 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 83.

### *12.6.2.4. Istraživanje tržišta*

Ova metoda istražuje i prikuplja podatke od potrošača i potencijalnih potrošača kako bi se dobro isplaniralo što sve treba nabaviti ili proizvesti u budućnosti. Istraživanje ne samo da pomaže pripremanju prognoze, nego također pomaže i u poboljšanju dizajna proizvoda, ali i u razvijanju planova za novim proizvodima u budućnosti.[387]

## 12.7. ZAKLJUČAK

Moguće je zaključiti kako svako poduzeće u svom poslovanju želi ostvariti određene ciljeve. Kako bi se ciljevi ostvarili te kako bi se proveo proces planiranja, menadžment poduzeća mora se baviti prognoziranjem. Prognoziranje se odnosi na budućnost i uzima u obzir mnogo ekonomskih, društvenih i tehničkih čimbenika. Prognoziranje je procjena situacije u budućnosti. Ono sa sobom nosi neizvjesnost, budući da se situacije brzo mijenjaju te da se poduzeća moraju brzo prilagođavati nastalim promjenama. Kako bi se izvršilo prognoziranje budućnosti, menadžmentu na raspolaganju stoje modeli kojima se olakšava proces prognoziranja. Dvije osnovne skupine modela, koji su objašnjeni u ovom poglavlju, su modeli vremenskih serija i asocijativni modeli. Neke od metoda vremenskih serija su: naivna metoda, metoda pomičnog prosjeka, ponderirani pomični prosjek, eksponencijalno izglađivanje, metoda projekcije trenda, učinci trenda i eksponencijalno izglađivanje te metode sezonalnosti. Na kraju poglavlja opisane su metode linearne i višestruke regresije kao metode asocijativnih modela. Iako su metode i pristupi vrlo važni, ne smije se zaboraviti da uspjeh planiranja u najvećoj mjeri i dalje ovisi o vještinama, sposobnostima, znanju, intuiciji te iskustvu onih koji planiraju.



[387] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 111-112.

## 12.8. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Asocijativni modeli*** | Modeli, kao primjerice, linearna regresija uključuju varijable ili čimbenike koji mogu utjecati na prognoziranu vrijednost.<br>Asocijativni modeli obuhvaćaju sljedeće metode:<br>a. Linearna regresija<br>b. Višestruka regresija. |
| ***C*** | |
| ***Cilj prognoziranja*** | Utvrditi potrebe za resursima koji će zadovoljiti očekivanu potražnju. |
| ***D*** | |
| ***Dugoročne prognoze*** | Imaju vremensko razdoblje duže od tri godine. Koriste se u planiranju novih proizvoda ili usluga, nove opreme, novih pogona, istraživanja i razvoja. |
| ***Delphi metoda*** | Kvalitativna metoda prognoziranja. To je ponavljajući/iterativan proces kojim se nastoji postići zajednička prognoza tima stručnjaka. |
| ***E*** | |
| ***Elementi dobre prognoze*** | • Prognoza treba biti pravovremena.<br>• Prognoza mora biti točna, pri čemu treba navesti stupanj točnosti.<br>• Prognoza treba biti pouzdana.<br>• Prognoza treba biti izražena u smislenim jedinicama, pri čemu izbor jedinica ovisi o potrebama korisnika.<br>• Prognoza mora biti u pisanom obliku.<br>• Metoda prognoziranja trebala bi biti jednostavna za razumijevanje i upotrebu.<br>• Prognoza treba biti isplativa. |
| ***I*** | |
| ***Istraživanje tržišta*** | Istražuje i prikuplja podatke od potrošača i potencijalnih potrošača kako bi se dobro isplaniralo što sve treba nabaviti ili proizvesti u budućnosti. Istraživanje ne samo da pomaže pripremanju prognoze, nego također pomaže i u poboljšanju dizajna proizvoda, ali i u razvijanju planova za novim proizvodima u budućnosti. |
| ***K*** | |
| ***Kratkoročne prognoze*** | Imaju vremensko razdoblje do jedne godine, ali najčešće manje od tri mjeseca. Koriste se za planiranje nabave, rasporeda poslova, poslovnih zadataka, utvrđivanje radnih mjesta i odgovarajuće razine radne snage te razine proizvodnje. |
| ***Karakteristike prognoze*** | • Metode prognoziranja općenito pretpostavljaju da će isti uzročni sustav koji je postojao u prošlosti postojati i u budućnosti.<br>• Prognoze nisu savršene.<br>• Prognoza za grupu proizvoda često je točnija nego za pojedine proizvode<br>• Točnost prognoze se smanjuje kako se povećava vremensko razdoblje na koje se prognoza odnosi. |

| | |
|---|---|
| ***Koraci u procesu prognoziranja*** | 1. Odrediti svrhu prognoze.<br>2. Odabrati stavke koje treba prognozirati.<br>3. Odrediti vremensko razdoblje prognoze.<br>4. Prikupiti, očistiti i analizirati odgovarajuće podatke.<br>5. Odabrati metodu prognoziranja.<br>6. Napraviti prognozu.<br>7. Provjeriti i provesti rezultate. |
| ***Kumulativna vrijednost pogrešaka*** | Pogreška koja se dobije zbrajanjem prognostičkih pogrešaka po razdobljima. |
| ***Kvantitativni pristup prognoziranju*** | Pristup koristi nekoliko matematičkih modela koji se oslanjaju na povijesne podatke i/ili povezane varijable kako bi se prognozirala buduća vrijednost.<br>Razlikuju se modeli vremenskih serija i asocijativni modeli. |
| ***Kvalitativni pristup prognoziranju*** | Pristup uključuje različite čimbenike, kao što su intuicija donositelja odluke, emocije, osobna iskustva te sustav vrijednosti s ciljem da se ostvari dobra prognoza. |
| ***M*** | |
| ***Mjere točnosti prognoze*** | • Prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja, *PAOP* (engl. *Mean Absolute Deviation*, *MAD*)<br>• Prosječna kvadrirana pogreška, *PKP* (engl. *Mean Squared Error*, *MSE*)<br>• Prosječni apsolutni postotak pogrešaka, *PAPP* (engl. *Mean Absolute Percentage Error*, *MAPE*). |
| ***Modeli vremenskih serija*** | Ovi modeli prognoziraju s pretpostavkom da je budućnost funkcija prošlosti. Drugim riječima, ovi modeli gledaju što se dogodilo u nekom prošlom razdoblju te zakonitost iz tog razdoblja koriste za prognozu u budućnosti.<br>Modeli vremenskih serija obuhvaćaju sljedeće metode:<br>a. Naivna metoda<br>b. Metoda pomičnog prosjeka<br>c. Ponderirani pomični prosjek<br>d. Eksponencijalno izglađivanje<br>e. Metoda projekcije trenda<br>f. Učinci trenda i eksponencijalno izglađivanje<br>g. Metode sezonalnosti<br>i. Sezonski indeks<br>ii. Sezonski indeks i trend |
| ***Metoda pomičnog prosjeka*** | Koristi nekoliko stvarnih prethodnih podataka kako bi se prognozirala vrijednost budućeg razdoblja. Metoda pomičnih prosjeka pretpostavlja da su sva promatrana razdoblja jednako važna za izračun prognozirane vrijednosti te svim promatranim razdobljima dodjeljuje jednaku težinu, odnosno ponder. |
| ***Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka*** | Koristi nekoliko stvarnih prethodnih podataka kako bi se prognozirala vrijednost budućeg razdoblja. Ona pretpostavlja da sva promatrana razdoblja nisu jednako važna za izračun prognozirane vrijednosti te novijim vrijednostima dodjeljuje veću težinu, odnosno ponder. |
| ***Metoda eksponencijalnog izglađivanja*** | Prognoza se temelji na prethodnoj prognozi uvećanoj za postotni dio razlike između stvarne vrijednosti prethodnog razdoblja i prognozirane vrijednosti prethodnog razdoblja, što je zapravo pogreška prognoze. |
| ***Metoda projekcije trenda*** | Ugrađuje pravac trenda u seriju točaka koje predstavljaju povijesne podatke, a zatim projicira nagib pravca u budućnost kako bi napravila srednjoročne i dugoročne prognoze. |

| | |
|---|---|
| ***Metoda najmanjih kvadrata*** | Omogućava razvijanje pravca koji će minimalizirati zbroj kvadrata vertikalnih udaljenosti između svake točke koja prikazuje stvarnu vrijednost te njezine odgovarajuće točke na pravcu. |
| ***Metoda linearne regresije*** | Koristi se za opisivanje funkcionalnog odnosa između dviju varijabli: nezavisne i zavisne. |
| ***Metoda višestruke regresije*** | Koristi se za opisivanje funkcionalnog odnosa između zavisne varijable i nekoliko različitih nezavisnih varijabli. |
| ***Mišljenje stručnjaka*** | Kvalitativna metoda prognoziranja koja podrazumijeva prikupljanje mišljenja grupe stručnjaka ili menadžera, često u kombinaciji sa statističkim modelima, kako bi se donijela prognoza za buduće razdoblje. |
| ***N*** | |
| ***Naivna metoda*** | Najjednostavnija metoda prognoziranja budući da pretpostavlja da će prognozirana vrijednost u budućem razdoblju biti jednaka stvarnoj vrijednosti prethodnog razdoblja. |
| ***O*** | |
| ***Očekivana potražnja*** | Prognozira se temeljem utvrđivanja stvarnih i očekivanih potreba potrošača, procjenom stanja na tržištu sličnih proizvoda te očekivanom kretanju cijena. |
| ***P*** | |
| ***Prognostička pogreška*** | Razlika je između stvarno postignute vrijednosti i vrijednosti koja je prognozirana za određeno razdoblje. *Pozitivne prognostičke pogreške su rezultat preniskih prognoza, dok su negativne prognostičke pogreške rezultat previsokih prognoza.* |
| ***Prateći signal*** | Mjera koja pokazuje koliko dobro prognoza prognozira stvarne vrijednosti. |
| ***Pravac najmanjih kvadrata*** | Pravac opisan u terminima sjecišta s osi *y* (visina na kojoj pravac trenda siječe os *y* – označava se sa *a*) te očekivane promjene zavisne varijable prilikom jedinične promjene nezavisne varijable (nagib pravca – označava se s *b*). |
| ***Prognoza prodaje*** | Prodajno osoblje često može biti dobar izvor informacija koje pomažu u prognoziranju potražnje budući da su u direktnom kontaktu s korisnicima usluga ili proizvoda. Navedeni kontakt omogućava im informiranost o očekivanjima korisnika proizvoda ili usluga koju ostali ne posjeduju. |
| ***S*** | |
| ***Srednjoročne prognoze*** | Najčešće se odnose na vremensko razdoblje od tri mjeseca do tri godine. Koriste se u planiranju prodaje, proizvodnje, proračuna gotovine i analizi različitih operativnih planova. |
| ***Sezonske varijacije*** | Obrazac kretanja u podacima koji je najčešće vezan uz sezone, ali i bilo koji drugi redovito ponavljajući obrazac kretanja u podacima. |
| ***Sezonski indeks*** | Numerička vrijednost kojom se množi prognozirana vrijednost kako bi se dobila sezonska prognoza. |
| ***V*** | |
| ***Vremenska serija*** | Niz kronološki poredanih podataka koji mogu sadržavati jednu ili više komponenti:<br>• Trend<br>• Sezonalnost<br>• Ciklus<br>• Nepravilne varijacije<br>• Slučajne varijacije |

## 12.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode pomičnog prosjeka. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u sljedećoj tablici:

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 76 | 7 | 80 |
| 2 | 58 | 8 | 76 |
| 3 | 90 | 9 | 72 |
| 4 | 84 | 10 | 86 |
| 5 | 98 | 11 | 98 |
| 6 | 92 | 12 | 100 |

Kod ovog zadatka potrebno je:

a) Odrediti za koje prvo razdoblje je moguće prognozirati potražnju, ako se koristi metoda tromjesečnog pomičnog prosjeka.
b) Prognozirati potražnju za razdoblje utvrđeno pod a).
c) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
d) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAOP.*
e) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PKP.*
f) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAPP.*

RJEŠENJE:

a) Pomoću metode tromjesečnog pomičnog prosjeka prvo razdoblje za koje je moguće prognozirati potražnju je Razdoblje 4.
b) Prognozirana vrijednost potražnje za Razdoblje 4 iznosi 74,67.
c) Prognozirana vrijednost potražnje za Razdoblje 13 iznosi 94,67.
d) Vrijednost za *PAOP* iznosi 12,44.
e) Vrijednost za *PKP* iznosi 185,48.
f) Vrijednost za *PAPP* iznosi 14,19 %.

**Zadatak 2.** Sljedeći podaci daju potražnju za nekim dobrom (u količini) koja treba biti u skladištu u razdoblju od 12 mjeseci:

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 108 | 7 | 114 |
| 2 | 84 | 8 | 110 |
| 3 | 128 | 9 | 104 |
| 4 | 120 | 10 | 124 |
| 5 | 140 | 11 | 140 |
| 6 | 132 | 12 | 144 |

Kod ovog zadatka potrebno je:

a) Odrediti za koje prvo razdoblje je moguće prognozirati potražnju, ako se koristi metoda petomjesečnog pomičnog prosjeka.
b) Prognozirati potražnju za razdoblje utvrđeno pod a).
c) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
d) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAOP.*
e) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PKP.*
f) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAPP.*

RJEŠENJE:

a) Pomoću metode petomjesečnog pomičnog prosjeka prvo razdoblje za koje je moguće prognozirati potražnju je Razdoblje 6.
b) Prognozirana vrijednost potražnje za Razdoblje 6 iznosi 116,00.
c) Prognozirana vrijednost potražnje za Razdoblje 13 iznosi 124,40.
d) Vrijednost za *PAOP* iznosi 15,94.
e) Vrijednost za *PKP* iznosi 308,96.
f) Vrijednost za *PAPP* iznosi 12,77 %.

**Zadatak 3.** Poduzeće želi poboljšati prognoziranje potražnje pomoću metode ponderiranog pomičnog prosjeka. Raspolaže mjesečnim podacima potražnje za prethodnu godinu. Podatke je moguće vidjeti u sljedećoj tablici:

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 47 | 7 | 50 |
| 2 | 49 | 8 | 50 |
| 3 | 47 | 9 | 45 |
| 4 | 50 | 10 | 47 |
| 5 | 51 | 11 | 50 |
| 6 | 47 | 12 | 51 |

Dodijeljene su težine/ponderi za prethodna četiri razdoblja, s tim da je najnovijem razdoblju dodijeljena najveća težina. Težine je moguće vidjeti u sljedećoj tablici:

| Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|
| $T_{r\text{-}4}$ | 0,10 |
| $T_{r\text{-}3}$ | 0,20 |
| $T_{r\text{-}2}$ | 0,30 |
| $T_{r\text{-}1}$ | 0,40 |

U ovom zadatku potrebno je:

a) Utvrditi za koje razdoblje je moguće najprije prognozirati potražnju, s obzirom na zadane težine/pondere.
b) Prognozirati potražnju za razdoblje utvrđeno pod a).

c) Prognozirati potražnju za Razdoblje 13.
d) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAOP.*
e) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PKP.*
f) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAPP.*

RJEŠENJE:

a) Prvo razdoblje za koje je moguće prognozirati potražnju je Razdoblje 5.
b) Prognozirana potražnja za Razdoblje 5 iznosi 48,60.
c) Prognozirana potražnja za Razdoblje 5 iznosi 49,47.
d) Vrijednost za *PAOP* iznosi 2,34.
e) Vrijednost za *PKP* iznosi 7,52.
f) Vrijednost za *PAPP* iznosi 4,85 %.

**Zadatak 4.** Niže navedeni podaci daju potražnju za nekim dobrom (u količini) koje treba biti u skladištu u razdoblju od 12 mjeseci.

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Razdoblje | Stvarna potražnja |
|---|---|---|---|
| 1 | 54 | 7 | 57 |
| 2 | 42 | 8 | 55 |
| 3 | 64 | 9 | 52 |
| 4 | 60 | 10 | 62 |
| 5 | 70 | 11 | 70 |
| 6 | 66 | 12 | 72 |



U ovom zadatku potrebno je:

a) Na temelju podataka iz tablice prognozirati vrijednosti potražnje pomoću metode eksponencijalnog izglađivanja. Za konstantu izglađivanja uzima se vrijednost 0,10 ($\alpha = 0{,}10$).
b) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAOP.*
c) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PKP.*
d) Izvršiti sve potrebne radnje i izračunati *PAPP.*

RJEŠENJE:

a) Prognozirane vrijednosti potražnje pomoću metode eksponencijalnog izglađivanja su kako slijedi:

| Razdoblje | Stvarna potražnja | Prognoza |
|---|---|---|
| 1 | 54 | |
| 2 | 42 | 54,00 |
| 3 | 64 | 52,80 |
| 4 | 60 | 53,92 |
| 5 | 70 | 54,53 |
| 6 | 66 | 56,08 |

| | | |
|---|---|---|
| 7 | 57 | 57,07 |
| 8 | 55 | 57,06 |
| 9 | 52 | 56,85 |
| 10 | 62 | 56,37 |
| 11 | 70 | 56,93 |
| 12 | 72 | 58,24 |
| 13 | | 59,62 |

b) Vrijednost za *PAOP* iznosi 8,56.
c) Vrijednost za *PKP* iznosi 96,72.
d) Vrijednost za *PAPP* iznosi 13,95 %.

## 12.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Koje prognoze se mogu koristiti u različitim dijelovima poduzeća?
2. Koje kategorije prognoza poznajete s obzirom na vremenski horizont za koji se rade?
3. Koje su zajedničke karakteristike metoda prognoziranja?
4. Koji su elementi dobre prognoze?
5. Koji koraci se koriste u procesu prognoziranja?
6. Što je prognostička pogreška?
7. Po čemu se razlikuju pozitivna i negativna prognostička pogreška?
8. Što je kumulativna vrijednost pogrešaka?
9. Što pokazuju velike pozitivne vrijednosti kumulativne pogreške, a što pokazuju negativne vrijednosti?
10. Koje mjere točnosti prognoza poznajete?
11. Koje su koristi primjene mjera točnosti prognoza?
12. Kako biste objasnili razliku između pozitivnih i negativnih vrijednosti pratećeg signala?
13. Po čemu se razlikuju dva osnovna pristupa prognoziranju: kvantitativni i kvalitativni?
14. Koje metode se koriste za rješavanje modela vremenskih serija, a koje za rješavanje asocijativnih modela?
15. Kako se definira vremenska serija te koje su komponente vremenske serije?
16. Kako se koristi naivna metoda prognoziranja?
17. Što karakterizira metodu pomičnog prosjeka?
18. Što je specifično za metodu ponderiranog pomičnog prosjeka?
19. Što karakterizira metodu eksponencijalnog izglađivanja?
20. Koje su prednosti metode eksponencijalnog izglađivanja u odnosu na metodu pomičnog prosjeka?
21. Što je specifično za metodu projekcije trenda?
22. Što je specifično za metodu najmanjih kvadrata?
23. Koji su koraci za izračun eksponencijalne prognoze koja uključuje trend?
24. Što su to sezonske varijacije?
25. Što je to sezonski indeks?

26. Koji su koraci za prognozu potražnje poduzeća koja imaju sezonske oscilacije potražnje?
27. Koji su koraci za određivanje prognoze kada podaci sadrže u isto vrijeme i sezonski i trendovski učinak?
28. Što je karakteristično za asocijativne modele?
29. Koje kvalitativne metode prognoziranja poznajete?
30. Kako se radi Delphi metoda prognoziranja?
31. Koje su prednosti, a koji nedostaci prodajnog osoblja za prognoziranje potražnje?

## LITERATURA


1. Dumičić, K. i Knežević, S. (2007). *Anketno istraživanje prakse predviđanja promjena u vlastitome poslovanju i u poslovnome okruženju hrvatskih poduzeća*. Ekonomski pregled. 58(3-4)
2. Dumičić, K. i dr. (2011). *Poslovna statistika*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.
3. Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin
4. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Pearson
5. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. 13. izdanje. Zagreb: Mate
6. Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons
7. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education

# 13. PLANIRANJE KAPACITETA

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *definirati pojam kapaciteta*
- *opisati načine definiranja i mjerenja kapaciteta*
- *objasniti važnost planiranja kapaciteta*
- *identificirati i objasniti glavne kriterije koji utječu na donošenje odluke o lokaciji*
- *opisati i koristiti metode koje su korisne za ocjenjivanje alternativnih lokacija.*

## 13.1. UVOD

O kapacitetu je bilo riječi kroz prethodna poglavlja, posebno u poglavlju 6 u kojem se analizirao raspoloživi kapacitet i njegova iskorištenost. Da se podsjetimo, **kapacitet** (engl. *Capacity*) se najjednostavnije može definirati kao maksimalna količina učinaka koju poduzeće može proizvesti u jedinici vremena. Takav kapacitet predstavlja fizičku kategoriju koja se određuje na temelju tehničkih karakteristika opreme. Sukladno ovom stajalištu, kapacitet je maksimalna količina outputa koja može biti proizvedena u jedinici vremena s postojećom opremom, uz uvjet da raspoloživi proizvodni čimbenici nisu ograničeni. Nasuprot ovoj, postoji i ekonomska definicija kapaciteta koja podrazumijeva najpovoljniji stupanj iskorištenja kapaciteta s tehničkog i ekonomskog stajališta (najveća razlika između ostvarenih prihoda i rashoda).[388]

Dok se u poglavlju 6 analizirala iskorištenost kapaciteta svakog angažiranog resursa, kao i ukupnog kapaciteta, sve u funkciji postizanja što boljeg (efikasnijeg) toka proizvoda, u ovom poglavlju cilj je razumjeti kako se planira kapacitet u funkciji dugoročnog, srednjoročnog i kratkoročnog poslovanja. Ključna pitanja koja se pri tome javljaju su - koliko, kada i gdje locirati kapacitet.

Planiranje fiksnog kapaciteta je prvo dugoročno pitanje s kojim se suočava menadžment. To se planiranje mora provesti u namjeri da se objekt gdje će se proizvoditi proizvodi ili pružati usluge od početka smjesti na povoljnu lokaciju.[389] U domeni dugoročnog planiranja kapaciteta je i odluka o izgradnji dodatnog kapaciteta. Planiranje kapaciteta u srednjoročnom razdoblju vezano je za usklađivanje instaliranog kapaciteta s potražnjom, dok je planiranje kapaciteta u kratkoročnom razdoblju vezano za alociranje postojećih resursa. Planiranje kapaciteta prema vremenskom horizontu (dugoročno, srednjoročno, kratkoročno) detaljnije će se objasniti u nastavku poglavlja. Pored toga, obradit će se kako planirati kapacitete u proizvodnim i uslužnim poduzećima, a posebno kako i gdje optimalno smjestiti kapacitete radi lakše upotrebe.

---

388 Grubišić, D. i Mateljak, Ž. (2013). *Međuovisnost zastupljenosti problema u planiranju kapaciteta, profitabilnosti i konkurentnosti proizvodnih poduzeća.* Ekonomska misao i praksa. br. 1. str. 178.

389 Prilagođeno prema: Barković, D. (2011). *Uvod u operacijski management*. Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Osijeku. str. 55.

## 13.2. POJAM I MJERENJE KAPACITETA

Kao i brojne druge ekonomske kategorije, tako se i kapacitet može definirati s različitih stajališta. Neke od definicija kapaciteta navest će se u nastavku. **Kapacitet** je „propusnost" ili broj jedinica koje postrojenje može držati, primati, pohraniti ili proizvesti u određenom vremenu.[390] **Kapacitet** je gornja granica ili maksimalna razina opterećenja koju neka radna jedinica može podnijeti.[391] Odluke o kapacitetu često određuju kapitalne zahtjeve te time i veliki dio fiksnih troškova – zbog velike investicije postoji visok udio fiksnog troška. Kapacitet također određuje hoće li potražnja biti zadovoljena ili će postrojenje biti u stanju mirovanja. Ako je postrojenje preveliko u odnosu na potražnju, dijelovi će ostati neiskorišteni te će to predstavljati dodatni trošak postojećoj proizvodnji. Ukoliko je postrojenje premaleno u odnosu na potražnju, kupci, a možda i cjelokupno tržište, bit će izgubljeni. Određivanje veličine postrojenja, s ciljem postizanja visoke razine iskorištenosti i visokog povrata na investiciju, je ključno.[392]

Kapacitet se može definirati kao dizajnirani i efektivni:[393]

- **Dizajnirani kapacitet** (engl. *design capacity*) je maksimalna količina učinaka koji se mogu postići u savršenim uvjetima. To je maksimalna količina učinaka ili uslužnog kapaciteta za koju je neka operacija, proces ili pogon dizajniran.
- **Efektivni kapacitet** (engl. *effective capacity*) je količina učinaka koja se očekuje s obzirom na trenutna ograničenja. To je količina učinaka koja je održiva kroz dugoročno razdoblje. Efektivni kapacitet je često manji od dizajniranog kapaciteta, a razlozi tome su različiti. *Primjerice, postrojenje je dizajnirano za raniju verziju proizvoda ili različiti proizvodni mix od onog koji se trenutno proizvodi, zatim potrebe za održavanjem opreme, potrebe za odmorima i pauzama te problemi u planiranju.*

**Stvarni učinak** ne može biti veći od efektivnog kapaciteta, a često je i manji zbog kvarova na postrojenju, nestašice materijala i problema u kvaliteti, ali i drugih razloga koji su izvan kontrole operacijskog menadžmenta.

Koliko se uspješno koristi oprema nekog poslovnog sustava može se izmjeriti pomoću dva pokazatelja: efikasnosti opreme i stupnja iskorištenosti opreme:[394]

- **Efikasnost opreme** je omjer stvarnog učinka i efektivnog kapaciteta. Navedeno je izraženo formulom 13.1.

$$E_{fik} = \frac{SU}{E_{fek}} * 100 \qquad (13.1)$$

gdje su:

$E_{fik}$ = efikasnost kapaciteta
$SU$ = stvarni učinak
$E_{fek}$ = efektivnost kapaciteta

390 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson. str. 308.
391 Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. McGraw-Hill Education. str. 185.
392 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 308.
393 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 188.
394 Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 189. i Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 309.

- **Iskorištenost opreme** je omjer stvarnog učinka i dizajniranog kapaciteta. Navedeno je izraženo formulom 13.2.

$$IK_{\%} = \frac{SU}{DK} * 100 \qquad (13.2)$$

gdje su:

$IK_{\%}$ = stupanj iskorištenosti kapaciteta
$DK$ = dizajnirani kapacitet

Oba izračuna su izražena u postotku. Nije neobično da menadžment nastoji da se za mjerenje korištenja opreme/kapaciteta koristi efikasnost, što može voditi u pogrešnom smjeru. Naime, kada je efektivni kapacitet nizak u odnosu na dizajnirani kapacitet, tada visoka efikasnost može upućivati na visoku iskorištenost kapaciteta, mada to u stvarnosti nije tako.

Kapacitet se često odnosi na gornju granicu outputa. Iako se to čini jednostavno za odrediti, postoje poteškoće u mjerenju kapaciteta u stvarnim poslovnim situacijama. Glavni problem mjerenja kapaciteta je složenost većine poslovanja. Kapacitet je lakše predvidjeti kada je proizvodnja visoko standardizirana i ponavljajuća. Riječ je o proizvodnji jednog proizvoda ili usluge čiji se kapacitet može izraziti u jedinicama tog proizvoda ili usluge, jer se output ne mijenja. Međutim, za mnoga poslovanja kapacitet se ne može jednostavno odrediti outputom jer kao rezultat toga procesa proizlazi veći broj različitih proizvoda ili usluga. U tom se slučaju za definiranje kapaciteta koristi mjerenje kapaciteta inputom. Skoro svaka vrsta posla koristi kombinaciju mjerenja kapaciteta inputom i outputom, ali se u praksi najčešće koristi samo jedna mjera. Primjer mjerenja kapaciteta u različitim poslovnim slučajevima prikazan je u tablici 13.1.[395]

***Tablica 13.1. Mjerenje kapaciteta inputom ili outputom za različite operacije***

| Poslovni sustav | Mjerenje kapaciteta inputom | Mjerenje kapaciteta outputom |
|---|---|---|
| **Bolnica** | **Broj dostupnih kreveta** | Broj (iz)liječenih pacijenata u tjednu |
| **Kino** | **Broj stolica** | Broj posjetitelja u tjednu |
| **Fakultet** | **Broj studenata** | Broj diplomiranih studenata po godini |
| **Trgovina** | **Prodajna površina** | Broj proizvoda prodanih po danu |
| **Aerodrom** | **Broj sjedećih mjesta po sektoru** | Broj putnika u tjednu |
| **Elektroprivreda** | Veličina generatora | **Megawati generirane energije** |
| **Pivovara** | Kapacitet tankova za fermentaciju | **Litara u tjednu** |

***Napomena: najčešća metoda korištenja mjerenja prikazana je podebljano***

[395] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management.* 7th edition. Pearson. str. 329.

## 13.3. STRATEŠKE ODLUKE O KAPACITETIMA

Planiranje je jedna od najvažnijih aktivnosti menadžmenta. Potrebno je za uspješno djelovanje bilo kojeg poduzeća. Suština planiranja odnosi se na odabir između alternativnih pravaca djelovanja te definiranje aktivnosti i resursa potrebnih za njihovo ostvarivanje.[396]

Poduzeća planiraju kapacitet iz različitih razloga. Među glavnim razlozima su promjene u potražnji, promjene u tehnologiji, promjene u okolišu te prijetnje ili mogućnosti.[397] **Strateško planiranje kapaciteta** ima za cilj osigurati pristup za utvrđivanje ukupne razine kapitalno intenzivnih resursa – poslovni objekti, oprema i ukupna veličina radne snage – koji najbolje podržavaju dugoročnu konkurentnu strategiju poduzeća. Ako je **kapacitet neodgovarajući**, tada poduzeće može izgubiti potrošače zbog spore usluge ili tako što će konkurentima dopustiti ulazak na tržište. Ako je kapacitet prevelik, poduzeće će možda morati sniziti cijene da bi potaknulo potražnju, smanjiti iskorištavanje svoje radne snage, riješiti se viška zaliha, ili tražiti dodatne, manje profitabilne proizvode da bi ostalo u poslu.[398] **Cilj strateškog planiranja kapaciteta** je postizanje usklađenosti dugoročnih mogućnosti poduzeća s prognoziranom razinom dugoročne potražnje.

**Odluke o kapacitetima** su u svojoj suštini **strateške odluke** i spadaju među najvažnije odluke koje menadžeri moraju donositi. Odluke o kapacitetu mogu, zapravo, biti **ključne za poduzeće**, i to iz sljedećih razloga:[399]

1. Odluke o kapacitetu imaju stvaran utjecaj na sposobnost poduzeća da zadovolji buduću potražnju za proizvodima i uslugama; kapacitet u suštini ograničava mogući output. Posjedovanje kapaciteta koji je u stanju zadovoljiti potražnju može omogućiti poduzeću da iskoristi ogromne prednosti.
2. Odluke o kapacitetu utječu na troškove poslovanja. Idealno bi bilo kada bi kapacitet i potražnja bili izjednačeni, što bi troškove poslovanja svelo na minimum. Ovo se u praksi najčešće ne postiže, bilo zato što je stvarna potražnja različita od očekivane, ili zato što potražnja ima tendenciju varijabilnosti (primjerice, cikličnost). U takvim slučajevima može se donijeti odluka o pokušaju uravnoteženja troškova premalog ili prevelikog kapaciteta.
3. Kapacitet je značajna odrednica početnih troškova. Obično, što je veći kapacitet proizvodne jedinice, to je veći trošak. To ne znači nužno odnos u omjeru jedan naprama jedan; veće jedinice su sklone *proporcionalno* manjim troškovima od manjih jedinica.
4. Odluke o kapacitetu često uključuju dugotrajnu opredijeljenost za resursima, pa kada se jednom donesu teško ih je ili nemoguće izmijeniti bez značajnih novih troškova.
5. Odluke o kapacitetu mogu utjecati na konkurentnost. Ako poduzeće ima višak kapaciteta ili može brzo dodati kapacitet, to može biti prepreka drugim konkurentima pri ulasku na tržište. Kapacitet također može utjecati i na *brzinu dostave* što može biti konkurentska prednost.
6. Odluke o kapacitetu utječu na lakoću upravljanja kapacitetom; posjedovanje odgovarajućeg kapaciteta čini upravljanje kapacitetom lakšim nego kada je taj kapacitet neodgovarajući.

396 Rupčić, N. (2018). *Suvremeni menadžment. Teorija i praksa.* Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci. str. 156.
397 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 185.
398 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 73.
399 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 187.

7. Globalizacija je povećala važnost i složenost odluka o kapacitetu. Rasprostranjeni lanac opskrbe i udaljena tržišta povećavaju neizvjesnost o potrebama kapaciteta.
8. Budući da odluke o kapacitetu često uključuju značajne financijske i druge resurse, često ih je potrebno planirati unaprijed. Usprkos tome, povećava se rizik da planirani kapacitet neće zadovoljiti stvarnu potrebu kada postane dostupan.

Odluke o kapacitetu moraju biti integrirane u misiju i strategiju poduzeća. One trebaju uzeti u obzir i visinu investicije koja će se pri tome dogoditi. Uz to, potrebno je voditi računa o još **četiri posebna uvjeta** kako bi se donijela dobra odluka o kapacitetu. To su:[400]

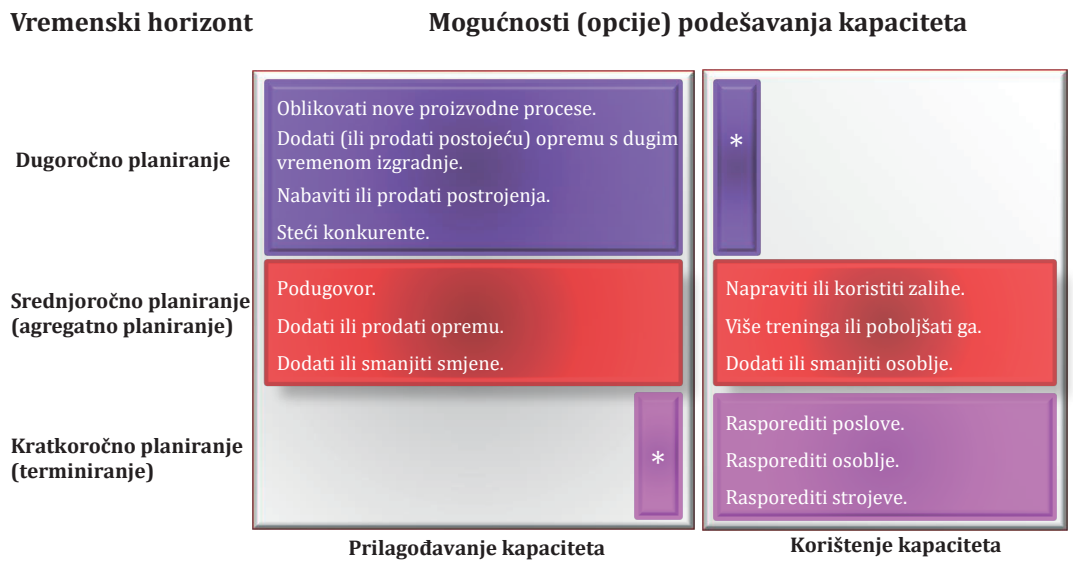
1. *Točno prognoziranje potražnje*. Dodavanje i eliminiranje proizvoda, aktivnosti konkurencije, životni ciklus proizvoda i nepoznate količine prodaje doprinose izazovu točnog prognoziranja.
2. *Podudaranje povećanja tehnologije i volumena prodaje*. Mogućnosti kapaciteta često su ograničene tehnologijom. Povećanje nekih kapaciteta može biti veliko (*primjerice, čeličane ili elektrane*), dok drugih može biti malo (*primjerice, ručno rađene torbe Louis Vuitton*). Povećanje velikih kapaciteta komplicira težak, ali nužan posao usklađivanja kapaciteta s prodajom.
3. *Pronalaženje optimalne veličine rada (volumena)*. Ekonomija i disekonomija razmjera često određuju optimalnu veličinu postrojenja. Ekonomija razmjera postoji kada prosječni trošak opada s povećanjem volumena, dok disekonomija razmjera nastaje kada povećanjem volumena raste prosječni trošak.
4. *Ugradnja sposobnosti promjene u kapacitet.* Potrebno je izgraditi postrojenja koja će biti fleksibilna na promjene u procesima, proizvodima, količinama proizvoda te proizvodnom mixu.



## 13.4. PLANIRANJE KAPACITETA PREMA VREMENSKOM HORIZONTU

Planiranje kapaciteta može se promatrati kao dugoročno, srednjoročno i kratkoročno (slika 13.1).[401] **Dugoročno planiranje kapaciteta** (obično duže od 3 godine) odnosi se na planiranje postrojenja i opreme koji imaju dugo vrijeme izgradnje. **U srednjoročnom razdoblju** (obično 12 do 18 mjeseci) mogu se dodavati oprema, osoblje i smjene; mogu se zaključiti podugovori; te se mogu napraviti ili koristiti zalihe. Ovdje je riječ o agregatnom planiranju. **U kratkoročnom razdoblju** (obično do tri mjeseca), orijentacija je primarno na raspoređivanju poslova i ljudi, kao i dodjeljivanju strojeva. Promjena kapaciteta u kratkom roku vrlo je teška, budući da postoji ograničenje postojećim kapacitetom.

400 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 311.
401 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 308-309.




* Teško je prilagoditi kapacitet, jer postoje ograničene opcije

***Slika 13.1. Opcije planiranja kapaciteta u vremenu***

O svakoj od navedenih opcija planiranja kapaciteta bit će nešto više riječi u nastavku poglavlja.

## 13.4.1. Dugoročno planiranje kapaciteta

Prilikom planiranja kapaciteta vrlo je teško donijeti odluku o kapacitetima koji će biti potrebni u budućnosti. Ključna pitanja koja se pri tome javljaju su: Koja vrsta kapaciteta je potrebna? Koliko kapaciteta je potrebno? Kada je kapacitet potreban?[402]

**Kakav je kapacitet potreban** određuje izbor proizvoda i usluga koje menadžment namjerava proizvesti ili pružiti. Stoga je, u pravom smislu riječi, planiranje kapaciteta određeno upravo tim izborom. **Koliko kapaciteta** i **kada je on potreban** ovisi pak o prognozi potražnje. Pored navedena tri ključna pitanja, **postoji još niz pitanja** na koja bi trebalo dobiti odgovore pri planiranju kapaciteta. Ta pitanja su:[403]

1. Koliko će to koštati, kako će biti financirano i koliki je očekivani povrat?
2. Koje su potencijalne koristi i rizici? To uključuje stupanj neizvjesnosti vezan uz prognozu potražnje i stopu promjene potražnje, potom troškove, dobit, te vrijeme za provedbu promjene kapaciteta. Ovdje treba uključiti i stupanj točnosti prognoze kao i procjenu vjerojatnosti i utjecaja pogrešnih odluka.
3. Postoje li pitanja održivosti koja treba riješiti?
4. Treba li promijeniti kapacitet odjednom, ili kroz nekoliko (ili više) malih promjena?
5. Može li opskrbni lanac podržati potrebne promjene? Prije nego se poduzeće obveže na povećanje inputa, bitno je potvrditi može li opskrbni lanac prihvatiti zahtjeve koji će iz toga proizaći.

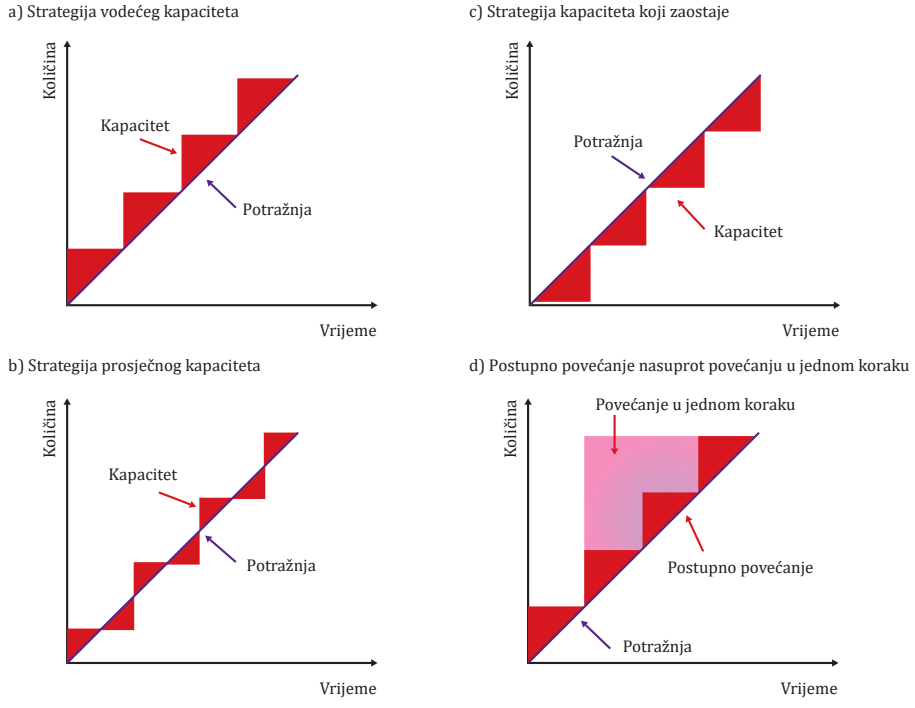
[402] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 186.
[403] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str.186.

Nakon što se donese odluka o kapacitetu koji će se instalirati za proizvodnju proizvoda i usluga, važno je predvidjeti kada bi moglo doći do proširenja kapaciteta. Ovo je također važno strateško pitanje, a temelji se na dobroj prognozi buduće potražnje. Ključno je pri donošenju takve odluke da se proširenje kapaciteta dogodi u pravo vrijeme s obzirom na budući rast potražnje. Za donošenje ovih odluka postoje tri osnovne strategije prikazane na slici 13.2. a, b i c. Riječ je o sljedećim strategijama:[404]

**a)** ***Strategija vodećeg kapaciteta.***
Prema ovoj strategiji kapacitet se proširuje u očekivanju rasta potražnje. Ova agresivna strategija koristi se za privlačenje kupaca od konkurenata čiji kapaciteti su ograničeni ili za stvaranje uporišta na brzo rastućim tržištima. Ona također omogućuje poduzećima da odgovore na neočekivane poraste potražnje i da pruže vrhunsku razinu usluga u razdobljima kada je potražnja na vrhuncu.

**b)** ***Strategija prosječnog kapaciteta.***
Kapacitet se proširuje kako bi se podudarao s prosječnom očekivanom potražnjom. To je umjerena strategija u kojoj su menadžeri sigurni da će moći prodati barem neki dio povećane proizvodnje i izdržati razdoblja male potražnje. Približno polovicu vremena kapacitet je veći od potražnje, a drugu polovicu potražnja je veća od kapaciteta.

**c)** ***Strategija kapaciteta koji zaostaje.***
Kod ove strategije kapacitet se povećava nakon što se dokumentira porast potražnje. Riječ je o konzervativnoj strategiji koja omogućava veći povrat ulaganja, ali usput može izgubiti korisnike. Koristi se u industrijama sa standardnim proizvodima i troškovno ovisnom ili slabom konkurencijom. Strategija pretpostavlja da će se izgubljeni kupci vratiti od konkurencije nakon što se kapacitet poveća.




***Slika 13.2. Strategije proširenja kapaciteta***

[404] Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management (Creating Value Along the Supply Chain)*. 7th edition. Wiley&Sons. str. 258-259.

Temeljem iznesenog, moglo bi se zaključiti da odgovor na pitanje **koliko će kapacitet rasti** ovisi o: (1) količini i izvjesnosti očekivane *potražnje*; (2) *strateškim ciljevima* vezanim uz njihov rast, uslugu kupcima te konkurenciju i (3) *troškovima* proširenja i djelovanja.

Kapacitet se može povećati postepeno ili odjednom, kao što je prikazano na slici 13.2. d. Postupno povećanje je manje rizično, ali je skuplje. Privlačna alternativa za proširenje kapaciteta je izdvajanje posla ili eksternalizacija (engl. *outsourcing*) pri kojoj dobavljači preuzimaju rizik nesigurnosti potražnje.

## 13.4.2. Srednjoročno i kratkoročno planiranje kapaciteta

Nakon donesene dugoročne odluke o izgradnji kapaciteta, operacijski menadžment treba donijeti odluku o tome kako prilagoditi kapacitete u srednjoročnom razdoblju **akcijama kojima se utječe na ponudu** (zapošljavanje, otpuštanje, prekovremeni rad, podugovaranje, povremeni rad, zalihe i slično) **ili na potražnju** (cijene, promocije, rezervacije, proizvodna komplementarnih proizvoda). U tome im pomaže razumijevanje i primjena metoda koje omogućavaju reakcije na promjene u potražnji. Postoje **tri „čiste" opcije** dostupne za suočavanje s takvim promjenama:[405]

a. Ignorirati promjene potražnje i održavati aktivnosti na konstantnoj razini (plan razine kapaciteta).
b. Prilagoditi kapacitet tako da on odražava promjene u potražnji (plan potjere potražnje).
c. Pokušati promijeniti potražnju kako bi odgovarala raspoloživom kapacitetu (upravljanje potražnjom).

U praksi je međutim malo prognoza točno. Razlog tome su svakodnevne promjene uvjeta poslovanja, prije svega u potražnji, koje onda traže adekvatnu prilagodbu kapaciteta. *Primjerice, potražnja za sobama u hotelu ili slobodnim mjestom u restoranu mijenja se na dnevnoj bazi. Rukovoditeljima operacija je iz iskustva poznato da je potražnja u određenim danima veća nego u ostalim danima.* Ovakve i slične situacije traže kratkoročno planiranje kapaciteta.

Prilagođavanje kapaciteta i potražnje u srednjem roku kroz plan razine kapaciteta, plan potjere potražnje i upravljanje potražnjom objasnit će se u nastavku poglavlja.

a. **Plan razine kapaciteta**

U planu razine kapaciteta razina proizvodnje postavljena je na ujednačenu razinu kroz cijelo razdoblje planiranja, bez obzira na promjene u potražnji. To znači da će uvijek isti broj radnika raditi isti proces te zbog toga biti u mogućnosti stvoriti uvijek istu ukupnu razinu outputa u svakom razdoblju. *Ovakav način proizvodnje koristi se prilikom proizvodnje nepokvarljivih materijala i proizvoda kako bi se proizveli u određenim mjesecima kada je potražnja za proizvodom niska. Višak proizvoda koji se tada proizvede stavlja se na zalihe gotovih proizvoda, kako bi ih se prodalo u mjesecima kada proizvodnja ne može zadovoljiti potražnju na tržištu.* Planiranje razine kapaciteta na ovaj način dovodi do stabilne razine zaposlenosti, visoke razine iskorištenosti postrojenja i opreme te visoke proizvodnosti uz niske jedinične troškove. Nasuprot tome, ovaj način stvara zalihe koje treba plaćati i skladištiti. Stoga je kod ovog načina prilagođavanja

[405] Prilagođeno prema: Slack N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 334-341.

kapaciteta i potražnje najveća opasnost vezana za odluku o tome koje proizvode proizvoditi za skladište. To nikako ne bi smjeli biti proizvodi podložni brzoj promjeni, bilo u oblikovanju ili modi, kao, *primjerice, odjeća, te 'pokvarljivi' proizvodi kao što su hrana ili neki lijekovi*. Plan razine kapaciteta se također može koristiti i u uslužnim djelatnostima. No, budući da može dovesti do gubitka resursa, što se očituje u niskoj proizvodnosti, ne koristi se često kod takvih poduzeća. Zbog toga što se usluge ne mogu skladištiti, plan razine kapaciteta podrazumijevao bi organizaciju poslovanja na visokoj razini kapaciteta. *Primjerice, za održavanje visoke razine kapaciteta hotel bi morao zaposliti dovoljno radnika za usluživanje gostiju svih soba, za vođenje punog restorana, dovoljno osoblja na recepciji, čak i u mjesecima kada je popunjenost hotela ispod maksimalnog kapaciteta.* Uslužno poduzeće bi uvijek trebalo imati dovoljno kapaciteta kako bi moglo u potpunosti zadovoljiti sve potrebe korisnika, iako zahtjev za maksimalnom iskorištenosti postoji samo u vrlo kratkom razdoblju. U ostalom vremenu, kada kapaciteti nisu iskorišteni, oni stvaraju dodatni trošak za poduzeće.

b. **Plan potjere potražnje**

Suprotno od plana razine kapaciteta je plan koji pokušava uskladiti kapacitet s promjenjivom razinom procijenjene potražnje. To je mnogo teže za postići nego plan razine kapaciteta, budući da je potreban različit broj radnika, različita radna vremena te čak i različita količina opreme za svako razdoblje. Plan potjere potražnje se uobičajeno koristi kod poslovanja gdje se output ne može skladištiti, kao što je kod proizvodnje pokvarljivih proizvoda te kod uslužnih poduzeća.

Neki od načina kojima se usklađuje kapacitet s promjenjivom potražnjom su:

- ***Prekovremeno radno vrijeme i vrijeme nerada (čekanja).*** Često je najbrža i najprihvatljivija metoda prilagodbe kapaciteta promjena radnih sati rada radnika. Kada je potražnja veća od nominalnog kapaciteta, radi se prekovremeno, a kada je potražnja manja od nominalnog kapaciteta, broj sati proizvodnog rada se može smanjiti. U drugom slučaju radnici mogu obavljati poslove čišćenja ili održavanja pogona. Prekovremeni rad bi se trebao koristiti samo kada prihod od nastalog outputa opravdava trošak prekovremenog rada. Troškovi povezani s ovom metodom su ili dodatni troškovi povezani s potrebom plaćanja radnicima za prekovremeni rad ili, u slučaju neaktivnog (neradnog) vremena, troškovi povezani s potrebom plaćanja radnicima, iako nisu imali posla, već su čekali.
- ***Promjena broja radnika.*** Ako se kapacitetom u velikoj mjeri upravlja brojem radnika, onda se upravo broj ranika koristi kao način prilagodbe kapaciteta novonastaloj potražnji. To znači da se zapošljavaju novi radnici tijekom razdoblja velike potražnje te otpuštaju za vrijeme smanjene potražnje. Ovaj način generira određene troškove i etičke implikacije koje je potrebno uzeti u obzir. Troškovi zapošljavanja dodatnog broja radnika uključuju troškove povezane sa zapošljavanjem, kao i troškove niske proizvodnosti dok novi radnici prolaze obuku. Troškovi otpuštanja mogu uključivati moguće otpremnine, ali mogu uključivati i gubitak morala radnika u proizvodnji, kao i gubitak ugleda na lokalnom tržištu rada.
- ***Korištenje privremene radne snage.*** Varijacija prethodne strategije je korištenje privremene radne snage. Ovaj način se često koristi kod uslužnih poduzeća kao što su supermarketi te restorani brze hrane, ali i kod proizvodnih poduzeća za privremeno uvođenje dodatne smjene. Međutim, ako su fiksni troškovi zaposlenja za svakog radnika, bez obzira na to koliko dugo radi visoki, tada korištenje ovog načina možda neće biti korisno.

- ***Podugovaranje*.** U razdobljima velike potražnje poduzeće može zakupiti kapacitet od nekog drugog poduzeća. Ovo može omogućiti poduzeću da zadovolji svoju potražnju, bez troškova ulaganja u povećanje kapaciteta koji neće biti potreban nakon što se potražnja ponovno smanji. Kod ovog načina također se mogu pojaviti dodatni troškovi. Prvo, podugovaranje može biti vrlo skupo, jer podugovarač želi na takvom poslu zaraditi, te će zahtijevati odgovarajuću maržu. Drugo, podugovarač možda neće biti motiviran za isporuku na vrijeme ili za željenu razinu kvalitete. Konačno, postoji rizik da bi i podugovarači mogli sami odlučiti ući na isto tržište.

c. **Upravljanje potražnjom**

Najčešći način upravljanja potražnjom je promjena potražnje kroz promjenu cijene. Iako je ovo najprimjereniji pristup upravljanja potražnjom, češće se koristi kod uslužnih, nego kod proizvodnih poduzeća. *Primjerice, neki hoteli nude jeftine odmor pakete u mjesecima kada se očekuje smanjen broj poslovnih posjetitelja.* Cijena, promocija, popusti i slični načini upravljanja potražnjom mogu pomoći prebaciti jedan dio potražnje iz razdoblja visoke potražnje u razdoblje niske potražnje te tako omogućiti poduzeću veću usklađenost ponude i potražnje.[406]

d. **Kombinacija planova**

Svaki od prethodna tri plana se primjenjuje samo kada njegove prednosti nadjačavaju njegove nedostatke. Za mnoga poduzeća navedeni planovi, tj. opcije, ne odgovaraju njihovim kombinacijama kompetitivnih i poslovnih ciljeva. Od mnogih operacijskih menadžera se zahtijeva da istovremeno smanje troškove zaliha, smanje kapitalne investicije te pruže uslugu ili proizvod prema zahtjevima kupaca, što jedino mogu kombinacijom ove tri opcije, tj. plana.

## 13.5. LOKACIJA PODUZEĆA

Lokacija poduzeća podrazumijeva smještaj poduzeća u nekoj sredini i na određenom mjestu. Zbog važnosti pravilnog izbora lokacije za budućnost poduzeća razvijena je posebna **teorija lokacije**. Njezin je zadatak objasniti i prognozirati odluke poduzeća vezane za smještaj njegovih kapaciteta i prostorni raspored gospodarskih djelatnosti kao zbroj pojedinačnih odluka poduzeća.[407]

Odluke o izboru lokacije za gradnju poslovnog objekta ili postrojenja ne donose se često, ali su ključan čimbenik za uspješnost poduzeća i njegov dugoročni opstanak. Pogrešno odabranu lokaciju nije lako prevladati. Poslovni uspjeh često se dogodi ukoliko se objekt nalazi na pravom mjestu u pravo vrijeme. Za uslužna poduzeća, kao što su restorani, hoteli ili trgovine, biti na pravom mjestu obično podrazumijeva lokaciju koja je prikladna i lako dostupna korisnicima.[408]

Odabir lokacije važna je **strateška odluka** koja je usko povezana s organizacijskom strategijom. *Primjerice, ukoliko poduzeće želi minimalizirati troškove, izabrat će lokaciju gdje su troškovi radne snage i sirovina jeftiniji, ili lokaciju u blizini željenog tržišta ili izvora sirovina kako bi smanjilo troškove transporta. Ako poduzeće želi maksimalizirati svoj prihod, izabrat će lokaciju gdje je velika koncentracija kupaca*.[409]

406 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 195.
407 Karić, M. (2009). *Ekonomika poduzeća.* Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku. str. 16.
408 Russel, R. S. i Taylor B. W. (2011). *op.cit.* str. 298.
409 Briš Alić, M., Topolovac, J. i Baran, A. (2019). *Location analysis using geographic information system*. Interdisciplinary Management Research XV. str. 451.

Odluka o lokaciji je **strateški važna i zbog drugih razloga**. Jedan je taj što su odluke o lokaciji dugoročna obveza, što otežava ispravljanje pogrešnog izbora. Dalje, odluke o lokaciji često zahtijevaju ulaganja, utječu na operativne troškove i prihode te poslovanje. Loš izbor lokacije može rezultirati prekomjernim transportnim troškovima, nedostatnom kvalificiranom radnom snagom, gubitkom konkurentske prednosti, neadekvatnom opskrbom sirovina, ili nekim sličnim uvjetima koji su štetni za poslovanje. Za usluge, loša lokacija može rezultirati nedostatkom kupaca i/ili visokim operativnim troškovima. I za proizvodnju, i za usluge, odluke o lokaciji mogu imati značajan utjecaj na konkurentsku prednost.[410]

**Cilj donošenja odluke o lokaciji** je postizanje odgovarajuće ravnoteže između tri povezane kategorije:[411]

1) varijabilnih troškova poslovanja ovisnih o geografskom položaju (ti se troškovi mijenjaju ovisno o lokaciji u prostoru)
2) usluge koju poslovanje može pružiti svojim klijentima, i
3) potencijalnog prihoda poslovanja.

U pravilu, odluka o tome gdje će se locirati neka proizvodnja ili usluga definirana je minimaliziranjem varijabilnih troškova vezanih za lokaciju objekta te maksimaliziranjem prihoda ili usluge kupcu.

U tablici 13.2. moguće je uočiti razlike koje treba uzeti u obzir prilikom izbora lokacije za proizvodna i uslužna poduzeća.[412]



[410] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 338.
[411] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 161-162.
[412] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 351.

***Tablica 13.2. Strategije izbora lokacije kod proizvodnih i uslužnih poduzeća***

| PROIZVODNA PODUZEĆA | USLUŽNA PODUZEĆA |
|---|---|
| **Fokus na trošku** | **Fokus na prihodu** |
| **Materijalni troškovi** | **Prihod** |
| Trošak prijevoza sirovine | Ciljano područje, kupovna moć |
| Trošak isporuke gotovih proizvoda | Konkurencija, oglašavanje |
| Energija i komunalni troškovi, rad, sirovine, porezi itd. | **Fizička kvaliteta** |
| | Pristup parkingu, sigurnost/rasvjeta, izgled/imidž |
| **Nematerijalni i budući troškovi** | |
| Stav prema zajednici | **Troškovne odrednice** |
| Kvaliteta života | Najam |
| Izdaci za obrazovanje od strane države | Osobine menadžmenta |
| Kvaliteta državne i lokalne uprave | Radne politike (sati, plaća) |
| **Metode** | **Metode** |
| Metoda transporta | Regresijski modeli za određivanje važnosti raznih čimbenika |
| Metoda ocjenjivanja čimbenika | Metoda ocjenjivanja čimbenika |
| Lokacijska analiza troškova i količine | Brojač prometa |
| Crossover grafikoni | Demografska analiza ciljanog područja |
| | Analiza kupovne moći ciljanog područja |
| | Metoda centra gravitacije |
| | Geografski informacijski sustav |
| **Pretpostavke** | **Pretpostavke** |
| Lokacija je glavna odrednica troška. | Lokacija je glavna odrednica prihoda. |
| Većina glavnih troškova može se jasno identificirati za svako mjesto. | Pitanja interakcije s korisnicima vrlo su važna. |
| Mali kontakt s kupcima omogućava usredotočenost na identifikaciju troškova. | Troškovi su relativno konstantni za određeno područje, stoga je funkcija prihoda ključna. |
| Nematerijalni troškovi mogu se procijeniti. | |

Problem izbora lokacije nije ograničen samo na odluku gdje locirati potpuno novi pogon ili objekt. Kako je naprijed rečeno, takve odluke su rjeđe, tj. vezane su za poslove koji prvi put ulaze na tržište. Znatno češće se odluke o lokaciji donose od strane poduzeća koja su već prisutna na tržištu. Menadžment tih poduzeća, prilikom odlučivanja o lokaciji, ima četiri opcije:[413]

- **Proširiti postojeći pogon**. Pristup je koristan ukoliko trenutna lokacija ima dovoljno prostora za proširenje te ukoliko postojeća lokacija ima prednosti u odnosu na druge. Troškovi proširenja su obično niži od troškova koje donose druge mogućnosti.
- **Otvoriti novu lokaciju uz zadržavanje stare**. Ovaj pristup se često koristi u maloprodaji. Kod ovog pristupa je važno uzeti u obzir koliko će nova lokacija utjecati na povećanje poslovanja. *Primjerice, otvaranje nove trgovine u trgovačkom centru može jednostavno privući kupce koji preferiraju postojeću trgovinu u istom lancu, umjesto da se ide na proširenje tržišta.*

[413] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 339.

*S druge strane, otvaranje lokacije može se koristiti kao obrambena strategija kako bi se zadržala pozicija na tržištu ili spriječio ulazak konkurencije na tržište.*

- **Zatvoriti trenutnu lokaciju i preseliti se na novu**. Poduzeće mora procijeniti razliku između troškova i koristi preseljenja na novu lokaciju, kao i troškova i koristi ostajanja na trenutnoj lokaciji. *Promjene na tržištu, nestašica sirovina, troškovi poslovanja potiču poduzeće da razmatra i ovu opciju*.
- **Ne raditi ništa.** Ako detaljna analiza potencijalnih lokacija ne rezultira takvim koristima koje jednu od prethodne tri opcije čini atraktivnom, poduzeće se može odlučiti da privremeno zadrži trenutnu lokaciju.

Svaka od opcija može imati određene prednosti i nedostatke koji utječu na buduću mogućnost proširenja.

U nastavku poglavlja će biti opisane neke od prednosti i nedostataka koje poduzeće može imati od globalizacije svog poslovanja te će biti navedeni neki od kriterija koje poduzeće treba uzeti u obzir prilikom izbora lokacije u stranoj zemlji, ali i prilikom izbora lokacije na nacionalnom ili lokalnom tržištu.

## 13.6. KRITERIJI ZA IZBOR LOKACIJE

Kako bi smanjila troškove nabave te pružila bolju uslugu svojim kupcima, poduzeća često lociraju svoje kapacitete u stranim zemljama. Globalizacija je danas za poduzeća otvorila nova tržišta, omogućila povećanu disperziju proizvodnje i pružanja usluga širom svijeta, ali uz to i dodatno otežala izbor lokacije. Neke od prednosti i nedostataka koje poduzeće može imati od globalizacije svoga poslovanja moguće je vidjeti na slici 13.3.[414]



[414] Briš Alić, M., Topolovac, J. i Baran, A. (2019). *op.cit.* str. 455.

***Slika 13.3. Prednosti i nedostaci globalizacije poslovanja***

Iako strana tržišta nude velike mogućnosti, problemi s lociranjem u stranoj zemlji mogu biti značajni, zbog čega je lokacija kapaciteta vrlo važan dio upravljanja lancem opskrbe. Neki od kriterija, koje multinacionalna poduzeća trebaju uzeti u obzir prilikom izbora lokacije u stranoj zemlji, moguće je vidjeti na slici 13.4.[415]

***Slika 13.4. Kriteriji za izbor lokacije u stranoj zemlji***

Neki od kriterija koje poduzeća trebaju uzeti u obzir prilikom odabira nacionalnog ili lokalnog tržišta za lokaciju kapaciteta moguće je vidjeti na slici 13.5.[416]

***Slika 13.5. Kriteriji za izbor lokacije u nacionalnoj ekonomiji***

[415] Briš Alić, M., Topolovac, J. i Baran, A. (2019). *op.cit.* str. 455.
[416] Briš Alić, M., Topolovac, J. i Baran, A. (2019). *op.cit.* str. 455.

## 13.6.1. Kriteriji za izbor lokacije proizvodnih poduzeća

Od najveće je važnosti za svako poduzeće da njegov kapacitet bude optimalno smješten jer će pogrešna lokacija dugoročno ugroziti posao. Mnogi su poslovi propali upravo zbog loše odabrane lokacije.[417]

Kada je riječ o proizvodnim poduzećima, treba razlikovati tipove objekata pogodne za pojedine vrste djelatnosti. *Primjerice, objekt za proizvodnju aluminija neće biti isti kao objekt za proizvodnju računala.* Pored razlike u tipu objekta, postoji razlika i u lokaciji takvih objekata. Kriteriji izbora njihove lokacije ovisit će upravo o vrsti djelatnosti poduzeća. U nastavku se daje opis kriterija izbora lokacije u ovisnosti o tipu objekta. Riječ je o teškim proizvodnim postrojenjima i pogonima u lakoj industriji:[418]

a) **Teška proizvodna postrojenja.** Radi se o velikim postrojenjima koja zahtijevaju puno prostora te su skupa za izgradnju. *Primjerice, automobilska postrojenja, čeličane, rafinerije nafte.* Kriteriji o odlukama za lokaciju ovog tipa postrojenja uključuju: troškove izgradnje, troškove zemljišta, način prijevoza teških proizvedenih artikala i primanja rasutog materijala, blizinu sirovina, komunalne usluge, način odvoza otpada te dostupnost radne snage. Mjesto za izgradnju pogona teške industrije obično se bira na lokaciji koja ima minimalne troškove izgradnje i zemljišta te se nalazi u blizini izvora sirovina kako bi se smanjili troškovi transporta.
b) **Proizvodni pogoni u lakoj industriji**. Riječ je o industriji koja se doživljava kao čista industrija u kojoj se proizvode, *primjerice, elektronička oprema i komponente, računala, televizori, ili pak lijekovi, pivo i slično*. Kako su ove industrije smještene u sredinu opskrbnog lanca, to su troškovi prijevoza često važan kriterij kod odlučivanja o lokaciji skladišta. Blizina tržišta uzima se također u obzir, ovisno o zahtjevima i učestalosti isporuke koju zahtijeva kupac.

Jednom kada su navedeni svi glavni kriteriji za izbor lokacije, postavlja se pitanje gdje locirati kapacitet. U vezi s time javljaju se neki problemi, kao što su:[419]

- Svi kriteriji lokacije nisu od iste važnosti. *Primjerice, raspolaganje svježom vodom visoke kvalitete je jako važno za proizvodnju piva.*
- Različiti kriteriji komprimiraju brojne varijable.
- Ne mogu se svi kriteriji lokacije izraziti u novčanim jedinicama. *Primjer za to su osobne preferencije poduzetnika i njegovog osoblja.*
- U nekim poslovima proizvode se različiti proizvodi. Za neke je bolje da se proizvode u jednoj regiji, dok je za druge bolje da se proizvode u drugim regijama. Odluka se sastoji u tome da se odredi lokacija kapaciteta.
- Važnost pojedinih kriterija lokacije mijenja se tijekom vremena.

Da bi se takvi i slični problemi lakše rješavali, razvijene su različite metode i modeli koji će biti objašnjeni u sklopu ovog poglavlja.

---

417 Barković, D. (2011). *op.cit*. str. 55.
418 Russel, R. S. i Taylor B. W. (2011). *op.cit*. str. 297.
419 Barković, D. (2011). *op.cit*. str. 58-59.

## 13.6.2. Kriteriji za izbor lokacije uslužnih poduzeća i maloprodaje

Kada je riječ o uslužnim i maloprodajnim objektima, treba biti jasno da se radi uglavnom o malim objektima koji su značajno jeftiniji od proizvodnih. Međutim, i kod usluga i maloprodaje, objekti mogu biti veliki i skupi, kao, *primjerice, bolnice, odmarališta, i slično*. Jedan od najvažnijih kriterija za lociranje uslužnog ili maloprodajnog objekta je **blizina kupaca**. Često je presudno da je uslužni kapacitet u blizini kupaca kojima pruža uslugu, a maloprodajni kapacitet u blizini kupaca koji tamo kupuju. Troškovi izgradnje obično su manje važni, iako troškovi zemljišta ili zakupa mogu biti visoki. Primjerice, za maloprodaju, za koju se koristi izraz "lokacija je sve", troškovi položaja objekta mogu biti vrlo visoki.[420]

Kod analize lokacije u proizvodnom sektoru fokus je na **minimalizaciji troškova**, dok je u uslužnom sektoru fokus na **povećanju prihoda**. Razlog tome je što proizvodna poduzeća smatraju da troškovi značajno variraju među pojedinim lokacijama, dok uslužna poduzeća smatraju da lokacija ima veći utjecaj na prihode nego na troškove. Iz navedenog razloga bi fokus na lokaciju uslužnih poduzeća trebao obuhvatiti određivanje **opsega kupaca i prihoda**. Za to postoji **osam glavnih kriterija**:[421]

1. kupovna moć kupaca koji gravitiraju tom poduzeću
2. kompatibilnost imidža usluge s demografskom slikom područja s kojeg dolaze korisnici
3. konkurencija na tom području
4. kvaliteta konkurencije
5. jedinstvenost lokacije poduzeća i lokacije konkurencije
6. fizička kvalitete objekta i susjednih poduzeća
7. operativna politika poduzeća
8. kvaliteta upravljanja.

Realna analiza tih kriterija može pružiti razumnu sliku očekivanog prihoda.

Uslužna i maloprodajna poduzeća često ističu pogodnost za kupca te gustoću prometa kao najvažnije kriterije za izbor lokacije. Pri tome, neke uslužne i maloprodajne djelatnosti mogu dati više pozornosti određenim kriterijima, ovisno o prirodi njihova poslovanja. Ako je posao jedinstven i ima snagu stvaranja vrijednosti privlačenjem kupaca, blizina konkurenata ne mora biti važan kriterij. Međutim, maloprodajna poduzeća općenito preferiraju lokacije koje se nalaze u blizini drugih trgovaca zbog veće gustoće prometa i raznih pogodnosti za kupce. *Primjerice, automobilski zastupnici često se lociraju jedni do drugih, restorani i specijalizirane prodavaonice često se lociraju unutar i oko shopping centara.* Kada se poduzeće locira u blizini sličnih poduzeća, to se naziva grupiranje (engl. *clustering*).[422]

[420] Russel, R. S. i Taylor B. W. (2011). *op.cit.* str. 298.
[421] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 350.
[422] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 352.

## 13.7. METODE OCJENJIVANJA POTENCIJALNIH LOKACIJA

Način na koji će poduzeće pristupiti odabiru nove lokacije često zavisi od njegove veličine i vrste poslovanja. Nova ili mala poduzeća često imaju tendenciju koristiti prilično neformalan pristup odlukama o lokaciji *pa su locirana su na određenom području samo zato što tamo živi osnivač*. Slično tome, menadžment malih poduzeća često želi zadržati poslovanje u „svom dvorištu" tako da je sklon fokusirati se gotovo isključivo na lokalne opcije. Velika poduzeća, posebno ona koja već posluju na više lokacija, sklona su formalnijem pristupu. Takva poduzeća obično razmatraju širi raspon geografskih područja.

Svaki bi **proces odabira lokacije** trebao sadržavati sljedeće korake: [423]

1. Odabrati kriterije koji su važni pri ocjenjivanju različitih lokacija.
2. Prepoznati ključne čimbenike za svaku pojedinu lokaciju, kao što su udaljenost tržišta ili dostupnost sirovina i materijala.
3. Razviti alternativne lokacije.
4. Ocijeniti svaku alternativu (opciju) te donijeti odluku.

Za rješavanje problema lokacije u ovom će se poglavlju opisati sljedeće metode: lokacijska analiza troškova i količine (obujma), metoda ocjene čimbenika i metoda centra gravitacije.

### 13.7.1. Lokacijska analiza troškova i količine

Kako bi se ekonomski usporedile potencijalne lokacije, koristi se lokacijska analiza troškova i količina. Analiza se može provesti numerički ili grafički. Postupak provedbe metode lokacijske analize troškova i količine uključuje sljedeće korake:[424]

1. **Odrediti ukupne fiksne (*UFT*) i ukupne varijabilne (*UVT*) troškove za svaku lokaciju.**

Ukupni fiksni troškovi postoje i kada se ne proizvodi te su uvijek isti za postojeći kapacitet, bez obzira koliko se proizvodi. Ukupni varijabilni trošak računa se kao umnožak varijabilnog troška po jedinici, odnosno prosječnog varijabilnog troška (*PVT*) i promatrane količine outputa (*K*) što se može prikazati pomoću formule 13.3.

$$UVT = PVT * K \qquad (13.3)$$

gdje su:

$PVT$ = prosječni varijabilni trošak

$K$ = količina outputa

2. **Prikazati krivulje ukupnih troškova (*UT*) za sve lokacije na grafikonu – troškovi se prikazuju na vertikalnoj osi, dok se količine outputa prikazuju na horizontalnoj osi.**

Ukupni trošak (*UT*) računa se kao suma ukupnog fiksnog troška (*UFT*) i ukupnog varijabilnog troška (*UVT*), što se može prikazati pomoću formule 13.4.

[423] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 343.
[424] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 346.

$$UT = UFT + UVT = UFT + PVT * K \qquad (13.4)$$

3. **Izabrati lokaciju koja ima najniže ukupne troškove za planiranu razinu outputa.**

Kako bi se ova metoda primijenila, postoje određene **pretpostavke** koje je potrebno zadovoljiti:[425]

- Fiksni troškovi su konstantni za pretpostavljenu razinu proizvodnje.
- Varijabilni troškovi su linearni za pretpostavljenu razinu proizvodnje.
- Potrebna razina proizvodnje može se dobro procijeniti.
- Promatra se samo jedan proizvod.

Na jednostavnom primjeru će se pokazati lokacijska analiza troškova i količine (primjer 13.1).

***Primjer 13.1. Lokacijska analiza troškova i količine***

Poduzeće želi proširiti svoje kapacitete. Analiziraju se tri lokacije: Lokacija A, Lokacija B i Lokacija C. Lokacija A ima ukupni fiksni trošak od 175.000 kn godišnje i prosječni varijabilni trošak od 7 kn; Lokacija B ima ukupni fiksni trošak od 70.000 kn godišnje i prosječni varijabilni trošak od 21 kn; dok Lokacija C ima ukupni fiksni trošak od 105.000 kn godišnje i prosječni varijabilni trošak od 13 kn.

a) Izračunajte ukupni varijabilni trošak te ukupni trošak za svaku lokaciju pri različitim količinama outputa do očekivanog outputa od 15.000 jedinica.
b) Na grafički prikaz ucrtajte za svaku lokaciju ukupne fiksne i ukupne troškove do očekivanog outputa od 15.000 jedinica.
c) Ako je očekivani output svake lokacije 7.000 jedinica po godini, koja lokacija će dati najniži ukupni trošak?
d) Odredite raspon outputa za koji je svaka opcija superiornija (tj. ima najmanji ukupni trošak).

RJEŠENJE:

Ukupni fiksni i prosječni varijabilni troškovi prikazani su u tablici 13.3.

***Tablica 13.3. Ukupni fiksni i prosječni varijabilni troškovi za svaku promatranu lokaciju, u kn***

| Lokacija | Ukupni fiksni trošak (*UFT*) | Prosječni varijabilni trošak (*PVT*) |
|---|---|---|
| Lokacija A | 175.000 | 7 |
| Lokacija B | 70.000 | 21 |
| Lokacija C | 105.000 | 13 |

a) Ukupni varijabilni trošak te ukupni trošak za svaku lokaciju pri različitim količinama outputa izračunat će se u nastavku primjera:

[425] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 353.

i. Ukupni varijabilni trošak za svaku lokaciju, pri količini od 1.000 jedinica, izračunao bi se pomoću formule 13.3, kako slijedi:

*UVT* = *PVT* * *K*
*UVT* (Lokacija A) = 7 * 1.000 = 7.000
*UVT* (Lokacija B) = 21 * 1.000 = 21.000
*UVT* (Lokacija C) = 13 * 1.000 = 13.000

ii. Ukupni trošak za svaku lokaciju, pri količini od 1.000 jedinica, izračunao bi se prema formuli 13.4, što se vidi u nastavku:

*UT* = *UFT* + *UVT*
*UT* (Lokacija A) = 175.000 + 7.000 = 182.000
*UT* (Lokacija B) = 70.000 + 21.000 = 91.000
*UT* (Lokacija C) = 105.000 + 13.000 = 118.000

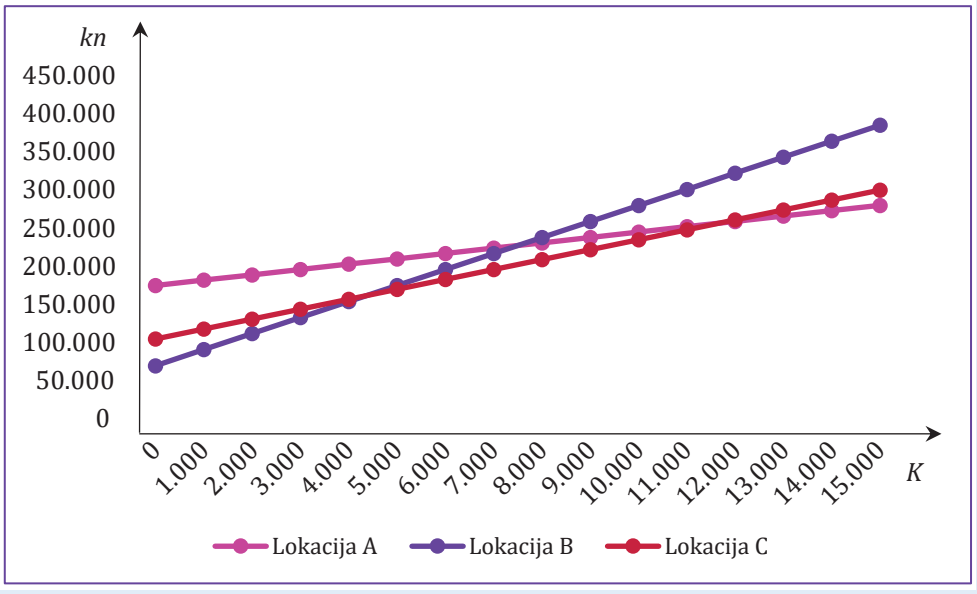
Izračunate ukupne varijabilne te ukupne troškove za svaku lokaciju, do očekivanog outputa od 15.000 jedinica, moguće je vidjeti u tablici 13.4.

***Tablica 13.4. Varijabilni i ukupni troškovi pri različitim količinama za svaku lokaciju, do očekivanog outputa od 15.000 jedinica***

| Količina | LOKACIJA A | | | LOKACIJA B | | | LOKACIJA C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fiksni troškovi | Varijabilni troškovi | Ukupni troškovi | Fiksni troškovi | Varijabilni troškovi | Ukupni troškovi | Fiksni troškovi | Varijabilni troškovi | Ukupni troškovi |
| 0 | 175.000 | 0 | 175.000 | 70.000 | 0 | 70.000 | 105.000 | 0 | 105.000 |
| 1.000 | 175.000 | 7.000 | 182.000 | 70.000 | 21.000 | 91.000 | 105.000 | 13.000 | 118.000 |
| 2.000 | 175.000 | 14.000 | 189.000 | 70.000 | 42.000 | 112.000 | 105.000 | 26.000 | 131.000 |
| 3.000 | 175.000 | 21.000 | 196.000 | 70.000 | 63.000 | 133.000 | 105.000 | 39.000 | 144.000 |
| 4.000 | 175.000 | 28.000 | 203.000 | 70.000 | 84.000 | 154.000 | 105.000 | 52.000 | 157.000 |
| 5.000 | 175.000 | 35.000 | 210.000 | 70.000 | 105.000 | 175.000 | 105.000 | 65.000 | 170.000 |
| 6.000 | 175.000 | 42.000 | 217.000 | 70.000 | 126.000 | 196.000 | 105.000 | 78.000 | 183.000 |
| 7.000 | 175.000 | 49.000 | 224.000 | 70.000 | 147.000 | 217.000 | 105.000 | 91.000 | 196.000 |
| 8.000 | 175.000 | 56.000 | 231.000 | 70.000 | 168.000 | 238.000 | 105.000 | 104.000 | 209.000 |
| 9.000 | 175.000 | 63.000 | 238.000 | 70.000 | 189.000 | 259.000 | 105.000 | 117.000 | 222.000 |
| 10.000 | 175.000 | 70.000 | 245.000 | 70.000 | 210.000 | 280.000 | 105.000 | 130.000 | 235.000 |
| 11.000 | 175.000 | 77.000 | 252.000 | 70.000 | 231.000 | 301.000 | 105.000 | 143.000 | 248.000 |
| 12.000 | 175.000 | 84.000 | 259.000 | 70.000 | 252.000 | 322.000 | 105.000 | 156.000 | 261.000 |
| 13.000 | 175.000 | 91.000 | 266.000 | 70.000 | 273.000 | 343.000 | 105.000 | 169.000 | 274.000 |
| 14.000 | 175.000 | 98.000 | 273.000 | 70.000 | 294.000 | 364.000 | 105.000 | 182.000 | 287.000 |
| 15.000 | 175.000 | 105.000 | 280.000 | 70.000 | 315.000 | 385.000 | 105.000 | 195.000 | 300.000 |

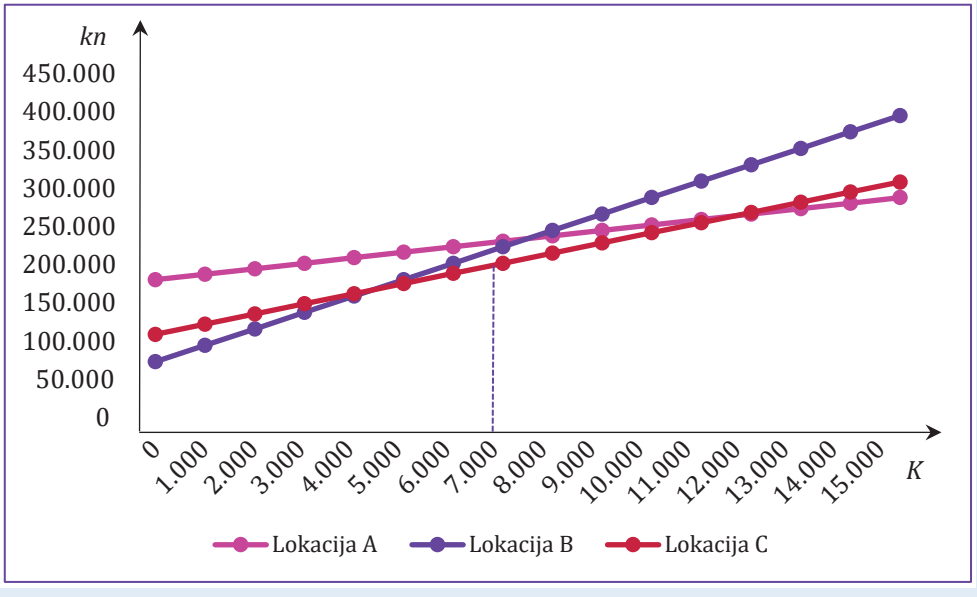
b) Za svaku lokaciju moguće je grafički prikazati ukupne troškove koji polaze iz

razine fiksnih troškova, jer fiksni troškovi postoje i kada se ne proizvodi (za Lokaciju A ukupni fiksni trošak je 175.000 kn, za $K = 0$, kao i za sve ostale razine proizvodnje) (slika 13.6). Stoga ukupne fiksne troškove ne treba posebno crtati.




***Slika 13.6. Prikaz ukupnih fiksnih i ukupnih troškova za svaku lokaciju***

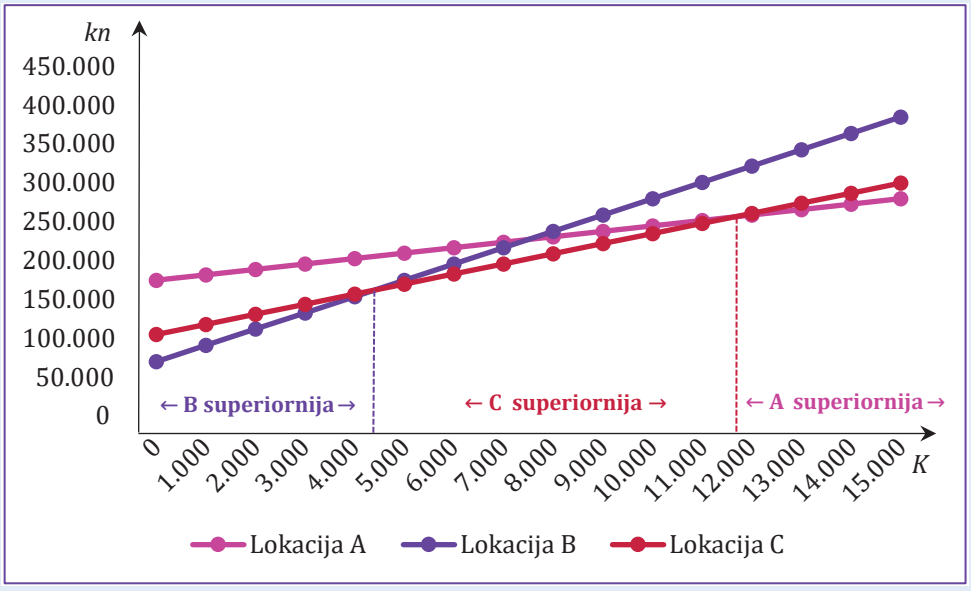
c) Ukoliko je output odabrane lokacije 7.000 jedinica godišnje, potrebno je na slici 13.7. povući okomicu iz $K = 7.000$. Moguće je primijetiti da je na Lokaciji C moguće ostvariti najniži ukupni trošak. Navedeno je također moguće provjeriti i u tablici 13.4.




***Slika 13.7. Određivanje lokacije koja daje najniži ukupni trošak pri zadanom outputu***

d) Na slici 13.8. moguće je primijetiti koja lokacija je superiornija s obzirom na ras-

pon outputa. Lokacija B je superiornija u odnosu na Lokaciju A i Lokaciju C pri manjim količinama outputa. Pri povećanju količine outputa, Lokacija C postaje superiornija u odnosu na Lokaciju B. Pri daljnjem povećanju količine outputa, Lokacija A postaje superiornija u odnosu na Lokaciju C.




***Slika 13.8. Prikaz superiornosti svake lokacije s obzirom na promatrani output***

Kako bi se odredile točne količine outputa za koje je pojedina lokacija superiornija, potrebno je staviti u odnos ukupne troškove pojedinih lokacija.

Kako bi se odredilo do koje količine outputa je Lokacija B superiornija u odnosu na Lokaciju C, potrebno je staviti u odnos ukupni trošak Lokacije B i ukupni trošak Lokacije C:

$$UT \text{ (Lokacija B)} = UT \text{ (Lokacija C)}$$
$$70.000 + 21 * K = 105.000 + 13 * K$$
$$21 * K - 13 * K = 105.000 - 70.000$$
$$8 * K = 35.000$$
$$K = 4.375$$

Kako bi se odredilo do koje količine outputa je Lokacija C superiornija u odnosu na Lokaciju A, potrebno je staviti u odnos ukupni trošak Lokacije C i ukupni trošak Lokacije A:

$$UT \text{ (Lokacija C)} = UT \text{ (Lokacija A)}$$
$$105.000 + 13 * K = 175.000 + 7 * K$$
$$13 * K - 7 * K = 175.000 - 105.000$$
$$6 * K = 70.000$$
$$K = 11.666,67$$

Moguće je primijetiti da je Lokacija B superiornija do 4.375 jedinica. Lokacija A superiornija je kada je output veći do 11.667,67 jedinica. Ukoliko bi output bio u rasponu od 4.375 do 11.667.67, tada bi superiornija bila Lokacija C.

## 13.7.2. Metoda ocjene čimbenika

Metoda ocjene čimbenika je metoda koju je moguće koristiti prilikom donošenja odluka u različitim područjima kako privatnog tako i poslovnog djelovanja. Prilikom donošenja odluke o izboru lokacije postoje brojni kvantitativni i kvalitativni čimbenici. Svi čimbenici ne moraju biti jednako važni za donositelja odluke, tako da menadžeri mogu odrediti važnost, odnosno dodijeliti težinu svakom pojedinom čimbeniku, kako bi proces donošenja odluke bio objektivniji. Metoda ocjene čimbenika je popularna budući da omogućava razmatranje različitih vrsta čimbenika, od edukacije preko rekreacije, kao i sposobnosti radne snage, ali također omogućuje donositeljima odluke da uključe i vlastita mišljenja u proces donošenja odluke.[426]

Ova metoda provodi se u **šest koraka**. To su:[427]

1. Napraviti popis važnih čimbenika koji se nazivaju ključni čimbenici uspjeha.
2. Dodijeliti težinu svakom čimbeniku koji će prikazati njegovu relativnu važnost u odnosu na ostale promatrane čimbenike.
3. Odrediti zajedničku ljestvicu za usporedbu svih čimbenika (*primjerice, od 1 do 10 ili od 1 do 100)* te odrediti minimalno prihvatljiv rezultat ukoliko je to potrebno.
4. Ocijeniti važnost svake promatrane lokacije s obzirom na pojedine čimbenike.
5. Pomnožiti težinu čimbenika (korak 2) s ocijenjenom važnosti lokacije s obzirom na određeni čimbenik (korak 4) te zbrojiti dobivene rezultate za svaku lokaciju koja se promatra.
6. Izabrati lokaciju koja ima najviši ukupni rezultat, osim ako lokacija ne zadovoljava minimalno prihvatljiv rezultat (ukoliko je on bio postavljen).

Kako se koristi metoda ocjene čimbenika prikazuje primjer 13.2.

***Primjer 13.2. Metoda ocjene čimbenika***

Poduzeće želi proširiti svoje kapacitete na novu lokaciju, Lokaciju A ili Lokaciju B, korištenjem metode ocjene čimbenika. Napravite sve potrebne korake te donesite odluku!

Čimbenici koji su važni za poslovanje te koji se promatraju pri izboru lokacije navedeni su u tablici 13.5.

[426] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 345.
[427] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 355. i Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 345.

***Tablica 13.5. Popis promatranih čimbenika te dodijeljene težine***

| Čimbenici | Težine |
|---|---|
| Broj stanovnika u okruženju i gustoća naseljenosti | 0,15 |
| Troškovi lokacije | 0,15 |
| Zastupljenost konkurencije u okruženju | 0,15 |
| Veličina prodajnog prostora | 0,13 |
| Kupovna moć građana | 0,13 |
| Dostupnost mogućnosti za buduća proširenja na istoj lokaciji | 0,12 |
| Udaljenost prodavaonice od skladišta | 0,10 |
| Dobna struktura građana | 0,07 |

Budući da svi čimbenici nisu jednako važni poduzeću, u tablici 13.5. su težine dodijeljene pojedinom čimbeniku različite.

U tablici 13.6. navedene su ocjene svake promatrane lokacije s obzirom na pojedine čimbenike.

***Tablica 13.6. Ocjene važnosti svake promatrane lokacije s obzirom na pojedine čimbenike***

| Čimbenici | Težine | Lokacija A | Lokacija B |
|---|---|---|---|
| Broj stanovnika u okruženju i gustoća naseljenosti | 0,15 | 90 | 80 |
| Troškovi lokacije | 0,15 | 70 | 50 |
| Zastupljenost konkurencije u okruženju | 0,15 | 50 | 60 |
| Veličina prodajnog prostora | 0,13 | 80 | 60 |
| Kupovna moć građana | 0,13 | 60 | 80 |
| Dostupnost mogućnosti za buduća proširenja na istoj lokaciji | 0,12 | 50 | 70 |
| Udaljenost prodavaonice od skladišta | 0,10 | 70 | 40 |
| Dobna struktura građana | 0,07 | 80 | 50 |

Kako bi se dobili težinski rezultati za svaku lokaciju, potrebno je pomnožiti težinu svakog čimbenika s ocijenjenom važnosti lokacije s obzirom na određeni čimbenik.

> Čimbeniku „Broj stanovnika u okruženju i gustoća naseljenosti“ je dodijeljena težina 0,15.
> Lokaciji A je s obzirom na taj kriterij dodijeljena važnost 90.
> Težinski rezultat Lokacije A s obzirom na čimbenik „Broj stanovnika u okruženju i gustoća naseljenosti“ izračunava se kao umnožak prethodno navedena dva broja (90 * 0,15).

Težinski rezultati za obje lokacije, po svakom čimbeniku, nalaze se u tablici 13.7.

***Tablica 13.7. Težinski rezultati***

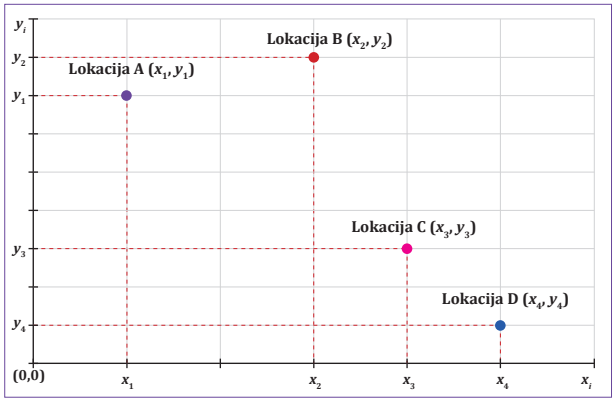
| Čimbenici | Težine | Lokacija A | Lokacija B |
|---|---|---|---|
| Broj stanovnika u okruženju i gustoća naseljenosti | 0,15 | 90 * 0,15 = 13,50 | 80 * 0,15 = 12,00 |
| Troškovi lokacije | 0,15 | 70 * 0,15 = 10,50 | 50 * 0,15 = 7,50 |
| Zastupljenost konkurencije u okruženju | 0,15 | 50 * 0,15 = 7,50 | 60 * 0,15 = 9,00 |
| Veličina prodajnog prostora | 0,13 | 80 * 0,13 = 10,40 | 60 * 0,13 = 7,80 |
| Kupovna moć građana | 0,13 | 60 * 0,13 = 7,80 | 80 * 0,13 = 10,40 |
| Dostupnost mogućnosti za buduća proširenja na istoj lokaciji | 0,12 | 50 * 0,12 = 6,00 | 70 * 0,12 = 8,40 |
| Udaljenost prodavaonice od skladišta | 0,10 | 70 * 0,10 = 7,00 | 40 * 0,10 = 4,00 |
| Dobna struktura građana | 0,07 | 80 * 0,07 = 5,60 | 50 * 0,07 = 3,50 |
| **Ukupno** | **1,00** | **68,30** | **62,60** |

Kako bi se izabrala lokacija za proširenje kapaciteta, dobivene težinske rezultate potrebno je zbrojiti za svaku lokaciju. Ukupni težinski rezultat za Lokaciju A iznosi 68,30; dok ukupni težinski rezultat za Lokaciju B iznosi 62,60. Budući da Lokacija A ima veći ukupni težinski rezultat, poduzeće treba proširiti svoj kapacitet na Lokaciju A.

## 13.7.3. Metoda centra gravitacije

**Metoda centra gravitacije** je matematička metoda koja se koristi za odabir lokacije poduzeća (centra gravitacije) kojom se želi minimalizirati troškove ili vrijeme transporta do različitih lokacija. Metoda uzima u obzir količinu robe koja se transportira, kao i troškove transporta prilikom odabira najbolje lokacije.

Polazna točka ove metode je geografska karta koja se postavlja u koordinatni sustav, kao što je prikazano na slici 13.9, kako bi se ucrtale lokacije koje odražavaju stvarno stanje nekog područja. Na slici 13.9. moguće je primijetiti 4 lokacije (Lokacija A, Lokacija B, Lokacija C i Lokacija D) kojima je dodijeljen skup koordinata ($x_i$, $y_i$), koje identificiraju njihovo mjesto na geografskoj karti.




***Slika 13.9. Prikaz koordinata ($x_i$, $y_i$) lokacija u koordinatnom sustavu***

Lokacije su dakle opisane korištenjem **podataka o zemljopisnom položaju ($x_i$, $y_i$)**, gdje točke na apscisi ($x_i$) predstavljaju geografske dužine promatranih lokacija, a točke na ordinati ($y_i$) predstavljaju geografske širine promatranih lokacija. Ukoliko lokacijama nisu dodijeljene neke težine, *primjerice, količina transportiranih jedinica*, koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) računaju se kao obične aritmetičke sredine koordinatnih osi pomoću formula 13.5. i 13.6.[428]

$$\overline{x} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_i \qquad (13.5)$$

$$\overline{y} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_i \qquad (13.6)$$

gdje su:

$x_i, y_i$ = koordinate promatranih lokacija
$m$ = broj promatranih lokacija

**Lokacija poduzeća (centar gravitacije)** je točka čija je apscisa aritmetička sredina svih apscisa promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske dužine ($\overline{x}$), a ordinata je aritmetička sredina svih ordinata promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske širine ($\overline{y}$).[429] *Aritmetička sredina skupa podataka je broj koji ima svojstvo da je suma kvadrata odstupanja do svih podataka minimalna*.[430]

Ukoliko su lokacijama dodijeljene neke težine, primjerice količine transportiranih jedinica, koordinate centra gravitacije se računaju kao težinske aritmetičke sredine koordinatnih osi pomoću formula 13.7 i 13.8.[431]

$$\overline{x} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{m} t_i x_i,\ T = \sum_{i=1}^{m} t_i \qquad (13.7)$$

$$\overline{y} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{m} t_i y_i,\ T = \sum_{i=1}^{m} t_i \qquad (13.8)$$

gdje su:

$t_i$ = težina dodijeljena pojedinoj lokaciji (primjerice, količina transportiranih jedinica)
$T$ = zbroj ukupnih težina lokacija (primjerice, ukupna količina transportiranih jedinica svim lokacijama)

**Centar poduzeća (težinski centar gravitacije)** je točka čija je apscisa težinska aritmetička sredina svih apscisa promatranih lokacija ($\overline{x}$), a ordinata je težinska aritmetička sredina svih ordinata promatranih lokacija ($\overline{y}$).[432] Da bi se težinska aritmetička sredina mogla izračunati, potrebna je suma umnožaka težina svake pojedine lokacije i odgovarajuće geografske duži-

[428] Prilagođeno prema: Scitovski, R. i Briš Alić, M. (2016). *Grupiranje podataka*. Osijek: Odjel za matematiku Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.. str. 11.
[429] Scitovski, R. i Briš Alić, M. (2016). *op.cit.* str. 12.
[430] Scitovski, R. i Briš Alić, M. (2016). *op.cit.* str. 5.
[431] Prilagođeno prema: Scitovski, R. i Briš Alić, M. (2016). *op.cit.* str. 11.
[432] Scitovski, R. i Briš Alić, M. (2016). *op.cit.* str. 12.

ne (za izračun težinske aritmetičke sredine apscisa), te suma umnožaka težina svake pojedine lokacije i odgovarajuće geografske širine (za izračun težinske aritmetičke sredine ordinata). Utvrđivanje centra gravitacije prikazat će se primjerom 13.3.

### *Primjer 13.3. Metoda centra gravitacije*

Poduzeće treba odrediti koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) za lokacije koje su određene zemljopisnim položajem ($x_i$, $y_i$), kao što je navedeno u tablici 13.8. Točke na apscisi ($x_i$) predstavljaju geografske dužine promatranih lokacija, a točke na ordinati ($y_i$) predstavljaju geografske širine promatranih lokacija.

***Tablica 13.8. Geografska dužina i širina promatranih lokacija izraženo u stupnjevima***

| Lokacija | Geografska | |
|---|---|---|
| | dužina ($x_i$) | širina ($y_i$) |
| Lokacija A | 18,67357 | 45,55309 |
| Lokacija B | 18,69042 | 45,54997 |
| Lokacija C | 18,65382 | 45,56386 |
| Lokacija D | 18,63612 | 45,56222 |

U ovom primjeru potrebno je:

a) Odrediti koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) ukoliko su sve promatrane lokacije jednako važne (nisu im dodijeljene težine temeljem količine transportiranih jedinica).
b) Grafički prikazati promatrane lokacije kao i lokaciju centra gravitacije.
c) Odrediti koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) ukoliko su promatranim lokacijama dodijeljene težine temeljem količina transportiranih jedinica, kao što je prikazano u tablici 13.9.

***Tablica 13.9. Težine promatranih lokacija izražene u broju transportiranih jedinica***

| Lokacija | Težina |
|---|---|
| Lokacija A | 500 |
| Lokacija B | 1.000 |
| Lokacija C | 300 |
| Lokacija D | 700 |

d) Grafički prikazati promatrane lokacije, lokaciju centra gravitacije te težinski centar gravitacije.

RJEŠENJE:

a) Koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) računaju se kao obične aritmetičke sredine koordinatnih osi koje su zadane u tablici 13.8.

Apscisa lokacije poduzeća (centra gravitacije) računa se kao aritmetička sredina svih apscisa promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske dužine, a računa se pomoću formule 13.5.

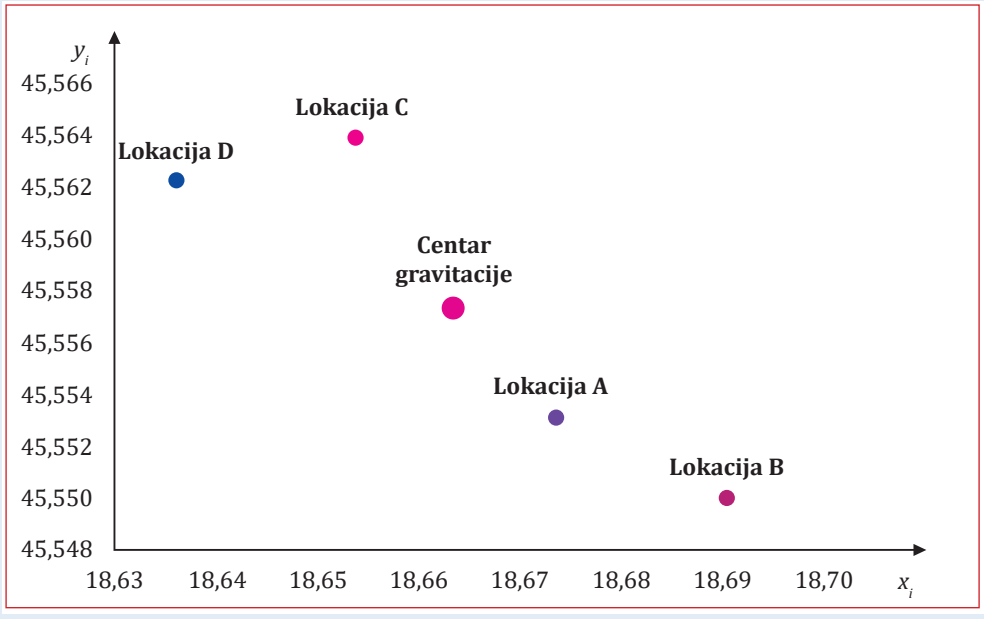
$$\bar{x} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_i = \frac{18,67357+18,69042+18,65382+18,63612}{4} = 18,66348$$

Ordinata lokacije poduzeća (centra gravitacije) računa se kao aritmetička sredina svih ordinata promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske širine, a računa se pomoću formule 13.6.

$$\bar{y} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_i = \frac{45,55309+45,54997+45,56386+45,56222}{4} = 45,55729$$

Centar gravitacije je točka koja za apscisu ima vrijednost geografske dužine u iznosu 18,66348, dok za ordinatu ima vrijednost geografske širine u iznosu 45,55729.

b) Grafički prikaz promatranih lokacija, kao i lokacije centra gravitacije, moguće je vidjeti na slici 13.10.




***Slika 13.10. Koordinate promatranih lokacija te centar gravitacije***

c) Koordinate centra gravitacije se računaju kao težinske aritmetičke sredine koordinatnih osi.

Budući da se transportirane jedinice razlikuju među pojedinim lokacijama, potrebno je koristiti formule za izračun težinskih aritmetičkih sredina. Da bi se težinska aritmetička sredina mogla izračunati, potrebna je suma umnožaka težina svake pojedine lokacije i odgovarajuće geografske dužine (za izračun težinske aritmetičke sredine apscisa), te suma umnožaka težina svake pojedine lokacije i odgovarajuće geografske širine (za izračun težinske aritmetičke sredine ordinata). Potrebne korake moguće je vidjeti u tablici 13.10.

***Tablica 13.10. Potrebni koraci za izračun koordinata težinskog centra gravitacije***

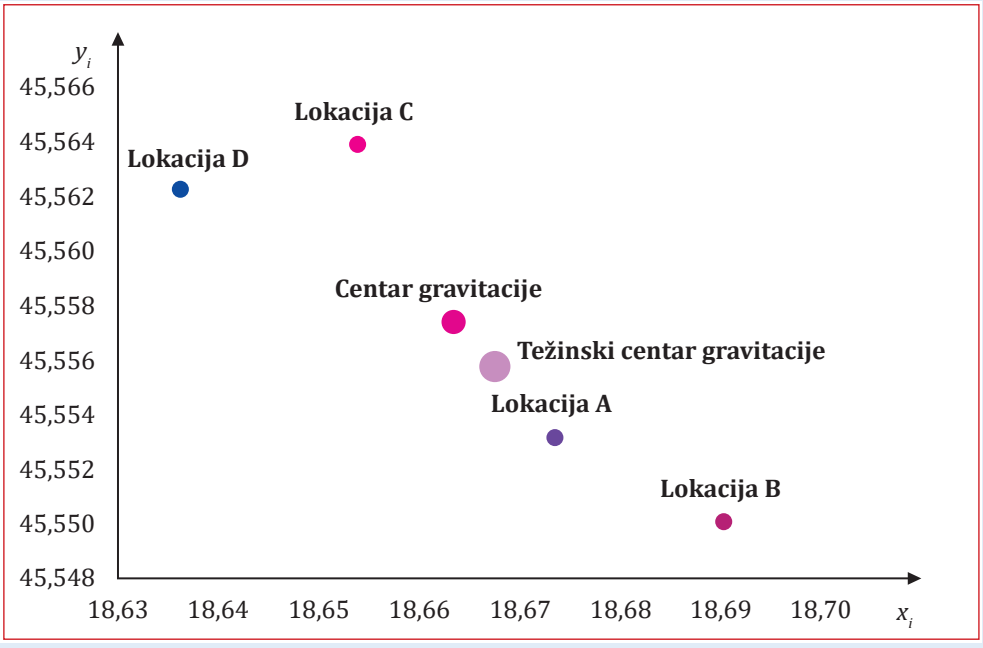
| Lokacija | Težina | Geografska | |
|---|---|---|---|
| | | Dužina | Širina |
| Lokacija A | 500 | 18,67357 * 500 = 9.336,79 | 45,55309 *500 = 22.776,55 |
| Lokacija B | 1.000 | 18,69042 * 1.000 = 18.690,42 | 45,54997 * 1.000 = 45.549,97 |
| Lokacija C | 300 | 18,65382 * 300 = 5.596,15 | 45,56386 *300 = 13.669,16 |
| Lokacija D | 700 | 18,63612 * 700 = 13,045,28 | 45,56222 * 700 = 31.893,55 |
| **Centar gravitacije** | 2.500 | 46.668,64 | 113.889,23 |

$$\bar{x} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{m} t_i x_i = \frac{1}{2.500} * 46.668,64 = 18,66745$$

$$\bar{y} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{m} t_i y_i = \frac{1}{2.500} * 113.889,23 = 45,55569$$

Težinski centar gravitacije je točka koja za apscisu ima vrijednost geografske dužine u iznosu 18,66745, dok za ordinatu ima vrijednost geografske širine u iznosu 45,55569.

d) Grafički prikaz promatranih lokacija, lokaciju centra gravitacije, kao i lokaciju težinskog centra gravitacije moguće je vidjeti na slici 13.11.




***Slika 13.11. Koordinate promatranih lokacija, centar gravitacije te težinski centar gravitacije***

Moguće je primijetiti iz slike 13.11. da je Lokacija B koja ima najveću težinu, odnosno količinu jedinica koja se u nju transportira, pomaknula težinski centar gravitacije koji je sada spušten prema dolje te pomaknut u desno u odnosu na gravitacijski centar.

## 13.8. ZAKLJUČAK

U promatranom poglavlju prikazano je planiranje kapaciteta u proizvodnim i uslužnim poduzećima. Planiranje kapaciteta je dio operacijskog menadžmenta te je od iznimne važnosti kako za proizvodna tako i za uslužna poduzeća. U poglavlju je planiranje kapaciteta promatrano s vremenskog horizonta kao dugoročno, srednjoročno i kratkoročno. Dugoročno planiranje kapaciteta odnosi se na planiranje postrojenja i opreme koji imaju dugo vrijeme izgradnje. U srednjoročnom razdoblju može se dodavati oprema, osoblje i smjene, mogu se zaključiti podugovori te se mogu napraviti ili koristiti zalihe. U kratkoročnom razdoblju orijentacija je primarno na raspoređivanju poslova i ljudi, kao i dodjeli strojeva. Promjena kapaciteta u kratkom roku vrlo je teška, budući da postoji ograničenje postojećim kapacitetom.

Cilj strateškog planiranja kapaciteta je postizanje usklađenosti dugoročnih mogućnosti opskrbe poduzeća s prognoziranom razinom dugoročne potražnje. Ukoliko je kapacitet neodgovarajući, nedovoljan, poduzeće može izgubiti potrošače zbog spore usluge ili lakšeg ulaska konkurenata na tržište. Ukoliko je kapacitet prevelik, poduzeće će morati sniziti cijene kako bi potaknulo potražnju, riješiti se viška zaliha, smanjiti iskorištenost radne snage, ili tražiti dodatne, manje profitabilne proizvode kako bi ostalo u poslu.

Uz planiranje veličine kapaciteta vrlo bitnu ulogu ima i određivanje njegove lokacije. Lokacija ima iznimnu važnost zato što je nije lako mijenjati i uglavnom se odabire dugoročno. Jedna od glavnih razlika kod odabira lokacije između proizvodnih i uslužnih poduzeća je ta što je kod proizvodnih poduzeća naglasak na smanjenju troškova, dok je kod uslužnih naglasak na povećanju prihoda.

## 13.9. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***D*** | |
| ***Dizajnirani kapacitet*** | Maksimalna količina outputa koji se može postići u savršenim uvjetima. To je maksimalna količina outputa ili uslužnog kapaciteta za koju je neka operacija, proces ili pogon dizajniran. |
| ***E*** | |
| ***Efektivni kapacitet*** | Količina outputa koja se očekuje s obzirom na trenutna ograničenja. To je količina outputa koja je održiva kroz dugoročno razdoblje. |
| ***Efikasnost kapaciteta*** | Omjer stvarnog outputa i efektivnog kapaciteta. |
| ***I*** | |
| ***Iskorištenost kapaciteta*** | Omjer stvarnog outputa i dizajniranog kapaciteta. |
| ***K*** | |
| ***Kapacitet*** | Maksimalna količina outputa koju poduzeće može proizvesti u jedinici vremena.<br>„Propusnost“ ili broj jedinica koje postrojenje može držati, primati, pohraniti ili proizvesti u određenom vremenu.<br>Gornja granica ili maksimalna razina opterećenja koju neka radna jedinica može podnijeti. |

| | |
|---|---|
| ***L*** | |
| ***Lokacija poduzeća*** | Smještaj poduzeća u nekoj sredini i na određenom mjestu. |
| ***M*** | |
| ***Metoda lokacijske analize troškova i količine (obujma)*** | Ekonomska usporedba potencijalnih lokacija koja se sastoji iz sljedećih koraka:<br>1. Odrediti ukupne fiksne (UFT) i ukupne varijabilne (UVT) troškove za svaku lokaciju.<br>2. Prikazati krivulje ukupnih troškova (UT) za sve lokacije na grafikonu.<br>3. Izabrati lokaciju koja ima najniže ukupne troškove za planiranu razinu outputa. |
| ***Metoda ocjene čimbenika*** | Omogućava razmatranje različitih vrsta čimbenika dodjeljujući različite težine pojedinim čimbenicima. Provodi se u 6. koraka:<br>1. Napraviti popis važnih čimbenika koji se nazivaju ključni čimbenici uspjeha.<br>2. Dodijeliti težinu svakom čimbeniku koji će prikazati njegovu relativnu važnost u odnosu na ostale promatrane čimbenike.<br>3. Odrediti zajedničku ljestvicu za usporedbu svih čimbenika te odrediti minimalno prihvatljiv rezultat ukoliko je to potrebno.<br>4. Ocijeniti važnost svake promatrane lokacije s obzirom na pojedine čimbenike.<br>5. Pomnožiti težinu čimbenika (korak 2) s ocijenjenom važnosti lokacije s obzirom na određeni čimbenik (korak 4) te zbrojiti dobivene rezultate za svaku lokaciju koja se promatra.<br>6. Izabrati lokaciju koja ima najviši ukupni rezultat, osim ako lokacija ne zadovoljava minimalno prihvatljiv rezultat (ukoliko je on bio postavljen). |
| ***Metoda centra gravitacije*** | Matematička metoda za odabir lokacije poduzeća (centra gravitacije). Karakteristike metode:<br>1. Polazna točka je geografska karta koja se postavlja u koordinatni sustav.<br>2. Lokacije su opisane korištenjem podataka o zemljopisnom položaju, gdje točke na apscisi predstavljaju geografske dužine promatranih lokacija, a točke na ordinati predstavljaju geografske širine promatranih lokacija.<br>3. Ukoliko lokacijama nisu dodijeljene neke težine, primjerice količina transportiranih jedinica, koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) računaju se kao obične aritmetičke sredine koordinatnih osi.<br>4. Ukoliko su lokacijama dodijeljene neke težine, primjerice količine transportiranih jedinica, koordinate centra gravitacije se računaju kao težinske aritmetičke sredine koordinatnih osi. |
| ***O*** | |
| ***Opcija proširenja postojećeg pogona*** | Pristup je koristan ukoliko trenutna lokacija ima dovoljno prostora za proširenje te ukoliko postojeća lokacija ima prednosti u odnosu na druge. Troškovi proširenja su obično niži od troškova koje donose druge mogućnosti. |

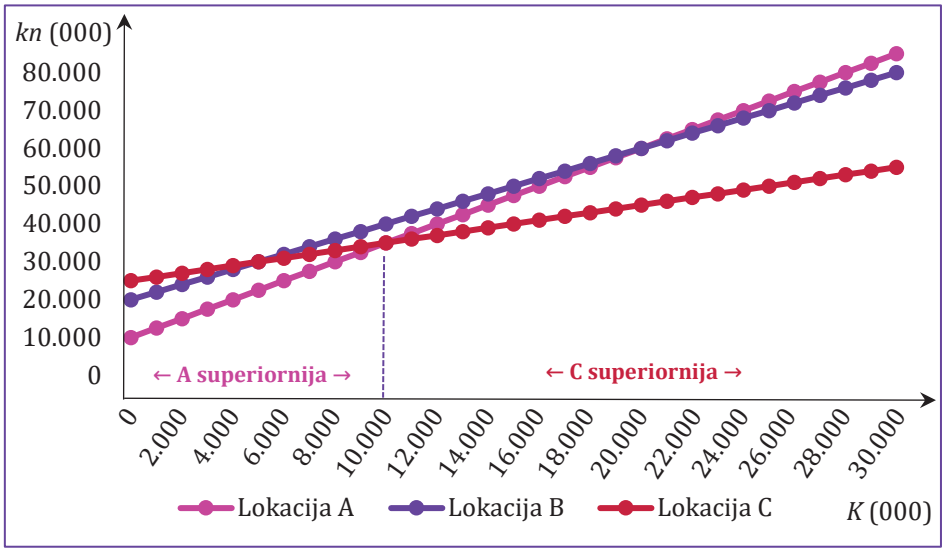
| | |
|---|---|
| ***Opcija otvaranja nove lokacije uz zadržavanje stare*** | Ovaj pristup se često koristi u maloprodaji. Kod ovog pristupa je važno uzeti u obzir koliko će nova lokacija utjecati na povećanje poslovanja. |
| ***Opcija zatvaranja trenutne lokacije i preseljenja na novu*** | Poduzeće mora procijeniti razliku između troškova i koristi preseljenja na novu lokaciju, kao i troškova i koristi ostajanja na trenutnoj lokaciji. |
| ***Opcija ne raditi ništa*** | Ako detaljna analiza potencijalnih lokacija ne rezultira takvim koristima koje jednu od prethodne tri opcije čini atraktivnom, poduzeće se može odlučiti da privremeno zadrži trenutnu lokaciju. |
| ***P*** | |
| ***Planiranje*** | Jedna od najvažnijih aktivnosti menadžmenta. Suština planiranja odnosi se na odabir između alternativnih pravaca djelovanja te definiranje aktivnosti i resursa potrebnih za njihovo ostvarivanje. |
| ***Planiranje kapaciteta*** | Može biti dugoročno, srednjoročno i kratkoročno.<br>*Dugoročno planiranje kapaciteta* (obično duže od 3 godine) odnosi se na planiranje postrojenja i opreme koje imaju dugo vrijeme izgradnje.<br>*U srednjoročnom razdoblju* (obično 12 do 18 mjeseci) može se dodavati oprema, osoblje i smjene, mogu se zaključiti podugovori te se mogu napraviti ili koristiti zalihe. Ovdje je riječ o agregatnom planiranju.<br>*U kratkoročnom razdoblju (obično do tri mjeseca),* orijentacija je primarno na raspoređivanju poslova i ljudi, kao i dodjeli strojeva. Promjena kapaciteta u kratkom roku vrlo je teška, budući da postoji ograničenje postojećim kapacitetom. |
| ***Plan razine kapaciteta*** | Ignoriranje promjena potražnje i održavanje aktivnosti na konstantnoj razini. |
| ***Plan potjere potražnje*** | Prilagođavanje kapaciteta tako da on odražava promjene u potražnji. |
| ***S*** | |
| ***Strategija vodećeg kapaciteta*** | Kapacitet se proširuje u očekivanju rasta potražnje. |
| ***Strategija prosječnog kapaciteta*** | Kapacitet se proširuje kako bi se podudarao s prosječnom očekivanom potražnjom. |
| ***Strategija kapaciteta koji zaostaje*** | Kapacitet se povećava nakon što se dokumentira porast potražnje. |
| ***Teorija lokacije*** | Objašnjava i prognozira odluke poduzeća vezane za smještaj svojih kapaciteta, kao i prostorni raspored gospodarskih djelatnosti kao zbroj pojedinačnih odluka poduzeća. |
| ***U*** | |
| ***Upravljanje potražnjom*** | Pokušaj promjene potražnje kako bi odgovarala raspoloživom kapacitetu. |

## 13.10. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Poduzeće želi proširiti svoje kapacitete. Analiziraju se tri lokacije: Lokacija A, Lokacija B i Lokacija C. Lokacija A ima ukupni fiksni trošak od 10.000.000 kn godišnje i prosječni varijabilni trošak od 2.500 kn; Lokacija B ima ukupni fiksni trošak od 20.000.000 kn godišnje i prosječni varijabilni trošak od 2.000 kn; dok Lokacija C ima ukupni fiksni trošak od 25.000.000 kn godišnje i prosječni varijabilni trošak od 1.000 kn.

a) Grafički prikažite ukupne fiksne i ukupne troškove za svaku lokaciju.
b) Koja vrijednost outputa pokazuje da je Lokacija A optimalna?
c) Koja vrijednost outputa pokazuje da je Lokacija B optimalna?
d) Koja vrijednost outputa pokazuje da je Lokacija C optimalna?

RJEŠENJE:
a) Grafički prikaz ukupnih fiksnih i ukupnih troškova za svaku lokaciju:




b) Lokacija A je optimalna do 10.000 proizvoda.
c) Lokacija B je superiornija u odnosu na Lokaciju C do 5.000 proizvoda (no tada je Lokacija A optimalna. Lokacija B je superiornija u odnosu na Lokaciju A od 20.000 proizvoda (no tada je Lokacija C optimalna). Moguće je zaključiti kako Lokacija B nije optimalna niti za jednu vrijednost outputa.
d) Lokacija C je optimalna kada je output veći od 10.000 proizvoda.

**Zadatak 2.** Metodom ocjene čimbenika želi se izabrati lokacija budućeg poduzeća. Čimbenici na temelju kojih se vrši procjena su: *ponuda rada, plaće rada, transport, bankarstvo, računalne usluge, uprava i nezaposlenost*, a njihove težine su redom kako slijedi: 0,10; 0,30; 0,10; 0,15; 0,20; 0,10; 0,05.

Vrijednosti svake lokacije po svakom čimbeniku date su u sljedećoj tablici:

| Čimbenici | Lokacija 1 | Lokacija 2 | Lokacija 3 |
|---|---|---|---|
| Ponuda rada | 40 | 80 | 70 |
| Plaće rada | 60 | 70 | 50 |
| Transport | 40 | 50 | 60 |
| Bankarstvo | 80 | 80 | 85 |
| Računalne usluge | 70 | 40 | 50 |
| Uprava | 5 | 30 | 10 |
| Nezaposlenost | 60 | 20 | 40 |

Od tri alternative pronađite optimalno rješenje modelom procjene čimbenika.

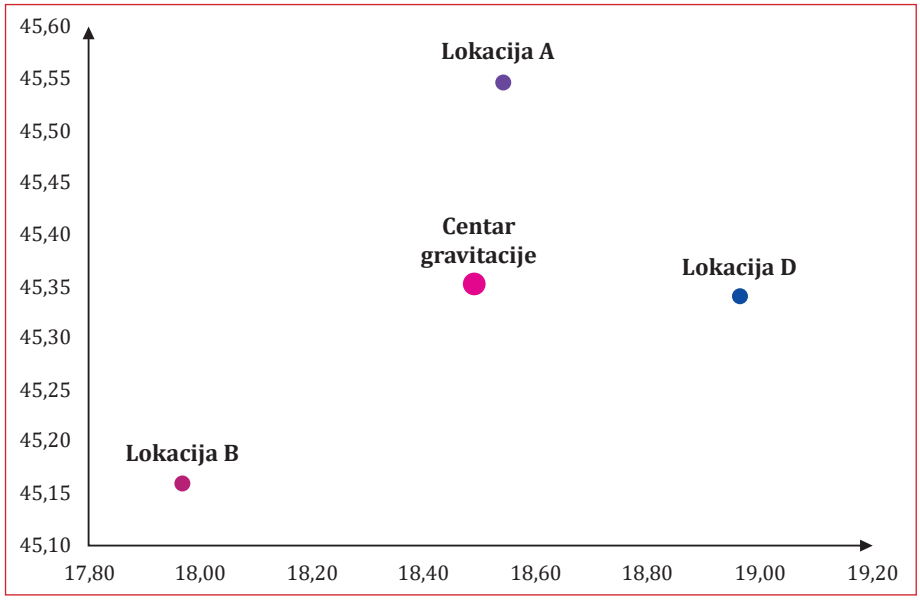
RJEŠENJE:
S obzirom da ukupni težinski rezultat za Lokaciju 1 iznosi 55,50, za Lokaciju 2 iznosi 58,00, te za Lokaciju 3 iznosi 53,75, za lokaciju budućeg poduzeća potrebno je izabrati Lokaciju 2.

**Zadatak 3.** Poduzeće treba odrediti koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) za lokacije koje su određene zemljopisnim položajem ($x_i$, $y_i$), kao što je navedeno u tablici koja slijedi. Točke na apscisi ($x_i$) predstavljaju geografske dužine promatranih lokacija, a točke na ordinati ($y_i$) predstavljaju geografske širine promatranih lokacija.

| Lokacija | Geografska | |
|---|---|---|
| | dužina ($x_i$) | širina ($y_i$) |
| Lokacija A | 18,545 | 45,546 |
| Lokacija B | 17,964 | 45,159 |
| Lokacija C | 18,964 | 45,341 |

a) Potrebno je odrediti koordinate lokacije poduzeća (centra gravitacije) ukoliko su sve promatrane lokacije jednako važne (nisu im dodijeljene težine temeljem količine transportiranih jedinica).
b) Grafički prikažite promatrane lokacije kao i lokaciju centra gravitacije.

RJEŠENJE:
a) Centar gravitacije je točka koja za apscisu ima vrijednost geografske dužine u iznosu 18,491, dok za ordinatu ima vrijednost geografske širine u iznosu 45,349.
b) Grafički prikaz promatranih lokacija kao i lokacije centra gravitacije:

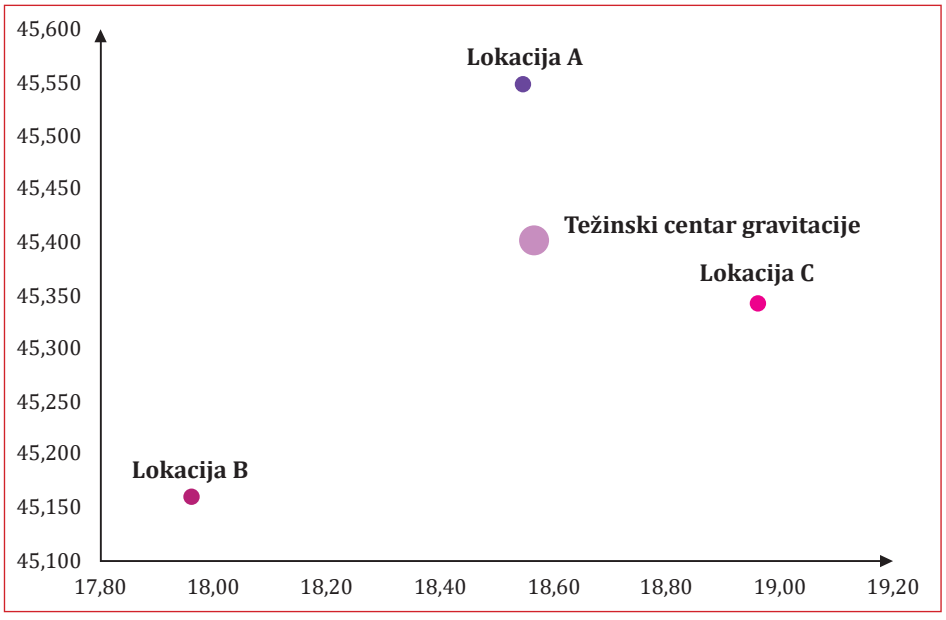



**Zadatak 4.** Poduzeće treba odrediti koordinate lokacije poduzeća (težinski centar gravitacije) za lokacije koje su određene zemljopisnim položajem ($x_i$, $y_i$) te težinama koje su određene temeljem količina transportiranih jedinica. Točke na apscisi ($x_i$) predstavljaju geografske dužine promatranih lokacija, a točke na ordinati ($y_i$) predstavljaju geografske širine promatranih lokacija. Svi navedeni podaci nalaze se u tablici koja slijedi.

| LOKACIJA | TEŽINA | Geografska | |
|---|---|---|---|
| | | dužina ($x_i$) | širina ($y_i$) |
| Lokacija A | 700 | 18,545 | 45,546 |
| Lokacija B | 300 | 17,964 | 45,159 |
| Lokacija C | 500 | 18,964 | 45,341 |

a) Odredite koordinate lokacije poduzeća (težinski centar gravitacije) ukoliko su promatranim lokacijama dodijeljene težine temeljem količina transportiranih jedinica, kao što je prikazano u prethodnoj tablici.
b) Grafički prikažite promatrane lokacije kao i lokaciju centra gravitacije.

RJEŠENJE:
a) Težinski centar gravitacije je točka koja za apscisu ima vrijednost geografske dužine u iznosu 18,568, dok za ordinatu ima vrijednost geografske širine u iznosu 45,400.
b) Grafički prikaz promatranih lokacija kao i težinskog centra gravitacije:


45,600
45,550
45,500
45,450
45,400
45,350
45,300
45,250
45,200
45,150
45,100
17,80
18,00
18,20
18,40
18,60
18,80
19,00
19,20
Lokacija A
Težinski centar gravitacije
Lokacija C
Lokacija B

## 13.11. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Što je kapacitet?
2. Po čemu se razlikuju dizajnirani i efektivni kapacitet?.
3. Kako je moguće mjeriti uspješnost korištenja kapaciteta nekog poslovnog sustava?
4. Po čemu se razlikuje mjerenje kapaciteta inputom u odnosu na output? Navedite primjere.
5. Koji su razlozi planiranja kapaciteta poduzeća?
6. Što je cilj strateškog planiranja kapaciteta?
7. Koje su posljedice neodgovarajućeg kapaciteta poduzeća?
8. Zbog čega su odluke o kapacitetu ključne za poduzeće?
9. Što znači planiranje kapaciteta prema vremenskom horizontu?
10. Koje se osnovne strategije temeljene na pravodobnosti proširenja kapaciteta koriste u odnosu na rast potražnje?
11. Koje su opcije dostupne za suočavanje s promjenama u potražnji?
12. Kako biste objasnili opciju *plana razine kapaciteta* za suočavanje s promjenama u potražnji?
13. Kako biste objasnili opciju *plana potjere potražnje* za suočavanje s promjenama u potražnji?
14. Kako biste objasnili opciju *upravljanja potražnjom* za suočavanje s promjenama u potražnji?
15. Što podrazumijeva lokacija poduzeća?
16. Što je zadatak teorije lokacije?
17. Zbog čeka su važne odluke o lokaciji?
18. Što je cilj donošenja odluke o lokaciji?
19. Koje razlike treba uzeti u obzir prilikom izbora lokacije za proizvodna i uslužna poduzeća?
20. Koje opcije stoje menadžmentu poduzeća na raspolaganju prilikom odlučivanja o lokaciji?
21. Koje prednosti i nedostatke poduzeće može imati od globalizacije svoga poslovanja?
22. Koje kriterije multinacionalna poduzeća trebaju uzeti u obzir prilikom izbora lokacije u stranoj zemlji?
23. Koje kriterije poduzeća trebaju uzeti u obzir prilikom odabira nacionalnog ili lokalnog tržišta za lokaciju kapaciteta?
24. Koji kriteriji utječu na odabir lokacije proizvodnog pogona u ovisnosti o djelatnosti?
25. Što utječe na određivanje lokacije uslužnih poduzeća?
26. Koji su koraci procesa odabira lokacije?
27. Koje se metode ocjenjivanja potencijalnih lokacija koriste?
28. Koje pretpostavke treba zadovoljiti da bi se primijenila lokacijska analiza troškova i količine (obujma)?
29. Koji su koraci potrebni za provođenje metode ocjene čimbenika?
30. Što je metoda centra gravitacije?

## LITERATURA


1. Barković, D. (2011). *Uvod u operacijski management*. Osijek: Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet
2. Briš Alić, M., Topolovac, J. i Baran, A. (2019). *Location analysis using geographic information system*. Interdisciplinary Management Research XV
3. Farahbakhsh, A. i Forghani, M. A. (2018). *Sustainable location and route planning with GIS for waste sorting centers, case study: Kerman, Iran*. Waste Management & Research
4. Goldratt, E. M. i Cox, J. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. 3rd rev. edition. North River Press. Great Barrington. Massachusetts
5. Grubišić, D. i Mateljak, Ž. (2013). *Međuovisnost zastupljenosti problema u planiranju kapaciteta, profitabilnosti i konkurentnosti proizvodnih poduzeća*. Ekonomska misao i praksa. br. 1.
6. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Pearson
7. Hill, A. V. (2019). The Encyclopedia of Operations Management. Clamshell Beach Press
8. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. 13. izdanje. Zagreb: Mate
9. Karić, M. (2009). *Ekonomika poduzeća*. Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera
10. Rupčić, N. (2018). *Suvremeni menadžment. Teorija i praksa*. Rijeka: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci
11. Russel, R. S. i Taylor B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*., 7th edition. Wiley&Sons
12. Sci tovski, R. i Briš Alić, M. (2016). *Grupiranje podataka*. Osijek: Odjel za matematiku Sveučilišta J. J. Strossmayera
13. Slack, N., Brandon-Jones A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson
14. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education
15. Šamanović, J. (2009). *Prodaja Distribucija Logistika (teorija i praksa)*. Split: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu

# 14. AGREGATNO PLANIRANJE

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *odrediti položaj agregatnog planiranja u odnosu na ostale planove u nadležnosti operacijskog menadžmenta*
- *navesti korake u procesu agregatnog planiranja*
- *navesti svrhu i ciljeve agregatnog planiranja*
- *navesti troškove koje razmatra agregatno planiranje*
- *navesti, opisati i usporediti alternativne pristupe usklađivanju proizvodnje i potražnje*
- *objasniti ekonomske posljedice odabira pojedinih strategija*
- *navesti metode korištene u agregatnom planiranju*
- *postaviti jednostavne modele linearnog programiranja u grafičkom i računskom obliku*
- *raspravljati o prednostima i slabostima pojedinih planskih alternativa.*

## 14.1. UVOD

Agregatno planiranje određuje planske razine proizvodnje kojima se optimalizira poslovanje za relativno kratko plansko razdoblje, najčešće u trajanju od 3 do 18 mjeseci. Agregatno planiranje ostvaruje utjecaj na neposrednu organizaciju proizvodnje, ali i na uspješnost ukupnog poslovanja. Naime, usklađujući proizvodnju s tržišnim potrebama, agregatno planiranje izravno utječe na robne i novčane tokove te se odražava na sve aspekte uspješnosti poslovanja.



Cilj je ovog poglavlja pojasniti pojam, smisao i pristupe agregatnom planiranju. Ukazat će se na tipske strategije agregatnog planiranja te čimbenike koji određuju pristup agregatnom planiranju. Na kraju poglavlja objašnjene su i kroz primjere prikazane jednostavnije metode agregatnog planiranja.

**Agregatno planiranje** predstavlja aktivnost operacijskog menadžmenta koja postavlja strateško promišljanje o tržišnom poslovanju poslovnog subjekta u okviru dostupnih proizvodnih resursa**.** Ekonomski značaj agregatnog planiranja proizlazi iz činjenice da se agregatnim planiranjem sagledavaju poslovne okolnosti (potražnja na prodajnim tržištima, odnosi među poslovnim subjektima, cijene na nabavnim tržištima i interni kapaciteti) sa svrhom donošenja plana optimalnog angažiranja proizvodnih resursa u predstojećem planskom razdoblju. Pogrešne procjene u fazi agregatnog planiranja mogu dovesti do nedovoljne iskorištenosti proizvodnih kapaciteta, prevelikih ili nedovoljnih zaliha, do gubitka potrošača te drugih nepoželjnih učinaka.

Tipični ciljevi agregatnog planiranja vežu se uz efikasnost, tj. minimalizaciju ulaganja i/ili maksimalizaciju ishoda operacijskih procesa, primjerice:[433]

- minimalizaciju troškova, odnosno maksimalizaciju dobiti
- maksimalizaciju razine usluge

[433] Prema: Krajewski, L. J. i Ritzman, L. P. (1996). *Operations Management: Strategy and Analysis.* 4th editon. Addison-Wesley Publishing Company. str. 594.

- minimalizaciju ulaganja u zalihe
- minimalizaciju promjene ritma proizvodnje
- minimalizaciju potreba za promjenama razina zaposlenosti djelatnika
- maksimalizaciju razine iskorištenosti postrojenja i opreme.

Agregatno planiranje ima zadatak uskladiti navedene ciljeve, odnosno postići optimalnu ravnotežu između suprotstavljenih ciljeva.

Prema Dilworthu, dva ključna kriterija određuju hoće li agregatno planiranje ispuniti svoju ulogu. To su izvedivost i efikasnost. **Izvedivost** (engl. *feasibility*) govori o realnosti postavljenog plana, odnosno tehničko-tehnološkim i financijskim mogućnostima izvršenja planiranog. **Efikasnost** adresira pitanje ekonomičnosti raspolaganja resursima, to jest utvrđuje kako postići planske razine aktivnosti uz minimalna ulaganja.[434]

U kontekstu ukupnih aktivnosti prognoziranja i planiranja koje provodi operacijski menadžment, **položaj agregatnog planiranja** se nalazi na srednjoj planskoj razini. Hijerarhijski je sljednik strateškom planiranju, a prethodnik je terminskom planiranju. Vremenski horizont agregatnog plana kraći je od vremenskog horizonta strateškog plana, a duži od vremenskog horizonta terminskog plana.[435]

Pogleda li se sadržaj operacijskih planova, strateško planiranje brine o razvoju proizvodnih kapaciteta. Ono polazi od dugoročnih projekcija tržišnih trendova[436] temeljem kojih pokreće nabavku ili dogradnju opreme. Stoga često zahtijeva značajnija investicijska ulaganja. Kod agregatnog planiranja polazi se od srednjoročnih projekcija potražnje i/ili već postojećih narudžbi. Agregatno planiranje sagledava raspoložive razine resursa i procjenjuje mogućnosti prilagodbe. Kad su jednom utvrđeni raspoloživi resursi, uspoređuju se alternativne mogućnosti njihovog angažiranja s obzirom na zahtjeve tržišta i očekivane ekonomske učinke.[437]

Sam izraz agregatno upućuje na skupnost, odnosno povezanost**.** Agregatni plan zapravo je **zajednički (povezani) plan za skupine proizvoda i usluga** koje koriste **zajedničke resurse**. Dakle, agregatnim se planom definira ukupni plan proizvodnje u kojem se planske količine određuju pojedinačno za svaku skupinu i/ili tip proizvoda.

Agregatni plan se potom razrađuje, odnosno *„dezagregira"* kroz tzv. **glavni plan (engl. *master plan*)**. Glavni plan moguće je predstaviti u obliku tablice ili matrice. Po jednoj se osi navodi popis svih proizvoda, a po drugoj vremenski termini izvršenja iskazani danima, tjednima ili mjesecima. Primjer glavnog plana proizvodnje piva prikazuje tablica 14.1. u kojoj su pri vrhu

434 Dilworth, J. B. (1993). *Production and Operations Management.* McGraw-Hill. 5th edition. str. 152.

435 O vrstama planova prema vremenskom horizontu bilo je riječi u poglavlju 13. Tada se razmatralo i srednjoročno planiranje u čijem fokusu je bilo planiranje kapaciteta. U ovom poglavlju detaljnije će se objasniti planiranje svih resusra, u srednjoročnom razdoblju, potrebnih za uspješno poslovanje poduzeća. Slično tome, u poglavlju 15 će se detaljnije objasniti termininiranje (kratkoročno planiranje).

436 Trendovi koji određuju dugoročni razvoj tržišta su mnogostruki. Vezuju se uz razvoj tehnologije, ponašanje konkurencije (osobito investicijske aktivnosti konkurenata), demografske promjene, trajnije promjene očekivanja potrošača i druge čimbenike. Takve trendove agregatno planiranje ne analizira. Ono polazi od postojećeg i zadanog i nastoji povećati ekonomsku efikasnost tekućeg poslovanja.

437 Primjerice, privremeno zapošljavanje dodatnih djelatnika i/ili angažiranje kooperanata u slučaju periodičnog povećanja potražnje.

agregirane količine, dok se u redcima u donjem dijelu tablice navode dezagregirane količine, odnosno planirane količine prema vrsti proizvoda.

***Tablica 14.1. Glavni plan proizvodnje piva po tjednima (planska jedinica = broj sanduka)***

| Planirane količine | Tjedan | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Agregatni plan | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 330 | 200 |
| Glavni plan: | | | | | | | |
| Svijetlo pivo | 200 | 200 | 250 | 250 | 250 | 180 | 150 |
| Tamno pivo | 100 | 150 | 100 | 0 | 100 | 100 | 50 |
| Crveno pivo | 50 | 0 | 0 | 100 | 0 | 50 | 0 |

Glavni plan je svojevrstan kalendar aktivnosti koji sadrži popis i planirane količine svih proizvoda koji se namjeravaju proizvesti u predstojećem planskom razdoblju**.**

Stevenson[438] navodi da bi svako proizvodno poduzeće moralo imati osobu ili osoblje koje sastavlja glavni plan kako bi mogli procijeniti kako će se promjene na tržištu ili u narudžbama odraziti na izvršenje planova proizvodnje i uspjeh poslovanja. Pravodobno uočavanje problema nužno je da bi se predvidjele potrebne korektivne radnje i time umanjili troškovi prilagodbe, te izbjegli konflikti među osobljem.

## 14.2. OBUHVAT AGREGATNOG PLANIRANJA

Kroz ovo poglavlje nastoji se ilustrirati složenost i raznolikost mogućih pristupa agregatnom planiranju. Tome prvenstveno služe završni dijelovi svake od obuhvaćenih tema u ovom poglavlju. Naime, ono što se udžbenicima nastoji pojednostavniti i ujednačiti, u poslovnoj praksi poprima oblike prilagođene tržišnom položaju te sposobnostima i ciljevima svakog poslovnog subjekta.

Agregatno planiranje je proces. Uobičajeni **koraci postupka agregatnog planiranja** uključuju sljedeće aktivnosti:[439]

1. utvrđivanje razine potražnje za iduće plansko razdoblje
2. utvrđivanje raspoloživih kapaciteta opreme (vlastite: ugrađene i radne; raspoložive u kooperaciji)
3. izračun troškova rada i procjenu mogućnosti i troškova dodatnog zapošljavanja
4. utvrđivanje politike zaliha, kapaciteta držanja zaliha i razine troškova zaliha
5. razvijanje alternativnih agregatnih planova/scenarija
6. procjenu ekonomskih učinaka proučenih alternativa
7. prihvaćanje agregatnog plana - odabir najpovoljnije alternative.

Više autora nudi slične popise koraka. Manje je bitno kako će koji autor sistematizirati korake, važniji je smisao cijeloga postupka. Osnovni smisao postupka agregatnog planiranja je stvoriti

[438] Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. McGraw Hill Education. str. 478.

[439] Prilagođeno prema: Heizer, J. i Render, B. (2011). *Principles of Operations Management*. Pearson Education Inc. 8th global edition. str. 550.

podlogu za **procjenu tehnoloških mogućnosti i komparativnih ekonomskih učinaka** koje je moguće postići alternativnim planskim kombinacijama.

Agregatno planiranje promatra raspoložive kapacitete, ne kao apsolutno fiksne, već kao djelomično prilagodljive (engl. *adjustable capacity*). Na stanovit način, **agregatno planiranje čini proizvodne mogućnosti fleksibilnima** budući da uvijek iznova, uvažavajući neposredne poslovne okolnosti, prilagođava raspoložive resurse poslovnim prilikama.

Potrebno je napomenuti da se agregatno planiranje ne osvrće isključivo na vlastite resurse. Stoga se ponekad u literaturi, pri obrazlaganju područja zanimanja agregatnog planiranja, susreće i pojam **upravljanje potražnjom** (engl. *demand management*). Po sadržaju poslova, upravljanje potražnjom uključuje: prognoziranje potražnje, preuzimanje ili evidentiranje narudžbi, definiranje rokova isporuke uz praćenje/usklađivanje potreba za skladištenjem, uočavanje međuzavisnosti narudžbi te njihovo usklađivanje prilikom nabavljanja materijala, izrade i organizacije usluga koje isporuku prate.[440] Upravljanje razinama potražnje moguće je i kroz različite tržišne napore, kao što su promidžbene aktivnosti, politike cijena i slično.[441] Smisao svih navedenih aktivnosti istovjetan je opisu zadaće agregatnog planiranja, odnosno tržišne aktivnosti pridonose **optimalizaciji korištenja raspoloživih resursa**.

Kako je već istaknuto, svrha je agregatnog planiranja prepoznati ekonomske implikacije odabranog agregiranog plana proizvodnje. Odluka o proizvodnji točno određenog spleta konkretnih artikala u predviđenom vremenu odrazit će se na ukupnu razinu iskorištenja raspoloživih kapaciteta. Agregatnim planom optimalizirat će se način raspolaganja kritičnim kapacitetima, primjerice raspoređivanje raspoloživih vremena obrade u onim fazama procesa koja predstavljaju uska grla. Razlog je taj što je ukupna količina planiranih proizvoda i usluga, a time i dodana vrijednost koju je moguće realizirati u idućem planskom razdoblju, ograničena kapacitetima onih radnih mjesta na kojima se kapaciteti koriste najvećim intenzitetom.

U nastavku slijedi prikaz promišljanja dvaju autora (Schroeder i Stevenson) u pogledu definiranja obuhvata sustava agregatnog planiranja. Oba ukazuju na kritična pitanja koja zadiru u ciljeve, informacijski obuhvat, proces i postupke agregatnog planiranja.

Schroeder smatra potrebnim napomenuti da se **agregatnim planiranjem ne povećavaju fizički kapaciteti proizvodnje.**[442] Pri tome misli na ugrađeni (ili nazivni) kapacitet opreme. Njega kratkoročno, tj. unutar jednog ciklusa agregatnog planiranja, u pravilu nije

[440] Gaither, N. (1992). *Production and Operations Management.* Dryden Press International Edition. 5th edition. str. 368.

[441] Razne promotivne akcije, premda predstavljaju trošak, koriste se da bi se privremeno povećala potražnja na tržištu. Smisao takvog ulaganja često su uštede koje će se postići optimaliziranjem veličine serija ili općenito boljim korištenjem kapaciteta opreme u operativnom dijelu poslovanja. Također, poveća li oglašavanje prodaje proizvoda, vjerojatno će porasti doprinos tog proizvoda pokriću fiksnih troškova, ili može doći do oslobađanja skladišnog prostora, a možda i optimalizacije iskorištavanja transportnog kapaciteta. U nekim djelatnostima, poput hotelske djelatnosti, optimalizacija poslovnih i financijskih učinaka, uz minimalna dodatna ulaganja, nastoji se postići upravo utjecanjem na potražnju. Tako će hoteli na hrvatskoj obali politikom cijena pokušati preusmjeriti dio potencijalnih gostiju da svoj boravak rezerviraju u razdoblju izvan glavne sezone, a onda će prema rezervacijama određivati u kojim će razdobljima angažirati dodatne radnike. Slično tome, restorani mogu organizirati događanja, primjerice *dane šparoga*, pa oglašavanjem i posebnim jelovnicima privlačiti goste u proljeće; ili će kafić organizirati *Happy hour,* odnosno ponudu po sniženim cijenama u doba dana ili dane u tjednu kad su posjete uobičajeno manje.

[442] Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje.* 4. izdanje. Zagreb: Mate. str. 441.

moguće povećati. Međutim, agregatni plan ponekad može predstavljati polazište za angažiranje dodatnih resursa. Većinom je riječ o resursima koje ekonomisti označavaju kao varijabilne resurse u kratkoročnom razdoblju. U tu skupinu spadaju direktan rad i materijal izrade.[443] No, nije isključeno da se agregatnim planiranjem predvidi i povećanje razine korištenja proizvodnih čimbenika koji su „fizički" uvjetovani. Primjerice, ukoliko se relativno kratkoročno očekuje povećana tržišna potražnja, a poduzeće ne raspolaže s dovoljno opreme, može razmotriti mogućnosti privremenog povećanja raspoloživih kapaciteta kroz uspostavljanje suradnje s drugim poduzetnicima. Dapače, u nekim djelatnostima kao što je građevinarstvo, podugovaranje radova na izvršenju složenih projekata predstavlja uobičajeni način poslovanja.

Definiranje obuhvata agregatnog planiranja Stevenson „rješava" tako što **agregatno planiranje vezuje uz sve oblike raspoloživih resursa**.[444] Time obuhvaća i vlastite kapacitete koji rade u regularno previđenom vremenu, ali i kapacitete koje je moguće angažirati kod kooperanata.

Pristup definiranju obuhvata agregatnog planiranja nipošto nije isključivo teorijsko pitanje. Veže li se agregatno planiranje uz cilj optimalizacije iskorištavanja vlastitih resursa, primjerice kapaciteta određene opreme, prikupljanje podataka o resursima prilagodit će se tom cilju. Poduzeće koje naglašava problem optimaliziranja plana proizvodnje polazeći od vlastitih fiksnih resursa, najvjerojatnije će prikupljati manje podataka o raspoloživim mogućnostima angažiranja proizvodnih resursa drugih poduzetnika. Posljedice fokusiranja pažnje na manji broj resursa su dvojake. S jedne strane pojednostavljuju sam proces planiranja (prikupljanja i analize podataka), ali s druge umanjuju raspon raspoloživih planskih alternativa.



## 14.2.1. Vremenski horizont agregatnog planiranja

Pojednostavljeno, agregatno planiranje moguće je definirati kao provedbenu razinu strateških odluka donesenih temeljem prognoziranja potražnje. To znači da je vremenski ciklus agregatnog planiranja nužno kraći od vremenskog ciklusa strateškog planiranja. No, koji će se vremenski raspon smatrati prikladnim razdobljem za agregatno planiranje, ovisit će o specifičnim poslovnim prilikama svakog poslovnog subjekta.

Najčešće se agregatni planovi izrađuju za jednogodišnje razdoblje i služe kao orijentacijski planovi za provjeru stanja resursa (kapaciteta kao mjere iskorištenosti resursa) i njihovu eventualnu nadogradnju. Većina organizacija preferira godišnje razdoblje jer se u tom razdoblju verificiraju godišnji financijski planovi. No, ovisno o specifičnostima nekog proizvodnog sustava, agregatno planiranje može obuhvatiti duža ili kraća razdoblja. Tako je moguće naći mišljenja da normalno razdoblje agregatnog planiranja korespondira s trajanjem od jednog poslovnog ciklusa, to jest razdoblja koje pored vremena izrade (efektivno vrijeme proizvodnje), uključuje i vrijeme potrebno za pripremu proizvodnje, primjerice vrijeme za naručivanje materijala, te vrijeme za opremanje i otpremu gotovih proizvoda. Poslovni subjekti koji proizvode širi raspon

[443] Poduzeće može povećati kapacitet proizvodnje tako što će privremeno angažirati dodatno osoblje ili pak postojeće radnike prekovremeno. Također, agregatnim se planiranjem razmatraju mogućnosti prilagodbe aktivnosti nabave i skladištenja dodatnih količina materijala. Sve ove okolnosti mogu utjecati na visinu troškova proizvodnje i, kao takve, relevantne su za agregatno planiranje.

[444] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 468.

proizvoda, obično će trajanje ciklusa agregatnog planiranja odrediti prema trajanju proizvodnog ciklusa proizvoda s najduljim razdobljem izrade.[445]

Dva čimbenika određuju koji će biti fokus agregatnog planiranja, te koji je planski horizont agregatnog planiranja pojedinoj organizaciji najprimjereniji. Jedan od njih je **dinamičnost djelatnosti** u kojoj poduzeće posluje, a koju određuju brzina tehnološkog razvoja, kao i brzina promjene tržišnih trendova. Često će poduzeća koja posluju na dinamičnim tržištima preferirati kraće intervale u donošenju agregatnih planova.

Brzina razvoja djelatnosti govori o očekivanom eksploatacijskom i/ili komercijalnom vijeku opreme. Riječ je o očekivanom razdoblju u kojem je opremu potrebno amortizirati. U djelatnostima s brzim i radikalnijim tehnološkim, odnosno tržišnim promjenama, slabije iskorištavanje kapaciteta značajno povećava vjerojatnost da investicija u specijaliziranu opremu neće biti amortizirana tijekom komercijalnog vijeka opreme. Stoga, budući da većina poduzetnika nije u mogućnosti znatnije utjecati na tehnološke i tržišne promjene, agregatnim će planiranjem pokušati povećati/održati visoku iskorištenost opreme kao kritičnog resursa.

Drugi čimbenik se odnosi na **složenost poslovanja**. Kao što je već spomenuto u ranijim poglavljima, tehnička složenost proizvoda znači i složeniji tijek proizvodnog procesa. U sustavima koji proizvode u serijama, odnosno tamo gdje je moguće s istom opremom proizvoditi više vrsta ili varijacija proizvoda, neravnomjernost korištenja kapaciteta bit će očekivana poslovna okolnost. Za takve sustave, s inherentno neravnomjernom potrebom za angažiranjem proizvodnih kapaciteta, agregatno planiranje može značajno unaprijediti ukupnu efikasnost poslovanja. Ustvari, svaka neujednačenost, bilo u količinama, bilo u rokovima, bilo u oblikovanju ili sastavu proizvoda,[446] donosit će povećane izazove agregatnom planiranju.

Svi čimbenici poslovanja, kako vanjske okolnosti poslovanja, tako i interna organizacijska rješenja samog poduzetnika, utječu na dinamiku prihoda i rashoda. Stoga su relevantni da budu obuhvaćeni agregatnim planiranjem.

## 14.2.2. Informacijski zahtjevi agregatnog planiranja

Da bi se mogao odabrati ekonomski najpovoljniji agregatni plan proizvodnje, potrebno je raspolagati odgovarajućim informacijama. Tri su osnovne skupine informacija potrebne za izračun isplativosti određenog proizvodnog plana:

- tehničko-tehnološke informacije
- informacije o financijskim parametrima poslovanja
- informacije o tržišnim prilikama.

Prvu skupinu čine podaci vezani uz oblikovanje proizvoda ili usluge te proces njihove izrade. Količine zahtijevanih materijala ili procesi obrade izražavat će se u mjernim jedinicama. One odražavaju potrebe za resursima koje angažira svaki tip proizvoda predviđen u agregat-

[445] Dilworth, J. B. (1993). *op.cit*. str. 149.

[446] Neke od okolnosti koje utječu na način raspolaganja proizvodnim kapacitetima jesu učestalost i vrijeme trajanja aktivnosti projektiranja ili dorade proizvoda, politika personalizacije proizvoda i usluga koja zahtijeva uključivanje zahtjeva kupaca/korisnika usluga.

nom planu proizvodnje, primjerice broj sati obrade na određenom strojnom mjestu ili količinu određenog materijala izrade. Informacije o raspoloživim resursima, primjerice zalihama te proizvodnim i skladišnim kapacitetima, također pripadaju u ovu skupinu. Izvor svih navedenih informacija je u samoj operacijskoj funkciji.

Druga skupina informacija dobiva se računovodstvenim praćenjem i financijskim analizama. Informacije koje su potrebne za agregatno planiranje uključuju informacije o troškovima, prodajnim cijenama, profitnim maržama i sl. Osim spoznaja o troškovima izvođenja proizvodnje s vlastitim resursima, potrebno je posjedovati i informacije o troškovima prilagodbe (dogradnje) resursa. Ove se informacije oblikuju kroz suradnju operacijske funkcije i računovodstveno-financijske funkcije.

Treća skupina informacija je ona o kretanju ili prognozi potražnje, te podaci o već ispostavljenim narudžbama. Ove su informacije operacijskom menadžmentu dostupne kroz suradnju funkcija nabave i prodaje.

Iz prethodno izloženog slijedi da je agregatno planiranje složen proces koji zahtijeva koordinaciju više funkcijskih područja u poduzeću. Agregatni planovi usklađuju planove tri ključne skupine poslovnih funkcija: operacijske funkcije, funkcije vezane uz tržišno poslovanje (nabavna funkcija, prodajna funkcija i marketing) te financijsko-računovodstvene funkcije. Složenost potrebnih informacijskih sadržaja zahtijeva da se prilikom agregatnog planiranja sustav proizvodnje pojednostavi u vidu **modela proizvodnje** u kojima se planirane količine proizvoda i razina korištenja odabranih resursa izražavaju u planskim mjernim jedinicama.



### *14.2.2.1. Jedinica ekvivalentnog proizvoda/usluge*

Agregatno planiranje planira proizvodnju u planskim jedinicama. Jedna planska jedinica odražava prosječni utrošak potrebnih proizvodnih inputa. Otuda i pojam ekvivalentnog proizvoda. Dilworth čak koristi izraz „pseudoproizvod", odnosno fiktivni proizvod, za obilježavanje jedinica proizvoda u agregatnom planiranju.[447]

Hrvatski jezični portal pojam *ekvivalentan* definira kao „jednak po vrijednosti, broju, veličini ili čemu mjerljivom u odnosu jednakosti prema čemu drugome; istovrijedan, istoznačan, jednakovrijedan."[448] **Jedinica ekvivalentnog proizvoda/usluge** definira se kao mjera angažiranja, tj. računska vrijednost utroška, resursa potrebnog za dobivanje proizvoda ili usluge.

To znači da su proizvodi u agregatnom planiranju prilično grubo određeni. Za agregatno planiranje proizvod je prvenstveno kombinacija onih (kritičnih) resursa čije se korištenje želi predvidjeti agregatnim planom.[449] Budući da često različiti tipovi proizvoda koriste iste resurse, ali svaki tip proizvoda traži različite količine ulaznih resursa, mora postojati mogućnost da se utrošci kritičnih resursa po svim proizvodima izraze u nekoj zajedničkoj mjernoj jedinici. Koliko će kojeg resursa biti potrebno za proizvodnju nekog proizvoda ili za generiranje neke usluge, ovisit će o tehničko-tehnološkim čimbenicima. Kad je moguće, osobito kada je riječ o

[447] Dilworth, J. D. (1993). *op.cit.* str.148.

[448] http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=fF1vXBg%253D, pristup: 27.06.2018.

[449] Napomena: U agregatnom planiranju kritični su oni resursi koji određuju vršnu razinu aktivnosti, odnosno zadaju ograničenja u pogledu raspoloživih mogućnosti povećanja razine proizvodnje u okvirima postojećih reusrsa.

vrijednim resursima, mjera angažiranja resursa nastojat će se izraziti u naturalnim pokazateljima. Radi jednostavnosti, angažirani resursi mogu se izražavati i u financijskim vrijednostima.

Osnovna svrha korištenja jedinice ekvivalentnog proizvoda leži u izračunu ukupno potrebnih proizvodnih resursa. Jedna jedinica ekvivalentnog proizvoda može povezivati (agregirati) više varijacija stvarnih proizvoda. Plan proizvodnje izrađen korištenjem agregiranih proizvoda daje grubu projekciju potrebnih resursa troškova i najčešće je dovoljna podloga za **uspoređivanje koristi i troškova alternativnih planova proizvodnje.** Jedinica ekvivalentnog proizvoda/usluge osobito je važna za provjeru raspoloživosti opreme. Agregatno planiranje provjerava izvedivost proizvodnog plana i utvrđuje ekonomske posljedice alternativnih mogućnosti angažiranja kapaciteta. Agregatno planiranje je posebno značajno za procjenu **vršnih opterećenja fiksnih kapaciteta**, odnosno usporedbu potrebnog i raspoloživog vremena zauzimanja onih kapaciteta koje nije moguće nadograditi u kratkom roku.

Jedinice ekvivalentnog proizvoda podloga su za razne oblike financijsko-računovodstvenog praćenja proizvodnje, kao i za praćenje uspješnosti sveukupnog poslovanja. Upotreba jedinica ekvivalentnog proizvoda nadilazi potrebe agregatnog planiranja. Naime, već prilikom donošenja dalekosežnih odluka, primjerice onih o odabiru vrste proizvodne opreme, razmatrat će se kapacitet opreme kroz jedinice ekvivalentnog proizvoda. Poduzeće će zanimati raznolikost tipova proizvoda/usluga koje će biti moguće proizvesti navedenom opremom (fleksibilnost proizvodnog asortimana); vrijeme trajanja tehnoloških operacija za izvedbu jedne jedinice proizvoda; potrebna vremena prilagodbe postrojenja prilikom prijelaza s proizvodnje jednog proizvoda (ili serije) na drugi, kako bi se primjereno alocirali troškovi amortizacije među inačicama ili vrstama proizvoda koje se namjerava proizvoditi; potencijalni doprinos svakog proizvoda pokriću fiksnih troškova poslovanja itd. Amortizacija opreme može proizvodnim poduzećima predstavljati značajan udio u strukturi cijene koštanja pojedinog proizvoda. Poduzeća se služe različitim metodama izračuna pripadajućih troškova amortizacije koje terete pojedini proizvod.[450]

### *14.2.2.2. Informacije (varijable) u agregatnom planiranju*

Ako se informacije potrebne za agregatno planiranje (tehničko-tehnološke, financijske i tržišne) povežu sustavom jednadžbi, dobiva se polazište za izračun ekonomske opravdanosti pojedinih planskih alternativa. **Agregatno planiranje služi se modelima proizvodnje**. Svaki model pojednostavljeni je prikaz stvarnosti. Naime, u stvarnom svijetu mnogobrojni **čimbenici** utječu na tržište i konkurentski položaj pojedinog poduzetnika. Prepoznajući te okolnosti, poduzetnik formira informacijsku podlogu koja mu služi za oblikovanje modela proizvodnje. **Informacije predstavljaju kodificirana znanja o okolnostima poslovanja**.[451] Na temelju raspoloživih informacija o poslovnoj okolini te informacija o vlastitom poslovnom sustavu, operacijski menadžment oblikovat će modele „ponašanja" vlastitog operacijskog sustava. Stavke modela čija se vrijednost može mijenjati zovemo **varijablama**.

[450] Zainteresirane osobe mogu više informacija o izračunu cijene koštanja proizvodnje za jedan proizvod pronaći u radovima koji se bave računovodstvom troškova.

[451] Informacije su objektivna i strukturirana znanja, pogodna za obradu i prenošenje, za razliku od osobnih (subjektivnih) dojmova. Zainteresirane osobe mogu više saznati pretražujući tekstove koji se bave informacijskom znanošću, primjerice: https://www.tlu.ee/~sirvir/Information%20and%20Knowledge%20Management/Key_Concepts_of_IKM/tacit_and_explicit_knowledge.html

Modeli proizvodnje uvažaju ograničen broj informacija (varijabli), što znači da se mnoge odrednice uspješnosti poslovanja zanemaruju, te da se **pažnja koncentrira na kritične resurse**. Do optimalnog agregatnog plana dolazi se variranjem vrijednosti pojedinih stavki u modelu proizvodnje. Drugim riječima, operacijski menadžment pokušat će razviti različite opcije proizvodnih planova te provjerom njihovih ekonomskih implikacija doći do optimalnog agregatnog plana. Primjer različitih opcija agregatnog plana moći će se vidjeti u točki 14.4.

Uobičajene informacije koje se prikupljaju za potrebe agregatnog planiranja uključuju podatke o:[452]
- broju i strukturi zaposlenih radnika
- raspoloživim mogućnostima/uvjetima podugovaranja proizvodnje (kooperaciji)
- raspoloživim mogućnostima/uvjetima za prekovremeni rad
- razinama i vremenu potrebnom za stvaranje i trošenje zaliha
- mogućnostima odgode isporuke proizvoda ili odgode pružanja usluga
- mogućnostima utjecanja na potražnju.

Iz gornjeg popisa vidljivo je da se tek dio informacija odnosi na kapacitete koji već postoje u poduzeću. To su informacije koje operacijski menadžment redovito prati i obrađuje i koje odražavaju redovno operativno poslovanje. Dio informacija vezanih uz troškove nadogradnje sustava ponekad treba tražiti od drugih službi u poduzeću. Izvjesno je da je stanovita elastičnost proizvodnog sustava uvijek moguća, premda prilagodbe **zahtijevaju dodatne troškove**. Jedan od tih troškova (dodatnih napora) je i traženje informacija o raspoloživosti alternativnih izvedbi plana proizvodnje. Kada, osim podataka o visini (i strukturi) cijene koštanja pojedinog proizvoda/usluge, postoji i mogućnost izražavanja troškova dodatnog angažiranja resursa, moguć je izračun financijskih učinaka alternativnih verzija agregatnih planova.



## 14.2.3. Ekonomske odrednice agregatnog planiranja

Osnovni ciljevi agregatnog planiranja su ekonomsko-poslovne naravi. Premda se mogu izraziti na različite načine, uglavnom se izražavaju kao funkcija cilja minimalizacije ili maksimalizacije određene varijable:[453]
- minimalizaciju troškova ili maksimalizaciju dobiti
- maksimalizaciju razine usluga (usklađenosti s potrebama potrošača)
- minimalizaciju ulaganja u zalihe
- maksimalizaciju vremena korištenja opreme/postrojenja
- minimalizaciju vremena i troškova prilagodbe opreme/postrojenja
- minimalizaciju troškova promjene razine zaposlenosti.

Uspješnost, kako poslovanja, tako i agregatnog planiranja, moguće je utvrditi kroz analizu troškova, prihoda i financijskog rezultata. Izražavanje u financijskim vrijednostima je egzaktno i praktično za korištenje pri izračunu poželjnosti pojedinih planskih alternativa. Budući da se kod agregatnog planiranja razmatra relativno kratko razdoblje poslovanja, uobičajeno se pretpostavlja stabilnost troškova i tržišnih cijena.

[452] Prilagođeno prema: Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit*. str. 459.
[453] Prilagođeno prema: Krajevski, L. J. i Ritzman, L. P. (1996). *op.cit*. str. 594.

**Troškovi** koje razmatra agregatno planiranje mogu se podijeliti u tri skupine:
- osnovni troškovi proizvodnje
- troškovi vezani uz prilagodbu (promjenu, usklađivanje) razina proizvodnje i sastav proizvodnog programa
- troškovi stvaranja i držanja zaliha.

**Prihodi** koji proizlaze iz agregatnog plana izračunavaju se kao umnožak planiranih količina proizvoda i prodajne cijene. Razlika prihoda i rashoda ukazuje na **poslovni rezultat**, dobit u slučaju da su prihodi viši od rashoda, odnosno gubitak ako rashodi premašuju prihode.

Potrebno je istaknuti da je dobar dio pitanja i odgovora koji se postavljaju prilikom agregatnog planiranja specifičan za pojedini poslovni sustav. Ovisno o kontekstualnim čimbenicima, pojedina poduzeća razmatrat će različite alternative agregatnih planova. Premda svi pristupi nastoje uz što manje troškova prilagoditi raspoložive kapacitete vršno planiranim količinama proizvodnje, svaki je pogodan za određene okolnosti poslovanja. Koji će pristup ili kombinaciju pristupa poduzeće odabrati, ovisit će o obilježjima vlastitog poslovnog sustava i obilježjima poslovne okoline. Popis pitanja i alternativnih pristupa s kojima se susreću poslovni sustavi u stvarnom svijetu je praktički neograničen. Neke od njih pokušat će se približiti čitatelju u nastavku.

## 14.2.4. Pristupi usklađivanju proizvodnje i potražnje

Nema jednoznačnog niti konačnog popisa čimbenika relevantnih za agregatno planiranje. Okolnosti koje će poduzeće uzeti u razmatranje prilikom donošenja agregatnih planova u pravilu odražavaju obilježja potražnje unutar djelatnosti u kojoj poduzeće posluje, primjerice, sezonska priroda potražnje obilježava djelatnosti u kojima potražnja ovisi o godišnjim dobima ili vremenskim prilikama.

Treba ipak spomenuti da će ponekad kriteriji u donošenju agregatnog plana biti vezani uz procese koji vremenskim trajanjem nadmašuju razdoblje ciklusa agregatnog planiranja. Često je riječ o procesima tipičnima za određenu djelatnost. No, ponekad i okolnosti institucionalne prirode, primjerice promjene u zakonskom normiranju privremenog i/ili prekovremenog rada, mogu biti središnji čimbenik kojem će se poduzeće pokušati prilagoditi u određenom ciklusu agregatnog planiranja.

Tablica 14.2.[454] uspoređuje tri varijacije pristupa agregatnom planiranju proizvodnje. Osim što navodi inačice svakog pristupa, posebno ističe metode, troškove i ekonomske implikacije, tj. primjedbe koje se vezuju uz svaki pojedini pristup. Tablica služi prvenstveno kao ilustracija raznolikosti pravaca promišljanja koja vode ka odabiru najprimjerenije inačice agregatnog plana.

[454] Izrađeno prema: Dilworth, J. B. *op.cit*. str. 153.

***Tablica 14.2. Pristupi usklađivanju proizvodnje i potražnje***

| **1. pristup: Neravnomjernu tržišnu potražnju amortizirati zalihama, naknadnom isporukom ili promjenama potražnje** | | |
|---|---|---|
| Metode | Troškovi | Primjedbe |
| Proizvesti u ranijem razdoblju i držati na zalihama do prodaje. | Trošak držanja zaliha. | Uslužne djelatnosti ne mogu „skladištiti“ proizvode, već prilagođavaju kapacitete visokim razinama potražnje. |
| Ponuditi kasniju isporuku. | Odgoda prihoda i mogući gubitak kupaca. | Roba s rokom trajanja nije pogodna za odgodu isporuke. |
| Pojačati potražnju marketinškim mjerama. | Trošak oglašavanja i promotivnih akcija; gubitak dijela prihoda zbog privremenog snižavanja cijena. | Ovo je još jedna potvrda važnosti suradnje različitih funkcijskih područja. |
| **2. pristup: Količinama proizvodnje pratiti neravnomjernu tržišnu potražnju** | | |
| Metode | Troškovi | Primjedbe |
| Raditi prekovremeno bez promjene broja radnika. | Trošak prekovremenog rada. | Skraćuje se raspoloživo vrijeme za popravke i održavanje. |
| Zapošljavati osoblje prema potrebama u razdobljima vršnog opterećenja. | Trošak rada je fiksan i ne varira (ne opada) u razdobljima umanjene tržišne potražnje. | Ponekad se višak radnika može angažirati na drugim zadacima. |
| Podugovarati poslove s kooperantima. | U tekuće troškove je, pored vlastitih fiksnih troškova, potrebno dodati i plaćanja kooperantima. | Manje su mogućnosti kontrole kvalitete i rokova. |
| Redefinirati vlastiti udio u procesu proizvodnje; redefinirati odnose/omjer interne i eksterne proizvodnje u razdobljima pune popunjenosti kapaciteta. | Gube se mogućnosti iskorištavanja vlastitih kapaciteta i znanja u dijelu procesa. | Ovi pristupi zahtijevaju ulaganja u razinu kapaciteta koja odgovara višim razinama potražnje, što znači da će dio vremena kapaciteti biti nedovoljno iskorišteni. Vjerojatna su ulaganja u reviziju sustava proizvodnje. |
| **3. pristup: Prilagođavati broj radnika promjenama razine tržišne potražnje** | | |
| Metode | Troškovi | Primjedbe |
| Zaposliti dodatno osoblje u razdobljima vršne tržišne potražnje. | Trošak angažiranja (testiranja, obuke, uvođenja u posao) novih radnika. | Ponekad nije moguće naći obučene radnike baš kada za njima postoji potreba. |
| Smanjiti broj radnika u razdobljima smanjene potražnje. | Trošak otpremnina, gubitak motivacije i potencijalni sukobi među radnicima. | Ulaganja u opremu (premda ne i ljude) i dalje moraju biti prilagođena vršnim opterećenjima. |

Ono što je bitno uočiti je da se svakom strategijom prilagodbe agregatnih planova proizvodnje pojavljuju različiti oblici koristi i troškova, odnosno rizika. Primjerice, prvi pristup ostvaruje stabilnost proizvodnog sustava i time punu iskorištenost ugrađenog kapaciteta, no, istovremeno, nameće dodatne troškove držanja zaliha. Odluka hoće li se primijeniti ovakav pristup ovisi o tome hoće li dodatni prihodi nadmašiti dodatne troškove.

## 14.3. STRATEGIJE AGREGATNOG PLANIRANJA

Udžbenička literatura nastoji sustavno objediniti vrlo raznoliku praksu i prikazati alternativne pristupe donošenju poslovnih odluka kroz jednostavne sistematizacije. Varijante ponašanja koje se zasnivaju na konceptualno-logički suprotstavljenim polazištima (ili ishodima) nazivaju se strategijama.

Osnovne strategije agregatnog planiranja mogu se teorijski podijeliti u dvije skupine. Prvu skupinu čine strategije održavanja stabilnih razina proizvodnje (engl. *level capacity strategy, level scheduling*), dok su u drugoj strategije prilagođavanja razina proizvodnje, tj. slijeđenja tržišta (engl. *chase demand strategy*). Koju god orijentaciju poduzeće izabere, postoji više alternativnih mogućnosti provedbe odabrane strategije, na što ukazuje tablica 14.2.

**Strategija stabilne razine proizvodnje** postoji u dvije osnovne inačice. Kod prve se održava stabilna razina zaposlenosti (engl. *level workforce*), dok se kod druge održava isti volumen proizvodnje (engl. *steady output rate*).[455] Poseban oblik strategije održavanja stabilnosti proizvodnje, u stvari poslovanja, jesu strategije stabilnih prihoda (engl. *yield management, revenue management*). Prikladne su za uslužne djelatnosti, primjerice za hotelsku djelatnost koja koristi različite cjenovne modele kako bi oblikovala potražnju.[456]

**Strategija slijeđenja tržišta** po svojoj je logici suprotstavljena strategiji stabilnosti proizvodnje ili poslovanja. Smisao ovih strategija je prilagođavanje razina proizvodnje promjenama potražnje na tržištu. Kao i uvijek, moguća je i kombinacija principa obiju strategija. Tada je riječ o kombiniranoj ili hibridnoj strategiji (engl. *mixed strategy, hybrid strategy*).

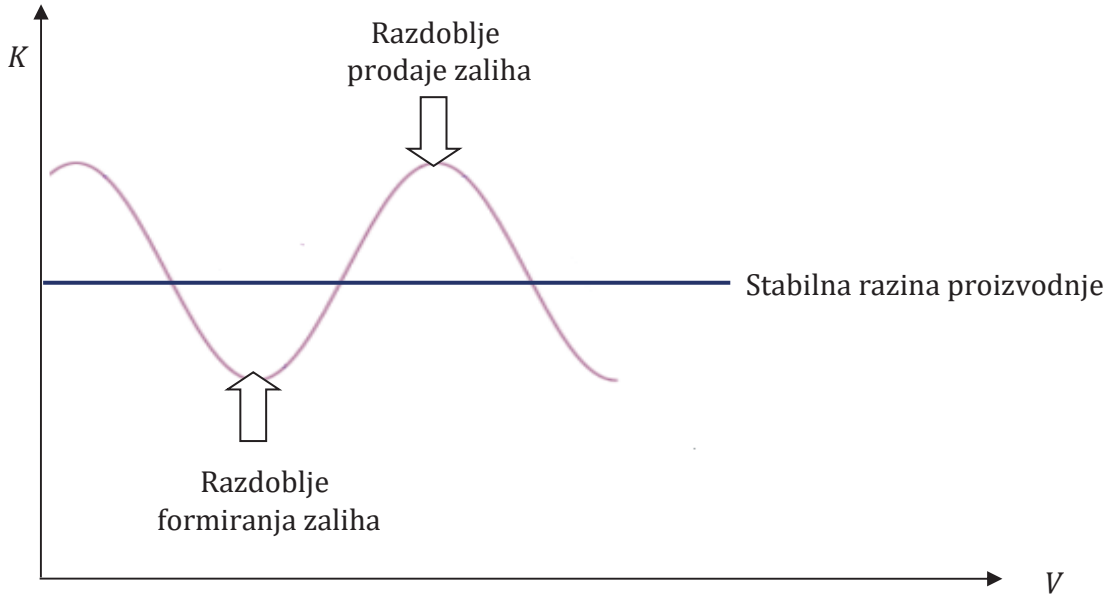
Prema prikazu u tablici 14.2. izvjesno je da prva skupina pristupa pripada kategoriji strategija koje ciljaju na stabilnost razine proizvodnje. Strategijama stabilnosti maksimalno korištenje raspoloživih kapaciteta opreme predstavlja planski prioritet. Cilj je postići povoljan utjecaj na cijenu koštanja proizvodnje, uz manji udio fiksnih troškova u strukturi cijene koštanja. Također, ova strategija skraćuje vrijeme otplate ulaganja u opremu, izbjegavajući tako rizik zastarijevanja tehnologije prije nego nastupi potpuna amortizacija.

Slika 14.1. ilustrira što se događa prilikom korištenja strategije održavanja stabilne razine proizvodnje koristeći zalihe gotovih proizvoda. Odlukom da se rast potražnje podmiri prodajom proizvoda sa zaliha održava se puna popunjenost kapaciteta, odnosno ravnomjerna količina proizvedenih proizvoda (K). Naravno, osnovni uvjet za provedbu ovakve strategije je postojanje mogućnosti držanja zaliha. Roba koja je kvarljiva ili izrazito sezonska nije pogodna za držanje na zalihama. Također je bitno da troškovi držanja zaliha ne budu neprihvatljivo visoki. Ovakva mogućnost realna je u situacijama kad postoji sezonski uvjetovana varijabilnost tržišne potražnje za proizvodima koji skladištenjem ne gube na tržišnoj vrijednosti, kao i u situacijama kada se očekuju značajnije varijacije u razinama prodajnih cijena budući da bi to dovelo u pitanje planirane financijske učinke.

---

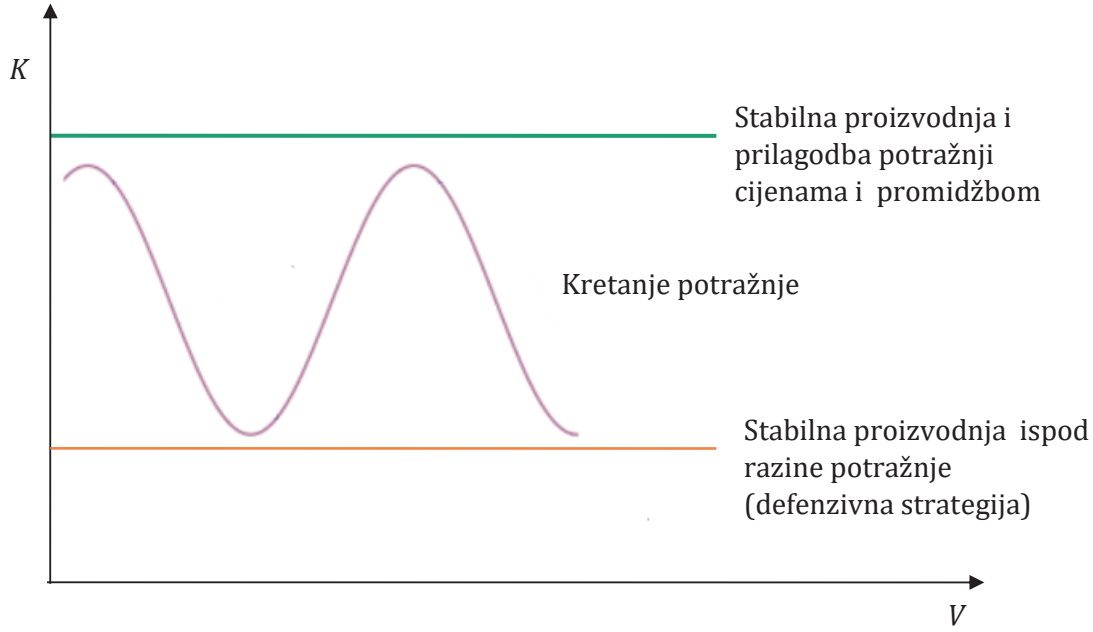
455 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 465.

456 Strategije ove vrste obrađuju: Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 559-562.




***Slika 14.1. Strategija prilagođavanja tržišnoj potražnji uz pomoć zaliha***

Kada se izabere prikladna strategija, važno je uvijek postaviti pitanje postoji li još povoljnija strategija. Pitanje je više hipotetske naravi, no korisno ga je razmotriti. Naime, zašto se proizvođač ne bi, već prilikom planiranja investicije u ciljanu razinu kapaciteta, pokušao zaštiti od tržišnog rizika investirajući manje u proizvodnu opremu. Raspoloživa razina kapaciteta i proizvedene količine tada bi bile manje od razine potražnje na tržištu. Ova je situacija, prikazana u donjem dijelu slike 14.2.




***Slika 14.2. Strategije kapacitiranja proizvodnje ispod i iznad prosječnih razina tržišnih potreba***

U nastavku će se pokušati utvrditi potencijalne koristi ovakve defenzivne strategije. Puna iskorištenost kapaciteta bila bi gotovo osigurana, a time i postignuta izvjesnost u pogledu amortizacije opreme. Dodatna prednost za poduzeće bi bila manja izloženost troškovima naknadnog prilagođavanja sustava kroz dogradnju opreme, manji bi bili troškovi držanja zaliha gotovih proizvoda, izbjegle bi se potrebe za pojačanim promidžbenim aktivnostima u razdobljima smanjene potražnje. Uz to, lakše bi se održavao red i zadovoljstvo radnika zahvaljujući ravnomjernoj zaposlenosti.

Ipak, ovakve situacije prije su iznimka nego pravilo. Podinvestiranje nije posljedica namjere. Nastupit će najvjerojatnije u slučajevima kad proizvođač nema dovoljno investicijskih mogućnosti. Moguće je i ako prilikom donošenja odluke o investiranju u opremu, poduzeće nije pravodobno predvidjelo rast potražnje. U tom slučaju nije riječ o namjeri već o pogrešnoj procjeni.

Pored koristi koje sa sobom nosi defenzivna strategija, postoje i određeni rizici. Odnos ponude i potražnje koji planski računa na višak potražnje, ne samo da ne omogućava poduzeću maksimalizaciju dobiti u povoljnim tržišnim prilikama, već ostavlja značajan tržišni potencijal konkurentima. „Prizivanje" konkurencije može biti vrlo rizična strategija koju će poduzeće nastojati izbjeći. Naime, defenzivna strategija otvara prostor postojećoj konkurenciji da dođe u poziciju ostvarivanja nadmoćnih ekonomija razmjera, a može prizvati i nove konkurente. Moguće je zaključiti da su situacije značajnije neusklađenosti ponude i potražnje uglavnom privremene i kratkoročne prirode.[457]

Nasuprot strategiji održavanja razine kapaciteta ispod razine očekivane potražnje, nalazi se strategija proizvodnje iznad razina trenutne tržišne potražnje (slika 14.2. u gornjem dijelu) Ovakav slučaj obilježava stremljenje ka maksimalizaciji ekonomije razmjera unutar vlastitog sustava, uz spremnost da se u razdobljima smanjene potražnje proizvod prodaje po diskontnoj cijeni i/ili uz dodatne marketinške napore. Za strategiju prekomjerne proizvodnje lakše će se odlučivati poduzeća koja su tržišni lideri. Strategija je češća na koncentriranim tržištima. Poduzeća u položaju tržišnog vodstva često ulaze u velike investicijske projekte gradeći kapacitete koji su iznad razine tržišnih potreba koje je moguće očekivati u skoroj budućnosti. Time potencijalnoj konkurenciji nameću značajan ulazni prag i čine povrat ulaganja vrlo neizvjesnim.[458] Tek se djelomično opravdanje za strategiju prekomjernog ulaganja u kapacitete može naći u uštedama u troškovima proizvodnje, tj. uštedama zasnovanim na ekonomijama razmjera. Veća je vjerojatnost da je prekomjerno ulaganje u kapacitete vođeno logikom otežavanja poslovanja konkurenata.[459]

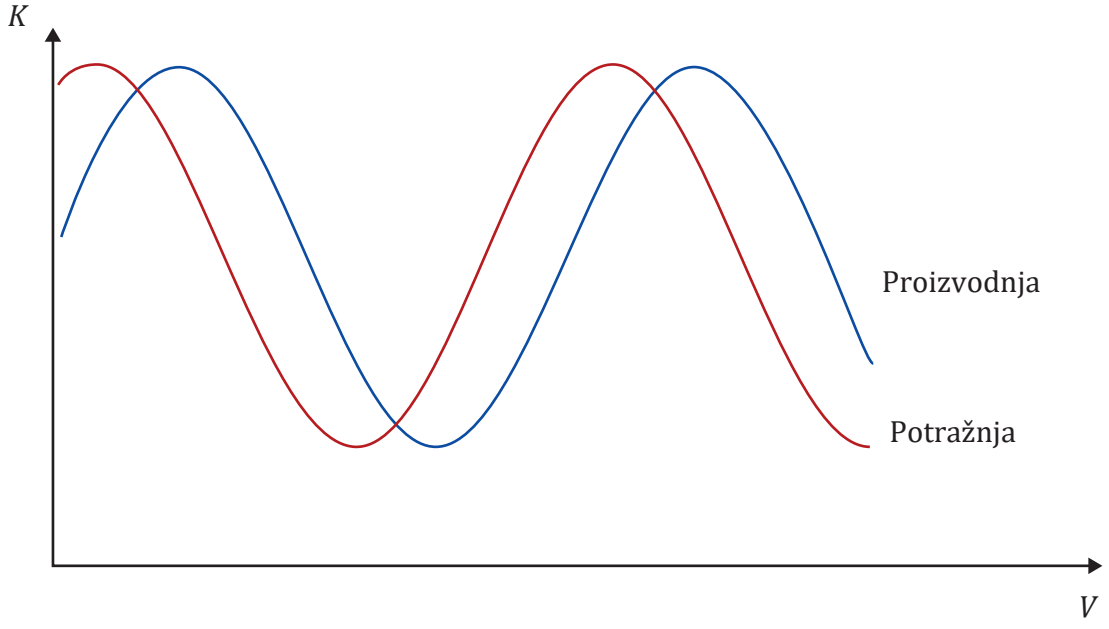
---

457 Potrebna je mala napomena uz sliku 14.1. i sliku 14.2. Naime, na njima krivulje proizvodnje i potražnje ne pokazuju trend rasta ili pada, premda su i takve situacije moguće na tržištu.

458 Ako na tržištu već u startu postoji višak kapaciteta, u slučaju da se *outsider* i odvaži na investiranje, nemogućnost apsorbiranja ponude u kratkom roku vodi ka cjenovnim ratovima koji će financijski iscrpiti sve poduzetnike na strani ponude. Stoga se prekomjerna ulaganja smatraju jednom od strategija uspostave vladajućeg tržišnog položaja.

459 Učinke poslovanja poduzetnika na strukturu tržišta i formiranje cijena proučava disciplina Industrijska organizacija ili Ekonomika industrije. U suvremenim tržišnim uvjetima, kod vodećih poduzeća, investiranje u opremu često je vezano uz postizanje i održavanje vladajućeg položaja na tržištu. Takvu strategiju Martin naziva tehnološki zasnovanom strategijom održavanja vladajućeg položaja (vidjeti više u Martin, S. (1988). *Industrial Economics: Economic Analysis and Public Policy*. New York: Macmillan Publishing i Collier Macmillan Publishers. str. 81.)

**Strategija slijeđenja tržišta** označava strategiju kod koje razina proizvodnje prati razine očekivane tržišne potražnje. Grafička predodžba ove strategije (slika 14.3) prikazana je s dvije paralelne krivulje: jedne koja odražava tržišnu potražnju i druge koja prikazuje promjenu razine proizvodnje u vremenskom pomaku. Cilj strategije slijeđenja tržišta je održati proizvedene količine čim bolje usklađene s razinama potražnje. Poduzeća koja slijede ovu strategiju planiraju razine proizvodnje prema već ispostavljenim narudžbama ili prema prognoziranoj potražnji.




***Slika 14.3. Strategija slijeđenja potražnje***

Strategija slijeđenja tržišta izbjegava neke troškove i rizike koji su svojstveni strategiji održavanja stabilne razine proizvodnje. Prvenstveno se to odnosi na troškove i rizike držanja zaliha. Kod strategije slijeđenja tržišta „zalihe" se zapravo nalaze u viškovima neiskorištenih kapaciteta. Pritom se i oprema i osoblje aktiviraju „po potrebi". Osnovni rizik ovakvog pristupa leži u nedovoljnom povratu na ulaganja.

Kretanje potražnje u nekoj djelatnosti često ne mora imati izražen sezonski karakter u jednogodišnjem razdoblju, ali može imati dugoročnije cikluse vezane uz makroekonomske trendove. Takav je primjer građevinske industrije. U razdoblju između 2008. i 2013. poslovna aktivnost hrvatske građevinske industrije pala je za ogromnih 40 %.[460] Nikakvo agregatno planiranje ne može nadomjestiti tako izražen (makroekonomski) utjecaj. Ono što može je nastojati ublažiti negativne posljedice i povećati iskorištenost kapaciteta kroz komplementarne poslove.[461]

[460] Više o učincima gospodarske krize (2008-2013) i njenom različitom utjecaju na dvije industrijske djelatnosti vidjeti u: Kaštelan Mrak, M., Sokolić, D. i Vretenar, N. (2016). *Comparing the Performance in Two Industries During The Crisis*. Ekonomski horizonti. Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu. 18(3).

[461] Komplementarni proizvodi ili aktivnosti su oni koji koriste slične resurse, doprinoseći tako boljem iskorištenju fiksnih kapaciteta. Odluke o odabiru spleta proizvoda koji će biti komplementarni u pogledu korištenih resursa spadaju u djelokrug politike asortimana i sastavnica su strateške razine planiranja.

Razmišljanje o čimbenicima koji utječu na strategije agregatnog planiranja je moguće nastaviti pitanjima o tome kako se faze životnog (tržišnog) razvoja proizvoda odražavaju na planiranje potrebnih razina kapaciteta, te na širinu i sastav proizvodnog asortimana kroz vrijeme. Naime, sezonalnost potražnje za proizvodima koje je moguće skladištiti bez pretjeranih troškova i rizika, zapravo je prilično ugodna pozicija za proizvođača. Veći problem nastaje kad su trendovi kretanja potražnje za nekim proizvodom relativno trajno pozitivni ili pak negativni. Ovakva se situacija javlja kao posljedica tržišnih ciklusa (engl. *life-cycle*). Ovdje je raspoloživa strategija koja postiže veću iskorištenost kapaciteta, strategija širenja asortimana. Heizer i Render[462] **politiku asortimana** promatraju kao poseban vid strategije u agregatnom planiranju. Strategija prilagođavanja tržištu kroz politiku asortimana (engl. *counter-seasonal product and service mixing*) primjer je strategije koja se nalazi negdje na pola puta između strategije stabilnosti i strategije prilagođavanja tržištu.

## 14.4. METODE AGREGATNOG PLANIRANJA

Kroz povijest je razvijeno više metoda pogodnih za agregatno planiranje. Neke su manje zahtjevne i čest su izbor relativno malih i jednostavnih poslovnih sustava. Neke mogu biti vrlo zahtjevne u pogledu potrebnih ulaznih informacija i računskih tehnika koje koriste.

Tablica 14.3.[463] prikazuje neke od metoda agregatnog planiranja i komentare vezane uz njihovu primjenu.

***Tablica 14.3. Usporedba metoda agregatnog planiranja***

| Metoda | Pristup | Primjedbe |
|---|---|---|
| Grafička metoda | Metoda pokušaja i pogrešaka | Jednostavna za razumijevanje i primjenu. Nudi mnogo opcija, ali ne jamči izbor najbolje. |
| Linearno programiranje | Metoda optimalizacije | Traži računalnu podršku, omogućava analizu osjetljivosti i uvođenje novih parametara. Ne mora dati realističnu sliku. |
| Sustav menadžerskih koeficijenata | Metoda pravila odlučivanja (heuristička metoda) | Metoda je jednostavna za razumijevanje i primjenu. Oponaša postupak menadžerskog odlučivanja. |
| Simulacija | Metoda promjene parametara | Složena metoda. Nije jednostavno oblikovati model. Model nije intuitivan i teško ga je objasniti menadžerima. |

Kao kod svih poslovnih metoda i za agregatno planiranje vrijedi pravilo da je najbolja ona metoda koja je najprimjerenija sposobnostima i mogućnostima poslovnog sustava. Metodološki egzaktni proračuni koji nadmašuju financijske i ljudske resurse poduzetnika u teoriji mogu izgledati izvrsno, no u svakodnevnim poslovnim okolnostima često ostaju neiskorišteni, što zbog pritiska rokova, što uslijed nepostojanja odgovarajuće informacijske podloge.

U nastavku će biti prikazana intuitivna metoda optimalizacije, a potom i nešto složenije računske metode. Navest će se i primjeri koji pojašnjavaju načine korištenja prikazanih metoda

[462] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 549.
[463] Heizer, J. i Render, B. (2011). *op.cit.* str. 475.

agregatnog planiranja. Pokazat će se da čak i jednostavni pristupi mogu poduzetniku ponuditi puno informacija korisnih za procjenu postojećih poslovnih praksi i za donošenje odluka o budućem poslovanju.

## 14.4.1. Intuitivne (vizualne) metode

Intuitivne metode zasnivaju se na izradi jednostavnih tablica koje sadrže kalkulacije troškova za različite planske alternative. Moguće je variranje, a time i usporedba količina koje će se proizvoditi i držati na zalihama. Promjenom plana proizvodnje mijenja se struktura troškova kao posljedica korištenja različitih strategija usklađivanja proizvodnje i potražnje. Ova metoda prikazat će se kroz primjer korištenja jednostavnih tabličnih i grafičkih prikaza.

***Primjer 14.1. Hipotetski slučaj proizvođača ogrjevnih peleta***

U ovom primjeru riječ je o proizvodnji homogenog proizvoda u pogonu koji nema sposobnost značajnijih varijacija na proizvodu. Eventualne razlike u proizvodima odnose se na promjenu sirovinskog sastava, no radi jednostavnosti izračuna pretpostavit će se da je sirovinski sastav zadan te da uvjetuje proizvođačku cijenu od 1.000 kuna po jednoj paleti peleta.[464] Potražnja za peletima se može opisati kao sezonski uvjetovana i vezana uz hladniji dio godine, odnosno sezonu grijanja domaćinstava. Proizvođač ima strategiju slijeđenja tržišta, tj. pokrivanja svih tržišnih potreba. Pritom, tražene količine namjerava pokriti vlastitom proizvodnjom, a prema potrebi dio proizvoda nabavljati od kooperanta.

Prvi korak predviđa izračun jediničnih troškova po svakoj kategoriji troškova: troškova držanja zaliha, troškova odgode isporuke, troškova vlastite proizvodnje i troškova nabavljanja dodatnih količina gotovih peleta od kooperanata. Troškovi koje proizvođač uzima u obzir u promatranom slučaju dati su u tablici 14.4. Prodajna cijena jedne palete je 2.200 kuna za finalnog potrošača. Ako proizvođač, radi zadovoljenja potražnje, kupuje i preprodaje gotove pelete od drugog proizvođača (kooperanta), platit će cijenu od 2.000 kn. Pretpostavljena je stabilnost jediničnih troškova u planskom razdoblju. Ukupni trošak se izračunava kao umnožak planiranih količina i jedinične cijene u kunama po svakoj pojedinoj kategoriji troškova.

[464] Napomena: 1 paleta = 1.170 kg, što odgovara broju od 78 vreća, od koji svaka ima 15 kg. Podaci o svim navedenim cijenama, s izuzetkom cijene po kojoj se proizvod prodaje finalnom korisniku, su odabrani na način da olakšaju izračun i ne odražavaju stvarne tržišne cijene.

***Tablica 14.4. Jedinični troškovi za proizvodnju jedne palete peleta, u kn***

| Vrsta troška | Način izračuna | Jedinična cijena |
|---|---|---|
| Trošak proizvodnje | Jedinična cijena * planirana količina | |
| - u redovnom vremenu | | 1.000 |
| - u prekovremenom radu | | 1.500 |
| - narudžba od kooperanta | | 2.000 |
| Trošak zaliha | Trošak držanja zaliha * prosječna razina zaliha | 100 |
| Trošak naknadne isporuke | Trošak po jedinici * broj naknadnih isporuka | 100 |

U drugom koraku, kako je prikazano u tablicama 14.5. i 14.7, izračunavaju se troškovi za nekoliko mogućih strategija zadovoljavanja potražnje. Usporedit će se strategija proizvodnje bez opcije držanja zaliha gotovih proizvoda i strategija proizvodnje uz držanje zaliha.

***Strategija 1. Plan proizvodnje za strategiju bez držanja zaliha***

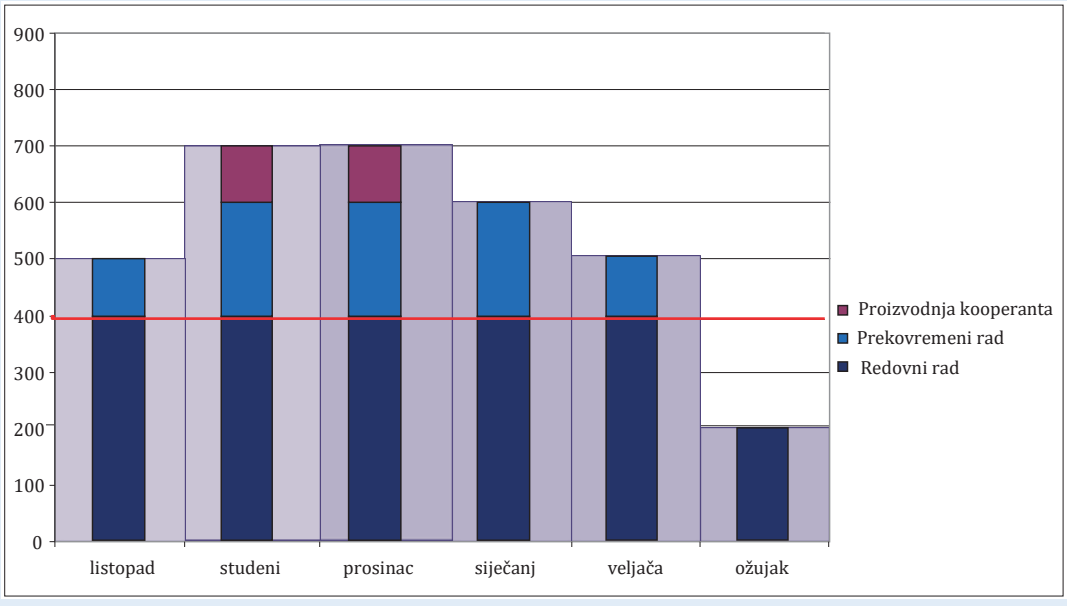
Tablični izračun ukupnih troškova u razdoblju listopad-ožujak za strategiju proizvodnje bez držanja zaliha nalazi se u tablici 14.5. Kod ove strategije planirana količina proizvoda ostvaruje se vlastitom proizvodnjom punim kapacitetom, prekovremenim radom i putem otkupa gotovih proizvoda od kooperanta. Količina (*K*) za redovni osmosatni rad iznosi 400 paleta.

***Tablica 14.5. Kalkulacija troškova u slučaju proizvodnje bez držanja zaliha (u 000 kn)***

| **Planirane količine** | **listopad** | **studeni** | **prosinac** | **siječanj** | **veljača** | **ožujak** | **Ukupno** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Prognozirana potražnja (*K*)** | **500** | **700** | **700** | **600** | **500** | **200** | **3.200** |
| Planirana proizvodnja | | | | | | | |
| **Redovni rad** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **200** | **2.200** |
| prekovremeni rad | 100 | 200 | 200 | 200 | 100 | - | 800 |
| kod kooperanta | - | 100 | 100 | - | - | - | 200 |
| **Trošak zaliha (kn)** | | | | | | | |
| početak razdoblja | - | - | - | - | - | - | - |
| kraj razdoblja | - | - | - | - | - | - | - |
| prosječna razina | - | - | - | - | - | - | - |
| **Odgoda isporuke** | - | - | - | - | - | - | - |
| **Ukupni trošak** | 550 | 900 | 900 | 700 | 550 | 200 | 3.800 |

Strategija proizvodnje bez držanja zaliha predstavlja primjer strategije proizvodnje koja izbjegava troškove i rizike skladištenja gotovih proizvoda. Ponekad skladištenje gotovih proizvoda niti ne može biti razmatrana opcija, primjerice, ako proizvođač ne raspolaže skladišnim prostorom ili je trošak skladištenja previše visok. Slično, proizvodi s kratkim rokom isteka valjanosti, ali i proizvodi visoke vrijednosti (osobito ukoliko su mogućnosti plasmana proizvoda na tržište neizvjesne), također nisu pogodni za skladištenje.

Pristup prilagođavanja ponude tržišnoj potražnji variranjem razine proizvodnje zahtijeva fleksibilnost u pogledu zapošljavanja vlastitih radnika u prekovremenom radu. Budući da ni tako nije moguće dosegnuti ukupnu prognoziranu potražnju, dio proizvoda planira se nabaviti preko kooperanata. Izračun u tablici 14.5. ukazuje da će ukupni trošak ove strategije biti 3.8 milijuna kuna. Trošak vlastite proizvodnje u redovnom vremenu, za 2.200 komada (x 1.000 kuna) iznosi 2.200.000 kuna. Pribroje li se tome troškovi prekovremenog rada kroz 5 mjeseci (800 * 1.500 = 1.200.000 kuna), trošak otkupa proizvodnje kooperanata u dva mjeseca u kojima je potražnja najveća (200 * 2.000 = 400.000 kuna), dobit će se ukupni trošak poslovanja/proizvodnje od 3.800.000 kuna**.** Grafički, ovu strategiju prikazuje slika 14.4.




***Slika 14.4. Kretanje potražnje i proizvodnje po mjesecima (strategija 1)***

Napomena: crvenom crtom je označena proizvodnja s punim kapacitetom u redovnom vremenu (*K*=400); očekivana razina mjesečne potražnje osjenčana je u pozadini slike.

Jedna od zamjerki strategije izbjegavanja zaliha je vezanost uz kooperante. Naime, vrlo je vjerojatno da u razdobljima visoke potražnje ni kooperanti neće raspolagati

slobodnim kapacitetima. Umjesto pristajanja na suradnju, vjerojatno će se odlučiti izravno prodavati proizvod budući da tada postižu višu prodajnu cijenu.

Zbog navedenih razloga proizvođač će nastojati ispitati prednosti poslovanja strategije zasnovane na ranijoj proizvodnji i potom skladištenju gotovih proizvoda (strategija 2).

***Strategija 2. Plan proizvodnje za strategiju uz držanje zaliha***

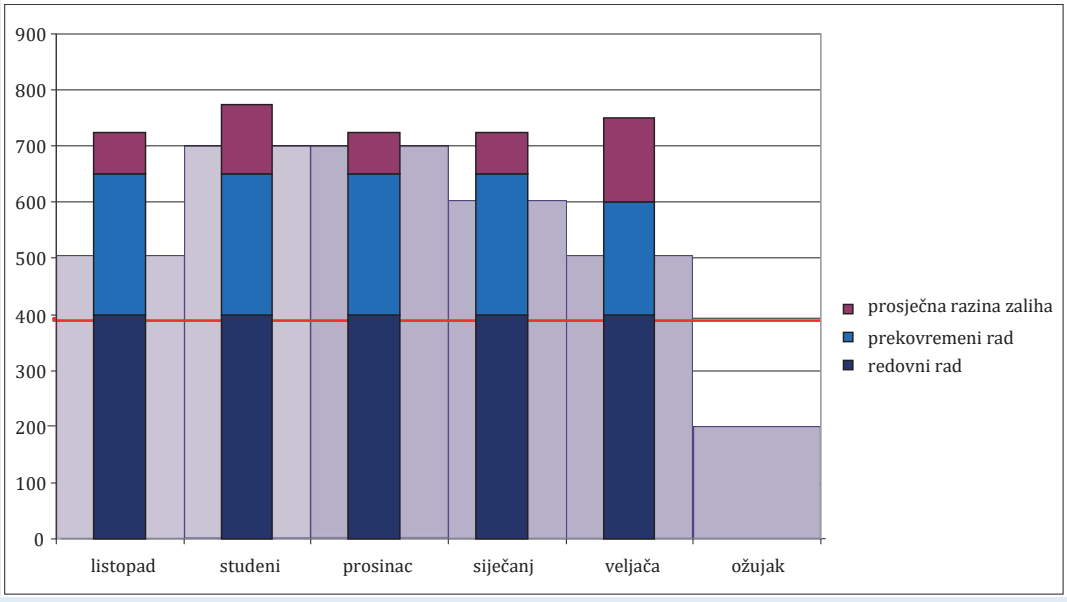
Budući da je riječ o proizvodu koji ne gubi na vrijednosti stajanjem, za pretpostaviti je da se proizvođaču bolje isplati strategija proizvodnje uz privremeno skladištenje viškova gotovih proizvoda. Ukupna količina isporučenih proizvoda je ista (kao u prethodnoj varijanti plana i iznosi 3.200 paleta) i iste su razine jediničnih troškova.

Ovaj plan, kao i prethodni, predviđa da se proizvodnja, osim u redovnom vremenu, odvija i u prekovremenim satima kroz četiri planska razdoblja s povećanom potražnjom. Predviđeno je da će ušteda biti ostvarena izbjegavanjem potrebe za nabavljanjem dijela proizvoda od kooperanta. Umjesto oslanjanja na isporuke kooperanata, pojačana potražnja podmirit će se prekovremenim radom te vlastitim zalihama koje bi se stvarale tijekom pet aktivnih mjeseci.[465] Planske količine za ovaj plan proizvodnje predstavljene su tablicom 14.6. i slikom 14.5.

***Tablica 14.6. Plan proizvodnje za strategiju s držanjem zaliha***

| **Planirane količine** | **listopad** | **studeni** | **prosinac** | **siječanj** | **veljača** | **ožujak** | **Ukupno** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Planirana potražnja (*K*)** | **500** | **700** | **700** | **600** | **500** | **200** | **3.200** |
| Planirana proizvodnja | | | | | | | |
| **Redovni rad** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **0** | **2.000** |
| prekovremeni rad | 250 | 250 | 250 | 250 | 200 | 0 | 1.200 |
| kod kooperanta | - | - | - | - | - | - | - |
| **Razina zaliha** | | | | | | | |
| početak razdoblja | 0 | 150 | 100 | 50 | 100 | 200 | |
| kraj razdoblja | 150 | 100 | 50 | 100 | 200 | 0 | |
| prosječna razina | 75 | 125 | 75 | 75 | 150 | 100 | |
| **Odgoda isporuke** | - | - | - | - | - | - | - |

[465] Slična alternativa bila bi angažirati dodatne radnike za rad u drugoj smjeni. No, kako se radi o primjeru, pretpostavit će se da su sada zaposleni radnici voljni raditi prekovremeno i da ne postoje zakonske prepreke za toliko prekovremenog rada.




***Slika 14.5. Kretanje potražnje, proizvodnje i zaliha po mjesecima (strategija 2)***
***Napomena: crvenom crtom je označena proizvodnja s punim kapacitetom u redovnom vremenu (K=400); razina mjesečne potražnje osjenčana je u pozadini slike.***

***Tablica 14.7. Izračun troškova za strategiju s držanjem zaliha (u 000 kn)***

| **Planirana proizvodnja (*K*)** | **listopad** | **studeni** | **prosinac** | **siječanj** | **veljača** | **ožujak** | **Ukupni trošak** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Redovni rad** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **0** | 2.000 |
| prekovremeni rad | 375 | 375 | 375 | 375 | 300 | 0 | 1.800 |
| kod kooperanta | - | - | - | - | - | - | |
| **Trošak zaliha (kn)** | | | | | | | |
| prosječna razina (*K* * 100 kn) | 7,5 | 12,5 | 7,50 | 7,50 | 15 | 10 | 60 |
| **Odgoda isporuke** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Ukupni trošak** | 782,5 | 787,5 | 782,5 | 782,5 | 715 | 0 | **3.860** |

Troškovi po svim kategorijama (redovnog rada, prekovremenog rada i troškovi zaliha) izračunati su tako što su ukupno potrebne količine nekog resursa (preuzete prema tablici 14.6) pomnožene s pripadajućom jediničnom cijenom (iz tablice 14.4). To iznosi:
Trošak redovnog rada: 2.000 radnih sati * 1.000,00 kn = 2.000.000,00 kn
Trošak prekovremenog rada: 1.200 radnih sati * 1.500,00 kn = 1.800.000,00 kn
Trošak zaliha: zbroj prosječnih razina mjesečnih zaliha 600 * 100,00 kn = 60.000,00 kn

Izračun ukupnih troškova verzije poslovnog plana u kojem se potražnja zadovoljava isključivo vlastitom proizvodnjom i podržava zalihama, pokazuje da je ova inačica troškovno nepovoljnija za 60.000,00 kuna. To jest, ukupni trošak proizvodnje

i skladištenja u šestomjesečnom razdoblju iznosi 3.860.000,00 kuna (tablica 14.7), naspram 3.800.000,00 kuna kod strategije bez držanja zaliha (tablica 14.5). Naizgled izbor je jasan, poduzetnik će odabrati troškovno povoljniju strategiju.

No, ne treba odmah odbaciti strategiju proizvodnje uz držanje zaliha. Mudar poduzetnik pokušat će analizirati pruža li mu ovakav plan proizvodnje koristi ili uštede u drugim funkcijskim područjima. Naime, jedna od pogodnosti plana proizvodnje s predviđenim držanjem zaliha je veća stabilnost razina proizvodnje i ukupnih troškova (razina) financiranja.[466]

Dok su kod prethodnog plana proizvodnje, tj. strategije proizvodnje bez držanja zaliha, mjesečni troškovi financiranja proizvodnje varirali od najnižih 200.000,00 do maksimalnih 900.000,00 kn, sada oni ostaju na približno izjednačenoj razini kroz sve mjesece, što je moguće vidjeti ako se usporede podaci u posljednjem retku tablica 14.5. i 14.7. Dodatna pogodnost ovakvog plana proizvodnje može biti u mogućnosti potpune obustave proizvodnje u ožujku. Ako bi odgovor na pitanje bi li obustava proizvodnje u jednom mjesecu značila uštede i u nekim dodatnim aktivnostima nevezanim za proizvodnju bio pozitivan, te ako je ušteda veća od 60.000,00 kn, poduzetnik će se vjerojatno prikloniti ovoj varijanti agregatnog plana.

Analiza podataka u tablici 14.7. upućuje na još jednu pod-varijantu strategije proizvodnje. Naime, pogleda li se trošak držanja zaliha, pokazuje se da veći ukupni troškovi strategije sa zalihama nisu toliko posljedica samih troškova skladištenja. Troškovi koji bi značajno porasli bili bi troškovi rada izvan redovnog radnog vremena. Naime, prekovremeni rad poslodavac plaća 50 % više nego rad u redovnom radnom vremenu. Dok je strategija bez držanja zaliha zahtijevala tek 800 sati prekovremenog rada, ova ih traži čak 1.200.

Zato, želi li poduzetnik biti siguran da je ispravno odlučio, mora izračunati koliki bi bili troškovi proizvodnje ako održi proizvodnju aktivnom i u ožujku. U tom slučaju, ako 200 paleta koliko iznosi tržišna potražnja u ožujku ne proizvede tijekom veljače, nego tek u ožujku, sam trošak proizvodnje bio bi za 100.000,00 kn niži. Zbroj ukupnih troškova proizvodnje za šestomjesečno razdoblje tada bi iznosio 3.740.000,00 kuna. Drugim riječima, proizvodnja uz držanje zaliha bila bi za 60.000,00 povoljnija u odnosu na prvotnu strategiju koja nije predvidjela držanje zaliha.[467]

[466] Ovaj primjer pokazuje da agregatno planiranje ima poveznicu s drugim sferama poslovanja, premda se bavi prvenstveno resursima u proizvodnoj sferi poslovanja. Kod promatranog slučaja, posljedica prihvata plana proizvodnje prema strategiji koja ne uključuje držanje zaliha implicira da će poduzeće za jedno kraće razdoblje morati pribaviti značajna dodatna sredstva za financiranje. Vrlo često će takav pojačan financijski angažman zahtijevati zaduživanje, tj. financiranje uz pomoć kredita. Model proizvodnje koji poduzetnik koristi za potrebe agregatnog planiranja ne sadrži stavku kamata na angažirani kapital. Drugim riječima, trošak kamata (trošak kreditnog financiranja), dodatne aktivnosti potrebne za dobivanje kredita i rizik otplate kredita, također mogu biti čimbenici koji će potaknuti poduzetnika da razmotri prednosti alternativne strategije.

[467] Grubi izračun, ne uzimajući u obzir uštede u troškovima držanja zaliha, govori da bi se proizvodnjom 200 paleta u ožujku, moglo izbjeći isti broj prekovremenih sati u veljači. Ušteda u troškovima rada iznosila bi 100.000,00 kn. Naime, cijena 100 sati rada u redovnom vremenu iznosi 100.000,00 kn dok je cijena 100 sati prekovremenog rada 150.000,00 kn. Ostvarile bi se i uštede u troškovima držanja zaliha, no ne toliko značajne. To znači da bi se u odnosu

Na prethodnom primjeru proizvodnje peleta moguće je pretpostaviti nekoliko odrednica koje govore o općim okolnostima poslovanja opisanog poduzetnika. Prvo, riječ je o relativno jednostavnom i homogenom proizvodu. Peleti su proizvod kojeg je teško diferencirati na tržištu. Kvaliteta proizvoda prvenstveno ovisi o kvaliteti sirovine. Tržišna potražnja u višegodišnjem razdoblju pokazuje trend rasta, a oscilacije potražnje unutar jednogodišnjeg razdoblja su izražene i ovise o vremenskim prilikama. Zbog svega navedenog očekuje se da će mali poduzetnik vjerojatno biti sklon vlastitu strategiju agregatnog planiranja provoditi po principu slijeđenja tržišta.

Potrebno je napomenuti da su na izračun troškova poslovanja mogli utjecati i mnogi čimbenici koji nisu uvaženi pri izračunu u primjeru 14.1. Primjerice, nepoznato je postoje li i kolika su ograničenja skladišnih kapaciteta kod promatranog poduzetnika. Nije postavljeno niti pitanje o posljedicama koje mogu nastati ako nastupi neočekivano topla ili hladna zima (u tom su slučaju prognoze potražnje možda pogrešne). Također, nije se ulazilo ni u moguće probleme s isporukom sirovine vezano za vrstu i kvalitetu drvne građe, mogućnost (i troškove) skladištenja ulazne sirovine, ili kašnjenja isporuke sirovine. Sve navedeno potvrđuje da planiranje optimalnih razina proizvodnje može biti složena aktivnost. Svaki pojedini poduzetnik nastojat će vlastiti sustav agregatnog planiranja prilagoditi svojim okolnostima, potrebama i saznanjima.

Ono što navedeni primjer pokazuje jest da čak i ovakva jednostavna metoda planiranja može proizvođaču olakšati traženje optimalnog agregatnog plana proizvodnje. Preglednost koju daju tablično izneseni podaci često usmjeravaju poduzetnika na istraživanje realnih alternativa izvedbe proizvodnje, omogućavajući mu jasnije sagledavanje nužnih pretpostavki izvršenja različitih verzija plana te njihove potencijalne uštede.



## 14.4.2. Metoda optimalizacije

Tablični izračuni troškova proizvodnje postaju složeniji kad se radi o proizvodnim pogonima sa širim asortimanom proizvoda. Moguće je i planove za složenije sustave proizvodnje razraditi tablično, no u složenim procesima i sa širenjem asortimana (uz korištenje iste, zajedničke, opreme za više skupina proizvoda), uputnije je koristiti druge pristupe planiranju.

Jedan od pristupa prikladnih za složenije sustave je linearno programiranje. Linearno programiranje predviđa korištenje matematičkog postupka u donošenju odluka. Često se koristi za agregatno planiranje.[468] Metode linearnog planiranja podrazumijevaju da postoji mogućnost odabira **optimalnog plana proizvodnje**. Linearni odnos uvijek pretpostavlja zavisnost proizvedene količine u nekom **omjeru** (proporciji) u odnosu na količine inputa i troškove proizvodnje. Drugim riječima, linearni odnos postoji ukoliko se mjera u kojoj raste jedna veličina (primjerice, broj proizvedenih proizvoda kao nezavisna varijabla) razmjerno odražava na smanjenje druge veličine (primjerice, troška proizvodnje kao zavisne varijable).

na prvu strategiju (proizvodnje bez držanja zaliha) ipak mogla ostvariti ušteda, naravno pod uvjetom da postoji mogućnost držanja zaliha. Ostaje otvoreno pitanje utjecaja produljenog razdoblja proizvodnje na ostale troškove poslovanja. Za potrebe takvih izračuna bilo bi potrebno prikupiti dodatne podatke o poslovanju ovog poduzetnika.

[468] Evans, J. R. et al. (1987). *Applied Production and Operations Management*. 2nd edition. West Publishing Company. St. Paul. MN. str. 444.

**Optimalna razina proizvodnje** može biti izražena kao najveći mogući učinak za kojeg je moguće postići najvišu dobit uvažavajući jedno ili više **zadanih ograničenja**. Optimalna razina proizvodnje može se izraziti i na druge načine. Primjerice, cilj može biti postići ciljanu razinu ponude uz najmanje troškove. U oba slučaja radi se o realnim i relevantnim ciljevima, to jest odlukama koje poduzetnici često moraju donositi pri planiranju proizvodnje.

Kod metoda optimalizacije polazi se od općeg matematičkog zapisa funkcije cilja, koji glasi:

$$\max/\min F(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \qquad (14.1)$$

što znači da funkcija cilja može težiti minimumu ili maksimumu. U sažetom obliku, funkcija cilja može se zapisati kao u izrazu 14.2.

$$F(x) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (14.2)$$

gdje su:

$c_j$ = zadani koeficijenti funkcije cilja uz varijable odlučivanja
$x_j$ = varijable odlučivanja, nepoznate varijable koje treba odrediti

Bitna odrednica linearnog programiranja je uvažavanje zadanih ograničenja. Najčešći primjeri ograničenja koja se uvažavaju pri linearnom programiranju odnose se na raspoloživi kapacitet, tržišnu potražnju, broj radnika, razinu raspoloživih zaliha materijala. Ova se ograničenja trebaju uzeti u obzir prilikom utvrđivanja ciljane vrijednosti.

Opći zapis ograničenja ima sljedeći oblik:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n &\leq = \geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n &\leq = \geq b_2 \\ \vdots \quad\quad \vdots \quad\quad\quad \vdots \quad\quad\quad \vdots & \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n &\leq = \geq b_m \end{aligned} \qquad (14.3)$$

ili, u skraćenom obliku:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \leq = \geq b_i, \quad i = 1, \ldots, m \qquad (14.4)$$

gdje su:

$a_{ij}$ = količina $i$ - tog ograničenja potrebna za jedinicu $j$ - te varijable odlučivanja
$b_i$ = veličina ograničavajućeg čimbenika (kapacitet desne strane ograničenja)

Pri izračunu je potrebno uzeti u obzir i uvjet nenegativnosti koji se može zapisati kao:

$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0 \qquad (14.5)$$

ili, sažeto kao:

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \ldots, n \qquad (14.6)$$

Sada se može metoda optimalizacije razraditi pomoću primjera. Problem optimalizacije agregatnog plana moguće je analizirati grafičkim i računalnim putem. Grafički model pogodan je za prikaz jednostavnijih sustava proizvodnje, dok su računalni modeli pogodni za prikaz složenijih sustava. U primjeru 14.2. razvit će se rješenje agregatnog plana pomoću grafičkog modela.

### *14.2. Primjer problema optimalizacije agregatnog plana proizvodnje grafičkim putem*

Poduzeće AB proizvodi dva tehnološki slična proizvoda s istom proizvodnom opremom. Polazi se od pretpostavke da je cilj poduzeća maksimalizirati dobit pri proizvodnji dvaju proizvoda, proizvoda A i proizvoda B.

Ako je dobit koja se ostvaruje prodajom jedinice proizvoda A 12 kuna, a dobit ostvarena prodajom jedinice proizvoda B 45 kuna, tada je moguće napisati **funkciju cilja** u sljedećem obliku: (napomena: količina proizvoda A će u jednadžbama biti iskazana kao $x$, dok će količina proizvoda B u jednadžbama biti iskazana kao $y$):

$$\text{Max dobit} = 12x + 45y \qquad (1)$$

Funkcija cilja definira ukupnu dobit kao zbroj umnožaka jedinične dobiti po proizvodima A i B pomnoženih s odgovarajućim brojem prodanih proizvoda.

Ograničenja koja će odrediti što je optimalan proizvodni plan u ovom primjeru bit će:
1. raspoloživo vrijeme obrade (zajednički korištenog) strojnog mjesta
2. broj radnika (raspoloživi radni sati)
3. raspoloživa razina zaliha (zajedničkog) materijala
4. tržišna potražnja

Navedene funkcije ograničenja također su linearne funkcije. Njima se određuje maksimalna realna količina proizvoda koju je moguće proizvesti s obzirom na raspoložive resurse. Takvih ograničenja može biti više, no ovdje će se, za potrebe ilustracije načina korištenja metode, pretpostaviti postojanje ograničenja za samo tri resursa. Naravno, moguće je predvidjeti i više resursa.

Neka je raspoloživi radni kapacitet stroja 9.000 minuta rada, s time da proizvod A zahtijeva tri minute obrade za jedan proizvedeni primjerak, dok proizvod B zahtijeva 10 minuta. Navedeno ograničenje moguće je zapisati kako slijedi:

$$3x + 10y \leq 9.000 \qquad (2)$$

Pretpostavit će se da su raspoložive zalihe osnovnog materijala u promatranom razdoblju 15.000 jedinica, pri čemu je za proizvodnju proizvoda A potrebno devet jedinica materijala, dok proizvod B zahtijeva 10 jedinica. Tada vrijedi odnos:

$$9x + 10y \leq 15.000 \qquad (3)$$

Neka je broj radnih sati radnika angažiranih u proizvodnji proizvoda A tri sata, a proizvoda B pet sati i neka je ukupno raspoloživo 5.400 sati rada radnika. Tada je:

$$3x + 5y \leq 5.400 \qquad (4)$$

Konačno, potrebno je uzeti u obzir dodatno ograničenje, a to je ograničenje „nenegativnosti", odnosno zahtjev da su vrijednosti $x$ i $y \geq 0$, što bi značilo da je namjera proizvođača proizvoditi oba proizvoda. Promatrane varijable mogu poprimiti i vrijednost nula, budući da je moguće da izračun optimuma pokaže da određeni proizvod ne bi trebalo proizvoditi.

Cijeli matematički model zapisuje se redom, najprije funkcija cilja, a potom funkcije ograničenja:[469]

$$\text{Max dobit} = 12x + 45y \qquad (5)$$

$$3x + 10y \leq 9.000$$
$$9x + 10y \leq 15.000$$
$$3x + 5y \leq 5.400$$

$$x, y \geq 0$$

Kako je već rečeno, u ovom primjeru prikazat će se grafički način pronalaska optimalne kombinacije proizvoda. Svrha grafičkog prikaza je vizualizirati prostor mogućih rješenja. Kao što će se vidjeti u nastavku, svaka funkcija ograničenja, budući da je linearna, može se prikazati pravcem. U dvodimenzionalnom koordinatnom prostoru svaka os grafikona prikazuje količine jednog od proizvoda.

U prvom koraku odredit će se **nulte točke**, to jest izračunati koje bi količine bilo moguće proizvesti ukoliko bi se proizvodila samo jedna vrsta proizvoda. U takvom slučaju, uvažavajući ograničenja koja postoje u pogledu raspoloživih resursa navedenih u zapisu (2), moguće je izračunati da ukoliko se promatra ograničenje vezano za vrijeme strojne obrade, maksimalno moguće razine proizvodnje isključivo proizvoda A ili isključivo proizvoda B, iznosile bi: $x = 3.000$ komada, ili $y = 900$ komada:

$$3.000 * 3 = 9.000 \qquad (6)$$
$$900 * 10 = 9.000$$

Pri tim razinama proizvodnje, uvažavajući funkciju cilja zadanu zapisom (1), postigla bi se dobit od 36.000,00 ako se isključivo proizvodi proizvod A, odnosno 40.500,00 kn ako se isključivo proizvodi proizvod B:

$$3.000 * 12 = 36.000{,}00 \text{ kn} \qquad (7)$$
$$900 * 45 = 40.500{,}00 \text{ kn}$$

[469] Naknadno će se u model uvesti i četvrto ograničenje zadano prognoziranom tržišnom potražnjom.

U izračunu (6) predviđeno je da vrijeme obrade na stroju bude jedini kritični resurs kojeg poduzeće uzima u obzir. Odluka što će se proizvoditi tada je jednostavna. Proizvodit će se onaj proizvod koji nosi veću dobit, tj. proizvod B. Uvjet je postojanje dostatne potražnje na tržištu za količinama koje poduzeće može proizvesti. Ograničenost potražnje, to jest rizik plasmana jedne skupine proizvoda, predstavlja čest razlog zašto se poduzeće odlučuje za proizvodnju više od jednog proizvoda.

Primjera radi, pretpostavit će se da poduzeće može planirati prodaju od maksimalno 700 jedinica skupljeg proizvoda, dok je plasman jeftinijeg proizvoda osiguran. Ograničenje se ne odnosi na resurse koji su na raspolaganju za oba proizvoda, već na ograničenje potražnje za jedan od proizvoda. Ograničenje se zapisuje u sljedećem obliku:

$$y \leq 700 \qquad (8)$$

Ovaj broj proizvoda nije brojka do koje se došlo temeljem izračuna optimalnih količina slijedom optimaliziranja načina korištenja resursa dostupnih proizvodnji, već je projicirana razina potražnje koju je prognozirala služba prodaje. (Napomena: Kako bi se razlikovala od brojki dobivenih izračunom optimuma temeljem resursnih ograničenja, u nastavku primjera će brojka 700 bit će obilježena crvenom bojom.)[470] Ograničenje proizvodnje proizvoda B na 700 komada zapravo znači da će stvarni potreban kapacitet opreme iznositi 7.000 (700 * 10) vremenskih jedinica, a ne ukupno raspoloživih 9.000. Posljedično, bilo bi moguće prodajom proizvoda B ostvariti dobit 31.500,00 kn:

$$700 * 45 = 31.500{,}00 \text{ kn}$$

Ovakva situacija ostavlja prostor za proizvodnju i dodatnog proizvoda (proizvoda A), uvažavajući da će proizvod A moći koristiti one količine resursa koje neće biti utrošene u proizvodnju proizvoda B. Kada se radi o raspoloživom vremenu rada stroja, teorijski bi to značilo da je, unutar preostalih 2.000 minuta, moguće proizvesti 666 komada proizvoda A (666 pomnoženo s 3 iznosi 1.998; pritom će ostati neutrošene dvije minute raspoloživog vremena rada stroja). Dodatna dobit od prodaje 666 proizvoda A je 7.992,00 kn. Ukupna bi dobit tada iznosila 39.492,00 kn (7.992 + 31.500).

No, u prethodnom izračunu dobiti nisu uvažena i preostala dva ograničenja resursa. Prvo se ograničenje odnosi na raspoložive zalihe materijala, a drugo na raspoloživi broj radnih sati. Shodno tome, u nastavku će se ispitati granice proizvodnje koje nameću ograničenja naznačena u zapisima (3) i (4).

Uvaže li se raspoložive zalihe materijala od 15.000 jedinica, maksimalno je moguće

[470] Zapravo se ovim uvjetom postavlja još jedno ograničenje koje je potrebno uvažiti agregatnim planiranjem, ono zadano tržišnom potražnjom. Na sličan način, kao ograničenje, bila je zadana očekivana razina tržišne potražnje za ogrjevnim peletima prikazana u točki 14.4.1.

proizvesti 1.667 proizvoda A, ili 1.500 proizvoda B. Postupak za izračunavanje isti je kao u zapisu (6) s tim da se sada koristi zapis (3) u kojem su izražene maksimalno moguće količine proizvodnje zadane razinama dostupnog materijala:

$$1.667 * 9 = 15.000 \qquad (9)$$
$$1.500 * 10 = 15.000$$

Analogno izračunu (7) sada se izračunava očekivana dobit:[471]

$$1.667 * 12 = 20.004{,}00 \text{ kn} \qquad (10)$$
$$1.500 * 45 = 31.500{,}00 \text{ kn}$$

Slijedi izračun mogućnosti koji postavljaju ograničenja u trećem resursu, raspoloživim radnim satima (zapis 4). Uvažavajući postojeći broj radnika, tj. radnih sati, moguće je proizvesti ili 1.800 komada proizvoda A ili 1.080 komada proizvoda B:[472]

$$1.800 * 3 = 5.400 \qquad (11)$$
$$1.080 * 5 = 5.400$$

Lako je uočiti da poduzeće ne raspolaže dovoljnim brojem radnika za proizvodnju prethodno izračunatih maksimalno 3.000 komada proizvoda tipa A (zapis 6). Ima sasvim dovoljno radnika za proizvodnju proizvoda tipa B, ali zbog nedostatnih raspoloživih kapaciteta opreme, stvarna razina proizvodnje ne može prijeći granicu od 900 proizvoda. K tome, ako se još uvaži planirana razina potražnje, agregatnim planom će se prognozirati proizvodnja od tek 700 proizvoda B.

Dakle, dobit koja bi se ostvarila proizvodnjom isključivo proizvoda A bila bi 21.600,00 kn. Ako bi se proizvodio samo proizvod B, i to tek onih prognoziranih 700 komada koje je moguće prodati, dobit bi bila 31.500,00 kn, kako slijedi:

$$1.800 * 12 = 21.600{,}00 \text{ kn} \qquad (12)$$
$$700 * 45 = 31.500{,}00 \text{ kn}$$

Svi resursi koji bi ostali neiskorišteni u proizvodnji profitabilnijeg proizvoda B, mogli bi se namijeniti za proizvodnju manje profitabilnog proizvoda A, a mogli bi se i prodati ili skladištiti do neke buduće potrebe.

---

471 Zapravo se iz izračuna vidi da je izračunata razina proizvodnje od 1.500 proizvoda B nedostižna. Da bi bila realna, nedostaje kapaciteta iskazanih radnim satima stroja i, kako će se uskoro vidjeti, nedovoljno je raspoloživih radnih sati radnika. Naime, ranije izvedeni izračun 6. je utvrdio da je, s obzirom na raspoloživo vrijeme rada stroja, moguće proizvesti maksimalno 900 komada proizvoda B, i to pod uvjetom da se ne proizvede niti jedan proizvod A. Međutim, stvarno planirana količina u kojoj će se proizvoditi proizvod B najvjerojatnije će biti svedena na 700 komada, onoliko koliko je prognozirano da tržište može prihvatiti.

472 I ovdje se uočava da maksimalna količina proizvodnje proizvoda B, koja je realna s raspoloživim satima rada radnika (1.080, prema izračunu 9), nadilazi onu koju određuju raspoloživi sati rada stroja (900, prema izračunu 6).

Ukoliko bi se istovremeno uzela u obzir sva resursna ograničenja, moglo bi se proizvesti 633 proizvoda A, tj. mogla bi se ostvariti ona razina proizvodnje koju dozvoljavaju raspoloživi sati rada radnika. Dobit koja je maksimalno ostvariva uz proizvodnju 633 proizvoda A i 700 proizvoda B dobiva se uvrštavanjem planskih količina u funkciju cilja (5). Dobit bi u navedenom slučaju iznosila:

Dobit = 12 * 633 + 45 * 700 = 7.596 + 31.500 = 39.096 kn[473] (13)

Prethodni izračuni pokazuju da utvrđivanje plana proizvodnje može biti prilično dugotrajan i složen postupak, čak i u ovako pojednostavljenom udžbeničkom primjeru. U stvari, poduzetnika zanima koji je maksimalni financijski rezultat moguće postići pri realno mogućim razinama proizvodnje te postoji li lakši put kojim se postiže **kombinacija proizvodnog programa** koja uzima istovremeno u obzir sva poznata ograničenja. Taj maksimalni realni rezultat moguće je jednostavnije i preglednije utvrditi koristeći grafički prikaz problema ili, kod složenijih modela optimalizacije, koristeći računalne programe.

**Situacija traženja grafičkog rješenja problema** prikazana je slikom 14.6. Na osi *x* navedena je razina proizvodnje proizvoda A, a na osi *y* razina proizvodnje proizvoda B. Pravci obilježeni različitim bojama označavaju funkcije ograničenja. Nad svakim je pravcem upisana jednadžba pravca istovjetna ograničenjima opisanim pod (2), (3) i (4).

**Grafički prikaz olakšava uočavanje kritičnih točaka problema**. Slika 14.6. zorno prikazuje nekoliko značajnih podataka; maksimalne moguće količine proizvodnje bilo proizvoda A bilo proizvoda B s obzirom na visinu raspoloživih resursa; maksimalne količine proizvoda koje je moguće proizvesti optimalizirajući iskorištavanje za pojedine parove resursa; optimalan plan proizvodnje ako se u obzir uzmu svi resursi; te polje svih realno izvedivih kombinacija proizvoda A i B.

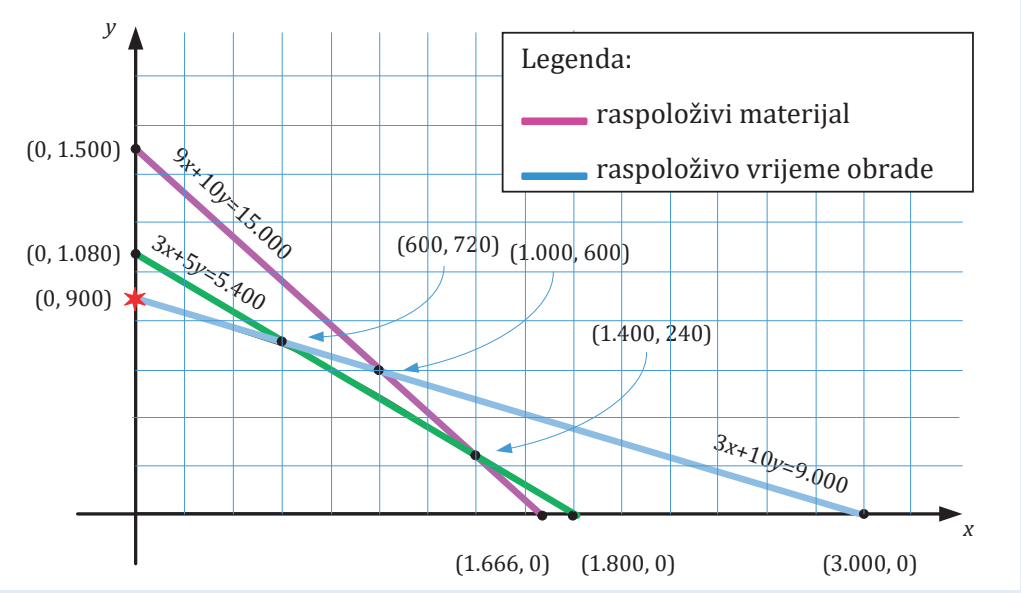
**Sjecišta pravaca ograničenja s osima x i y** predstavljaju maksimalnu razinu proizvodnje koja bi bila moguća s obzirom na ograničenja ukoliko bi se proizvodio samo jedan tip proizvoda, ili proizvod A ili proizvod B.[474]

Istražit će se sada sve mogućnosti kombiniranog proizvodnog programa, odnosno agregatnog plana proizvodnje koje sadrže i proizvode tipa A i proizvode tipa B.

[473] Uočava se da je ova dobit manja od one koja bi se postigla kad bi poduzeće proizvodilo isključivo svoj skuplji proizvod. Međutim, poduzeće najvjerojatnije neće poželjeti proizvoditi količinu koju nije moguće prodati. Potrebno je uvažiti da bi količina od 200 komada tada mogla ostati ležati u skladištu (ukoliko takva mogućnost postoji). Dakle, premda bi proizvelo 900 komada proizvoda B, ostvarilo bi dobit od prodaje 700 proizvoda B i to u iznosu od 31.500 kn, ali bi istodobno potrošilo resurse za stvaranje zaliha čija je prodaja u budućnosti neizvjesna. Navedeni primjer ukazuje na izrazitu složenost problema odlučivanja pri agregatnom planiranju te na važnost prilagodbe sustava agregatnog planiranja specifičnim okolnostima poslovanja svakog poduzetnika. Neke od dilema koje prate odabir pristupa agregatnog planiranja bile su predstavljene u ranijim dijelovima ovog poglavlja, osobito u tablici 14.2.

[474] To su iste one vrijednosti koje se izračunalo prema formulama (2), (3) i (4), kao što je primjerom prikazano u zapisima (6), (9) i (11).

**Sjecišta pravaca u koordinatnom prostoru** predstavljaju maksimalnu razinu proizvodnje za kombinirani program ukoliko se u obzir istovremeno uzimaju ograničenja za dvije skupine resursa.




***Slika 14.6. Grafički prikaz ograničenja resursa za proizvodnju proizvoda A i B***
***Napomena: područje dozvoljenih rješenja obilježeno je sjenčanjem, a točka optimuma zvjezdicom***

Tako točka (600,720) odražava maksimalnu razinu proizvodnje pri proizvodnji oba proizvoda koristeći se raspoloživim radnim satima stroja i radnika. Navedene vrijednosti dobiju se traženjem rješenja dviju funkcija ograničenja u točki preklapanja pravaca ograničenja vezanih uz raspoložive radne kapacitete stroja i raspoloživih sati rada radnika. Preuzet će se dakle vrijednosti angažiranja resursa prethodno predočene zapisima (2) i (4) te izračunati vrijednosti za $x$ i $y$, za uvjet kada je:

$$3x + 10y = 3x + 5y$$

Dobivene vrijednosti tada iznose $x = 600$ i $y = 720$.[475] Dobit kod proizvodnje kombiniranog programa proizvoda iznosit će 39.600,00 kn, kao što se vidi u nastavku:

$$\begin{aligned} 600 * 12 &= \ 7.200{,}00 \text{ kn} \\ +\ 720 * 45 &= 32.400{,}00 \text{ kn} \\ \text{Ukupno} &= 39.600{,}00 \text{ kn} \end{aligned}$$

Druga točka maksimuma, pri kojoj bi se raspoloživim resursima mogla proizvesti kombinacija (1.400, 240) generirala bi sljedeći financijski učinak:

[475] Riječ je o teorijskim vrijednostima. U ovom slučaju one slučajno iznose cijeli broj. No, ponekad izračuni neće generirati cijele brojeve. Budući da se planom ne može predvidjeti proizvodnja dijela već isključivo cijelih proizvoda, kao optimalna razina proizvodnje uzima se razina proizvodnje koja odgovara najbližem cijelom broju.

$$\begin{aligned} 1.400 * 12 &= 16.800{,}00 \text{ kn} \\ + \ 240 * 45 &= 10.800{,}00 \text{ kn} \\ \text{Ukupno} &= 26.600{,}00 \text{ kn} \end{aligned}$$

Budući da je dobit pri planu (600,720) viša od one pri planu (1.400, 240) poduzeće će odabrati opciju plana (600, 720).

Još jedan podatak je moguće uočiti na grafikonu, a on se odnosi na **realno izvedive kombinacije** proizvoda A i B, odnosno tzv. **područje dopuštenih rješenja**. Na grafikonu je ono označeno sjenčanjem. Svaka realna kombinacija A i B, uključivo i prethodno spominjanu *(633, 700)*, mora se nalaziti u tom polju mogućih rješenja. Ono **uvažava istovremeno sva resursna ograničenja**, tj. sadrži sve kombinacije količina proizvoda A i proizvoda B koje je moguće proizvesti ukoliko se proizvodnja planira u okviru raspoloživih ulaznih resursa. Što bi se više ograničenja uključilo u model, manje bi bilo polje mogućih rješenja. Želi li se proizvesti količina proizvoda koja se nalazi „izvan" polja mogućih rješenja, bit će potrebno angažirati dodatne resurse.[476]

Kako bi se odredilo optimalno rješenje s obzirom na funkcije ograničenja, u tablici 14.8. zapisane su sve moguće točke rješenja koje se mogu vidjeti na slici 14.6. kao i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja.

***Tablica 14.8. Moguće točke rješenja i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja uz uvažavanje resursnih ograničenja***

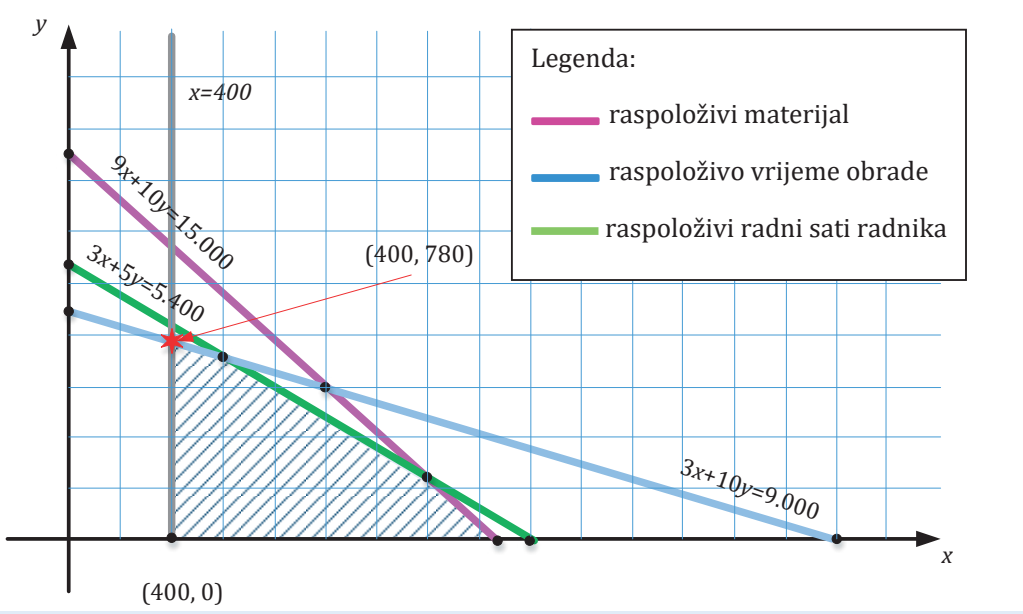
| Moguće točke rješenja | Vrijednost funkcije cilja |
|---|---|
| (0, 0) | 0 * 12 + 0 * 45 = 0 |
| (1.667, 0) | 1.667 * 12 + 0 * 45 = 20.000 |
| (1.400, 240) | 1.400 * 12 + 240 * 45 = 27.600 |
| (600, 720) | 600 * 12 + 720 * 45 = 39.600 |
| (0, 900) | 0 * 12 + 900 * 45 = 40.500 |

Uvažavajući sva spomenuta resursna ograničenja, moguće je primijetiti da optimalno rješenje pokazuje kako bi trebalo proizvoditi proizvoda B u količini od 900 jedinica te da će se pri tome ostvariti već i prije izračunata dobit u iznosu od 40.500,00 kn. (Ta točka je označena zvjezdicom na slici 14.6).

Primjer će se sada nadograditi dodavanjem **ograničenja vezanih uz tržište**. Dodat će se jedno dodatno ograničenje vezano uz tržište. Pretpostavit će se da poduzeće prima narudžbe kupaca koje mora uvažiti u predstojećem agregatnom planu. Neka ispostavljene narudžbe za proizvod A iznose 400 komada, što bi značilo da se proizvod A mora proizvesti u barem 400 komada (slika 14.7).[477]

[476] U tom slučaju, poduzetnik će ispitati kolike bi troškove izazvalo pribavljanje dodatnih resursa i/ili izbor alternativnih izvora snabdijevanja. Nakon određivanja nove razine cijena poduzetnik će ponovno postaviti funkcije novonastalih ograničenja i istražiti „nove" optimume.

[477] Privremeno će se zanemariti ograničenje vezano uz projiciranu tržišnu potražnju (700 proizvoda B), tj. ono neće biti ucrtano na slici 14.7. Jedini razlog privremenog izostavljanja ograničenja potražnje na 700 komada proizvoda B bilo je preglednije (postupno) predočavanje rješenja u grafičkom postupku. Stoga će tek iduća slika, 14.8, prikazati „završni" izgled područja dozvoljenih rješenja koji će odražavati i zahtjev ($y \leq 700$).




***Slika 14.7. Grafički prikaz ograničenja za proizvodnju proizvoda A i B s dodanim ograničenjem za preuzete narudžbe proizvoda A***

Na slici 14.7. vidljivo je i ograničenje koje određuje već preuzete narudžbe. Osjenčano područje nalazi se sada desno od linije ograničenja ($x \geq 400$).Ovo ograničenje ostvaruje učinak na područje dozvoljenih rješenja tako što odbacuje sve kombinacije proizvoda u kojima bi proizvedena količina proizvoda A bila manja od 400. Ucrtavanje navedenog ograničenja u grafikon očekivano dovodi do smanjivanja područja dozvoljenih rješenja. To se lako može provjeriti usporedbom slika 14.6. i 14.7.

Kako bi se odredilo optimalno rješenje s obzirom na postojeće funkcije ograničenja te novo uvedenu funkciju ograničenja, u tablici 14.9. zapisane su sve moguće točke rješenja koje se mogu vidjeti na slici 14.7. kao i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja.

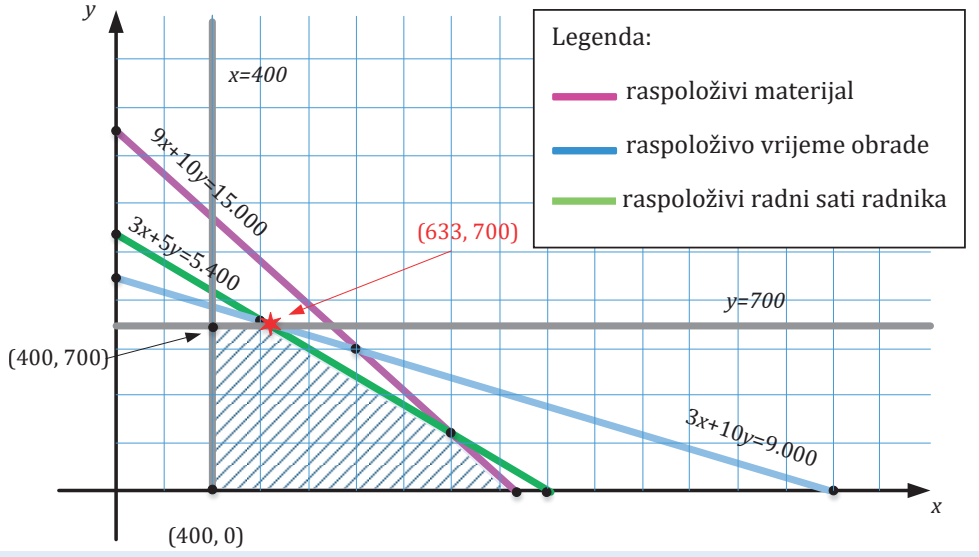
***Tablica 14.9. Moguće točke rješenja i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja uz uvažavanje resursnih ograničenja i ograničenja postojećih narudžbi***

| Moguće točke rješenja | Vrijednost funkcije cilja |
|---|---|
| (400, 0) | 400 * 12 + 0 * 45 = 4.800 |
| (1.667, 0) | 1.667 * 12 + 0 * 45 = 20.000 |
| (1.400, 240) | 1.400 * 12 + 240 * 45 = 27.600 |
| (600, 720) | 600 * 12 + 720 * 45 = 39.600 |
| (400, 780) | 400 * 12 + 780 * 45 = 39.900 |

Uvažavajući sva spomenuta ograničenja moguće je primijetiti da optimalno rješenje pokazuje kako bi trebalo proizvoditi proizvoda A u količini od 400 jedinica te proizvoda B u količini od 780 jedinica te da će se pri tome ostvariti dobit u iznosu od 39.900,00 kn.

No, mogla se dogoditi situacija da prethodno prihvaćene narudžbe budu više od planskih količina proizvoda koje određuju raspoloživi resursi. U tom slučaju poduzeće bi imalo na raspolaganju dvije mogućnosti. Prva je ispitati mogućnost angažiranja dodatnih resursa. Druga je utjecati na potražnju. Mogućnosti su različite: otkazati dio narudžbi, pokušati povećati potražnju promotivnim mjerama, odgoditi isporuku.

Za kraj će se na slici 14.8. prikazati kako bi se na područje dopuštenih rješenja odrazilo uvođenje projekcije tržišne potražnje od 700 proizvoda B (prema zapisu 8).[478]




***Slika 14.8. Grafički prikaz ograničenja za proizvodnju proizvoda A i B s dodanim ograničenjima za proizvodnju i prodaju proizvoda B***

I ovaj put funkcija ograničenja ($y \leq 700$) nalaže da se područje dozvoljenih rješenja umanji.

Kako bi se odredilo optimalno rješenje s obzirom na početne 3 funkcije ograničenja te 2 tržišna ograničenja, u tablici 14.10. zapisane su sve moguće točke rješenja koje se mogu vidjeti na slici 14.8. kao i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja.

[478] Uz prethodno zadano tržišno ograničenje potražnje na 700 proizvoda tipa B, kombinacija 600, 720 našla bi se i nadalje unutar područja dopuštenih rješenja. Za proizvodnju oba proizvoda planirana na razini 633 proizvoda A, i 700 proizvoda B, planirana dobit bi iznosila 39.096 kn. U grafikonu je sjecište ograničenja y ≤ 700 i funkcije ograničenja sati rada (3x + 5y ≤ 5.400), kao resursa čija je dosupnost najviše ograničena točka (633,720).

***Tablica 14.10. Moguće točke rješenja i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja uz uvažavanje resursnih ograničenja, ograničenja postojećih narudžbi i ograničenja potražnje***

| Moguće točke rješenja | Vrijednost funkcije cilja |
|---|---|
| (400, 0) | 400 * 12 + 0 * 45 = 4.800 |
| (1.667, 0) | 1.667 * 12 + 0 * 45 = 20.000 |
| (1.400, 240) | 1.400 * 12 + 240 * 45 = 27.600 |
| (633, 700) | 633 * 12 + 240 * 45 = 39.096 |
| (400, 700) | 400 * 12 + 780 * 45 = 36.300 |

Uvažavajući sva spomenuta ograničenja, moguće je primijetiti da optimalno rješenje pokazuje kako bi trebalo proizvoditi proizvoda A u količini od 633 jedinica te proizvoda B u količini od 700 jedinica te da će se pri tome ostvariti dobit u iznosu od 39.096,00 kn.

Na slici 14.8. je sad ucrtana i točka (633, 700) koja predstavlja optimalno rješenje problema uz uvažavanje svih 5 ograničenja, tri resursna i dva tržišna.[479]

Iz prethodno prikazanog primjera moguće je zaključiti da postupak traženja optimalnih alternativa grafičkim putem ima svoje prednosti i slabosti. Prednost je grafičke metode u jednostavnosti i intuitivnosti. Problemi nastaju ako se žele istražiti optimalna rješenja za složenije sustave. Ako neki poslovni sustav želi u razmatranje uključiti veći broj ograničenja, grafički prikaz više neće moći pružiti dovoljnu jasnoću. Još veći problem nastaje s porastom broja proizvoda u proizvodnom programu. Želi li se grafički prikazati program s tri proizvoda, dvodimenzionalni prikaz trebat će zamijeniti trodimenzionalnim. Jasno je da tu leži jedno od ključnih ograničenja grafičkog prikaza. Praktično je nemoguće predočiti proizvodni program s više od tri proizvoda. Zato se koriste računalni programi. Optimaliziranje planova proizvodnje računalnim putem nudi mnoge prednosti u odnosu na grafičku metodu. Jedna od glavnih prednosti računalnog pristupa proizlazi iz mogućnosti da se jednom postavljen linearni model lako nadograđuje.[480] Mogućnost izmjene parametara modela olakšava brzu provjeru različitih varijanti planova proizvodnje. Računalni programi za linearno programiranje značajno pojednostavljuju izračun optimalne strukture proizvodnog plana.

U nastavku će biti prikazan primjer izračuna optimalnog rješenja u slučaju hipotetskog proizvođača slavina. Korišteni podaci su fiktivni. Smisao primjera je pokazati kako riješiti problem optimaliziranja proizvodnog programa za proizvodnju tri vrste proizvoda.

[479] I ovdje izloženi primjer pokazuje da se agregatnim planiranjem zadire u sve sfere poslovanja. Primjerice, u promatranom slučaju očekuje se interakcija operacijske i komercijalne funkcije, što nadilazi neposredne odluke o tehnološki zadanim okvirima proizvodnje.

[480] Lako se dodaju nova resursna ili tržišna ograničenja, može se istraživati scenarije koji nastaju promjenom tržišnih cijena, mogu se istraživati različite funkcije optimuma i sl.

***Primjer 14.3. Optimalizacija plana proizvodnje računalnim putem***

POLAZNE INFORMACIJE: Poduzeće ŠPINA, d.d. proizvodi tri vrste slavina: slavine za sudopere, slavine za kade i slavine za umivaonike. Unutar svake skupine proizvoda postoje manje varijacije u izvedbama, no svi izračuni za potrebe agregatnog planiranja rade se na bazi ekvivalentnog proizvoda. Poduzeće planira proizvodnju za predstojeće tromjesečno razdoblje. Svi proizvodi se proizvode u serijama.

Prosječna očekivana tržišna cijena u veleprodaji za svaki od tipova proizvoda iznosi: 600 kuna za slavine za sudopere, 700 kuna za slavine za kade i 500 kuna za slavine za umivaonike. Dobit po jedinici proizvoda utvrđuje se i za svaku seriju nakon što se direktnim troškovima pribroji udio fiksnog troška koji tereti svaku jedinicu proizvoda. Za predstojeće plansko razdoblje postoje već prihvaćene narudžbe za 100 slavina za sudopere, 50 slavina za kade i 50 slavina za umivaonike.

Politika obračuna troškova proizvodnje u poduzeću Špina nalaže da se fiksni troškovi alociraju prema kriteriju zauzimanja kapaciteta proizvodne opreme.[481] Ukupni fiksni trošak za promatrano razdoblje iznosi 210.000,00 kuna, a raspoloživi kapacitet opreme za isto razdoblje iznosi 25.000 minuta. Prema potrebnom vremenu obrade, najviše kapaciteta zauzima proizvodnja slavina za kade, najmanje proizvodnja slavina za umivaonike. Raspoložive količine osnovnog materijala iznose 20 $m^3$ ili 20.000 $cm^3$. Najviše materijala zahtijeva proizvodnja slavina za kade (25 $cm^3$ po jednom proizvodu), nešto manje materijala traži proizvodnja slavina za sudopere (20 $cm^3$), a najmanje materijala traži proizvodnja slavina za umivaonike (15 $cm^3$).

Pri kalkulaciji cijene koštanja proizvodnje, angažirani materijal izražava se u financijskim vrijednostima. Pritom se razdvajaju troškovi osnovnog materijala od troškova dodatnog materijala i troškova pakiranja i otpreme proizvoda. Prema specifikacijama određuju se potrebni resursi i njima pripadajući troškovi materijala na temelju kojih je moguće postaviti funkcije ograničenja.[482] Vrijednosti potrebne za postavljanje funkcija ograničenja, vezanih uz troškove proizvodnje i otpreme, prikazuje tablica 14.11.

[481] Kako bi se svaka jedinica proizvoda teretila pripadajućim dijelom fiksnih troškova, ukupni se iznos fiksnih troškova podijelio sa stvarnim brojem iskorištenih sati rada, a potom se svakom proizvodu dodijelio pripadajući dio fiksnog troška sukladno onom vremenu koje je ta vrsta proizvoda stvarno iskoristila. Da je slučajno optimum bio drugačiji (zbog promjene nekog od postojećih ograničenja ili dodavanja nekog novog ograničenja), tada bi i ukupno utrošeno vrijeme bilo različito kao i otpadajući udjeli u ukupnom vremenu proizvodnje.

[482] Kao što je učinjeno u uvodnom dijelu poglavlja, u točki 14.4.2.

***Tablica 14.11. Resursi i troškovi potrebni za proizvodnju jedinice proizvoda***

| Potrebni resursi i troškovi angažiranog materijala | Tip proizvoda | | |
|---|---|---|---|
| | Slavina za sudoper | Slavina za kadu | Slavina za umivaonik |
| Vrijeme obrade po jedinici (u min) | 25 | 30 | 20 |
| Utrošak materijala (u $cm^3$) | 20 | 25 | 15 |
| Trošak osnovnog materijala (u kn) | 200 | 250 | 175 |
| Trošak dodatnih dijelova (u kn) | 120 | 150 | 100 |
| Trošak pakiranja i otpreme (u kn) | 20 | 20 | 15 |

Podaci o resursnim ograničenjima zadani su u prva dva retka i bitni su za planiranje alokacije kapaciteta opreme te raspoloživog materijala. Podaci o jediničnim troškovima osnovnog materijala, dodatnog materijala i pakiranja ne predstavljaju ograničenja u smislu ograničene raspoloživosti proizvodnih resursa, ali su bitni za izračunavanje optimuma zadanog u obliku maksimalizacije dobiti. Naime, što su manji troškovi proizvodnje pojedinog tipa proizvoda, to je veća jedinična dobit za taj isti proizvod.

POSTAVLJENJE PROBLEMA: Postavljenje problema započinje postavljanjem funkcije cilja. U ovom slučaju, cilj je definiran kao ostvarivanje maksimalne dobiti uz postojeće resurse:

$$\text{Maksimalna dobit} = F(x) = d_s x_s + d_k x_k + d_u x_u$$

gdje su:

$d_s$, $d_k$ i $d_u$ = jedinična dobit za slavine za sudoper, slavine za kade i slavine za umivaonike

$x_s$, $x_k$ i $x_u$ = planirane količine proizvodnje slavina za sudopere, slavina za kade i slavina za umivaonike

Zadana su ograničenja za:

kapacitet stroja (min): $25x_s + 30x_k + 20x_u \leq 25.000$

raspoloživi materijal ($m^3$): $20x_s + 25x_k + 15x_u \leq 20.000$

već prihvaćene narudžbe: $x_s \geq 100$; $x_k \geq 50$; $x_u \geq 50$

RJEŠAVANJE PROBLEMA: Slijedi primjer rješavanja zadatka korištenjem programskog alata. Najprije je potrebno kreirati analitičke tablice. Svaki planer sam definira izgled i sadržaj analitičkih tablica.[483] Bitno je unaprijed predvidjeti sve potrebne izračune, ali, jednako tako, voditi računa da su podaci (o korištenim resursima, troškovima i sl.) na neki način logično grupirani te opisani s nazivljem koje je prepoznatljivo korisniku/analitičaru.

[483] Kako bi se svladalo postupak, bitno je da svaki student pokuša samostalno postaviti i riješiti zadatak na računalu. Prikazani primjer će u tome pomoći.

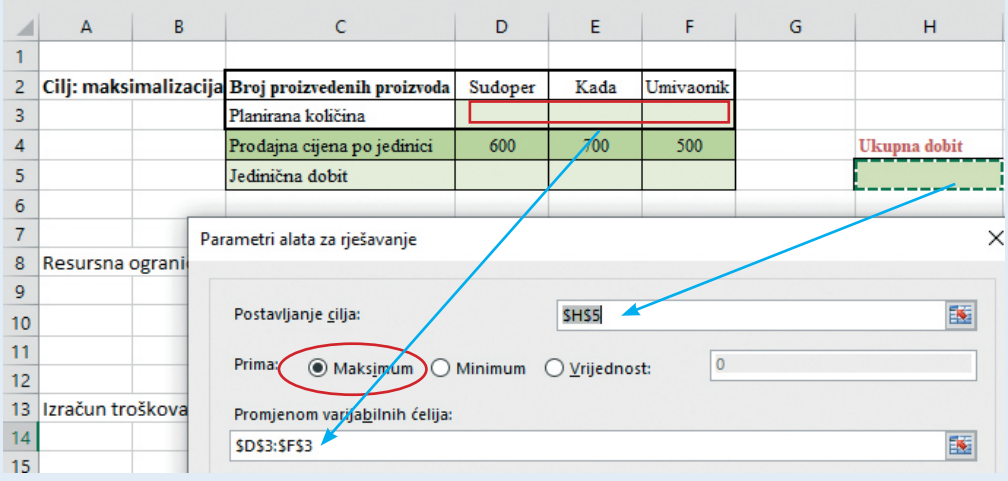
U ovom primjeru pretpostavljeno je da će proizvođača zanimati izračun jedinične dobiti po proizvodu, pa su u tu svrhu kreirana potrebna polja u Excel tablici.

Posebni su dijelovi u tablici namijenjeni izračunu jediničnih i ukupnih troškova. Budući da je dobit razlika između ukupnih prihoda (kao umnoška prodanih količina i prodajne cijene) i ukupnih troškova proizvodnje, podaci o jediničnoj prodajnoj cijeni i jediničnoj dobiti u kreiranoj tablici iskazani su jedan blizu drugoga, kako bi se lakše uočavala njihova povezanost.

Postupak rješavanja problema bit će prikazan u dva koraka te se neće izdvojeno prikazati svaki pojedinačni upis prilikom rješavanja zadatka. Pažnja će se usredotočiti na one korake koji se odnose na upis funkcije cilja (slika 14.9) te zadavanje ograničenja (slika 14.10). Naime, ukoliko bi se prikazivale slike svakog pojedinačnog unosa podatka, prikaz u ovom udžbeniku bio bi i predugačak i nepregledan.

Kad se pokrene alat za rješavanje,[484] istovremeno će se u okviru za unos modela (*dialog box*-u) pojaviti niz polja za zadavanje zadatka, počevši od zadavanja funkcije cilja, preko zadavanja ograničenja. Ispis s oznakama obuhvaćenih polja bit će vidljiv na zaslonu sve dok se ne zatraži od programa da riješi zadatak. Nakon unosa svih ograničenja, odabire se polje „Učitaj/riješi" i program će sam izračunati optimalne količine proizvoda.

Korišteni program zahtijeva određivanje polja u kojem će se generirati ciljana vrijednost. Na slici 14.9. to je polje istaknuto ispod natpisa „ukupna dobit" (polje H-5).




***Slika 14.9. Primjer unošenja funkcije cilja i polja za ispis rješenja***

Također, bilo bi potrebno zadati polja u kojima će se nakon rješavanja problema ispisati planirane količine pojedinih proizvoda. Na slici 14.9. riječ je o poljima D-3, E-3 i F-3.

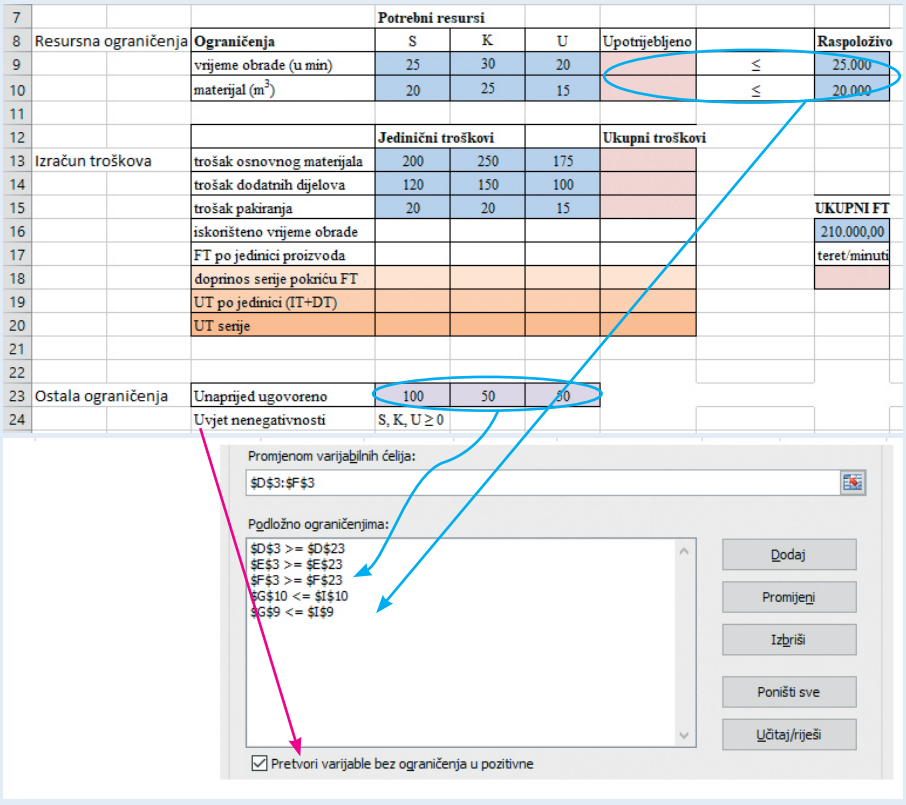
Polja koja sadrže ulazne podatke o ograničenjima prikazana su na slici 14.10. Polja potrebna za unos podataka vezanih uz resurse nalaze se u vrhu tablice.[485] U dnu slike 14.10.

[484] Prilikom rješavanja ovog primjera korišten je program Excel Solver (Excel program za rješavanje, u hrvatskoj inačici).

[485] U recima namijenjenim prikazu načina korištenja resursa redom se, s lijeva na desno, navode potrebe za satima rada stroja te za materijalom po jedinici proizvoda (za svaki tip proizvoda). Slijedi prazno polje za generiranje

primjećuje se još jedan niz zadanih podataka, onih koji definiraju ograničenja zadana već postojećim narudžbama (ljubičasto obojena polja). I konačno, crvenom strelicom u dnu slike prikazano je zadavanje ograničenja vezanog uz uvjet nenegativnosti.

Radi lakšeg snalaženja na slici su korištene boje kako bi se intuitivno sugeriralo značenje pojedinih polja. Polja koja sadrže ulazne podatke o potrebnim jedinicama resursa te o troškovima proizvodnje osjenčana su plavo. Prazna bijela polja u sredini tablice rezervirana su za izračunavanje iskorištenog vremena obrade i fiksnih troškova po jedinici proizvoda. Te će podatke program sam izračunati prilikom generiranja optimalnih rješenja koristeći unaprijed zadane formule. Ružičasto obojena polja namijenjena su iskazivanju rezultata izračuna količine resursa koja će biti upotrijebljena pri generiranom planu proizvodnje. Vrijednosti za ružičasto obojena polja također će generirati sam program, prilikom izračuna optimalnog plana proizvodnje.




***Slika 14.10. Primjer analitičke tablice i zadavanja ograničenja*** [486]

ukupnog utroška određenog resursa (nakon izračunavanja optimuma), potom operator te, u krajnje desnom polju retka, ukupno raspoloživa količina resursa koja je zadana zadatkom.

[486] Strelice u bojama označuju upisana ograničenja. Budući da je na slici 14.10. „izrezan" dio prikaza na ekranu, evo nekih pojašnjenja koja mogu pomoći u razumijevanju načina postavljanja zapisa ograničenja. Najprije je potrebno uvesti sva ograničenja. To se čini odabirom polja „Dodaj", a potom obuhvatom mišem onih polja iz tablice u kojima će se generirati traženi podatak (primjerice, za ograničenja materijala u ovom prikazu, iznos ukupno utrošenog materijala generirat će se u polju G-10), potom se označava odnos prema zadanom ograničenju (tj. odabire primjeren operator: ≥, =, ≤ ) te odabire polje u kojem je ograničenje materijala upisano prilikom pripreme analitičkih tablica (u primjeru je to polje I-10). Isti postupak se provodi i s prethodno ispostavljenim narudžbama.

Prazna polja u tablici na slici 14.10. poprimit će vrijednosti prema formulama koje je bilo potrebno unaprijed zadati. Izračuni proizlaze iz optimalnih razina proizvodnje, tj. količina svakog pojedinog proizvoda koje će utvrditi program za rješavanje tako što će, po unosu svih potrebnih parametara, program sam generirati optimalne rezultate. U postavljanju ograničenja, kao i pri zadavanju postupka za izračun vrijednosti u poljima namijenjenim podacima za iskorišteno vrijeme obrade, fiksni trošak po jedinici proizvoda, ukupni trošak i sl., treba biti vrlo pažljiv kako se ne bi označilo pogrešno polje ili odabralo pogrešan operator. Kako bi se dobio detaljniji uvid u ekonomske učinke proizvodnog plana, predviđeno je da se fiksni trošak izračunava u analitičkoj tablici kao funkcija stvarno korištenog kapaciteta opreme.[487] Dakle, i za taj podatak će biti potrebno vrijednost polja zadati unaprijed, odgovarajućom formulom, kako bi ga program, nakon što generira optimalni plan proizvodnje, izračunao.

PRIKAZ REZULTATA: U slučaju da postoji optimalno rješenje problema, prikaz rezultata računalo generira automatski. U promatranom primjeru, završni zaslon sadrži podatke kao u tablici 14.12.

Informacije koje je moguće dobiti iščitavanjem podataka iz tablice 14.12. su vrlo korisne za donošenje agregatnog plana proizvodnje.

Najprije, poznato je pri kojoj se razini proizvodnje ostvaruje najviša dobit. Pod uvjetom da nema promjena u tržišnim i proizvođačkim cijenama, poduzeće lako može donijeti optimalnu odluku, tj. prihvatiti agregatni plan prema tablici 14.12. To je razina proizvodnje 100 slavina za sudopere, 50 slavina za kade i 1.050 slavina za umivaonike.

Vidljivo je i kolika će biti dobit pri proizvodnom planu (100, 50, 1.050). Iznosit će 50.500,00 kn.

***Tablica 14.12. Poduzeće Špina d.d. (primjer dobivenih rezultata)***

| **Broj proizvedenih proizvoda** | **sudoper** | **kada** | **umivaonik** |
|---|---|---|---|
| | **100** | **50** | **1.050** |
| Prodajna cijena po jedinici | 600 | 700 | 500 |
| Jedinična dobit | 50 | 28 | 42 |

| **Ukupna dobit** |
|---|
| **50.500,00** |

**Potrebni resursi**

| **Ograničenja** | S | K | U | **Upotrijebljeno** | | **Raspoloživo** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vrijeme obrade po jed. (u min) | 25 | 30 | 20 | 25.000 | ≤ | 25.000 |
| Materijal ($cm^3$) | 20 | 25 | 15 | 19.000 | ≤ | 20.000 |

[487] Jednostavnija, ali manje precizna opcija bila bi unaprijed procijeniti stalni postotak fiksnog troška koji tereti cijenu koštanja svakog tipa proizvoda.

| Troškovi | Jedinični troškovi | | | Ukupni troškovi |
|---|---|---|---|---|
| Trošak osnovnog materijala (u kn) | 200 | 250 | 175 | 216.250 |
| Trošak dodatnih dijelova (u kn) | 120 | 150 | 100 | 124.500 |
| Trošak pakiranja i otpreme (u kn) | 20 | 20 | 15 | 18.750 |
| Iskorišteno vrijeme obrade | 2.500 | 1.500 | 21.000 | 25.000 |
| FT po jedinici proizvoda (u kn) | 210 | 252 | 168 | |
| Doprinos serije pokriću FT (u kn) | 21.000 | 12.600 | 176.400 | **210.000** |
| UT po jedinici (u kn) | 550 | 672 | 458 | |

| UKUPNI FT |
|---|
| 210.000,00 |
| teret/minuti (u kn) |
| 8,40 |

Tablica 14.12. pokazuje i kolika se dobit ostvaruje po svakom pojedinom tipu proizvoda. Dobit po proizvodu predstavlja razliku između prodajne cijene i troškova proizvodnje proizvoda. Taj podatak izračunava se u polja namijenjena izračunu „jedinične dobiti".

Podaci o troškovima proizvodnje dobiveni su izračunom ukupnih troškova proizvodnje po svakom tipu proizvoda. Za svaki tip proizvoda izračunati su pripadajući fiksni troškovi sukladno efektivno iskorištenom vremenu obrade, tj. množenjem pripadajućeg „iskorištenog vremena obrade" s „teretom/minuti". Ovaj je podatak dobiven tako što je ukupni fiksni trošak od 210.000,00 kn podijeljen s 25.000 minuta, koliko je iznosilo ukupno iskorišteno vrijeme rada opreme, te je trošak po minuti rada opreme 8,40 kn. Fiksnom trošku po jedinici proizvoda pridodani su jedinični troškovi za osnovni materijal, pomoćni materijal i pakiranje te je tako formiran ukupni trošak po jedinici proizvoda u dnu tablice. Oduzme li se iznos ukupnog jediničnog troška od prodajne cijene, dobije se jedinična dobit. I nju je izračunao program.

Pojedinačno, po tipu proizvoda, najviša dobit ostvaruje se proizvodnjom i prodajom slavina za sudopere. Unatoč tome, zbog ograničenja vezanih uz raspoložive proizvodne resurse (srednji dio tablice), optimalni program nalaže da se proizvede najviše slavina za umivaonike. Kako se vidi iz tablice 14.12, one troše značajno manje resursa, a donose relativno visoku razinu dobiti po jedinici proizvoda. Otuda i njihov visok udio u agregatnom planu, a onda i vrlo značajan doprinos pokriću ukupnih fiksnih troškova. Slavine za kade proizvodit će se vjerojatno isključivo zbog već preuzetih narudžbi za 50 komada slavina, odnosno zato što se ne želi izgubiti povjerenje kupaca. Zanimljivo je da bi upravi navedena opažanja mogla

proći nezamijećeno da nije primijenjen ovakav, nešto složeniji računalni pristup za utvrđivanje optimalnog plana proizvodnje.

Tablica 14.12. nudi još neke dodatne informacije koje mogu pomoći u planiranju budućeg poslovanja. Vidljivo je da je pri razini proizvodnje (100, 50, 1.050) iskorišten ukupni radni kapacitet opreme te da preostaje vrlo malo neiskorištenih zaliha materijala. Iz navedenog je moguće zaključiti da promatrano poduzeće uspješno planira potrebne resurse te da ne nabavlja materijal u prekomjernim količinama.

Poduzeće Špina može koristiti rezultate izračuna i kako bi preispitalo svoje politike cijena.[488] Možda na tržištu postoji prostor za podizanje prodajnih cijena nekih proizvoda. Želi li ispitati kakav bi utjecaj porast prodajne cijene slavine za kade imao na promjenu optimalnih razina proizvodnje, to može učiniti vrlo jednostavno, promjenom podatka u tablici s prodajnom cijenom. Budući da svi ostali podaci i odnosi ostaju nepromijenjeni, sve što treba učiniti je ponovno pokrenuti postupak rješavanja problema. Na isti se način mogu ispitati učinci povećavanja raspoloživih resursa, učinci promjena u razinama potražnje i slično.

## 14.5. ZAKLJUČAK

Agregatnim planiranjem usklađuju se planovi proizvodnje sukladno tržišnoj potražnji i financijskim i proizvodnim (tehnološkim) mogućnostima poslovanja. Agregatno planiranje definira što će se zaista proizvoditi, u kojim količinama, kako bi se postigao maksimalni poslovni i financijski učinak. Naglasak agregatnog planiranja je na optimalnom iskorištenju postojećih resursa, osobito na vremenu korištenja (zauzetosti) fiksnih kapaciteta.

Agregatno planiranje obuhvaća niz aktivnosti kojima se u redovitim vremenskim razmacima, najčešće jednom godišnje, usklađuju planovi proizvodnje s planovima ostalih funkcijskih područja. Bitne partnere operacijskog menadžmenta, pri izradi agregatnih planova, čini osoblje iz funkcija prodaje, nabave (ukoliko su organizacijski nezavisni od proizvodnje) te računovodstva i financija.

Agregatni plan određuje način raspolaganja kritičnim resursima. U pravilu, riječ je o kapacitetima proizvodne opreme, zalihama i/ili skladišnim kapacitetima te raspoloživim radnim vremenom radnika. Sukladno zadanim ograničenjima, agregatno planiranje definira količinske i vremenske planove proizvodnje. No, agregatno planiranje može uvažiti i druge kriterije odlučivanja, primjerice veličinu postojećih narudžbi ili vremenske rokove za isporuku proizvoda i usluga.

[488] Još je jedna napomena potrebna u pogledu nadogradnje primjera. Kada su jednom izračunate optimalne vrijednosti, moguće je problem koristiti za daljnju analizu. U ovom su slučaju optimalne količine proizvoda iskorištene za analizu financijskih učinaka odabira određenog agregatnog plana proizvodnje, no moglo se istraživati i kako neke druge okolnosti i promjene parametara utječu na korištenje resursa i različite poslovne učinke spomenute u točki 14.2.3.

Smisao agregatnog planiranja je optimalizirati korištenje raspoloživih resursa približavajući proizvodne mogućnosti zahtjevima prodajnih tržišta. Važnost agregatnog planiranja najviše dolazi do izražaja u kritičnim fazama procesa, tzv. uskim grlima. Ujedno, kroz agregatno planiranje postiže se periodična procjena postojećih operacijskih sposobnosti poslovnog sustava, kako bi se uskladili s poslovnim planovima za iduće plansko razdoblje/godinu. Premda je okrenuto internim resursima, agregatno planiranje i mogućnosti angažiranja dodatnih resursa utvrđuju financijske posljedice predviđenih prilagodbi te se uspoređuju različite inačice plana s obzirom na utjecaj koji ostvaruju na financijsko poslovanje i potražnju.

Za uspjeh agregatnog planiranja potrebno je raspolagati primjerenim informacijama. Varijable koje se koriste u agregatnom planiranju čine podaci o resursima čije se korištenje može optimalizirati agregatnim planiranjem. Za poslovne subjekte koji proizvode širi raspon proizvoda, informacije o potrebnim resursima izražavaju se u jedinicama ekvivalentnog proizvoda, temeljem kojih je moguće planirati nabavu zajedničkih materijala izrade i izračunati vremena zauzetosti kapaciteta (rezerviranje) za svaki proizvod iz proizvodnog programa. Ovisno o zadanim vrijednostima proizvodnih inputa za pojedini proizvod, određuju se količine kritičnih resursa koje je potrebno angažirati; rada, materijala, kapaciteta/vremena izrade. Također, potrebna je i evidencija raspoloživih (slobodnih, nezauzetih) kapaciteta.

Okolnosti koje poduzeće želi uvažiti u agregatnom planiranju su odraz vlastite konkurentske politike poduzetnika. Potrebno je napomenuti da isti pristup kod dva poduzetnika iz iste djelatnosti može izazvati sasvim različite troškove prilagodbe operacijskog sustava. Osnovne strategije agregatnog planiranja opisuju dva suprotstavljena pristupa usklađivanju proizvodnje i potražnje: strategiju fiksnih razina proizvodnje (o*utputa*) i strategiju praćenja tržišne potražnje. Prikladna strategija odabire se ovisno o obilježjima poslovno-proizvodnog sustava te trendovima potražnje koji vladaju na tržištima na kojima poslovni subjekt posluje.

U agregatnom planiranju moguće je koristiti različite metode. Složeniji poslovni sustavi koristit će i složenije metode i uvažavati više ograničenja, što zahtijeva i složeniju informacijsku podlogu. Prednost složenijih računskih metoda je u stvaranju novih informacija o poslovanju temeljem kojih je moguće poboljšati ne samo operativno već i cjelovito poslovanje poduzetnika.

## 14.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Agregatno planiranje*** | Aktivnosti vezane uz sustavno i periodično usklađivanje zahtjeva tržišta i raspoloživih proizvodnih resursa. Agregatno planiranje osigurava ekonomičnost proizvodnje. |
| ***Agregatni plan proizvodnje*** | Planski dokument kojim su definirani proizvodni ciljevi, tj. proizvodni program za razdoblje od 3-18 mjeseci. |
| ***Agresivna tržišna strategija*** | Tržišno ponašanje vezano uz politiku kapaciteta usmjerenu na istiskivanje konkurenata s tržišta. Podrazumijeva održavanje prekomjernih proizvodnih kapaciteta. Ovu strategiju mogu primjenjivati najveća poduzeća, odnosno tržišne vođe. |
| ***C*** | |
| ***Ciljevi agregatnog planiranja*** | Razine angažiranja pojedinih kategorija resursa. Izražavaju se brojčano i često se izračunavaju putem funkcije cilja. |
| ***D*** | |
| ***Defanzivna tržišna strategija*** | Tržišno ponašanje vezano uz politiku kapaciteta usmjerenu na sigurnost prodaje. |
| ***E*** | |
| ***Ekvivalentna jedinica proizvoda*** | Uvjetna jedinica proizvoda.<br>Izražava se na način pogodan za izračunavanje ukupnih očekivanih utrošaka resursa u modelu proizvodnje.<br>Pogodna je za objedinjeno iskazivanje potrebnih resursa za razine proizvodnje predviđene glavnim planom. |
| ***F*** | |
| ***Funkcija cilja*** | Matematički iskaz očekivanja u pogledu minimalizacije ili maksimalizacije određene varijable u modelu proizvodnje. |
| ***G*** | |
| ***Glavni plan proizvodnje*** | Plan kojim se određuju ukupne količine pojedinih kategorija proizvoda koje poduzeće predviđa proizvesti u predstojećem planskom razdoblju. Planirani proizvodni program koji zadovoljava postavljene ekonomske ciljeve za naredno plansko razdoblje. |
| ***Grafička metoda*** | Slikovni ili tablični prikaz korištenja resursa i dostupnih razina proizvodnje. |
| ***L*** | |
| ***Linearni odnos*** | Fiksni omjer među varijablama modela. Ravnomjerna zavisnost zavisne varijable, primjerice proizvedene količine, u odnosu na porast ili pad nezavisne varijable, poput razina inputa ili troškova proizvodnje. |
| ***Linearno programiranje*** | Metoda matematičke optimalizacije plana proizvodnje. |
| ***M*** | |
| ***Model proizvodnje*** | Pojednostavljeni izraz proizvodnih ishoda koje je moguće postići kombinacijom raspoloživih resursa. Predstavlja često korištenu metodu utvrđivanja optimalnog plana proizvodnje. Model koji služi za agregatno planiranje pogodan je za izračun optimalnih razina proizvodnje. |
| ***O*** | |

| | |
|---|---|
| ***Optimalno rješenje problema (kod linearnog programiranja)*** | Kombinacija proizvoda koju je moguće proizvesti uz zadanu razinu resursa kako bi se postigao maksimalni financijski učinak. Rješenje problema je također moguće izraziti funkcijom minimuma, čime se izračunava minimalna razina troškova koju je moguće ostvariti uz zadana ograničenja. |
| ***P*** | |
| ***Područje dozvoljenih rješenja*** | Područje omeđeno pravcima koje, u grafičkom prikazu, sadrži sve izvedive kombinacije količina proizvoda (količinski omjer) koje je moguće proizvesti ukoliko se proizvodnja planira u okviru raspoloživih ograničenja ulaznih resursa. |
| ***S*** | |
| ***Strategija prilagođavanja potražnji (engl. chase strategy)*** | Strategija „lovljenja potražnje“, tj. slijeđenja tržišta.<br>Pristup postizanja ekonomičnih razina proizvodnje kroz prilagođavanje razina proizvodnje prognoziranom kretanju potražnje. Sklad razina proizvodnje i razina potražnje postiže se neravnomjernim korištenjem resursa. Proizvodi se onoliko koliko je moguće prodati. |
| ***Strategija stabilnih prihoda*** | Strategija koja plan proizvodnje usmjerava prema optimalizaciji novčanih tokova/prihoda: tokovi novca održavaju se na stalnim razinama i time postižu uštede u troškovima financiranja poslovanja. |
| ***T*** | |
| ***Metode agregatnog planiranja*** | Skup standardiziranih postupaka kojima se procjenjuju optimalne razine proizvodnje. |
| ***V*** | |
| ***Vršna razina proizvodnje*** | Maksimalna razina proizvodnje koju je moguće proizvesti pomoću raspoloživih resursa. |

## 14.7. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Kako je navedeno, poduzeća koriste agregatno planiranje, osobito politiku kapaciteta kako bi uskladili vlastitu ponudu s potražnjom na tržištu. No, pritom je potrebno imati na umu da je očekivana potražnja u stvari projekcija, to jest tek prognoziranje budućeg stanja tržišta. Objasnite kako agregatno planiranje postiže „korekcije" razine proizvodnje u relativno kratkom vremenu. Kao primjer uzmite fakultet.

Procijenite koje su strategije prilagodbe ponude potražnji vjerojatne za ona poduzeća koja koriste specijaliziranu opremu za proizvodnju standardiziranih proizvoda u velikim serijama. Objasnite svoj odgovor.

**Zadatak 2.** Razmislite o strategijama proizvodnje sladoleda. Pretpostavite da se proizvodi sladoled za hrvatsko tržište. Pretpostavite zatim da je potrebno odabrati jednu od proučenih strategija. Koju biste strategiju savjetovali relativno malom proizvođaču sladoleda? Objasnite svoje razloge. Koju biste strategiju savjetovali najvećem proizvođaču na tržištu?

Pokušajte pretraživanjem Interneta pronaći primjere poduzeća za koje bi bile primjerene strategije koje ste prethodno opisali. Primjeri stvarnih poduzeća nude se na sljedećim poveznicama: uspješnog manjeg poduzetnika (https://www.dalmacijadanas.hr/sladoledi-makarske-tvrtke-osvojili-hrvatsku-u-splitu-su-hit-okusi-crni-sezam-cokolada-s-paprikom-i-zabaione-sa-smokvom) i svima poznatog proizvođača sladoleda s dugogodišnjim prisustvom na tržištu (http://www.ledo.hr/hr/proizvodi/sladoledi).

**Zadatak 3.** Usporedite troškove poslovanja u dvije ponuđene varijante plana proizvodnje proizvođača peleta: za strategiju bez držanja zaliha (tablica 14.5) i za strategiju s držanjem zaliha (tablica 14.7). Komentirajte prednosti, slabosti i moguće poslovne rizike svake od ovih dviju verzija plana. Premda ukupni troškovi druge varijante iznose manje, mogu li postojati opravdanja da se proizvođač ipak opredijeli za prvu opciju? Razmislite mogu li redoviti radnici u prekovremenom radu podnijeti još 3-4 dodatna radna sata dnevno, uz to i radnu subotu? Jedno od alternativnih rješenja može biti zapošljavanje dodatnih radnika u drugoj smjeni, uz pretpostavku da postoje radnici koju su spremni prihvatiti posao.

**Zadatak 4.** Samostalno izradite izračun troškova poslovanja za situaciju kad proizvođač peleta (iz obrađenog primjera 14.1) započne proizvodnju već u kolovozu i radi punim kapacitetom kroz 8 mjeseci. Tablica u nastavku (tablica 14.13) olakšat će izračun. Pretpostavite situaciju da proizvođač osam mjeseci radi s punim kapacitetom u redovnom vremenu i tako podmiruje cjelokupnu očekivanu potražnju (8 mjeseci * 400 paleta = 3.200 paleta). Pritom uspijeva izbjeći (skuplji) prekovremeni rad, no ipak mora računati i da će u dva navrata morati odgoditi isporuku. Nakon što popunite tablicu 14.13. izvedite i objasnite svoje preporuke proizvođaču.

***Tablica 14.13. Kalkulacija troškova proizvodnje s ranijim početkom proizvodnje, isključivo u redovnom vremenu, s držanjem zaliha i odgodom isporuke***

| Planirane količine | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | Ukupno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Planirana potražnja (K)** | **0** | **0** | **500** | **700** | **700** | **600** | **500** | **200** | **3200** |
| Planirana proizvodnja | | | | | | | | | |
| **Redovni rad** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **400** | **3200** |
| Trošak/razina zaliha | | | | | | | | | |
| Početak razdoblja | | | | | | | | | |
| Kraj razdoblja | | | | | | | | | |
| Prosječna razina | | | | | | | | | |
| Odgoda isporuke | | | | | | | | | |

**Izračun troškova**

(Napomena: pretpostavite da su jedinične cijene za sve kategorije troškova jednake cijenama u zadatku iz točke 14.4.1)

| Planirana proizvodnja | VII | IX | X | XI | XII | I | II | III | Ukupno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Redovni rad (K)** | | | | | | | | | |
| Trošak zaliha (u tisućama kuna) | | | | | | | | | |
| Prosječna razina | | | | | | | | | |
| Odgoda isporuke | | | | | | | | | |
| Ukupno | | | | | | | | | |

**Zadatak 5.** Biste li proizvođaču iz prethodnog zadatka savjetovali povećanje ukupnih proizvodnih kapaciteta? Ukoliko ste u nedoumici, razmislite koje biste još informacije trebali dobiti da biste ga mogli ispravno savjetovati. Obrazložite svoj odgovor.

**Zadatak 6.** Analizirajte mogućnosti Poduzeća AB opisanog u točki 14.4.2.

Kod izloženog primjera očigledno je da uvažavanje pojedinih ograničenja generira različite razine maksimuma. Smatrate li takvu mogućnost realnom u stvarnom svijetu?

Ukoliko bi se odlučili za promjenu (povećanje) raspoloživosti nekog resursa, za koji biste resurs mijenjali razine? Zbog čega ste odabrali upravo taj resurs (sjetite se uvodnog dijela točke 14.2)?

**Zadatak 7.** Postavite analitičke tablice i istražite optimalnu razinu proizvodnje za Poduzeće AB koristeći se programskim alatom za rješavanje.

**Zadatak 8.** Ispitajte hoće li se promijeniti optimalni plan proizvodnje ukoliko se poveća prodajna cijena slavina za kade. Izračun je prikazan u tablici 14.14. (izvorni primjer poduzeća Špina opisan je u točki 14.4.2, dok su podaci dobiveni izračunom optimuma predstavljeni u tablici 14.12). Kako se promjena prodajne cijene odrazila na iskorištenost resursa?

***Tablica 14.14. Agregatni plan – optimalizacija plana proizvodnje u slučaju povećanja prodajne cijene slavina za kade***

| Broj proizvedenih proizvoda | Sudoper | Kada | Umivaonik | |
|---|---|---|---|---|
| planska količina | | | | |
| prodajna cijena po jedinici | 600 | **750** | 500 | **Ukupna dobit** |
| jedinična dobit | | | | |

Koristeći isti zadatak ispitajte što bi se dogodilo kad bi Poduzeće Špina reorganizacijom posla povećalo proizvodnost rada za 20 %. Kako se pomak proizvodnosti odražava na troškove i dobit?

## 14.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Koje su zadaće agregatnog planiranja?
2. Zašto je bitna izvedivost agregatnog plana?
3. Kako biste definirali efikasnost?
4. Koji vremenski horizont pokriva agregatno planiranje? Zašto među poduzećima postoje razlike u trajanju ciklusa agregatnog planiranja?
5. Kako se agregatno planiranje nadovezuje na operacijske strategije i temeljne operacijske ciljeve?
6. Koje su razlike između agregatnog plana i glavnog plana?
7. Može li agregatno planiranje značajnije korigirati pogrešne strateške izbore učinjene izborom proizvodne opreme? Obrazložite svoj odgovor.
8. Smatrate li mogućom situaciju da agregatno planiranje utvrdi dostatnost resursa, a da se potom kroz glavni plan i ostale podređene planove ipak utvrdi nedostatak kapaciteta? Obrazložite svoj odgovor.
9. Koje resurse razmatra agregatno planiranje?
10. Koji izvori informacija su potrebni u agregatnom planiranju? Zašto je potrebno koristiti informacije iz više funkcijskih područja?
11. Koje troškove razmatra agregatno planiranje?
12. Koji bi bili argumenti za i protiv pretpostavke fiksnih cijena (troškova) kada je riječ o agregatnom planiranju?
13. Koji su tipični koraci jednog postupka agregatnog planiranja?
14. Što je „ekvivalentni proizvod“?
15. Koji je smisao korištenja agregiranih podataka?
16. Koja bi bila očekivana obilježja poslovanja poduzetnika koji će pokušati optimalizirati iskorištenje kapaciteta kroz upravljanje potražnjom? Obrazložite svoj odgovor.
17. Koje se poteškoće mogu predvidjeti pri planiranju zauzetosti kapaciteta u poduzeću koje na istim strojnim mjestima proizvodi više vrsta proizvoda?
18. Zašto izraženije promjene makroekonomske okoline mogu predstavljati izazov agregatnom planiranju? Možete li navesti primjer poduzeća koje uslijed sistemskih razloga mora promijeniti pristup agregatnom planiranju?
19. Koje metode je moguće koristiti u agregatnom planiranju?

20. Možete li navesti nekoliko primjera ciljeva koje je moguće optimalizirati pri agregatnom planiranju? Koji izraz se koristi za označavanje glavnog kriterija (cilja) optimalizacije kod metode linearnog programiranja?
21. Koje primjere ograničenja, koja se uvažavaju u agregatnom planiranju, poznajete?
22. Koja ograničenja je moguće pretpostaviti u grafičkom traženju rješenja za optimalizaciju plana proizvodnje?
23. Koja su ograničenja prisutna kod korištenja metoda linearnog programiranja?

## LITERATURA

1. Dilworth, J. B. (1993). *Production and Operations Management*. 5th edition. McGraw-Hill
2. Evans, J. R. et al. (1987). *Applied Production and Operations Management*. 2nd edition. West Publishing Company
3. Gaither, N. (1992). *Production and Operations Management*. 5th edition. The Dryden Press International Edition
4. Heizer, J. i Barry, R. (2011). *Principles of Operations Management*. Pearson Education
5. Kaštelan Mrak, M., Sokolić, D. i Vretenar, N. (2016). *Comparing the Performance in Two Industries During The Crisis*. Ekonomski horizonti. Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu. vol. 18. br. 3.
6. Krajevski, L. J. i Larry P. R. (1996). *Operations Management: Strategy and Analysis*. 4th edition. Addison-Wesley Publishing Company
7. Martin, S. (1988). *Industrial Economics: Economic Analysis and Public Policy*. New York: Macmillan Publishing
8. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management.* 12th edition. McGraw Hill Education
9. Schroeder, R. (1999). *Upravljanje proizvodnjom.* Zagreb: Mate

## Internet izvori

1. *Key Concepts in Information and Knowledge Management*. https://www.tlu.ee/~sirvir/Information%20and%20Knowledge%20Management/Key_Concepts_of_IKM/tacit_and_explicit_knowledge.html
2. http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=fF1vXBg%253D

# 15. TERMINIRANJE

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti položaj terminiranja u ukupnom procesu planiranja proizvodnje*
- *objasniti što uključuje terminiranje i važnost dobrog terminiranja*
- *opisati postupak terminiranja kod linijskih procesa proizvodnje*
- *opisati postupak terminiranja kod prekidanih procesa*
- *objasniti što je to ulazno izlazna kontrola*
- *opisati kako se vrši opterećivanje poslovima i po kojem redoslijedu*
- *navesti primjere najčešće korištenih pravila prioriteta*
- *koristiti i razumjeti Ganttove dijagrame*
- *sažeti neke jedinstvene probleme s kojima se susreće operacijski menadžment u uslužnim sustavima i opisati neke od njih.*

## 15.1. UVOD

Terminiranje proizvodnje i usluga je zadnja faza u planiranju proizvodnje/pružanju usluga. Njemu prethodi prognoziranje, odlučivanje o sredstvima za rad (kapacitetima) i agregatno planiranje. Terminiranjem se definira što treba učiniti, kada, tko i s kojom opremom. Terminiranje je utvrđivanje vremena korištenja opreme, objekata i ljudskih resursa u poduzeću.[489]

Na samom početku treba napomenuti da se za različite tipove proizvodnje koriste različite metode terminiranja. Dok će terminiranje linijskih procesa biti relativno jednostavno, terminiranje prekidanih procesa i usluga može biti izuzetno kompliciranо. Budući da se većina problema terminiranja svodi na kombinatoriku i simulaciju, na tržištu postoje brojni softverski programi pomoću kojih se provodi terminiranje. Međutim, pri izboru softvera treba biti oprezan, jer nije svejedno hoće li se terminiranje raditi u proizvodnji ili uslugama. Tako se, primjerice, modul za planiranje resursa poduzeća, *PRP* (engl. *Enterprise Resource Planning, ERP*) pokazao izrazito korisnim u tvornici čokolade koja proizvodi 400 različitih vrsta čokoladnih proizvoda,[490] dok su softverski programi za terminiranje radnika u uslugama doveli do brojnih problema kod radnika. Primjerice, Starbucks je pokušao primijeniti softver za terminiranje rada svojih radnika kako bi poboljšao „stabilnost i dosljednost" u radnom vremenu od tjedna do tjedna. To je međutim izazvalo veliki pritisak na radnike koji praktički nisu mogli planirati osobni život. Problemi radnika su bili sve veći, dok jedna hrabra samohrana majka nije podigla tužbu zbog toga što su radnici trebali biti stalno na raspolaganju, ovisno o tome kako je softver, prema prognozi, generirao raspored rada. Ta radnica zbog toga nije mogla na vrijeme pronaći dadilju za svoju djecu te je bila kronično neispavana i iscrpljena. Nakon što su ovu priču prenijeli New York Times i Bloomber, raspored rada radnika pažljivije se slagao i uvažavao je njihove zahtjeve. Međutim, s druge strane, uvažavanjem zahtjeva radnika, problem terminiranja se dodatno otežava.[491]

[489] Stevenson, W. J. (2014). *Operations management,* 12th edition. New York: McGraw-Hill Education. str. 689.

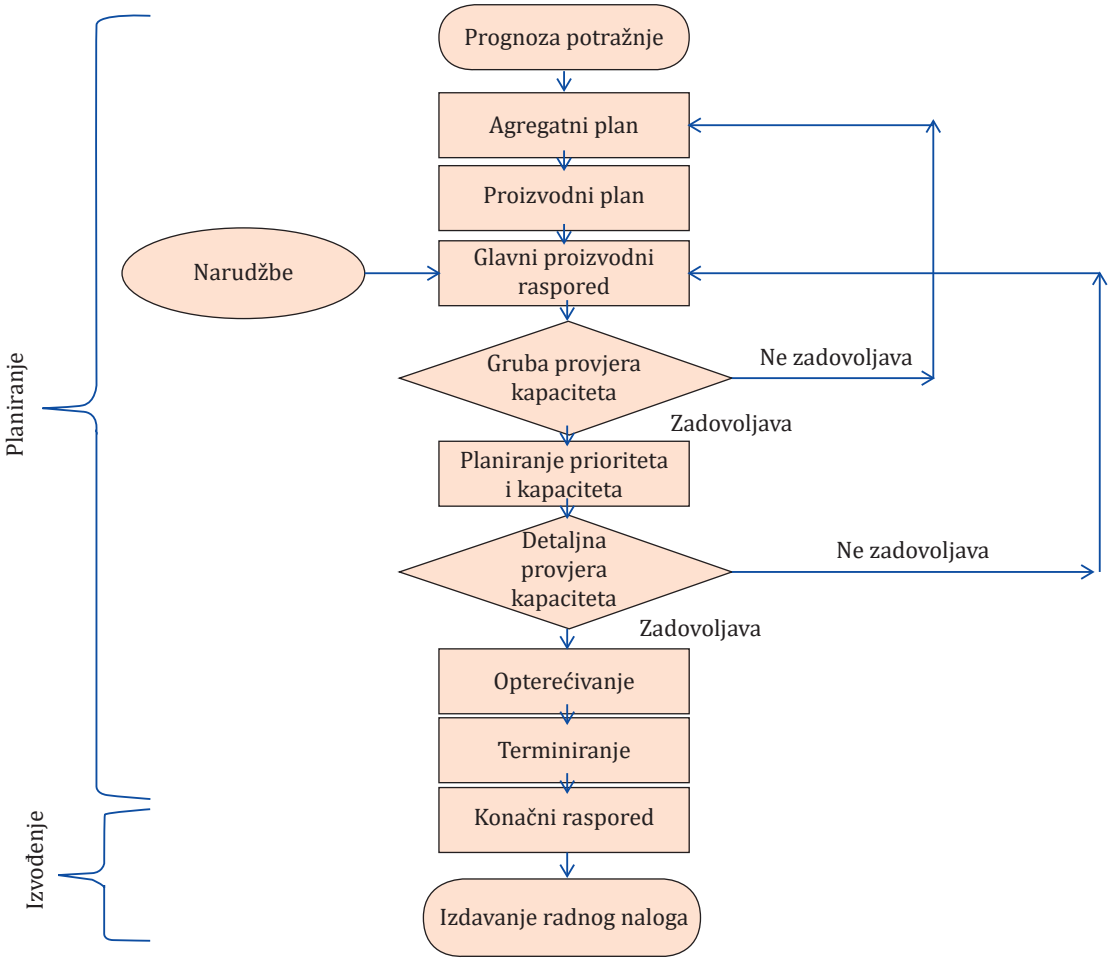
[490] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley. str. 754.

[491] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations management, Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Person. str. 619.

Ciljevi ovog poglavlja su: utvrditi mjesto termininiranja u ukupnom procesu proizvodnje, naglasiti razlike između termininiranja različitih tipova proizvodnje te pokazati specifičnosti termininiranja usluga.

## 15.2. POLOŽAJ TERMINIRANJA U UKUPNOM PROCESU PLANIRANJA PROIZVODNJE

Iako gotovo svi udžbenici na slične načine definiraju položaj termininiranja u procesu planiranja proizvodnje, najdetaljniji prikaz dali su Meredith i Shafer (slika 15.1).[492]




***Slika 15.1. Redoslijed aktivnosti planiranja i položaj termininiranja***

Kako se vidi iz slike 15.1. iz prognoze potražnje proizlazi **agregatni plan**. Njime se usklađuju ponuda i potražnja nekog poduzeća tijekom razdoblja od 12 mjeseci unaprijed. Ako se prije termininiranja ne bi uzeo u obzir agregatni plan, prevladavale bi kratkoročne odluke koje bi donijele više štete nego koristi. Primjerice, ako trenutno, da bi se realizirala planirana proizvodnja, treba zaposliti 20 ljudi

[492] Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *Introducing Operations Management.* Wiley. str. 311.

koje sljedeći mjesec poduzeće ne treba, pa ih otpusti, a nakon mjesec dana ih treba ponovno zaposliti, troškovi zapošljavanja i otpuštanja te usklađivanja proizvodnje mogli bi značajno narasti. Prema Meredith i Shafer,[493] treba 12 do 16 tjedana da se radnik uhoda u posao uz trošak od oko 7.600 $ po radniku, a izgubljeni prihodi mogu sezati i do 35.000 $ zbog lošeg planiranja.

Dakle, na agregatnoj razini se proračunavaju kapaciteti koji će trebati na godišnjoj razini (iako se oni znaju i mjesečno revidirati), a terminiranje se radi na dnevnoj bazi.[494] Ovisno o veličini poduzeća to radi jedna ili više osoba zaduženih isključivo za terminiranje. Agregatno planiranje je dakle zaduženo za utvrđivanje ukupnog outputa i potrebnih resursa za godinu dana unaprijed, tako da troškovi zapošljavanja i otpuštanja, zaliha, naknadnih narudžbi i podugovaranja budu minimalni. Agregatni plan se često radi pomoću linearnog programiranja, simuliranja ili pravila odlučivanja (bilo u Excelu ili nekom sofisticiranijem programu).

**Proizvodni plan** prikazuje koji će kapaciteti (ljudski i strojni) biti potrebni i kada će pojedini output biti gotov. Ovi podaci su još uvijek agregirane jedinice.

**Glavni proizvodni raspored** je ulazni dokument za terminiranje jer se njime prikazuju pojedinačni proizvodi i vrijeme kada oni moraju biti gotovi. Izrada glavnog proizvodnog rasporeda je iterativan proces koji se ponavlja sve dok se ne uklone data ograničenja.

**Gruba provjera kapaciteta** treba odgovoriti na pitanja mogu li postojeći kapaciteti zadovoljiti konačno sastavljen raspored odvijanja poslova, te jesu li neki radni centri preopterećeni, a drugi premalo opterećeni.

**Prioritetno planiranje** se odnosi na planiranje nabave inputa i obično ide od roka završetka proizvodnje prema natrag. Primjerice, ako se zna da proizvod A treba biti gotov u 10. tjednu, da dostava dijelova za njegovu izradu traje dva tjedna, a sama izrada tjedan dana, onda prioritetno planiranje zahtjeva da se komponente za proizvod A naruče tri tjedna prije dovršetka proizvodnje, jer nema smisla ranije držati zalihe komponenti koje još ne trebaju.

**Planiranje kapaciteta** je plan iz kojeg se točno vidi koji će stroj ili čovjek biti opterećen i koliko. Ako se pojavi nova potražnja, cijeli proces planiranja se ponavlja i prilagođava, kao primjerice kod zapošljavanja novih radnika ili upotrebe prekovremenih sati.

**Opterećivanje** je dodjela posla radnom centru kako je proizašlo iz planiranja kapaciteta.

**Terminiranje** se odnosi na točno određivanje redoslijeda kojim će poslovi (jedinice) ići na obradu. Obično se koriste neka od standardnih pravila terminiranja; prvi došao, prvi poslužen (*PDPP*), najkraće vrijeme obrade ili procesiranja (*NVO*), najkraći rok završetka (*NRZ*) i slično, o kojima će biti riječi nešto kasnije.

**Konačni raspored** je detaljni ispis kada koji posao ide na koji centar i koji materijali su potrebni. Ovo se ispisuje u pravilu dnevno, jer su promjene u proizvodnji česte. Naposljetku se iz tog konačnog rasporeda izdaju radni nalozi.[495]

[493] Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *op.cit.* str. 308.

[494] Curson, J. A., Dell, M. E., Wilson, R. A., Bosworth, D. L. i Baldauf, B. (2010). Who does workforce planning well? Workforce review team rapid review summary. *International journal of health care quality assurance.* 23(1). str. 110-119.

[495] Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *op.cit.* str. 311-315.

Gore opisani način planiranja vrijedi i za usluge, osim što se umjesto na strojeve, poslovi raspoređuju na ljude. Ono što dodatno otežava terminiranje kod usluga odnosi se na zakonsku regulativu opterećenja radnika, poštivanje seniornosti i sl. Također, za razliku od proizvodnje, kod usluga nema zaliha pa terminiranje usluga jako ovisi o prognozi potražnje.[496]

## 15.3. TERMINIRANJE RAZLIČITIH TIPOVA PROIZVODNJE

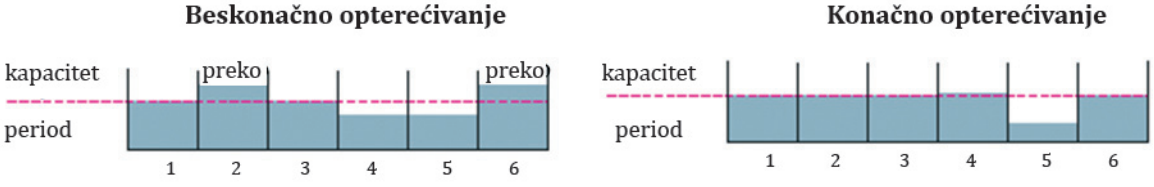
Terminiranje kontinuirane proizvodnje, primjerice u tvornici za preradu sirovog mlijeka, gdje se planiranje svodi samo na osiguravanje da kapaciteti zadovolje potražnju uz maksimalnu efikasnost, ne može biti isto kao, primjerice, u projektima izgradnje zgrada, brodova i sličnog, gdje se usklađuju troškovi, vrijeme i performanse projekta. Bez obzira o kojem tipu proizvodnje se radi, pri terminiranju trebaju biti zadovoljena četiri kriterija:[497]

1. *Posao treba završiti što prije*. Ovo se određuje prosječnim vremenom završetka posla.
2. *Iskorištenost strojeva i ljudi treba biti maksimalna*. Ovo se procjenjuje određivanjem postotka njihove iskorištenosti.
3. *Zalihe u toku procesa proizvodnje trebaju biti što manje*. Ovaj kriterij se ocjenjuje prosječnim brojem poslova u sustavu. U pravilu je njihov odnos recipročan - što je više poslova u sustavu, zalihe u toku procesa proizvodnje su veće. Stoga treba težiti za što manje poslova u sustavu.
4. *Vrijeme čekanja korisnika treba biti što manje*. Ovaj kriterij je određen prosječnim brojem razdoblja kašnjenja, bilo da je riječ o danima ili satima.

Uz navedeno, treba voditi računa da se svi poslovi naprave do ugovorenog roka, a kod proizvodnje linijskog tipa, gdje je potrebna izmjena kalupa, treba nastojati da vrijeme izmjene bude što kraće. Naravno, nikada se svi kriteriji neće moći 100 % ispuniti, ali pri terminiranju o njima treba voditi računa.[498]

Kod terminiranja proizvodnje opterećivanje kapaciteta moguće je izvršiti na dva načina. Jedan je na temelju **beskonačnog opterećivanja** (engl. *infinite loading*), gdje se poslovi dodjeljuju radnim centrima bez obzira na kapacitet radnog centra, a drugi je na temelju **konačnog opterećivanja** (engl. *finite loading*), gdje se uzima u obzir stvarno vrijeme početka i završetka rada u svakom radnom centru, kapacitet svakog radnog centra, kao i vrijeme procesiranja svakog posla kako kapacitet ne bi bio prekoračen.

Grafički se beskonačno i konačno opterećivanje mogu prikazati slikom 15.2.[499]




***Slika 15.2. Beskonačno i konačno opterećivanje***

[496] Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *op.cit.* str. 325.
[497] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 604.
[498] Jacobs, F. R. i Chase, R. B., (2014). *Operations and Supply Chain Management*, 15th edition. McGraw Hill. str. 592.
[499] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 695.

Kod beskonačnog opterećivanja planer jednostavno postavlja sve poslove koji trebaju biti napravljeni u nizu, i tamo gdje dođe do prekoračenja kapaciteta, on ih reorganizira tako da se izvedu onda kada kapacitet nije zauzet. Prema slici 15.2. planer bi dio posla iz razdoblja 2 trebao prebaciti u kasnije razdoblje 4, što se reflektira na rok isporuke proizvoda. U ovakvom slučaju, marketing poduzeća treba dogovoriti s kupcima produženje roka isporuke. Slična je situacija u razdoblju 6, ali znatno bolja, jer se posao pomiče natrag na razdoblje 5, zbog čega nije potrebno dodatno pregovarati s kupcima. Kod konačnog opterećivanja, prvo se polazi od postojećih kapaciteta i ne uzimaju se poslovi ako nema dovoljno kapaciteta. Beskonačno opterećivanje je češće kod radioničke proizvodnje i projektnog tipa gdje se može dogovoriti s kupcem o terminu isporuke, dok će se konačno opterećivanje raditi ako je kapacitet limitirajući čimbenik, kao što je broj hotelskih soba, broj autobusa, broj linija i sl.[500]

Također postoje dva pristupa termininiranju: **termininiranje unaprijed** (engl. *forward scheduling*) i **termininiranje unatrag** (engl. *backward scheduling*). Termininiranje poslova unaprijed znači njihovo raspoređivanje od sadašnjeg trenutka prema naprijed, a termininiranje poslova unatrag znači njihovo raspoređivanje od datuma dospijeća prema natrag. Termininiranje prema naprijed treba dati odgovor na pitanje: Koliko vremena treba za završetak ovog posla?, a termininiranje prema natrag na pitanje: Kada najkasniji posao treba početi da bi bio završen do datuma dospijeća?

Ovisno o tipu procesa proizvodnje koristit će se drugačiji pristupi termininiranju. Mada sve izgleda jako komplicirano, i u stvarnosti jest, olakšavajuća okolnost je da u proizvodnji prevladava ili ljudski ili strojni rad pa se opterećivanje radnih centara i termininiranje poslova radi za strojeve ili ljude, a nikad za oboje, jer to više ne bi bilo moguće iskombinirati.[501] Uzevši gore navedeno u obzir, neki tipični primjeri termininiranja, ovisno o tipu proizvodnje, mogu se naći u tablici 15.1.[502]

***Tablica 15.1. Tipični tipovi procesa proizvodnje i tipično termininiranje***

| Tip procesa proizvodnje | Proizvod | Karakteristike | Tipično termininiranje |
|---|---|---|---|
| **Kontinuirani procesi** | Mlijeko, pića, kemikalije, kablovi, prijenos električne energije | Potpuna automatizacija, malo ljudskog rada, tvornica namijenjena za proizvodnju malog broja različitih proizvoda u velikim količinama. Eventualno se mijenjaju recepture i čiste spremnici ili izmjenjuju kalupi. | Konačno opterećivanje s raspoređivanjem unaprijed. Pomoću ekonomične količine proizvodnje proračuna se veličina serije, a onda se kombiniraju pravila prioriteta da se minimalizira vrijeme pripreme strojeva i ostvari najkraće vrijeme procesa (engl. *shortest procesing time, SPT*), te da zalihe u radu budu što manje. |

[500] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 695.
[501] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 592.
[502] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 593.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Pokretne trake** | Automobili, telefoni, kućanski aparati | Automatizirane pokretne trake. | Konačno opterećivanje s raspoređivanjem unaprijed. Definira se brzina linije prema potražnji i obično se koristi strojno ograničenje, jer je na pokretnim trakama ljudski rad manji u odnosu na strojni. Tipične dnevne odluke su: kojom brzinom će ići linija i koliko smjena će se raditi. |
| **Radionički tip proizvodnje** | Industrijski dijelovi, postrojenja | Radni centri kao mini tvornice. | Beskonačno opterećivanje s rasporedom unatrag. Jako ovisi o dogovorenim rokovima. Ovisno o poduzeću, prevladavat će strojni ili ljudski rad. Ovo je najkompliciraniji sustav terminiranja, jer treba voditi brigu i o materijalima koji moraju stići do radnog centra upravo na vrijeme. |
| **Projektni tip proizvodnje** | Jedinstveni proizvod | Strojevi opće namjene s obično dugim vremenima pripreme strojeva, ali u konačnoj cijeni proizvoda veća stavka je ljudski rad. | Beskonačno opterećivanje s rasporedom unatrag. Jako ovisi o dogovorenim rokovima. Ovisno o poduzeću, prevladavat će strojni ili ljudski rad. Koristi se mrežno planiranje i Ganttovi dijagrami. |

Kod terminiranja proizvodnje treba uzeti u obzir i činjenicu da poduzeća rade različite proizvode što rezultira time da se u praksi koriste različite kombinacije raspoređivanja poslova, ovisno o kapacitetima i dogovorima s kupcima.[503] A koje su temeljne karakteristike terminiranja svakog tipa proizvodnje, objasnit će se u nastavku. Prvo će se objasniti terminiranje linijskih procesa.

## 15.3.1. Terminiranje linijskih procesa

Linijska proizvodnja može biti kontinuirana ili u obliku montažne trake. Terminiranje linijske proizvodnje temelji se na principu efikasnosti, jer su ulaganja u sisteme kontinuiranog ili montažnog tipa vrlo velika. Proizvodnja se u kontinuiranom tipu procesa u pravilu ne prekida (osim za održavanje) upravo zato da bi se što efikasnije iskoristio angažirani, skupi kapacitet. Prekidi u ovom tipu proizvodnje događaju se, primjerice, pri promjeni recepture (treba oprati cijevi za novu seriju), ili prilikom promjene kalupa kod montažnog tipa proizvodnje (vrijeme pripreme stroja). S obzirom da se prekidi događaju, a da je linijski tok tako oblikovan da se što efikasnije koristi (bilo da je riječ o kontinuiranoj proizvodnji ili montažnoj traci), to se pri terminiranju linijskih procesa mora naći optimalni balans između trajanja serije i vremena pripreme strojeva. Ključna kategorija u terminiranju linijskih procesa stoga je **ekonomična količina proizvodnje**. Ekonomična količina proizvodnje izračunava se pomoću formule 15.1.

[503] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 604.

$$EKP = \sqrt{\frac{2 * K * TPP}{TDZ}} * \sqrt{\frac{p_{pro}}{p_{pro} - i}} \qquad (15.1)$$

gdje su:

$EKP$ = ekonomična količina proizvodnje
$K$ = količina potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena)
$TDZ$ = trošak držanja zaliha (po jedinici proizvoda u jedinici vremena)
$TPP$ = trošak postavljanja proizvodnje (po proizvodnji)
$p_{pro}$ = prosječna proizvodnja u jedinici vremena
$i$ = stopa iskorištenosti zaliha

Budući da u ekonomičnoj količini proizvodnje treba uzeti u obzir kolika je potražnja (K) i prosječna proizvodnja u jedinici vremena ($p_{pro}$), navedene parametre treba svaki put ažurirati kada se donosi odluka o terminiranju. Obično se terminiranje linijskih procesa radi jednom tjedno za sljedeći tjedan.

O ekonomičnoj količini proizvodnje bit će više riječi u poglavlju 17 (Upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji). Ovdje je važno naglasiti da se pomoću formule 15.1. izračunava upravo ona količina proizvodnje kojom će se zadovoljiti prognozirana potražnja, dok će troškovi pripreme strojeva biti najmanji.[504] Množenjem ekonomične količine proizvodnje s brzinom proizvodnje dobije se vrijeme trajanja serije. Ovo vrijeme u sebi uključuje i vrijeme pripreme stroja.[505]

Pri terminiranju linijskog tipa proizvodnje, kao kriterij donošenja odluke koji proizvod ide sljedeći u proizvodnju, najčešće se koristi pravilo prioriteta *najkraće vrijeme obrade* (NVO). Temeljem njega, serija proizvoda koja ima najkraće vrijeme procesiranja ide prva i tako redom, jer se time pospješuje efikasnost proizvodnje. Terminiranje se u pravilu vrši na tjednoj bazi, iako nije isključeno da u predviđenom razdoblju može doći do promjena. Stoga terminiranje treba revidirati i na dnevnoj bazi. Kod terminiranja treba voditi računa i o tome da jedna serija može trajati više od jedne smjene, što komplicira postupak terminiranja. U pravilu, danas većina velikih procesnih postrojenja ima *PRP* softverske programe koji izrađuju terminski plan. Zadatak planera proizvodnje je samo da provjeri da potražnja bude u skladu s dostupnim kapacitetima te da napravi takav raspored proizvodnje da sva potražnja bude zadovoljena s postojećim kapacitetima.[506]

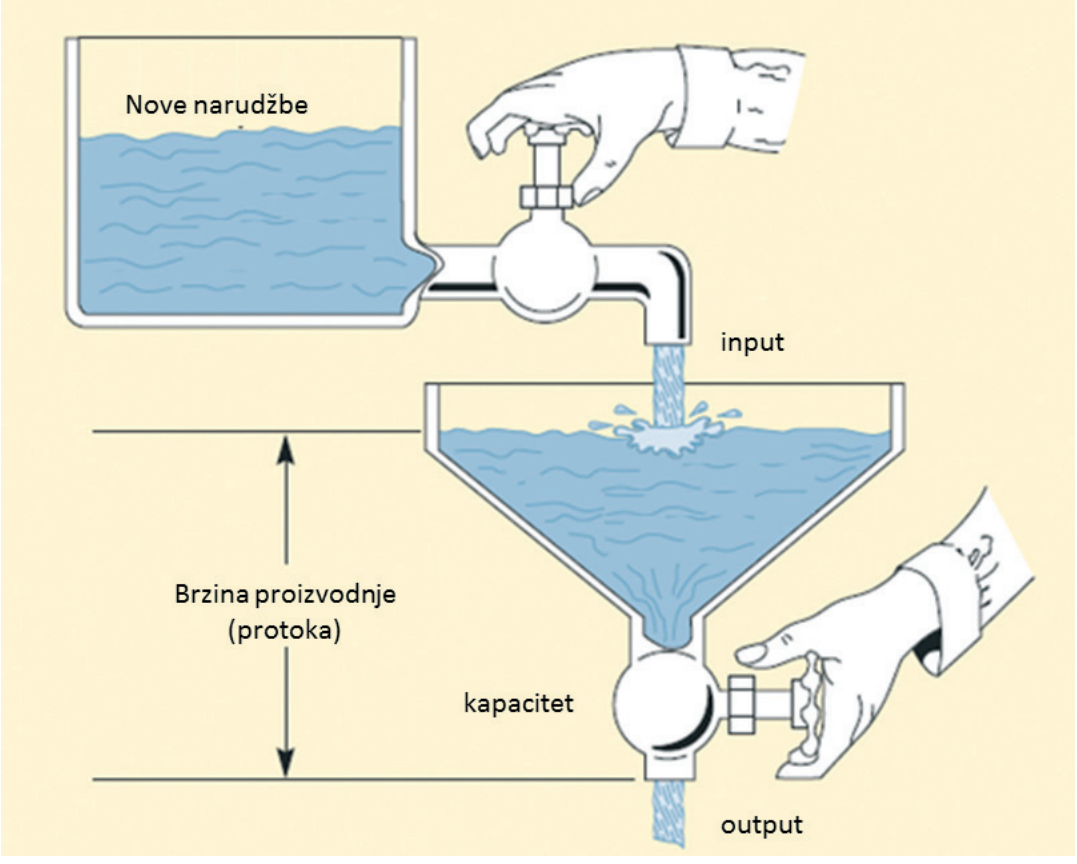
## 15.3.2. Terminiranje prekidanih procesa

Terminiranje prekidanih procesa može se izvršiti na nekoliko načina: input-output kontrolom ili ulazno-izlaznom kontrolom, opterećivanjem poslovima, određivanjem redoslijeda poslova (gantogramom), te pravilima prioriteta. Svaki od navedenih načina terminiranja objasnit će se u nastavku.

[504] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 692.
[505] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 700.
[506] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 692.

### *15.3.2.1. Input-output kontrola (ulazno – izlazna kontrola)*

Termininranje prekidanih procesa je kompleksnije od termininranja linijskih procesa jer su strojevi grupirani prema sličnosti. Proizvodi (predmeti rada) u ovom tipu proizvodnje idu na one strojeve na kojima se treba napraviti sljedeća operacija, a preskaču one strojeve na kojima se operacija ne treba napraviti. Tok proizvoda je izmiješan, a čekanja predmeta rada na obradu su znatno duža nego u linijskom procesu. Pored toga, kod prekidanih procesa, buduća proizvodnja u značajnoj mjeri ovisi o narudžbama kupaca pa će, ovisno o narudžbi, biti angažirani samo neki strojevi. Zbog navedenog, kod prekidanih se procesa u pravilu ne mogu raditi stabilni proizvodni rasporedi puno unaprijed. Opterećenje kapaciteta obično se odvija po principu beskonačnog opterećivanja, što zahtijeva dodatnu kontrolu. Najefikasnija metoda je input-output kontrola (I/O) koja je dobra za upravljanje odnosima između inputa i outputa radnih centara. Shematski prikaz input-output kontrole prikazan je na slici 15.3.[507]




***Slika 15.3. Grafički prikaz input – output kontrole***

Input – output kontrola zapravo služi da se vidi **koliko je posla u zaostatku ako je potražnja veća od kapaciteta**. U tom slučaju je potrebno pregovaranje s kupcima o novim rokovima isporuke ili upotreba neke od metoda kratkotrajnog povećanja kapaciteta. Cilj je input-output kontrole da se ne preuzme više posla nego što se može napraviti, a da se pri tome ne stvore ne-

[507] Modificirano prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 604.

zadovoljni kupci. Ako je input manji od kapaciteta, onda su resursi jednostavno neiskorišteni. To ima svoje posljedice koje se vide u manjoj iskorištenosti ljudi i strojeva, te visokim troškovima po jedinici proizvoda. Ako su pak inputi veći od mogućnosti kapaciteta, posljedice su možda i teže. Naime, tada je čekanje predmeta rada na obradu duže, što produžava ciklus proizvodnje, povećavaju se zalihe u toku procesa proizvodnje, a time i angažirani kapital, i općenito se smanjuje efikasnost procesa proizvodnje.

Input-output kontrola trebala bi omogućiti da u sustav ulazi onoliko inputa koliko outputa napušta sustav. Pogledajmo jedan primjer (tablica 15.2). U navedenom primjeru vidi se da od prošlog tjedna postoji zaostatak od 40 poslova (zadnji red tablice 15.2), ali i da su pristigle nove narudžbe (drugi, osjenčani red tablice 15.2).

***Tablica 15.2. Input-output kontrola jednog radnog centra***

| | Razdoblje | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Input** | Planirano | 100 | 100 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | Novo pristigle narudžbe | 120 | 95 | 80 | 88 | 93 | 94 |
| | Razlika (novo stiglo - planirano) | 20 | -5 | -10 | -2 | 3 | 4 |
| | Kumulativna razlika | 20 | 15 | 5 | 3 | 6 | 10 |
| **Output** | Planirani output | 110 | 110 | 100 | 100 | 100 | 95 |
| | Ostvaren output | 110 | 105 | 95 | 101 | 103 | 96 |
| | Ostvareno - planirano | 0 | -5 | -5 | 1 | 3 | 1 |
| | Kumulativna razlika | 0 | -5 | -10 | -9 | -6 | -5 |
| **Ostvareni output - novo pristigle narudžbe** | | -10 | 10 | 15 | 13 | 10 | 2 |
| **Zaostale narudžbe na početku razdoblja = 40** | | -50 | -40 | -25 | -12 | -2 | 0 |

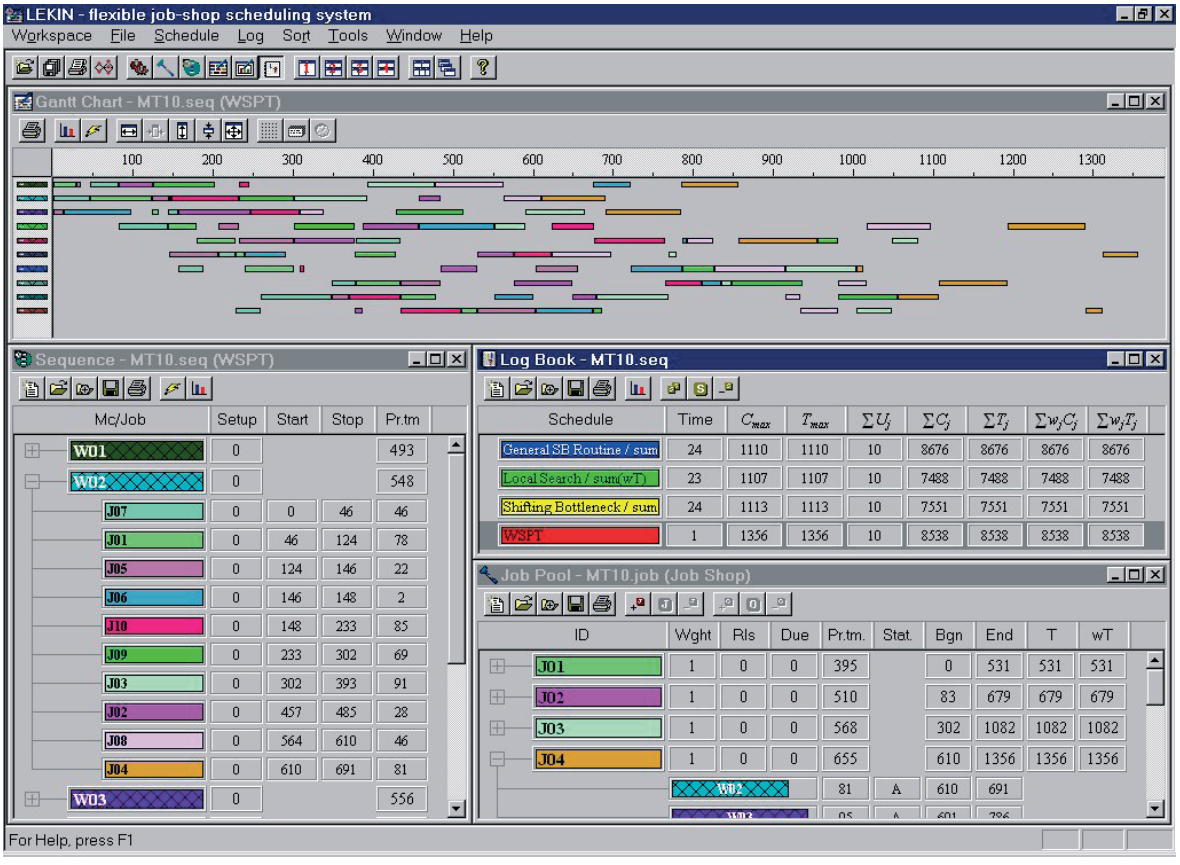
Iz tablice 15.2. vidi se da se input-output kontrola vrši tako da se od retka Output (ostvareni output) oduzima Input (novo pristigle narudžbe), čime se dobiva razlika koja se onda kumulativno zbraja. Razlike između ostvarenog outputa i novo pristiglih narudžbi bile su prema razdobljima sljedeće: -10, 10, 15, 13, 10, 2. Kako je rečeno da postoji zaostatak od 40 narudžbi u trenutku promatranja, to se može jednostavno izračunati broj narudžbi koje će kasniti za svako razdoblje. Postupak je sljedeći: na 40 narudžbi koje kasne doda se još 10 narudžbi koje kasne u 1. razdoblju, što je 50 narudžbi koje kasne u 1. razdoblju. U 2. razdoblju je ostvareni output bio za 10 veći od broja pristiglih narudžbi, pa je broj narudžbi koje kasne smanjen za 10, odnosno sada je to 40 narudžbi u kašnjenju. U 3. razdoblju je ostvareno 15 narudžbi više nego ih je pristiglo, pa su narudžbe koje kasne smanjene na 25. U 4. razdoblju napravljeno je 13 narudžbi više od pristiglih, pa su zaostatci smanjeni na 12 narudžbi. U 5. razdoblju napravljeno je 10 narudžbi više, pa je broj narudžbi koje kasne smanjen na 2. I na kraju, realizirana su 2 posla više, pa su sve zakašnjele narudžbe riješene. U I/O tablicu se upisuju ili sati ili komadi, već prema tome što je primjerenije tom poduzeću.[508]

[508] Proračunato prema uputama iz Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit*. str. 606.

### *15.3.2.2. Opterećivanje poslovima*

Najpoznatiji besplatan softver za terminiranje radioničke proizvodnje razvijen je na Stern University, New York, pod imenom Lekin® (slika 15.4). Ovaj softver je u mogućnosti rasporediti 50 poslova na 20 različitih radnih centara i 100 strojeva. Budući da je besplatan, mnoga mala i srednja poduzeća ga koriste, iako je razvijen za podučavanje studenata terminiranju proizvodnje.

Opterećivanje poslovima je komplicirano i treba dosta kombinatorike. Pored različitih softvera postoje i drugi načini opterećivanja koji se temelje na iskustvu, te pokušaju ili pogrešci (heuristika). Riječ je o neznanstvenim metodama koje su se pokazale dobre u praksi. Dvije najpoznatije heurističke metode su metoda redukcije i Johnsonovo pravilo. Metoda redukcije vrijedi samo ako se opterećuje jednak broj poslova na jednak broj strojeva ili ljudi. Tada je opterećivanje moguće napraviti i bez softvera (*Dodatak 15.1*. na kraju ovog poglavlja). Međutim, ako treba opteretiti dva stroja s $n$ poslova, vodeći računa da svaki posao mora proći prvo stroj 1, a zatim stroj 2 (tzv. Johnsonovo pravilo), ili ako treba opteretiti $m$ poslova na $n$ resursa (strojeva, ljudi), što je $(n!)^m$ kombinacija, tada je to gotovo nemoguće napraviti ručno. U takvim se slučajevima koriste softverski paketi.



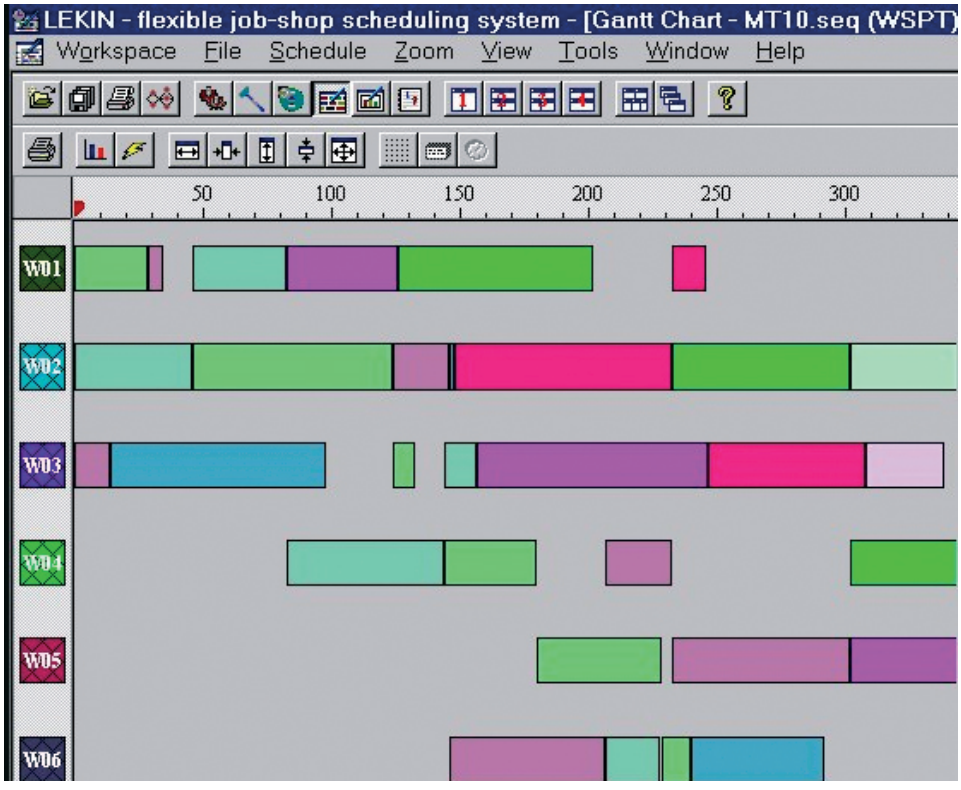

***Slika 15.4. Prikaz ekrana softvera Lekin®[509]***

509 http://web-static.stern.nyu.edu/om/software/lekin/, pristup: 13.11.2020.

U donjem lijevom uglu slike 15.4. prikazani su poslovi s kojima je opterećen radni centar broj 2. Za svaki posao vidi se kada počinje i kada završava, ali to još uvijek ne govori o tome kojim redoslijedom će poslovi ići na radni centar 2. Za to nedostaje definirani slijed poslova na radnom centru 2, kojeg objašnjava Ganttov dijagram u gornjem djelu slike. Kako funkcionira terminiranje poslova pomoću njega, prikazat će se u nastavku.

### *15.3.2.3. Određivanje redoslijeda poslova*

Određivanje redoslijeda poslova je oblik terminiranja prekidanih procesa kojim se točno određuje slijed poslova. To je moguće zato što se uzimaju u obzir smetnje u poslu i vrijeme čekanja u repu koje se ne pretpostavlja kao kod opterećivanja poslovima. Kao najpogodniji alat određivanja redoslijeda poslova koristi se **Ganttov dijagram ili gantogram**.[510] Gantogram je vizualni alat pomoću kojeg se slikovito opisuje opterećivanje i raspoređivanje poslova. Nazvan je po Henry Ganttu koji ga je koristio još u ranim 1900-im godinama da radnicima olakša rad, a danas se koristi u svim tipovima proizvodnje. Njegova uloga je vizualno prikazati slijed poslova i njihovu međuovisnost. Njegova osnovna prednost je preglednost odvijanja proizvodnje. Ova prednost se gubi kada gantogramom treba prikazati na stotine faza u proizvodnji. U većini slučajeva gantogram po vertikali prikazuje resurse (strojeve, ljude, i slično), a na horizontalnoj osi vrijeme. Primjer gantograma u softveru Lekin prikazuje slika 15.5.[511]




***Slika 15.5. Prikaz gantograma u sofveru Lekin®***

[510] O Ganttovom dijagramu bit će riječi u poglavlju 16, kao o jednoj od metoda upravljanja, odnosno terminiranja projekata.

[511] http://web-static.stern.nyu.edu/om/software/lekin/shots/gantt.jpg, pristup: 13.11.2020.

Kako je naprijed rečeno, temeljna prednost gantograma je njegova preglednost. Na gantogramu se odmah vidi kada neki resurs nije opterećen, temeljem čega planer proizvodnje može osmisliti plan kako bolje rasporediti resurse.[512]

### *15.3.2.4. Pravila prioriteta*

Pravila prioriteta koriste se u situacijama kada utvrđene terminske planove nije moguće realizirati. Razlozi koji dovode do teškoća ili čak nemogućnosti ostvarenja zadanog terminskog plana mogu biti različiti, primjerice kvar stroja, bolest ključnih radnika, kašnjenje materijala, poplava ili požar u pogonu i slično. Pravila prioriteta pomažu donijeti odluku o tome **koji posao treba izabrati kao sljedeći koji će ići u obradu**. U praksi se pokazalo korisnim primijeniti neka od devet niže navedenih pravila prioriteta:[513]

1. *PDPP* – prvi došao prvi poslužen (engl. *first come, first served, FCFS*). Poslovi se obavljaju onako kako pristižu u sustav.
2. *NVO* – najkraće vrijeme obrade (engl. *shortest procesing time, SPT*). Poslovi se prvo poredaju po dužini trajanja obrade, pa onda u sustav ide prvi posao s najkraćim vremenom obrade.
3. *PNVO* – ponderirano najkraće vrijeme obrade (engl. *weighted shortest procesing time, WSPT*). Ako postoje dva posla s jednakim najkraćim vremenom obrade, onda u sustav ide prvi posao s većom važnosti.
4. *PKR* – prvi krajnji rok (engl. *earliest due date, EDD*). Poslovi se poredaju po rokovima do kada moraju biti gotovi pa u sustav idu prvi oni poslovi s najbližim rokom od trenutka gledanja.
5. *NPV* – najkraće preostalo vrijeme (engl. *slack time remaining, STR*). Od vremena kada posao mora biti gotov, oduzme se vrijeme koje je potrebno za obradu. Poslovi s najkraćim preostalim vremenom idu prvi.
6. *NPV/O* – najkraće preostalo vrijeme po operaciji (engl. *slack time remaininng per operations, STR/OP*). Preostalo vrijeme obrade podijeli se s brojem operacija, pa u sustav idu prvi oni poslovi s najmanjim omjerom.
7. *KO* – kritični omjer (engl. *critical ratio, CR*). Dobiva se kada se od krajnjeg roka oduzme broj dana do današnjeg dana (preostalo vrijeme do postavljenog roka) i podjeli s dostupnim radnim danima. Poslovi s najmanjim kritičnim omjerom idu prvi.
8. *ZDPP* – zadnji došao prvi poslužen (engl. *last come, first served, LCFS*). Onaj posao koji je zadnji došao prvi se obradi.
9. Nasumice (engl. *random*) – planer na temelju intuicije određuje redoslijed.

U nastavku će se na jednom primjeru prikazati terminiranje (ili raspoređivanje) prema prva četiri pravila.

---

512 Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 693-694.

513 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op. cit.* str. 595. i Moulin, H. (2000). Priority Rules and Other Asymmetric Rationing Methods. *Econometrica*. 68 (3). str. 643- 684.

***Primjer 15.1. Odlučivanje o rasporedu n poslova na jedan stroj***[514]

U tvrtku Trans European Plastics narudžbe su stizale danas redoslijedom navedenim u tablici 15.3. U istoj tablici, za svaku narudžbu, navedeno je trajanje proizvodnje (stupac 2) i rok isporuke u danima od današnjeg dana (stupac 3).

***Tablica 15.3. Trajanje i rokovi poslova***

| Poslovi po redoslijedu stizanja | Trajanje proizvodnje u danima | Rok od današnjeg dana |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| A | 3 | 5 |
| B | 4 | 6 |
| C | 2 | 7 |
| D | 6 | 9 |
| E | 1 | 2 |

Korištenjem prva četiri pravila prioriteta: a) *PDPP*, b) *NVO*, c) *PNVO* i d) *PKR* odredite redoslijed poslova i proračunajte karakteristike svakog rasporeda?

PRISTUP ad a: Prema prvom pravilu, ***prvi došao prvi poslužen (PDPP)***, poslovi se obavljaju redoslijedom kako su stigli. U ovom slučaju treba proračunati koliko je vrijeme toka (dobiva se tako da se kumulativno zbrajaju vremena obrade), te koliko će poslovi kasniti. Za ovo pravilo ne treba mijenjati raspored poslova jer su poslovi već poredani onako kako su stizali (tablica 15.4).

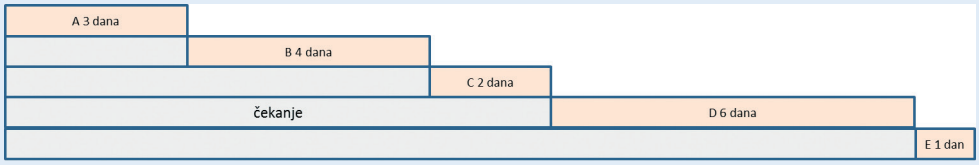
RJEŠENJE:

***Tablica 15.4. Raspored poslova prema pravilu PDPP***

| Poslovi po redoslijedu stizanja | Trajanje proizvodnje u danima | Rok od današnjeg dana | Vrijeme toka (u danima) | Kašnjenje (u danima) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | 3 | 5 | 0 + 3 = 3 | Ne kasni=0 |
| B | 4 | 6 | 3 + 4 = 7 | 1 |
| C | 2 | 7 | 7 + 2 = 9 | 2 |
| D | 6 | 9 | 9 + 6 = 15 | 6 |
| E | 1 | 2 | 15 + 1 = 16 | 14 |
| Ukupno | | | 50 | 23 |
| Prosjek | | | 50/5 = 10 | 23/5 = 4,6 |

[514] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 595.

UOČENO: Raspoređivanjem proslova prema pravilu prvi došao prvi poslužen (PDPP) vidi se da samo prvi posao (posao A) ne bi kasnio i da bi ukupno vrijeme toka iznosilo 50 dana. Grafički se to može prikazati kao na slici 15.6.



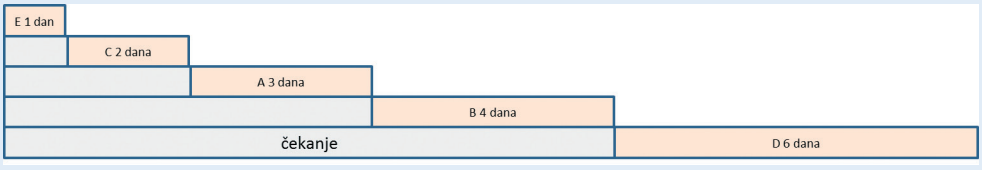

***Slika 15.6. Grafički prikaz toka proizvodnje za pravilo PDPP***

PRISTUP ad b: Ako se postupak raspoređivanja poslova izvrši prema drugom pravilu, ***najkraće vrijeme obrade (NVO)***, onda će se dobiti rezultati prikazani u tablici 15.5. Primjenom ovog pravila, poslovi se trebaju poredati po trajanju proizvodnje, što se grafički može vidjeti na slici 15.7.

RJEŠENJE:

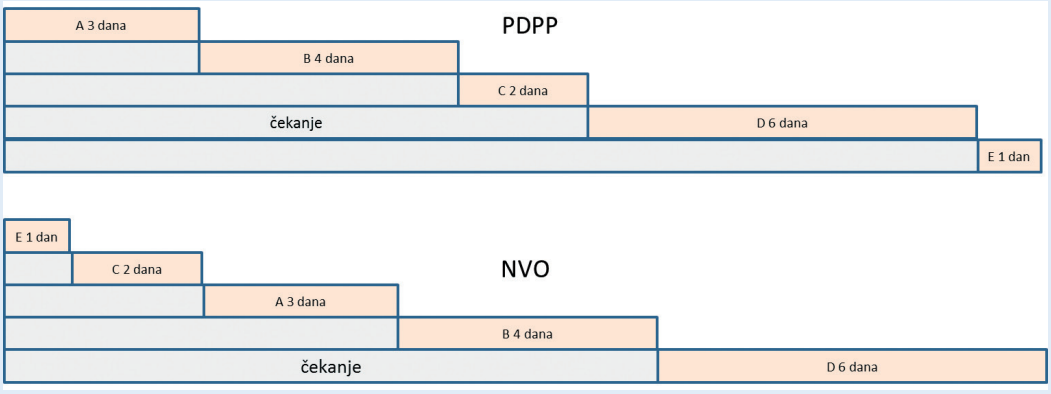
***Tablica 15.5. Raspored poslova prema pravilu NVO***

| Poslovi po redoslijedu stizanja | Trajanje proizvodnje u danima | Rok od današnjeg dana | Vrijeme toka (u danima) | Kašnjenje (u danima) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| E | 1 | 2 | 0 + 1 = 1 | 0 |
| C | 2 | 7 | 1 + 2 = 3 | 0 |
| A | 3 | 5 | 3 + 3 = 6 | 1 |
| B | 4 | 6 | 6 + 4 = 10 | 4 |
| D | 6 | 9 | 10 + 6 = 16 | 7 |
| Ukupno | | | 36 | 12 |
| Prosjek | | | 36/5 = 7,2 | 12/5 = 2,4 |




***Slika 15.7. Grafički prikaz toka proizvodnje za pravilo NVO***

UOČENO: Već se na prvi pogled vidi da je došlo do smanjenja proizvodnog vremena i smanjenja kašnjenja samo zbog drugačijeg redoslijeda poslova. Primjenom pravila *NVO* sada su u procesu u prosjeku 7,2 posla, dok ih je prema pravilu *PDPP* bilo 10. Kašnjenje se smanjilo s prosječnih 4,6 dana na svega 2,4 dana. Ova razlika može se vrlo lijepo vidjeti iz grafičkog prikaza na slici 15.8. ako se prikažu oba pravila usporedno.




***Slika 15.8. Grafički prikaz toka proizvodnje za prva dva pravila: PDPP i NVO***

Primjećuje se na slici 15.8. da je ukupno vrijeme obrade prema oba pravila isto, tj. 16 dana.[515] Međutim, ako se gleda svjetlija, siva površina označena kao čekanje, vidi se da je ona manja pri pravilu najkraćeg vremena obrade. Manja površina znači i manje čekanje poslova u sustavu.

Ovo pravilo prioriteta (najkraće vrijeme obrade) dosta se često koristi u proizvodnji. Međutim, ono ima i nedostataka koji su vidljivi ako se, primjerice, ne može objektivno unaprijed odrediti koliko traje obrada pojedinog posla.[516] Tada se kod ovog pravila radi izuzetak. Naime, kako su proizvodnja i pružanje usluga dinamični, a stalno pristižu novi kratki poslovi, onda poslovi koji duže traju, sve duže čekaju da se ukaže prilika za njihovo rješavanje. Da se ne bi dogodilo da duži poslovi predugo čekaju, uvodi se tzv. prekidno (engl. *tuncated*) pravilo *NVO*, tj. ako neki dugi posao čeka više od nekog unaprijed zadanog vremena, on ide na obradu bez obzira što njegovo vrijeme nije najkraće.[517]

PRISTUP ad c: Treće pravilo koje će se razmotriti je ***ponderirano najkraće vrijeme obrade (PNVO)***. Za proračun redoslijeda obrade prema ovom pravilu potreban je podatak o težini posla (izražen ponderom), temeljem kojeg će se izračunati omjer vremena procesiranja i težine posla. Stoga početna tablica 15.3. ima navedene dvije kolone i postaje tablica 15.6.



515 Grafički prikaz i metodologija prerađeni su za ovaj slučaj po metodologiji od Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *Operations management*. New York: McGraw Hill Education. str. 612.
516 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 595.
517 Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 705.

RJEŠENJE:

***Tablica 15.6. Trajanje i rokovi posla te težina posla***

| Poslovi po redoslijedu stizanja | Trajanje proizvodnje u danima | Rok od današnjeg dana | Ponder | Omjer trajanja proizvodnje i pondera |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | 3 | 5 | 2 | 3/2 = 1,5 |
| B | 4 | 6 | 1 | 4/1 = 4 |
| C | 2 | 7 | 6 | 2/6 = 0,3 |
| D | 6 | 9 | 5 | 6/5 = 1,2 |
| E | 1 | 2 | 2 | 1/2 = 0,5 |
| Ukupno | | | | |

Temeljem podataka u tablici 15.6. poslovi se mogu poredati od najmanjeg prema najvećem izračunatom omjeru, što se vidi u tablici 15.7.

***Tablica 15.7. Raspored poslova prema pravilu PNVO***

| Poslovi po redoslijedu stizanja | Trajanje proizvodnje u danima | Rok od današnjeg dana | Ponder | Omjer trajanja proizvodnje i pondera | Vrijeme toka (u danima) | Kašnjenje (u danima) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| C | 2 | 7 | 6 | 0,3 | 0 + 2 = 2 | 0 |
| E | 1 | 2 | 2 | 0,5 | 2 + 1 = 3 | 0 |
| D | 6 | 9 | 5 | 1,2 | 3 + 6 = 9 | 0 |
| A | 3 | 5 | 2 | 1,5 | 9 + 3 = 12 | 7 |
| B | 4 | 6 | 1 | 4 | 12 + 4 = 16 | 10 |
| Ukupno | | | | | 42 | 17 |
| Prosjek | | | | | 8,4 | 3,4 |

UOČENO: Rezultati iz tablice 15.7. pokazuju da su performanse ovog pravila nešto lošije od pravila *NVO*. Ovo pravilo ima dodatan problem. Naime, kod njega se trebaju izračunati omjeri trajanja proizvodnje i težine posla izraženi ponderom, ali pri dodjeljivanju pondera postoji subjektivnost.[518] Usprkos tome, ovo pravilo je izuzetno korisno ako više poslova ima isto vrijeme trajanja, a nisu jednaki po važnosti (primjerice, isto je vrijeme obrade, ali neki posao nosi znatno veći prihod). Dakle, u situacijama gdje se objektivno može odrediti težina ili važnost posla, ovo pravilo je idealno. Cachon i Terwiesch[519] navode da se ovo pravilo koristi i kod određivanja redoslijeda obrade pacijenata u hitnoj službi, gdje se za svakog pacijenta relativno objektivno može procijeniti dužina trajanja zahvata i kritičnost ozljede na ljestvici od 1 do 5, pri čemu je 1 kritično (oživljavanje), a 5 nekritično.

[518] Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit.* str. 619.
[519] Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *op.cit.* str. 620.

PRISTUP ad d: Četvrto pravilo raspoređivanja poslova je ***prvi krajnji rok (PKR)***. Ovo pravilo je vrlo često u proizvodnji po narudžbi gdje se s kupcima dogovara vrijeme isporuke. Podaci u početnoj tablici 15.3. sada se uz pomoć funkcije sortiranja, bilo u Wordu, bilo u Excelu, poredaju prema vremenu isporuke (tablica 15.8).

RJEŠENJE:

***Tablica 15.8. Raspored poslova prema pravilu PKR***

| Poslovi po redoslijedu stizanja | Trajanje proizvodnje u danima | Rok od današnjeg dana | Vrijeme toka (u danima) | Kašnjenje (u danima) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| E | 1 | 2 | 0 +1 = 1 | 0 |
| A | 3 | 5 | 1 + 3 = 4 | 0 |
| B | 4 | 6 | 4 + 4 = 8 | 2 |
| C | 2 | 7 | 8 + 2 = 10 | 3 |
| D | 6 | 9 | 10 + 6 = 16 | 7 |
| Ukupno | | | 39 | 12 |
| Prosjek | | | 7,8 | 2,4 |

UOČENO: Iz tablice 15.8. može se primijetiti sljedeće: prosječno vrijeme toka u odnosu na pravilo *NVO* je poraslo sa 7,2 na 7,8, dok je prosječno kašnjenje isto. Ako primjenom ovog pravila raspoređeni poslovi kasne, tj. nema načina da ih se izvrši u roku, preporuka je da se pregovara i moli klijente za odgodu roka.



Pravila prioriteta su relativno jednostavna i intuitivna i mogu se koristiti u svakodnevnom poslu. Uzmimo kao primjer stol zatrpan papirima. Ako se ti papiri poredaju po vremenu potrebnom da ih se obradi (*NVO*), onda se stol može relativno brzo očistiti i tako dobiti motivacija za rješavanje težih zadataka. Ovo pravilo koriste i studenti pri studiranju, ili pak obrnuto od pravila *NVO*, tj. prvo polažu najteže ispite pa onda sve lakše. U svom studiranju studenti mogu koristiti pravilo *PKR* kada imaju kolokvije. Učenje se tada organizira tako da stignu naučiti do definiranih rokova.

Međutim, u praksi problemi nisu tako jednostavni. Poslovi se raspoređuju na više ljudi, pri čemu se mogu javiti uska grla. Ako postoji usko grlo, poslove treba rasporediti prema ritmu uskog grla kako ne bi bilo previše neiskorištenih resursa. Lekin® softver uzima u obzir ograničenje zbog uskoga grla jer raspolaže podacima trajanja obrade na stroju. Tako softver daje najbolji raspored poslova uz poznata ograničenja.

Kako bi se vidjela kompleksnost raspoređivanja poslova kada postoji više resursa i više poslova, daje se primjer 15.2.

### *Primjer 15.2. Raspoređivanje poslova na više resursa*

U tablici 15.9. su osnovni podaci potrebni za raspoređivanje triju poslova (B, C i D) na tri stroja.

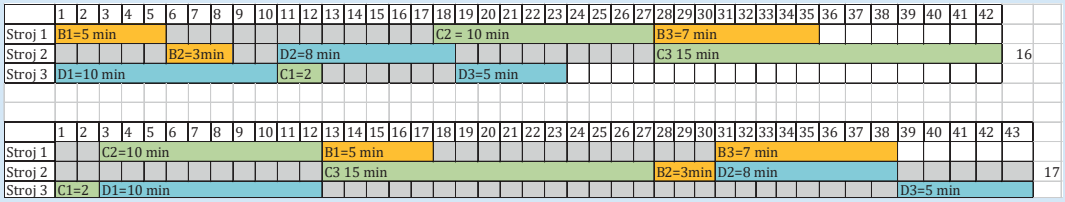
***Tablica 15.9. Poslovi na tri stroja – komponente za sastavljanje proizvoda A***

| **Stroj 1** | | **Stroj 2** | | **Stroj 3** | |
|---|---|---|---|---|---|
| Redoslijed posla | Trajanje posla | Redoslijed posla | Trajanje posla | Redoslijed posla | Trajanje posla |
| B1 | 5 | B2 | 3 | C1 | 2 |
| B3 | 7 | C3 | 15 | D3 | 5 |
| C2 | 10 | D2 | 8 | D1 | 10 |
| Suma | 22 | | 26* | | 17 |

Prema teoriji ograničenja, ako postoji usko grlo (stroj koji najsporije radi), onda treba najprije njega opteretiti. Prema Russelu i Tayloru[520] postupak opterećenja je sljedeći:

1. Odrediti koji je stroj usko grlo.
2. Na usko grlo staviti posao čije vrijeme obrade je manje ili jednako vremenu obrade na uskom grlu.
3. Terminirati taj posao na uskom grlu prema naprijed.
4. Ostale strojeve terminirati prema natrag.
5. Ako se poslovi moraju prenositi među strojevima, onda se prenose oni poslovi čija je veličina serije manja od vremena proizvodnje na tom stroju.

PRISTUP I RJEŠENJE: Prema tablici 15.9. vidi se da je stroj 2 usko grlo jer je zbroj trajanja poslova na njemu najduži. Na tom stroju treba odraditi poslove B2, C3 i D2. Ako bi se prvo radio posao B koji se sastoji od komponenti B1, B2 i B3, to bi značilo da bi stroj 2 čekao 5 minuta dok se ne napravi komponenta B1 na stroju 1. Slično bi se dogodilo kada bi se prvo radio posao D, jer on mora prije proći stroj 3, na kojem se radi 10 minuta, pa bi stroj 2 bio 10 minuta u mirovanju (čekanju). Ako bi se započelo s poslom C, u tom slučaju bi se komponenta C1 prije trebala obraditi na stroju 3, u trajanju od 2 minute, zatim komponenta C2 na stroju 1 u trajanju od 10 minuta, što bi značilo da stroj 2 treba 12 minuta čekati. Stoga je najbolje početi s poslom B. Grafički prikaz odvijanja poslova u ovom slučaju bio bi kao na slici 15.9. na kojoj su prikazana dva rasporeda poslova ovisno o tome koji bi posao prvi počeo.




***Slika 15.9. Grafički prikaz rasporeda poslova na tri stroja – komponente za sastavljanje proizvoda A***

[520] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2014). *Operations and Supply Chain Management*. 8th edition. Wiley. str. 580.

UOČENO: Prvi raspored na slici 15.9. počinje s poslom B, a drugi s poslom C. Iz slike 15.9. vidi se da, ako se počne s poslom B, cijeli postupak obrade traje 42 minute, pri čemu je stroj 2 (usko grlo) prazan (čeka) 16 minuta. Ako se krene s poslom C, onda je cijeli posao gotov za 43 minute, a stroj 2 (usko grlo) je neopterećen 17 minuta.

Na temelju iznesenog može se zaključiti da raspoređivanje poslova temeljem pravila prioriteta nije egzaktna znanost, mada neka općenita pravila vrijede. S obzirom da se menadžment svakodnevno susreće s problemima u proizvodnji, najmanje će pogriješiti ako koristi *NVO* pravilo, jer će dobiti proizvodnju najmanje zagušenu poslovima. Pravilo prvi krajnji rok (*PKR*) ne bi trebalo koristiti ukoliko to nije nužno, jer to pravilo ne uzima u obzir trajanje obrade jedinica, pa dolazi do nepotrebnih čekanja. Pravilo najkraće vrijeme obrade (*NVO*) može se dobro koristiti i u slučaju kad su rokovi u pitanju, ako se oni postave realistično. I na kraju, rečeno je da se poslovi u proizvodnji ili u uslugama ne raspoređuju samo na jedan resurs nego na njih nekoliko. U takvim situacijama jedan ili više njih mogu biti usko grlo. Stoga se raspoređivanje mora početi od uskog grla i nastaviti tako da usko grlo bude što više iskorišteno.[521]

## 15.3.3. Terminiranje projekata

O temeljnim karakteristikama projektnog tipa proizvodnje bilo je riječi u poglavlju 5. Važno se prisjetiti da je projektna proizvodnja potpuno različita od linijske i prekidane proizvodnje. Ključna razlika među njima je da kod linijske i prekidane proizvodnje postoji tok proizvoda, dok kod projekta postoji tok operacija.

Danas se sve veći broj proizvodno-uslužnih aktivnosti organizira i vodi kao projekt. Primjeri projekata su: proizvodnja brodova, zrakoplova, konstrukcija zgrade, uvođenje novog proizvoda, snimanje filma, studiranje i slično. Radi se o složenim poslovima čije se terminiranje razlikuje od terminiranja linijskih i prekidanih procesa. Naime, ovdje se za svaku aktivnost mora definirati koji poslovi, tj. aktivnosti joj moraju prethoditi, koje aktivnosti se mogu odvijati paralelno, a koje mogu početi prije nego je neka prethodna završila. Za projekte je karakteristično da se njima nastoje ostvariti tri različita cilja: troškovi, terminski plan (vrijeme) i performanse. Naime, svaki projekt se treba realizirati u određenom vremenu (rok, terminski plan), uz zadani budžet (troškovi) i sa zadovoljavajućom kvalitetom (performanse). Ovi ciljevi su često u konfliktu, jer, primjerice, ako se kasni s realizacijom projekta u jednoj fazi, da bi se kašnjenje smanjilo ili eliminiralo, potrebno je u nekoj od narednih faza angažirati dodatne resurse (ljude, strojeve) što povećava troškove. Također, ako se forsiraju rokovi, može se gubiti na kvaliteti. Ili, ako se budžet smanji, kvaliteta može doći u pitanje. Međutim, o svemu navedenom će se detaljnije govoriti u sljedećem poglavlju, poglavlju 16, koje se bavi upravljanjem projekata. Ovdje će se još napomenuti da se za terminiranje projekata koriste dvije metode. To su gantogram i metode mrežnog planiranja koje će također biti objašnjene u poglavlju 16.

[521] Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 710.

## 15.4. TERMINIRANJE USLUGA

Terminiranje usluga je vrlo osjetljivo, jer su u uslugama ključni radnici. Njih nije jednostavno rasporediti tako da svi budu zadovoljni. Stoga se u uslužnim industrijama sve više koriste softveri za raspoređivanje radnika, kako bi menadžeri krivnju za nezadovoljstvo rasporedom prebacili na softver. Neovisno o tome radi li raspored radnika menadžment ili softver, prvi korak je prognozirati koliko radnika treba uslužnoj industriji. Primjerice, u McDonald'su to rade kombinacijom automatiziranog prognoziranja i dodatnim inputima od menadžera. Naime, *PRP* softver, kojeg ima svaki McDonalds restoran, bilježi prodaju s blagajni. Na temelju tih podataka radi prognozu radnika, a ta se prognoza dodatno korigira ako se predviđa da bi potražnja bila veća od uobičajene. Kako u McDonald'su varijacije u potrebnom broju radnika variraju iz sata u sat, tako se za svaki dan u tjednu dobije drugačiji broj potrebnih radnika po satima. Ono što pri utvrđivanju rasporeda radnika još treba uzeti u obzir, je činjenica da nisu svi radnici zaposleni puno radno vrijeme, kao i to da oni koji rade u kuhinji obično ne rade na blagajni, pa treba uzeti u obzir i kvalifikacije radnika. Naposljetku, treba uzeti u obzir i to da raspored treba biti poznat dva tjedna unaprijed kako bi radnici barem malo mogli planirati svoj život.[522]

U skladu s prethodno navedenim, terminiranje na primjeru Mc Donaldsa pokazuje da treba predvidjeti koliko je radnika potrebno po satima, dva tjedna unaprijed. Terminiranjem se upisuju raspoloživi sati svakog radnika za sljedeća dva tjedna, opet u satima, i naposljetku, svakom se radniku određuje radno mjesto (radi li u kuhinji ili na blagajni), pri čemu se u obzir uzima i seniornost. Primjerice, Jacobs i Chase[523] navode da se pri terminiranju radnika svakom od njih, prema njihovim vještinama, dodjeljuje ocjena od 1 do 10, pri čemu je 1 – početnik, a 10 – najveći stupanj u toj kategoriji. Slično navode Heizer i dr.,[524] pri čemu se generiraju rasporedi po dva tjedna unaprijed, a radnici se nakon izvješenog rasporeda mogu sami dogovarati o promjeni, ako nekom od njih nešto nenadano iskrsne. Raspoređivanje radnika radi se u svim uslugama; od raspoređivanja profesora i dvorana, medicinskih sestara i doktora, do osoblja na aerodromima, restoranima i drugim uslugama. Pravilnim i pravednim raspoređivanjem diže se moral radnika koji onda efikasnije obavljaju svoj posao. Dakle, postoji direktna veza između raspoređivanja radnika i proizvodnosti.

Da bi se vidjela kompleksnost problema terminiranja u uslugama prikazat će se jedan primjer u restoranu brze hrane (primjer 15.3).

---

522 D'Amato, I. i Secchi, R. (2013),.Managing Operation Processes in an Italian McDonald's Restaurant. *SDA Bocconi, European Case Centre* Case. No. 613-044-1

523 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 605.

524 Heizer, Y., Render B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 632.

***Primjer 15.3. Raspoređivanja radnika u restoranu brze hrane***

Neka je za sljedeći dan jedne uslužne industrije identificirana potreba za radnicima po satima, prikazana u tablici 15.10.[525]

***Tablica 15.10. Potražnja za radnicima***

| **Vrijeme** | **10:00** | **11:00** | **12:00** | **13:00** | **14:00** | **15:00** | **16:00** | **17:00** | **18:00** | **19:00** | **20:00** | **21:00** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potrebno | 4 | 6 | 8 | 8 | 6 | 4 | 4 | 6 | 8 | 10 | 10 | 6 |

Uz pretpostavku da smjene traju po osam sati, postupak terminiranja je sljedeći: u 10:00 sati odaberu se četiri radnika, u 11:00 se dodaju još dva radnika, u 12:00 još dva radnika. Budući da smjena još traje, radnicima koji su dodani u 10:00 sati ne treba nikoga dodavati sve do 18:00 sati kada radnicima angažiranima u 10:00 sati istječe smjena. U 18:00 sati su ostala četiri radnika (dva koja su došla u 11:00 i dva koja su došla u 12:00 sati), a treba ih osam, što znači da trebaju još četiri radnika. Dva radnika koja su počela sa smjenom u 11:00 sati izlaze s posla u 19:00, tako da ih je dostupno šest, međutim potrebna su još četiri dodatna radnika. Procedura se nastavlja sve do 21:00 sat. Broj potrebnih radnika u uslužnoj industriji prikazuje tablica 15.11.

***Tablica 15.11. Terminiranje radnika***

| **Vrijeme** | **10:00** | **11:00** | **12:00** | **13:00** | **14:00** | **15:00** | **16:00** | **17:00** | **18:00** | **19:00** | **20:00** | **21:00** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Potrebno | 4 | 6 | 8 | 8 | 6 | 4 | 4 | 6 | 8 | 10 | 10 | 6 |
| Raspoređeno | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 2 | 0 |
| U službi | 4 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 |

Iz ovog primjera se primjećuje da se uopće nije vodila briga o seniornosti radnika, kao i da između 14:00 i 17:00 sati radi više radnika nego što ih treba. Da su rađene smjene od po 4 sata, bilo bi manje neiskorištenih radnika, a time bi i troškovi rada bili manji. Za takvu organizaciju smjena treba znati koliko je koji radnik raspoloživ. Ovakav postupak terminiranja može se napraviti i ručno, ali to onda duže traje.

Terminiranje postaje složenije kada potrebe za osobljem variraju. Tipičan primjer takvih usluga su medicinske sestre, policajci, osoblje restorana i slične usluge. U ovim situacijama upotrebljava se tzv. *ciklično terminiranje*,[526] odnosno razvijaju se različiti terminski planovi s minimalnim brojem radnika. Prilikom cikličnog terminiranja trebalo bi voditi računa o tome da se radnici raspoređuju u smjene i da imaju propisano slobodno vrijeme. Kako izgleda ciklično terminiranje vidjet će se u primjeru 15.4.

[525] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 607.
[526] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 620.

***Primjer 15.4. Ciklično terminiranje na primjeru medicinskih sestara***

U jednoj bolnici želi se minimalizirati broj osoblja. Radi se pet dana u tjednu, s dva uzastopna slobodna dana. Potrebe za osobljem su različite tijekom tjedna. Obično je vikendom najmanje osoblja. Liječnici teže raditi početkom tjedna, a vrhunac broja pacijenata je obično srijedom. Kod terminiranja radnika u ovoj usluzi, prvo što treba napraviti je utvrditi potrebe za osobljem. Ukupno je sedam sestara, a potreban broj sestara po danima je u tablici 15.12.

***Tablica 15.12. Potreban broj sestara po danima***

| | **Ponedjeljak** | **Utorak** | **Srijeda** | **Četvrtak** | **Petak** | **Subota** | **Nedjelja** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Broj potrebnih sestara | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |

Postupak je sljedeći: Treba naći dva uzastopna dana čiji je zbroj potrebnih sestara najmanji. U slučaju da su sume iste, treba odabrati dane čiji je susjedni zahtjev najniži. U ovom slučaju najmanji zbroj je u subotu i nedjelju. Ako postoji više mogućih izbora, onda se odabire onaj par dana kojima prethodi manje opterećenje. U ovom slučaju, dva dana koja treba prva raspodijeliti su subota i nedjelja (3 + 3 = 6). Te slobodne dane treba pridijeliti prvoj sestri (tablica 15.13).

***Tablica 15.13. Slobodni dani Sestre 1***

| | **Ponedjeljak** | **Utorak** | **Srijeda** | **Četvrtak** | **Petak** | **Subota** | **Nedjelja** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Broj potrebnih sestara | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 1 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |

Sestra broj 1 dobila je subotu i nedjelju kao slobodne dane jer je taj zbroj bio najmanji.

Sestra 1 je raspoređena, što znači da ona radi svaki dan, osim subote i nedjelje. Uzimajući u obzir potreban broj sestara (prvi redak tablice 15.13), raspored za sljedeću sestru (Sestru 2) dobiva se tako da se cijeli redak za Sestru 1 umanji za jedan (jer je jedan dan odrađen), osim dana koji su zaokruženi, jer te dane Sestra 1 ne radi. To se sada vidi u tablici 15.14.

***Tablica 15.14. Slobodni dani Sestre 2***

| | **Ponedjeljak** | **Utorak** | **Srijeda** | **Četvrtak** | **Petak** | **Subota** | **Nedjelja** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Broj potrebnih sestara | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 1 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 |

U slučaju Sestre 2 za slobodne dane odabrani su opet subota i nedjelja. Naime, kako je prethodno rečeno, u slučajevima kada se dobiju dva ista zbroja, odabire se onaj par dana kojem prethodi manje opterećenje. Procedura se ponavlja za sljedeću sestru, Sestru 3, tako da se za nju oduzima od cijelog reda Sestre 2 po jedan dan, jer taj dan Sestra 3 radi. Od markiranih dana prethodnog retka se ne oduzima ništa, jer taj dan sestra 2 ne radi. (tablica 15.15).

***Tablica 15.15. Slobodni dani Sestre 3***

| | Ponedjeljak | Utorak | Srijeda | Četvrtak | Petak | Subota | Nedjelja |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Broj potrebnih sestara | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 1 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Sestra 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 |

I na kraju, konačni raspored sestara prikazuje tablica 15.16.

***Tablica 15.16. Slobodni dani svih sestara***

| | Ponedjeljak | Utorak | Srijeda | Četvrtak | Petak | Subota | Nedjelja |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Broj potrebnih sestara | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 1 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Sestra 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Sestra 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| Sestra 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Sestra 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Sestra 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Sestra 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

UOČENO: Prema podacima u tablici 15.16. vidi se da ako bi svi imali pravo na dva uzastopna slobodna dana, tada bi bolnica trebala imati šest medicinskih sestara s punim radnim vremenom i jednu koja bi radila subotom. Naime, ako se usporedi broj potrebnih sestara u prvom retku tablice (kapacitet bolnice) sa zadnjim retkom tablice koji prikazuje višak kapaciteta, vidi se da kapacitet odgovara zahtjevima za osobljem, pod uvjetom da jedna sestra radi u subotu prekovremeno ili se zaposli jedna sestra na skraćeno radno vrijeme u subotu. Heizer i dr.[527] napominju da je ovakvo ciklično raspoređivanje često u praksi zbog njegove jednostavnosti i može ga se razumjeti za razliku od gotovog softvera koji generira rasporede gdje kriteriji nisu uvijek transparentni. Ali, iz menadžerske perspektive, korištenjem dobrog softverskog rješenja za raspoređivanje, mogu se ostvariti velike uštede.[528]

[527] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 621.
[528] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 605.

## 15.5. ZAKLJUČAK

Terminiranje je raspored koji pokazuje koji resursi će biti opterećeni kojim redoslijedom. Fokus ovog poglavlja je na kratkoročnom terminiranju koje se radi za tjedan ili dva unaprijed. Vidjelo se da se kapaciteti, tj. radni centri, mogu opterećivati na beskonačan i konačan način i da su oba pristupa prisutna u praksi, dok se terminiranje može vršiti unaprijed ili unazad. Prilikom terminiranja mogu se koristiti pravila prioriteta. Primjerice, pravilo prvi krajnji rok (*PKR*) koristi se za raspoređivanje poslova unatrag, jer je važno da se posao završi do ugovorenog roka. U terminiranju postoji jedna olakotna okolnost, a to je da se terminiranje uvijek provodi za jedan resurs, strojni ili ljudski rad, u ovisnosti o tome koji je dominantan.

Terminiranje procesa jako ovisi o vrsti procesa. Svaki tip procesa ima svoje specifičnosti pa stoga i zahtjeve u pogledu terminiranja.

Terminiranje linijskih procesa vrši se pomoću ekonomične količine proizvodnje pri čemu treba koristiti najsvježije podatke o potražnji. Većina *PRP* sustava u velikim poduzećima (a poduzeća linijskog tipa obično jesu veća zbog velikih kapitalnih ulaganja) ima u sebi već ugrađen modul za proračun optimalne veličine serije. No, kako navodi Stevenson,[529] često planeri moraju na temelju potražnje i kapaciteta sami razviti izvediv raspored iz datih informacija.

Terminiranje je najsloženije kod prekidanih procesa jer treba različite poslove rasporediti na različite strojeve i angažirati različite radnike. Za takvo raspoređivanje postoji vrlo koristan, besplatan softver Lekin®, razvijen na Stern University, New York. Kod prekidanih procesa često se koristi input-output kontrola, opterećivanje poslovima, određivanje redoslijeda poslova, te pravila prioriteta.

*Input-output kontrolom* nastoji se osigurati priljev i tok materijala kroz radionicu onakav kakav je odljev gotovih proizvoda iz radionice. Njome se, dakle, nastoji da se ne gomilaju poslovi ili da klijenti dugo ne čekaju.

*Opterećivanje poslovima* je kompliciran i treba dosta kombinatorike. U praksi se događa da treba rasporediti ***n*** poslova na ***m*** resursa (strojeva, ljudi) što je $(n!)^m$ kombinacija i što je gotovo nemoguće napraviti ručno.[530] Najpoznatiji besplatan softver za terminiranje radioničke proizvodnje je već spomenuti Lekin®. Ovaj softver je u mogućnosti rasporediti 50 poslova, na 20 različitih radnih centara i 100 strojeva. Zato što je besplatan, mnoga mala i srednja poduzeća ga koriste, iako je razvijen za podučavanje studenata terminiranju proizvodnje. Na kraju ovog poglavlja objašnjeno je kroz primjer pravilo redukcije koje se koristi kada se isti broj poslova raspoređuje na isti broj resursa. Riječ je o pravilu raspoređivanja koje se rijetko koristi, jer su situacije s istim brojem poslova i ljudi koji ih trebaju obaviti, vrlo rijetke. (*Dodatak 15.1. Pravilo redukcije*).

*Određivanje redoslijeda poslova* je vrlo bitno. Nekada je u tvornicama s puno resursa (ljudskih i strojnih) vladalo pravilo - tko je glasniji, njihov posao ide prvi. No, kako je konkurencija prevelika, ovakav način proizvodnje po principu „glasnoće“ stvara velike troškove i potpuno je netran-

529 Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 692.
530 Jacobs, F. R i, Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 601.

sparentan. Stoga se prije desetak godina uvidjelo da treba uvesti pravila u raspoređivanje kako bi se smanjio trošak proizvodnje i, naravno, skratilo vrijeme proizvodnje i naplata proizvedenog i dostavljenog proizvoda. U proizvodnji i uslugama se zato koriste pravila prioriteta koja jasno određuju kojim redoslijedom idu proizvodi i usluge u proizvodnju (obradu).

*Pravila prioriteta* koriste se za raspoređivanje ***n*** poslova na jedan stroj. Pokazalo se da je *pravilo prvi došao prvi poslužen (PDPP)* najpravednije, ali ne uvijek i najefikasnije. *Najkraće vrijeme obrade (NVO)* se pokazalo kao najefikasnije pravilo, ali samo ako je moguće objektivno utvrditi vrijeme trajanja poslova. Pravilo *ponderirano najkraće vrijeme obrade (PNOV)* često se koristi kada ima dosta poslova iste dužine trajanja. Ovo pravilo se često koristi u odjelima hitne pomoći jer je tamo relativno objektivno moguće odrediti trajanje obrade i kritičnost ozljede. Pravilo *prvi krajnji rok (PKR)* u sebi ima karakteristiku pokazati kašnjenja, što znači da se takav posao neće napraviti u roku. Stoga bi trebalo ugovarati realističnija vremena isporuke.

Što se tiče terminiranja projekata ono je još složenije jer za svaku aktivnost treba pridijeliti i prethodnike. Terminiranje projekata olakšavaju softverski alati, kao MS Project, pomoću kojih se lako dobiju Ganttovi i mrežni dijagrami.

Terminiranje kod usluga je također kompliciranо jer se mora voditi računa o mnogo čimbenika prilikom angažiranja radnika. Riječ je o sljedećim čimbenicima: kada su radnici slobodni, koje su njihove kvalifikacije, njihova seniornost i slično. U poglavlju su prikazana dva načina raspoređa radnika koja upućuju na složenost i osjetljivost terminiranja u uslugama.

## 15.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***B*** | |
| ***Beskonačno opterećivanje*** | Posao se dodjeljuje stroju bez obzira je li on raspoloživ. |
| ***I*** | |
| ***Input – output kontrola*** | Rad (input) koji se pušta u obradu ne smije nikada biti veći od kapaciteta proizvodnje, jer se u protivnom gomilaju neizvršeni poslovi i vremena trajanja proizvodnje počinju se naglo povećavati. |
| ***K*** | |
| ***Kašnjenje*** | Razlika između vremena toka i roka završetka. |
| ***Konačno opterećivanje*** | Posao se pridjeljuje stroju uzimajući u obzir njegovu raspoloživost (njegov kapacitet) i vrijeme trajanja posla. Izrađuje se detaljan raspored kako će stroj biti opterećen. |
| ***N*** | |
| ***Nasumice*** (engl. *random*) | Planer na temelju intuicije određuje redoslijed. |
| ***O*** | |
| ***Određivanje redoslijeda*** | Određivanje kojim redoslijedom će koji poslovi biti obavljani na kojem stroju. |
| ***Opterećivanje*** | Pridjeljivanje posla nekom stroju ili osobi. |
| ***P*** | |
| ***Pravila prioriteta*** | Logika kako odrediti redoslijed poslova. |
| ***Pravilo prvi došao prvi poslužen, PDPP*** (engl. *first come, first served, FCFS*) | Poslovi se obavljaju onako kako pristižu u sustav. |
| ***Pravilo najkraće vrijeme obrade, NVO*** (engl. *shortest procesing time, SPT*) | Poslovi se prvo poredaju po dužini trajanja obrade, pa u proces idu prvi oni s najkraćim vremenom obrade. |
| ***Pravilo ponderirano najkraće vrijeme obrade, PNVO*** (engl. *weighted shortest procesing time, WSPT* ) | Ako postoje dva posla s jednakim najkraćim vremenom obrade, onda prije ide posao s većom važnosti. |
| ***Pravilo prvi krajnji rok, PKR*** (engl. *earliest due date, EDD*) | Poslovi se poredaju po rokovima do kada moraju biti gotovi pa u proces idu prvo oni s najbližim rokom od trenutka gledanja. |
| ***Pravilo najkraće preostalo vrijeme, NOV*** (engl. *slack time remaining, STR*) | Od vremena kada posao mora biti gotov, oduzme se vrijeme koje je potrebno za obradu. Poslovi s najkraćim preostalim vremenom idu prvi u proces. |
| ***Pravilo najkraće preostalo vrijeme po operaciji, NOV/O*** (engl. *slack time remaininng per operations, STR/OP*) | Preostalo vrijeme obrade podijeli se s brojem operacija, pa onda poslovi s najmanjim omjerom idu prvi. |

| | |
|---|---|
| ***Pravilo kritični omjer, KO*** (engl. *critical ratio, CR*) | Dobiva se kada se od krajnjeg roka oduzme današnji dan i podijeli s dostupnim radnim danima. Poslovi s najmanjim kritičnim omjerom idu prvi. |
| ***Pravilo zadnji došao prvi poslužen, ZDPP*** (engl. *last come, first served, LCFS*) | Onaj koji je zadnji došao prvi se obradi. |
| ***R*** | |
| ***Radno intenzivni procesi*** | Ljudi su ključni resurs pa se raspoređivanje vrši prema kapacitetima ljudskog rada. |
| ***Raspoređivanje unaprijed*** | Poslovi se raspoređuju od sadašnjeg trenutka naprijed. Koristi se kada se želi utvrditi koliko dugo vremena treba za završetak nekog posla. Raspoređivanje unaprijed omogućuje menadžmentu određivanje najranijeg mogućeg završetaka svakog posla, a time i vremena kašnjenja ili slobodnog vremena. |
| ***Raspoređivanje unatrag*** | Raspoređivanje unatrag koristi se kada su definirani krajnji rokovi, pa se od datuma isporuke (krajnjeg roka) kalkulira unazad da se dobije najkasniji rok početka posla. |
| ***S*** | |
| ***Strojno intenzivni procesi*** | Procesi u kojima u proizvodnji dominira strojni rad pa se terminiranje radi na temelju kapaciteta strojeva. |
| ***V*** | |
| ***Vrijeme toka (trajanje)*** | Kumulativno zbrajanje vremena poslova, odnosno vrijeme koliko se posao zadržava u sistemu. |



## 15.7. STUDIJI SLUČAJA

### *Studij slučaja 1. Trans European Plastics*[531]

Trans European Plastics (TEP) je jedan od najvećih Europskih proizvođača plastičnih proizvoda za domaćinstvo. U Francuskoj tvornici proizvode preko 500 različitih proizvoda koji se prodaju distributerima i trgovinama diljem Europe. Tvornica odašilje pošiljke u roku od 24 sata od primitka narudžbe koristeći internacionalnog prijevoznika. Svi klijenti očekuju da im pošiljka stigne u tijeku tjedan dana od slanja narudžbe. Proizvodnja se temelji na kombinaciji radioničkog i linijskog tipa gdje se uz pomoć 24 kalupna stroja proizvode proizvodi u serijama. Planiranje se vrši na tjednoj osnovi kada se pravi detaljni raspored; koji proizvodi idu na koje strojeve i u kojoj boji će biti određeni proizvodi. Također se određuje veličina serije te procjenjuje koliko će serija trajati. Zamjena kalupa u stroju traje otprilike tri sata i svaka zamjena košta otprilike 500 €.

Nedavno su se pojavili problemi s brzinom isporuke kupcima. Zbog nekih zakašnjelih narudžbi serije su se prepolovile kako bi se ugurao „hitni" posao. Zbog toga su zalihe rasle, a hitne intervencije postale sve učestalije. Proizvodnost je značajno pala i, naravno, troškovi proizvodnje rasli. S obzirom da je ovdje riječ o velikom asortimanu proizvoda, odluka o tome koji proizvod će se sljedeći proizvoditi donosi se pomoću formule za ekonomičnu količinu proizvodnje (*EKP*).

[531] Prema: Slack, N., Chambers, S. i Johnston, R. (2010). *op.cit.* str. 369-371.

Međutim, podaci koji su potrebni za izračun ekonomične količine proizvodnje, kao što su potražnja i prosječna proizvodnja u jedinci vremena, nisu se mijenjali od kada je tvornica startala s poslovanjem. Ove nove vrijednosti trebalo je dobiti iz marketinga, a marketing i proizvodnja nisu dovoljno komunicirali.

U nadi da će tvornica povećati svoju proizvodnost, odlučeno je da proizvodnja serije određenog proizvoda treba trajati barem 20 sati prije promjene kalupa koja traje tri sata. Točka ponovne proizvodnje bila je postavljena na temelju dvotjedne potražnje. Oko 20 % proizvoda su proizvodi potpuno sezonskog karaktera, s vrhuncima od travnja do kolovoza, dok se plastične posude za čuvanje prodaju naročito dobro od listopada do prosinca.

Tvornica radi u tri sedmosatne smjene, od ponedjeljka do petka, tj. 105 sati na tjedan, 50 tjedana u godini. Ponekad se subotom radi prekovremeno, a nedjelja je rezervirana za preventivno održavanje i popravke. Skladište je prepunjeno i viljuškari više ne mogu prolaziti. U planu imaju proširenje skladišnog prostora što će koštati 5 % vrijednosti zaliha koje se drže na skladištu. Trenutna cijena kapitala je 8 %. Alternative za proširenje skladišta nema, jer ako se proizvodi ne mogu uskladištiti, proizvodnja mora stati. Osim toga, neki proizvodi su jako veliki i zauzimaju veliki dio prostora. Klasična boljka na skladištu je da je sve pretrpano, ali nedostaje upravo onaj proizvod kojeg treba isporučiti. Kada se još dodaju troškovi skladištenja, uništenja i drugog, treba dodati stopu od 20 % jedinične cijene proizvoda za troškove skladištenja.

U tablici 15.17. prikazano je dvadeset najprodavanijih proizvoda Trans European Plastics i to već poredanih po padajućoj vrijednosti, što znači da je A-B-C analiza već napravljena.

***Tablica 15.17. Proizvodi TEP-a***

| Opis | Prodaja u prošlih 12 mjeseci (K) | Standardna brzina proizvodnje (komada na sat) | Jedinična cijena | Ukupna vrijednost (K x jedinična cijena) | Prodaja (K) u satima rada | Kapacitet 1 stroja u godini dana (u satima) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Posuda za smeće s poklopcem | 300.000 | 180 | 9 | 2.700.000 | 1.666,67 | 5.250 |
| 10 litarski kanistar | 2.200.000 | 300 | 0,75 | 1.650.000 | 7.333,33 | 5.250 |
| Okrugla zdjela za miješanje | 800.000 | 650 | 0,75 | 600.000 | 1.230,77 | 5.250 |
| Mala posuda s poklopcem | 60.000 | 200 | 3,6 | 216.000 | 300,00 | 5.250 |
| Kadica za bebe | 50.000 | 90 | 3,75 | 187.500 | 555,56 | 5.250 |
| Grčki stil zdjela | 40.000 | 180 | 4,5 | 180.000 | 222,22 | 5.250 |
| Vrtni stol | 10.000 | 120 | 16,2 | 162.000 | 83,33 | 5.250 |
| Kuka za zid | 200.000 | 3000 | 0,75 | 150.000 | 66,67 | 5.250 |
| Kahlica | 60.000 | 180 | 2,25 | 135.000 | 333,33 | 5.250 |
| 1 litarska flaša | 100.000 | 600 | 0,9 | 90.000 | 166,67 | 5.250 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vreće za smeće (rola od 10 kom) | 200.000 | 2000 | 0,45 | 90.000 | 100,00 | 5.250 |
| Glava metle | 60.000 | 400 | 1,2 | 72.000 | 150,00 | 5.250 |
| Kupaonsko ogledalo | 5.000 | 250 | 7,5 | 37.500 | 20,00 | 5.250 |
| Mala posuda | 25.000 | 300 | 1,5 | 37.500 | 83,33 | 5.250 |
| Velika posuda | 10.000 | 240 | 2,4 | 24.000 | 41,67 | 5.250 |
| Paket od 10 vješalica | 10.000 | 1000 | 1,5 | 15.000 | 10,00 | 5.250 |
| Držač sapuna | 10.000 | 400 | 1,2 | 12.000 | 25,00 | 5.250 |
| Posudica za vodu za ptice | 2.000 | 200 | 3 | 6.000 | 10,00 | 5.250 |
| Posuda za rezance | 1.000 | 220 | 3 | 3.000 | 4,55 | 5.250 |
| Vilica za salatu | 5.000 | 400 | 0,3 | 1.500 | 12,50 | 5.250 |

PRISTUP: Za navedeni primjer izračunajte trajanje vremena serija te rasporedite proizvodnju tako da sve što je prognozirano bude zadovoljeno. Na raspolaganju su tri stroja pri čemu svaki može raditi 105 sati na tjedan. Radi se 50 tjedana, što znači da svaki stroj može raditi 50 tjedana, odnosno 5.250 sati godišnje (50 * 105). Pridijelite poslove prema najdužem trajanju serije uzevši u obzir da priprema za seriju traje tri sata. Ovim pravilom maksimalno smanjujete troškove zamjene serija jer svaka zamjena košta 500 €. Pretpostavite također da se sve što je proizvedeno može i skladištiti.

RJEŠENJE: Prvo treba proračunati koliko sati rada treba za pojedini proizvod. To se dobiva kao omjer potražnje i brzine proizvodnje (Stupac 2 podijeljen sa stupcem 3), a što je izračunato u koloni 6, tablice 15.17. Dobivene vrijednosti zatim treba poredati od najdužeg prema najkraćem trajanju. Nakon toga slijedi pridjeljivanje proizvoda na strojeve i to tako da se stroju pridjeljuju proizvodi sve dok se ne napuni njegov kapacitet od 5.250 sati godišnje (tablica 15.18).

***Tablica 15.18. Raspoređivanje proizvoda na strojeve***

| Opis | K u satima rada | Stroj 1 | Stroj 2 | Stroj 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 litarski kanistar | 7.333,33 | 5.250 | 2.083,33 | 0 |
| Posuda za smeće s poklopcem | 1.666,67 | | 1.666,67 | |
| Okrugla zdjela za miješanje | 1.230,77 | | 1.230,77 | |
| Kadica za bebe | 555,56 | | | 555,56 |
| Kahlica | 333,33 | | | 333,33 |
| Mala posuda s poklopcem | 300,00 | | | 300,00 |
| Grčki stil zdjela | 222,22 | | | 222,22 |
| 1 litarska flaša | 166,67 | | | 166,67 |
| Glava metle | 150,00 | | | 150,00 |
| Vreće za smeće (rola od 10 kom) | 100,00 | | | 100,00 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vrtni stol | 83,33 | | | 83,33 |
| Mala posuda | 83,33 | | | 83,33 |
| Kuka za zid | 66,67 | | | 66,67 |
| Velika posuda | 41,67 | | | 41,67 |
| Držač sapuna | 25,00 | | | 25,00 |
| Kupaonsko ogledalo | 20,00 | | | 20,00 |
| Vilica za salatu | 12,50 | | | 12,50 |
| Paket od 10 vješalica | 10,00 | | | 10,00 |
| Posudica za vodu za ptice | 10,00 | | | 10,00 |
| Posuda za rezance | 4,55 | | | 4,55 |
| | Kumulativ | 5.250 | 4.980,77 | 2.184,83 |
| Iskorištenost strojeva | | 100 % | 95 % | 42 % |

Kako se vidi iz tablice 15.18. za planiranu količinu 10 litarskog kanistra potrebno je 7.333,33 sati rada jednoga stroja, a kapacitet jednoga stroja je 5.250 sati. To znači da stroj 1 može odraditi 5.250 sati radeći ovaj proizvod, dok ostatak posla od 2.083,33 sati treba dodijeliti stroju 2. Na stroju 2 moguće je odraditi i svih 1.666,67 sati vezanih za posudu za smeće s poklopcem, te 1.230,77 sati radeći okruglu zdjelu za miješanje. Time bi stroj 2 bio angažiran 4.980,77 sati, što bi osiguralo 95 % njegove iskorištenosti. Slijedeći navedeno, raspodijelili bi se preostali poslovi na preostali stroj, stroj 3, čime bi se postigla njegova 42 % iskorištenost.

UOČENO: Ovo u praksi ne bi funkcioniralo, jer u stvarnosti poduzeće proizvodi preko 500 različitih predmeta na 24 stroja. Problema nema ako proizvoda ima na skladištu, međutim u primjeru je upravo naglašen problem sa skladištem. Stoga je za ovaj primjer preporuka da se iskoriste dobiveni podaci i preko Lekin softvera napravi bolji raspored (http://web-static.stern.nyu.edu/om/software/lekin/). Naime, u praksi treba voditi računa o veličini serije (a time i o troškovima zamjene alata), jer prevelike serije mogu odgađati proizvodnju ostalih proizvoda koji se traže na tržištu. Bilo bi idealno puštati serije od 1.000 i više sati rada jer bi troškovi proizvodnje bili niži, ali tada ne bi došli na red ostali proizvodi za kojima postoji potražnja i kupci bi najvjerojatnije otišli konkurenciji.

## *Studij slučaja 2: Air Traffic Controller School (ATCS)*[532]

ATCS omogućava trening za buduće kontrolore leta. Jedna od vještina koje kontrolori leta moraju imati je i sposobnost da odrede slijed zrakoplova pri slijetanju. Kontrolor odlučuje tko slijeće odmah, a tko ide na čekanje. Dostupni su podaci u tablici 15.19. temeljem kojih treba razviti prihvatljiv redoslijed slijetanja. Svaki redoslijed koji rezultira time da neki od zrakoplova nije raspoređen za slijetanje prije nego što mu istekne preostalo vrijeme kruženja (engl. *remaining flying time*), nije prihvatljiv, jer će zrakoplov ostati bez goriva i srušiti se.

***Tablica 15.19. Osnovni podaci za raspored redoslijeda slijetanja***

| Broj leta | Minute na pisti | Preostalo vrijeme letenja/ kruženja (u minutama) | Trošak po minuti letenja ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 101 | 2,00 | 10,00 | 100 |
| 118 | 3,00 | 15,00 | 150 |
| 217 | 2,75 | 8,00 | 125 |
| 8076 | 1,50 | 5,00 | 80 |
| 219 | 3,50 | 12,00 | 200 |
| 894 | 1,75 | 19,00 | 150 |
| 024 | 2,50 | 16,00 | 400 |
| 616 | 3,25 | 22,00 | 300 |

Kod ovog primjera potrebno je:

a) Terminirati slijetanja na način koji daje prednost onim zrakoplovima s najvišim troškovima kruženja.
b) Razviti redoslijed slijetanja upotrebljavajući najkraće vrijeme obrade (*NVO*), odnosno najkraće vrijeme na pisti.
c) Razviti redoslijed slijetanja upotrebljavajući vrijeme do kada bi slijetanje trebalo biti obavljeno (prvi krajnji rok, *PKR*). Zrakoplov s najmanjim vremenom kruženja ima prednost.

PRISTUP: Za promatranu grupu zrakoplova postoji mnogo različitih rasporeda slijetanja. Cilj je pronaći raspored koji će minimalizirati ukupan trošak slijetanja zrakoplova. Ipak, treba imati na umu da je ljudski život važniji od troška pa se ne smije dozvoliti da zrakoplov zbog kruženja ostane bez goriva, makar raspoređivanje slijetanja takvog zrakoplova koštalo najviše.

RJEŠENJE:

a) *Terminiranje slijetanja po trošku kruženja*

Troškovi kruženja dobiju se tako da se od preostalog vremena letenja oduzme vrijeme na pisti te dobivena vrijednost pomnoži s troškom po minuti vremena letenja. Ukupni troškovi prikazani su u tablici 15.20.

[532] Beer, M. (1982). Air Traffic Controllers. *Harvard Business School Case.* 482-056.

***Tablica 15.20. Ukupni troškovi po zrakoplovu***

| Broj leta | Minute na pisti | Preostalo vrijeme letenja / kruženja (minute) | Trošak po minuti letenja ($) | Vrijeme kruženja (minute) | Trošak kruženja ($) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 = (kol.3 - kol.2) | 6 = (kol.4 * kol.5) |
| 101 | 2,00 | 10,00 | 100 | 8,00 | 800,00 |
| 118 | 3,00 | 15,00 | 150 | 12,00 | 1.800,00 |
| 217 | 2,75 | 8,00 | 125 | 5,25 | 656,25 |
| 8076 | 1,50 | 5,00 | 80 | 3,50 | 280,00 |
| 219 | 3,50 | 12,00 | 200 | 8,50 | 1.700,00 |
| 894 | 1,75 | 19,00 | 150 | 17,25 | 2.587,50 |
| 24 | 2,50 | 16,00 | 400 | 13,50 | 5.400,00 |
| 616 | 3,25 | 22,00 | 300 | 18,75 | 5.625,00 |
| Ukupno | | | | | 18.848,75 |

Kolona 5 u tablici 15.20. prikazuje koliko minuta još avion može kružiti a da mu ne ponestane goriva. Trošak koji bi nastao da mora kružiti do zadnjeg trenutka, prikazan je u koloni 6 i to je umnožak kolone 4 i kolone 5. S obzirom da ovdje treba terminirati slijetanja tako da prednost imaju zrakoplovi s najvišim troškovima kruženja, to će se sada poredati letovi upravo prema trošku kruženja pojedinog zrakoplova (tablica 15.21).

***Tablica 15.21. Redoslijed slijetanja prema trošku kruženja (od najvećeg do najmanjeg troška)***

| Broj leta | Minute na pisti | Preostalo vrijeme letenja (minute) | Trošak po minuti letenja ($) | Maksi-malno dopušteno kruženje (minute) | Trošak kruženja ($) | Sletio na pistu | Odlazak s piste | Kašnjenje | Ukupni troškovi tog rasporeda |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 = (3 – 2) | 6 = (4 * 5) | 7 | 8 (kum. kol. 2) | 9 = (7 - 5) | 10 = 8 * 4 |
| 616 | 3,25 | 22 | 300 | 18,75 | 5.625,00 | 0 | 3,25 | -18,75 | 975 |
| 24 | 2,5 | 16 | 400 | 13,50 | 5.400,00 | 3,25 | 5,75 | -10,25 | 2.300 |
| 894 | 1,75 | 19 | 150 | 17,25 | 2.587,50 | 5,75 | 7,50 | -11,50 | 1.125 |
| 118 | 3 | 15 | 150 | 12,00 | 1.800,00 | 7,50 | 10,50 | -4,50 | 1.575 |
| 219 | 3,5 | 12 | 200 | 8,50 | 1.700,00 | 10,50 | 14,00 | 2,00 | 3.200 |
| 101 | 2 | 10 | 100 | 8,00 | 800,00 | 14,00 | 16,00 | 6,00 | 2.200 |
| 217 | 2,75 | 8 | 125 | 5,25 | 656,25 | 16,00 | 18,75 | 10,75 | 3.687,50 |
| 8076 | 1,5 | 5 | 80 | 3,50 | 280,00 | 18,75 | 20,25 | 15,25 | 2.840,00 |
| Ukupno | | | | | | | | | 17.902,50 |

Prvih šest kolona tablice 15.21. isto je kao i kod tablice 15.20, s tom razlikom da su sada letovi poredani prema troškovima kruženja, od najvećeg do najmanjeg. Sada se može utvrditi vrije-

me slijetanja pojedinog zrakoplova (kolona 7). Budući da zrakoplov na letu 616 ima najveće troškove kruženja, on slijeće prvi. U kolonu 7 na njegovo mjesto stavlja se oznaka 0. Sljedeći zrakoplov može sletjeti tek kad se ovaj makne s piste, a to je prema koloni 2, za 3,25 minuta. Vremena slijetanja ostalih zrakoplova dobiju se jednostavno kao kumulativ kolone 2. Odlazak s piste (kolona 8) također se dobije kao kumulativ vremena koje zrakoplov provodi na pisti, ali zbroj počinje od 3,25 minuta, dakle od vremena koje je potrebno prvom zrakoplovu da se makne s piste. Kolona 9 (kašnjenje) je razlika između kolone 7 i kolone 5. Ako je razlika negativna, zrakoplov ne kasni. Ako je razlika pozitivna, zrakoplov kasni. Primjerice, zrakoplov na letu 616 ne kasni budući da je dobivena vrijednost negativna, a jedini trošak kojeg ima (kolona 10) je trošak vremena koje je proveo na pisti (3,25 * 300 = 975 $). Sljedeći zrakoplov, broj 24, ne može sletjeti prije nego što se zrakoplov 616 ne makne s piste pa je u koloni 8 zbrojeno vrijeme minuta na pisti prvog i drugog zrakoplova. Letovi od 219 nadalje, kasne. Tako primjerice trošak leta 219 iznosi 3.200,00 $ (14,00 * 200 + 2,00 * 200) jer troškovima odlaska s piste treba dodati i troškove kašnjenja. Kada se zbroje svi ti troškovi u koloni 10 dobije se trošak ovog rasporeda. Ovakav raspored u stvarnosti ne bi funkcionirao jer je trošak pada zrakoplova puno veći od cijene letenja!

b) *Terminiranje slijetanja prema najkraćem vremenu na pisti.*

***Tablica 15.22. Redoslijed slijetanja prema najkraćem vremenu na pisti***

| Broj leta | Minute na pisti | Preostalo vrijeme letenja (minute) | Trošak po minuti letenja ($) | Maksimalno dopušteno kruženje (minute) | Trošak kruženja ($) | Sletio na pistu | Odlazak s piste | Kašnjenje | Ukupni troškovi rasporeda |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 (kum. kol. 2) | 9 = (7 – 5) | 10 = (8 * 4) + kašnjenje |
| 8076 | 1,50 | 5 | 80 | 3,50 | 280,00 | 0 | 1,50 | -3,50 | 120,00 |
| 894 | 1,75 | 19 | 150 | 17,25 | 2.587,50 | 1,50 | 3,25 | -15,75 | 487,50 |
| 101 | 2,00 | 10 | 100 | 8,00 | 800,00 | 3,25 | 5,25 | -4,75 | 525,00 |
| 24 | 2,50 | 16 | 400 | 13,50 | 5.400,00 | 5,25 | 7,75 | -8,25 | 3.100,00 |
| 217 | 2,75 | 8 | 125 | 5,25 | 656,25 | 7,75 | 10,50 | 2,50 | 1.625,00 |
| 118 | 3,00 | 15 | 150 | 12,00 | 1.800,00 | 10,50 | 13,50 | -1,50 | 2.025,00 |
| 616 | 3,25 | 22 | 300 | 18,75 | 5.625,00 | 13,50 | 16,75 | -5,25 | 5.025,00 |
| 219 | 3,50 | 12 | 200 | 8,50 | 1.700,00 | 16,75 | 20,25 | 8,25 | 5.700,00 |
| Ukupno | | | | | | | | | 18.607,50 |

Kada bi se slijetanje zrakoplova terminiralo prema najkraćem vremenu koje provedu na pisti, početnu tablicu 15.19. trebalo bi poredati po koloni 2, i to po rastućem redoslijedu. Novi izračuni idu od kolone 7. U ovom slučaju let 8076 je prvi i taj zrakoplov prvi slijeće na pistu. Stoga se u kolonu 7 na njegovo mjesto stavlja oznaka 0. Svaki sljedeći unos u koloni 7 je kumulativ vremena provedenog na pisti, odnosno kolone 2. Kolona 8 je također kumulativ kolone 2, pri čemu zbrajanje počinje od trenutka kada je zrakoplov napustio pistu, tj. nakon 1,5 minute. Kolona 9 (kašnjenje) pokazuje koji letovi kasne (izračunata vrijednost je pozitivna), a koji ne (izračunata

vrijednost je negativna). Troškovi u koloni 10 dobiju se kao umnožak kolone 8 i 4, s tim da se dodaje trošak kašnjenja ako avion kasni, odnosno kod onih letova gdje je vrijednost u koloni 9 pozitivna. Kod prvog leta (8076) trošak je vezan samo za vrijeme na pisti (1,5 * 80 = 120 $). U ovom načinu raspoređivanja imamo dva aviona koji kasne, odnosno let 217 i let 219. Ukupni trošak leta 217 iznosi 1.625,00 $ (10,50 * 125 + 2,50 * 125). Ukupni trošak leta 219 iznosi 5.700,00 $ (20,25 * 200 + 8,25 * 200). Ukupni troškovi ovog rasporeda iznose 18.607,50 $ što je više nego u prethodnom slučaju (17.902,50 $).

c) *Termininiranje slijetanja prema najkraćem preostalom vremenu*

***Tablica 15.23. Redoslijed slijetanja prema najkraćem preostalom vremenu***

| **Broj leta** | **Minute na pisti** | **Preostalo vrijeme letenja (minute)** | **Trošak / min letenja ($)** | **Maksimalno dopušteno kruženje (minute)** | **Trošak kruženja ($)** | **Sletio na pistu** | **Odlazak s piste** | **Kašnjenje** | **Ukupni troškovi rasporeda** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = (4*5) | 7 | 8 kum. kol. 2 | 9 = (7–5) | 10 = (8*4) + kašnjenje |
| 8076 | 1,50 | 5 | 80 | 3,50 | 280.00 | 0 | 1,50 | -3,50 | 120.00 |
| 217 | 2,75 | 8 | 125 | 5,25 | 656.25 | 1,50 | 4,25 | -3,75 | 531.25 |
| 101 | 2,00 | 10 | 100 | 8,00 | 800.00 | 4,25 | 6,25 | -3,75 | 625.00 |
| 219 | 3,50 | 12 | 200 | 8,50 | 1,700.00 | 6,25 | 9,75 | -2,25 | 1,950.00 |
| 118 | 3,00 | 15 | 150 | 12,00 | 1,800.00 | 9,75 | 12,75 | -2,25 | 1,912.50 |
| 24 | 2,50 | 16 | 400 | 13,50 | 5,400.00 | 12,75 | 15,25 | -0,75 | 6,100.00 |
| 894 | 1,75 | 19 | 150 | 17,25 | 2,587.50 | 15,25 | 17,00 | -2,00 | 2,550.00 |
| 616 | 3,25 | 22 | 300 | 18,75 | 5,625.00 | 17,00 | 20,25 | -1,75 | 6,075.00 |
| Ukupno | | | | | | | | | 19,863.75 |

Prema ovom kriteriju, termininiranje slijetanja odvijalo bi se prema najlogičnijoj varijanti, odnosno onoj prema kojoj niti jedan zrakoplov ne bi ostao bez goriva i pao. Podaci iz početne tablice trebaju se poredati po rastućem vremenu kolone 5 (dopušteno kruženje) što znači da prvo treba pustiti one zrakoplove koji imaju najmanje vrijeme kruženja, tj. preostalo vrijeme. Trošak koji bi nastao da zrakoplov treba kružiti do zadnjeg trenutka (kolona 6) kao i preostale vrijednosti (do kolone 10) izračunavaju se na isti način kao i u prethodnim tablicama. Kako se vidi, ovim načinom raspoređivanja slijetanja niti jedan zrakoplov ne bi kasnio, odnosno, niti jednom zrakoplovu ne bi ponestalo goriva. Ukupni troškovi ovog rasporeda su 19.863,75 $, odnosno veći su od rasporeda pod b) 18.607,50$ i još veći u odnosu na raspored pod a) 17.902,50$.

## 15.8. RIJEŠENI ZADACI

**Zadatak 1.** Konzultantsko poduzeće daje stručna mišljenja za različite projekte. Često se događa da se stručno mišljenje traži hitno, pri čemu se kašnjenja penaliziraju. Jednoga dana stigle su četiri narudžbe za ekspertna mišljenja. Naručitelji, vrijeme obrade i ostali podaci dati su u tablici 15.24.[533]

***Tablica 15.24. Dogovoreni rokovi i penali s naručiteljem***

| Posao | Naručitelj | Obrada, u danima | Rok od danas, u danima | Penali po danu kašnjenja, u kn |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| I | Pharma d.o.o. | 3 | 4 | 1.500 |
| II | Ljekarna d.o.o. | 1 | 5 | 500 |
| III | Propolis d.o.o. | 2 | 7 | 1.500 |
| IV | OSI ljekarna | 4 | 6 | 1.500 |

Ako konzultantsko poduzeće po svakom projektu naplaćuje 4.000 kn dnevno, napravite raspored rješavanja projekata takav da poduzeće maksimalizira prihod i umanji štetu zbog penala. Upotrijebite pravila prioriteta: *PDPP*, *NVO*, *PKR*.

RJEŠENJE:
a) Kada bi se projekti rješavali pravilom redoslijeda pristizanja (*PDPP*), za koje je rečeno da je najpravedniji način kod rasporeda usluga, tada bi poduzeće ostvarilo zaradu i penale prikazane u tablici 15.25.

***Tablica 15.25. Proračun prihoda, penala i zarade prema pravilu PDPP***

| Posao | Obrada, u danima | Rok od danas, u danima | Završetak proizvodnje, u danima | Kašnjenje | Penali po danu kašnjenja, u kn | Penali, u kn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 = kumul. kol. 2 | 5 | 6 | 7 = kol.5 * kol.6 |
| I | 3 | 4 | 3 | 0 | 1.500 | 0 |
| II | 1 | 5 | 3 + 1 = 4 | 0 | 500 | 0 |
| III | 2 | 7 | 4 + 2 = 6 | 0 | 1.500 | 0 |
| IV | 4 | 6 | 6 + 4 = 10 | 4 | 1.500 | 6.000 |
| Ukupni prihod | | | 10 * 4.000 = 40.000 kn | | | 6.000 |
| Dobit | | | 34.000 | | | |

UOČENO: Ako bi se dodjeljivanje projekata provelo prema pravilu *PDPP*, tada bi izdavanje stručnog mišljenja kasnilo četiri dana četvrtom klijentu i izazvalo trošak od 6.000 kn. Ukupna dobit iznosila bi 34.000 kn, ali bi bila narušena reputacija poduzeća.

b) Ako bi se projekti raspodjeljivali prema najkraćem vremenu obrade (*NVO*), onda bi se dobio raspored s prihodima i penalima kao u tablici 15.26.

[533] Modificirano prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 616.

***Tablica 15.26. Poslovi poredani prema pravilu najkraćeg vremena obrade (trajanja)***

| Posao | Obrada, u danima | Rok od danas, u danima | Završetak proizvodnje, u danima | Kašnjenje | Penali po danu kašnjenja, u kn | Penali, u kn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 = kumul. kol. 2 | 5 | 6 | 7 = kol 5 * kol. 6 |
| II | 1 | 5 | 0 + 1 = 1 | 0 | 500 | 0 |
| III | 2 | 7 | 1 + 2 = 3 | 0 | 1.500 | 0 |
| I | 3 | 4 | 3 + 3 = 6 | 2 | 1.500 | 3.000 |
| IV | 4 | 6 | 6 + 4 = 10 | 4 | 1.500 | 6.000 |
| Ukupni prihod | | | 10 · 4.000 = 40.000 kn | | | 9.000 |
| Dobit | | | 31.000 | | | |

UOČENO: Pod pretpostavkom da zaista možemo objektivno procijeniti koliko koji posao traje, prema ovom pravilu, poslovi I i IV bi kasnili i naštetili reputaciji poduzeća. Još k tome, prema ovom pravilu poduzeće bi plaćalo veće penale nego korištenjem pravila prvi došao prvi posluženi. Penali su ovdje 9.000 kn, tj. 3.000 kn više u usporedbi s pravilom *PDPP*, a dobit 31.000 kn, tj. 3.000 kn manje.

c) Ako bi se raspored projekata radio prema pravilu prvi krajnji rok (*PKR*), tada bi situacija bila kako to prikazuje tablica 15.27.

***Tablica 15.27. Poslovi poredani po rokovima od danas***

| Posao | Obrada, u danima | Rok od danas, u danima | Završetak proizvodnje, u danima | Kašnjenje | Penali po danu kašnjenja, u kn | Penali, u kn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 = kumul. kol. 2 | 5 | 6 | 7 = kol 5 * kol. 6 |
| I | 3 | 4 | 0 + 3 = 3 | 0 | 1.500 | 0 |
| II | 1 | 5 | 3 + 1 = 4 | 0 | 500 | 0 |
| IV | 4 | 6 | 4 + 4 = 8 | 2 | 1.500 | 3.000 |
| III | 2 | 7 | 8 + 2 = 10 | 3 | 1.500 | 4.500 |
| Ukupni prihod | | | 10 · 4.000 = 40.000 kn | | | 7.500 |
| Dobit | | | 32.500 | | | |

UOČENO: Iz tablice 15.27. je vidljivo da kada bi se poslovi poredali prema rokovima završetka, od najmanjeg prema najvećem, kasnila bi dva projekta: IV i III i to ukupno 5 dana. Dobit bi prema ovom pravilu iznosila 32.500 kn, što je više nego kada bi se raspored odvijao prema pravilu *NVO*, ali manje od rasporeda prema pravilu *PDPP*.

Kako se vidi iz rezultata prethodno izvršenih rasporeda projekata, najveća dobit se ostvaruje s prvim pravilom, prvi došao prvi poslužen. Međutim, sva tri pravila pokazuju kašnjenja, a to se odražava na reputaciju poduzeća. Stoga se savjetuje menadžmentu da u svakom trenutku ima spoznaje o zauzetosti kapaciteta i da dogovori realistične rokove. Poželjno je svakako napraviti raspored prema pravilu *PKR* jer ono u sebi ima ugrađeno pravilo palca - ako se pri tom raspore-

du pojavi kašnjenje. U rasporedu prema bilo kojem drugom pravilu (*PDPP*, *NVO* i slično) pojavit će se kašnjenje. Zato se preporučuje da se prilikom ugovaranja dogovore realističniji rokovi jer penali nisu samo novčani, nego i gubitak reputacije. Tako bi, primjerice, prema pravilu *PDPP* trebalo ugovoriti rok od 10 dana, a ne šest, jer treba uzeti u obzir poslove koji prethode.

**Zadatak 2.** Mala tiskara danas je dobila pet poslova (od A do E). Riječ je o poslovima tiskanja knjiga i izvještaja. Svaki put kada na tiskanje dolazi nova knjiga ili izvještaj potrebno je izvršiti pripremu stroja. Podaci o poslovima, vremenima pripreme stroja i drugi, dati su u tablici 15.28. Koristeći pravila prioriteta: *PDPP*, *NVO* i *PKR*, utvrdite koji bi raspored tiskanja bio najbolji u smislu najmanjeg kašnjenja.

***Tablica 15.28. Početni podaci za tiskaru***

| Posao | Vrijeme pripreme stroja (u satima) | Vrijeme proizvodnje / operacija (u danima) | Ukupno vrijeme proizvodnje (u danima) | Rok završetka od danas |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 = 2 + 3 | 5 |
| A | 2 | 6 | 2/8 + 6 = 6,25 | 6 |
| B | 4 | 2 | 4/8 + 2 = 2,5 | 4 |
| C | 2 | 8 | 2/8 + 8 = 8,25 | 18 |
| D | 4 | 3 | 4/8 + 3 = 3,5 | 13 |
| E | 4 | 9 | 4/8 + 9 = 9,5 | 22 |

U koloni 4 izračunato je ukupno vrijeme trajanja operacija/proizvodnje (engl. *operation time*) tako da se vremenu proizvodnje svakog proizvoda (engl. *run time*) (kolona 3) pribrojilo vrijeme pripreme stroja (engl. *set-up time*) (kolona 2). Kako se radi osam sati dnevno, to su vremena pripreme stroja podijeljena s brojem radnih sati (8 sati).

RJEŠENJE:

a) Raspored tiskanja knjiga i izvještaja prema pravilu prioriteta prvi došao prvi poslužen (*PDPP*) dat je u tablici 15.29.

***Tablica 15.29. Poslovi poredani kako su pristizali, pravilo PDPP***

| Posao | Vrijeme pripreme stroja (u satima) | Vrijeme proizvodnje (u danima) | Ukupno vrijeme proizvodnje (u danima) | Rok završetka od danas | Kumulativ ukupnog vremena proizvodnje | Kašnjenje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = kumul. kol. 4 | 7 = 6 - 5 |
| A | 2 | 6 | 2/8 + 6 = 6,25 | 6 | 0 + 6,25 = 6,25 | 0,25 |
| B | 4 | 2 | 4/8 + 2 = 2,5 | 4 | 6,25 + 2,5 = 8,75 | 4,75 |
| C | 2 | 8 | 2/8 + 8 = 8,25 | 18 | 8,75 + 8,25 = 17 | 0 |
| D | 4 | 3 | 4/8 + 3 = 3,5 | 13 | 17 + 3,50 = 20,50 | 7,50 |
| E | 4 | 9 | 4/8 + 9 = 9,5 | 22 | 20,50 + 9,5 = 30 | 8 |
| Ukupno | | | | | 82,50 | 20,50 |

UOČENO: U ovom primjeru, uz poznate podatke, izračunato je kumulativno vrijeme proizvodnje (kolona 6). Zatim se izračunalo vrijeme kašnjenja (kolona 7) tako da od kolone 6 oduzela kolona 5. Kada bi se poslovi raspodjeljivali prema pravilu dolaska, onda se vidi da bi, osim posla C, apsolutno svi poslovi kasnili. Poželjno je stoga još provjeriti raspodjeljivanje poslova po pravilima *NVO* i *PKR*, vidjeti koji će to poslovi kasniti i probati s klijentima dogovoriti nove realističnije rokove.

b) Raspored tiskanja knjiga i izvještaja prema pravilu prioriteta najkraće vrijeme obrade (*NVO*) prikazan je u tablici 15.30.

***Tablica 15.30. Raspored poslova prema pravilu NVO***

| Posao | Vrijeme pripreme stroja (u satima) | Vrijeme proizvodnje (u danima) | Ukupno vrijeme proizvodnje (u danima) | Rok završetka od danas | Kumulativ ukupnog vremena proizvodnje | Kašnjenje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = kumul. kol. 4 | 7 = 6 - 5 |
| B | 4 | 2 | 4/8 + 2 = 2,5 | 4 | 0 + 2,5 = 2,5 | 0 |
| D | 4 | 3 | 4/8 + 3 = 3,5 | 13 | 2,5 + 3,5 = 6 | 0 |
| A | 2 | 6 | 2/8 + 6 = 6,25 | 6 | 6 + 6,25 = 12,25 | 6,25 |
| C | 2 | 8 | 2/8 + 8 = 8,25 | 18 | 12,25 + 8,25 = 20,50 | 2,50 |
| E | 4 | 9 | 4/8 + 9 = 9,5 | 22 | 20,50 + 9,5 = 30 | 8 |
| Ukupno | | | | | 71,25 | 16,75 |

UOČENO: Ako bi se poslovi rasporedili prema pravilu najkraćeg vremena obrade, tada bi ukupno kašnjenje iznosilo 16,75 dana. Mada je to nešto kraće kašnjenje u odnosu na primjenu pravila prvi došao prvi poslužen, i ovoliko kašnjenje je nedopustivo.

c) Raspored tiskanja knjiga i izvještaja prema pravilu prvi krajnji rok (*PKR*) prikazan je u tablici 15.31.

***Tablica 15.31. Raspored poslova prema pravilu PKR***

| Posao | Vrijeme pripreme stroja (u satima) | Vrijeme proizvodnje (u danima) | Ukupno vrijeme proizvodnje (u danima) | Rok završetka od danas | Kumulativ ukupnog vremena proizvodnje | Kašnjenje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 = kumul. kol. 4 | 7 = 6 - 5 |
| B | 4 | 2 | 4/8 + 2 = 2,5 | 4 | 0 + 2,5 = 2,5 | 0 |
| A | 2 | 6 | 2/8 + 6 = 6,25 | 6 | 2,5 + 6,25 = 8,75 | 2,75 |
| D | 4 | 3 | 4/8 + 3 = 3,5 | 13 | 8,75 + 3,5 = 12,25 | 0 |
| C | 2 | 8 | 2/8 + 8 = 8,25 | 18 | 12,25 + 8,25 = 20,50 | 2,5 |
| E | 4 | 9 | 4/8 + 9 = 9,5 | 22 | 20,50 + 9,5 = 30 | 8 |
| Ukupno | | | | | 74 | 13,25 |

UOČENO: Primjenom pravila prvi krajnji rok ukupno kašnjenje poslova bilo bi najmanje, tj. 13,25 dana. Usprkos tome, tri posla bi kasnila, što je nedopustivo. U ovakvim situacijama, za poslove koji kasne, trebalo bi ponovo dogovarati rokove s klijentima.

Primjećuje se da prema pravilu *NVO* poslovi najkraće borave u sustavu (71,25 dana), ali kasne više nego po pravilu *PKR* gdje je kašnjenje 13,25 dana. Neovisno o izboru bilo kojeg pravila prioriteta, rokove završetka poslova trebalo bi realnije dogovoriti. Ako bi se, primjerice, terminiranje poslova izvršilo prema input-output kontroli, došlo bi do znatnih problema pristizanjem novih poslova.



## 15.9. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Zašto se uopće radi terminiranje?
2. Gdje spada terminiranje u ukupnom procesu planiranja i kontrole proizvodnje?
3. Zašto je terminiranje teško?
4. Koje su razlike u terminiranju linijskih, prekidnih, projektnih tipova proizvodnje i terminiranja u uslugama?
5. Što je input-output kontrola?
6. Što je konačno i beskonačno opterećivanje?
7. Što je raspoređivanje unaprijed i unatrag?
8. Zašto je terminiranje prekidanih procesa najsloženije? Što znači $n!^m$
9. Kako funkcioniraju pravila prioriteta prvi došao prvi poslužen, najkraće vrijeme obrade, ponderirano najkraće vrijeme, te prvi krajnji rok?
10. Temeljem čega se odlučuje koje pravilo prioriteta kada koristiti?
11. Kako se može provjeriti koje je pravilo najisplativije u datoj situaciji?
12. Koje su prednosti i mane pravila prioriteta *PDPP*?
13. Koje su prednosti i mane pravila prioriteta *NVO*?
14. Koje su prednosti i mane pravila prioriteta *PKR*?
15. Pod kojim uvjetima se može koristiti pravilo redukcije?
16. Zašto je raspoređivanje radnika u uslugama tako kompliciranо?
17. Kako se vrši ciklično raspoređivanje?

## DODATAK 15.1. PRAVILO REDUKCIJE

Prethodno je već rečeno da se pravilo redukcije koristi za raspoređivanje poslova samo ako je jednak broj poslova i resursa koji trebaju te poslove obaviti, što je u praksi rijetko.[534] Na niže navedenom primjeru će se ipak pokazati kako pravilo funkcionira.

Mala brokerska tvrtka ima četiri brokera. Svako jutro pridjeljuju se klijenti brokerima. Svaki klijent, tj. njegov zahtjev, nije jednako lagan/težak i svakom od brokera treba drugačije prosječno vrijeme da obradi zahtjeve klijenata. Cilj je dobiti takvo opterećenje brokera da što manje vremena provode obrađujući zahtjeve klijenata, a što više u proučavanju kretanja dionica i analizi potencijalnih prilika za ulaganje. Prosječna vremena za obradu zahtjeva pojedinog klijenta po brokerima prikazana su u tablici 15.32.

***Tablica 15.32. Prosječna vremena rada brokera***

| Klijent | Broker 1 | Broker 2 | Broker 3 | Broker 4 |
|---|---|---|---|---|
| Marko | 3 | 5 | 4 | 3 |
| Pero | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Jurica | 3 | 4 | 2 | 2 |
| Mirta | 4 | 3 | 3 | 4 |

RJEŠENJE: Dakle, treba rasporediti četiri brokerska izvještaja na četiri brokera. To se radi tako da se u svakom redu u tablici 15.32. nađe najmanji broj (najkraće vrijeme obrade zahtjeva) koji se onda oduzima od vremena obrade ostalih članova u tom redu. Zatim se postupak ponavlja za stupce. Cilj je dobiti nule koje se prekrivaju crtama. Ako je broj crta kojima su prekrivene sve nule jednak broju poslova, odnosno brokera, onda je nađeno optimalno rješenje za raspored.

Dakle, pravilo redukcije ima sljedeće korake:
1. naći najmanji broj u prvom retku i oduzeti ga od svih vrijednosti u retku
2. ponoviti postupak za sve retke
3. naći najmanji broj u prvom stupcu i oduzeti ga od svih vrijednosti u tom stupcu
4. ponoviti proceduru za sve stupce
5. lokalizirati nule u tablici
6. pokušati linijama prekriti nule (proizvoljno, jer se radi o kombinatorici)
7. ako je broj linija jednak broju redova (poslova) odnosno stupaca (brokera) onda je nađeno optimalno rješenje.

***Tablica 15.33. Tablica 15.32. s redukcijom redova***

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |

[534] Jacobs, F. R.i Chase, R. B. (2014). *op.cit.* str. 599.

Kako u tablici 15.33. svaka kolona ima nulu, to nije potrebna redukcija kolona. Da to nije bio slučaj, uzimao bi se najmanji broj u tom stupcu i oduzimao se od ostalih vrijednosti u stupcu.

Sada se povlače linije tako da se prekriju sve nule. Tako su linijom prekriveni redci 1, 3, i 4, te druga kolona. Kako je broj linija jednak broju poslova, znači da je nađeno optimalno rješenje (tablica 15.34).

***Tablica 15.34. Tablica 15.33. s linijama koje prekrivaju nule***

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |

Kako je već rečeno, broj osjenčanih redova je jednak broju klijenata/brokera, pa znači da postoji jedinstveno rješenje. Ide se po redovima, i tamo gdje su nule, dodjeljuje se posao brokeru. Počinje se od prvog reda i prve kolone. Tu je nula, pa se taj posao (klijent Marko) dodjeljuje Brokeru 1. Sljedeća nula, u drugom redu, je kod Brokera 2, što znači da se klijent Pero dodjeljuje Brokeru 2. U trećem redu je nula u koloni 3 i koloni 4. Brokera 4 će se dodijeliti klijentu Jurici. Ostaje klijentica Mirta koja se dodjeljuje Brokeru 3. Klijentu Jurici nije se mogao pridijeliti Broker 3, jer Broker 3 isto ima nulu i kod četvrtog posla, što bi dovelo do toga da je Broker 3 dva puta opterećen, a Broker 4 niti jednom.

***Tablica 15.35. Tablica 15.34: Tamo gdje su nule broker se dodjeljuje tom klijentu***

| Klijent | Broker 1 | Broker 2 | Broker 3 | Broker 4 |
|---|---|---|---|---|
| Marko | 0 | 2 | 1 | 0 |
| Pero | 1 | 0 | 2 | 1 |
| Jurica | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Mirta | 1 | 0 | 0 | 1 |

Dobiveni raspored se ucrta u početnu tablicu i dobije se raspored klijenata pridijeljenih brokerima (tablica 15.36). Kako se vidi iz tablice 15.36, ovakvim pridjeljivanjem dobilo se minimalno vrijeme rada brokera koje iznosi (3+1+2+3) 9 vremenskih jedinica. Da je bilo više klijenata od brokera (što je češći slučaj), ova metoda se ne bi mogla koristiti.

***Tablica 15.36. Finalno pridijeljeni klijenti brokerima***

| Klijent | Broker 1 | Broker 2 | Broker 3 | Broker 4 |
|---|---|---|---|---|
| Marko | **3** | 5 | 4 | 3 |
| Pero | 2 | **1** | 3 | 2 |
| Jurica | 3 | 4 | 2 | **2** |
| Mirta | 4 | 3 | **3** | 4 |

## LITERATURA

1. Beer, M. (1982). *Air Traffic Controllers*. *Harvard Business School Case.* Case No. 482-056
2. Cachon, G. i Terwiesch, C. (2017). *Operations management.* New York: McGraw Hill Education
3. Curson, J. A., Dell, M. E., Wilson, R. A., Bosworth, D. L. i Baldauf, B. (2010). Who does workforce planning well? Workforce review team rapid review summary. *International journal of health care quality assurance.* 23(1)
4. D'Amato, I. i Secchi, R. (2013). Managing Operation Processes in an Ialian McDonald's Restaurant. *SDA Bocconi. European Case Centre.* Case No. 613-044-1
5. Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations management, Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Person
6. Jacobs, F. R. i Chase R. B. (2014). *Operations and Supply Chain Management.* 15th edition. McGraw Hill
7. Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *Introducing Operations Management.* Wiley
8. Moulin, H. (2000). Priority Rules and Other Asymmetric Rationing Methods. *Econometrica.* 68 (3)
9. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2010). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley
10. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2014). *Operations and Supply Chain Management*, 8th edition. Wiley
11. Stevenson, W. J. (2014). *Operations management.* 12th edition. New York: McGraw-Hill Education

### Internet izvori

1. http://web-static.stern.nyu.edu/om/software/lekin/
2. http://web-static.stern.nyu.edu/om/software/lekin/shots/gantt.jpg

# 16. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *identificirati ključne faze u provedbi projekta, počevši od planiranja do kontrole projekta*
- *objasniti ključne korake u planiranju projekta*
- *objasniti metode termininiranja projekta*
- *usporediti metode mrežnog planiranja*
- *prepoznati kada koristiti CPM u odnosu na PERT metodu termininiranja*
- *izračunati vrijeme trajanja projekta koristeći CPM ili PERT metodu*
- *objasniti kada i kako se može skratiti trajanje projekta*
- *skratiti trajanje projekta.*

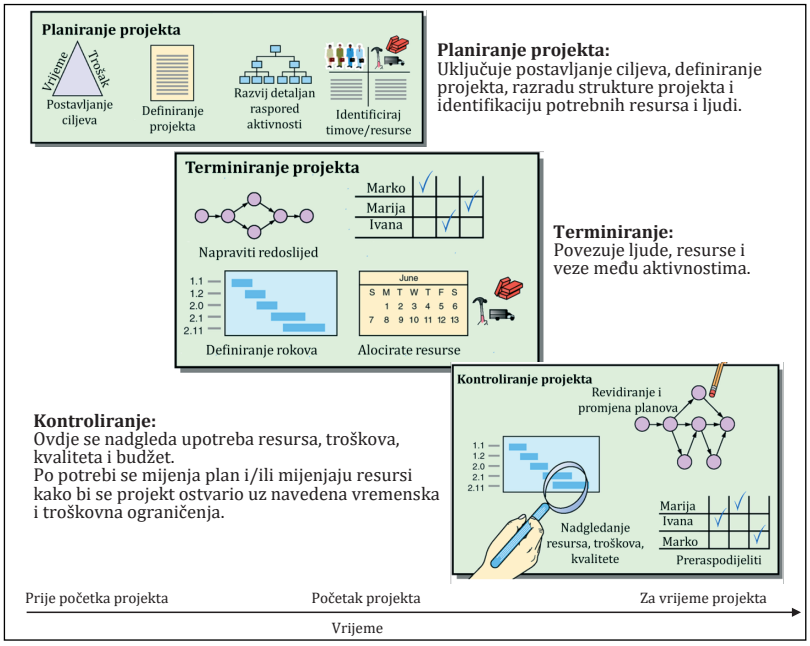
## 16.1. UVOD

Projekti se razlikuju od poslova koji se temelje na ponavljajućim operacijama kao što je to slučaj u linijskim ili prekidanim procesima. Projekti su vremenski ograničeni, a cilj im je proizvesti jedinstveni proizvod ili uslugu. Obično ih izvode poduzeća koja imaju projektnu organizaciju. Primjerice, marketinška agencija obično je projektno organizirana jer je svaki novi klijent u marketinškoj agenciji novi projekt. Tako se možda za klijenta *B* radi slična marketinška kampanja kao što se radila za klijenta *A*, ali ipak se radi o novom projektu. Projekti međutim mogu postojati i u poduzećima koja kontinuirano proizvode jedan ili više (sličnih ili različitih) proizvoda. U takvim poduzećima je primjerice razvoj novog proizvoda projekt.

Neovisno o tome radi li se o poduzeću čija djelatnost jesu jedinstvene operacije ili poduzeću čija djelatnost su ponavljajuće operacije, za izvođenje projekta obično se formira tim s voditeljem projekta. Tim radi na projektu dok se on ne završi, nakon čega se tim rasformira, a njegovi članovi vrate na poslove koje su do tada obavljali.

**Upravljanje projektima** (*engl. project management*) uključuje tri faze. To su: planiranje, termininiranje i kontrola projekta, a prikazane su na slici 16.1.[535] Svaka od ovih faza detaljno će se razmotriti u nastavku ovog poglavlja.

[535] Heizer, Y., Render, B. i Munson, C., (2017). *Operations management, Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Person. str. 57.




***Slika 16.1. Faze projekta***

U ovom poglavlju proučit će se i najčešće korištene metode koje omogućavaju menadžmentu planiranje, terminiranje i kontrolu projekata. Te metode su Ganttovi dijagrami (gantogrami) i mrežni dijagrami.

Projekt se razlikuje od ostalih tipova procesa i terminološki. Pojmovi koji će se ovdje koristiti su:[536]

- Mrežni dijagram - grafički prikaz aktivnosti zajedno s vezama prema aktivnostima (čvorovi).
- Put - serija povezanih aktivnosti od početka do kraja projekta.
- Kritični put - put na kojem, ako dolazi do kašnjenja, kasni cijeli projekt. Aktivnosti na tom putu nemaju vremensku rezervu i određuju vrijeme završetka projekta.
- Kritične aktivnosti - aktivnosti na kritičnom putu.

## 16.2. PLANIRANJE PROJEKTA

Planiranje projekta je ključno za uspješnost projekta. Ono uključuje definiranje projekta, postavljanje ciljeva projekta, razradu strukture projekta i identifikaciju potrebnih resursa.

**Projekt** se može definirati kao nacrt ili plan, ali i kao svaka zamisao nekog budućeg posla koja se razrađuje kroz niz povezanih aktivnosti i resursa potrebnih za njegovu realizaciju. Projekti su u pravilu poslovi koji se događaju samo jednom. Primjerice, građevinska poduzeća za projektiranje i izgradnju nebodera uvijek projektiraju i izgrađuju nebodere, ali svaki neboder je na određeni način drugačiji. Projektna organizacija takvim poduzećima osigurava efikasan način dodjeljivanja ljudi i strojeva u poslovima koji su potrebni za pojedini projekt. Organizacijska struktura projektnog poduzeća u pravilu je čvrsta, mada projekti traju koliko traje njihova realizacija.

536 Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *Operations and supply chain management for MBAs*. Wiley. str. 461.

Svaki projekt ima tri **cilja** koji se odnose na *troškove (budžet), rokove izrade* i *performanse (kvalitetu)* projekta. Navedeni ciljevi često su u suprotnosti jer je vrlo teško postići situaciju da se svi ostvare kako je predviđeno, tj. da se projekt odradi u planiranom roku, s predviđenim budžetom i s dogovorenom kvalitetom. Naime, ako se zbog nekog problema u toku izvođenja projekta uoči da će projekt kasniti, povećat će se troškovi, a može se smanjiti i razina kvalitete. Upravo stoga što su ciljevi projekta često u suprotnosti, oni se ističu i kao ograničenja projekta. Svaki voditelj projekta treba imati na umu ova ograničenja prilikom planiranja projekta. Voditelj projekta odgovoran je za projekt direktno vrhovnom vodstvu poduzeća, kao što je odgovoran i za koordinaciju poslova s drugim odjelima u poduzeću iz kojih će mu se dodjeljivati radnici – suradnici na projektu. Voditelj projekta treba biti sposoban provesti projekt unutar zadanog budžeta, do dogovorenog roka i uz zadovoljavajuću kvalitetu.

Analiza **strukture projekta** je ključna u planiranju projekta. Riječ je o popisu svih aktivnosti potrebnih da bi se projekt izveo, ali i poznavanju njihovih međuovisnosti. Da bi se valjano popisale sve aktivnosti, voditelj projekta treba poznavati tehnološki proces izvođenja projekta i međuovisnost između njegovih faza. Ako se ova faza planiranja projekta ne odradi kako treba, tijekom realizacije projekta zasigurno će doći do zastoja koji će rezultirati povećanjem budžeta, ili još gore, nemogućnošću završetka projekta.

Kada uprava dogovara ili pregovara o preuzimanju projekta obično se izrađuje i okvirni **plan projekta**. On služi poduzeću da se već u fazi ponude definiraju cijena i rokovi projekta, što pokazuje da se vrlo rano projekt treba dobro definirati. Međutim, detaljan plan ili struktura projekta razrađuju se tek ako se projekt dobije, odnosno ako se potpiše ugovor s investitorom. Voditelj projekta, sa svojim najužim suradnicima, započinje rad na projektu tako da se ciljevi koji se žele postići (u terminima budžeta, vremena i kvalitete) razbiju na manje poslove kojima će se upravljati. Projekt se razbija na podposlove koji se onda dalje razbijaju na manje podposlove i na kraju do samih pojedinačnih aktivnosti kojima se može pridijeliti cijena. Podjela projekta sve do osnovnih aktivnosti nije nimalo jednostavan posao, ali je iznimno bitan ako se projekt želi uspješno izvršiti. U ovoj fazi se definiraju i potrebni resursi kao što su strojevi, alati, ljudi i materijali.



Uobičajeno je da se struktura projekta definira pomoću razina. Razina 1 je cjelokupni projekt. Razina 2 je prva podjela, razina 3 podpodjela i tako sve do osnovnih aktivnosti (tablica 16.1).

***Tablica 16.1. Primjer razrade strukture projekta***

| Razina | Oznaka razina | Opis aktivnosti |
|---|---|---|
| 1 | 1.0 | Uvođenje ERP softvera |
| 2 | 1.1 | Instaliranje softvera |
| 2 | 1.2 | Pretakanje podataka iz starog sustava |
| 3 | 1.21 | Usklađivanje novog i starog stanja financija |
| 3 | 1.22 | Usklađivanje novog i starog stanja računovodstva |
| 3 | 1.23 | Usklađivanje novog i starog stanja proizvodnje |
| 4 | 1.231 | Obuka radnika za unos dokumenata u novi sustav |

Izvor: Hipotetski primjer autorice

## 16.3. TERMINIRANJE PROJEKTA

Terminiranje projekta je jednako bitno kao i dobar plan projekta. Služi zato da se odredi što do kada mora biti napravljeno, što mora prethoditi nekoj aktivnosti, tko će biti odgovoran za određeni dio posla kako bi se mogao pratiti status napredovanja projekta i slično. Metode koje u tome pomažu jesu gantogrami i metode mrežnog planiranja. U nastavku će se objasniti i kroz primjere prikazati obje metode.

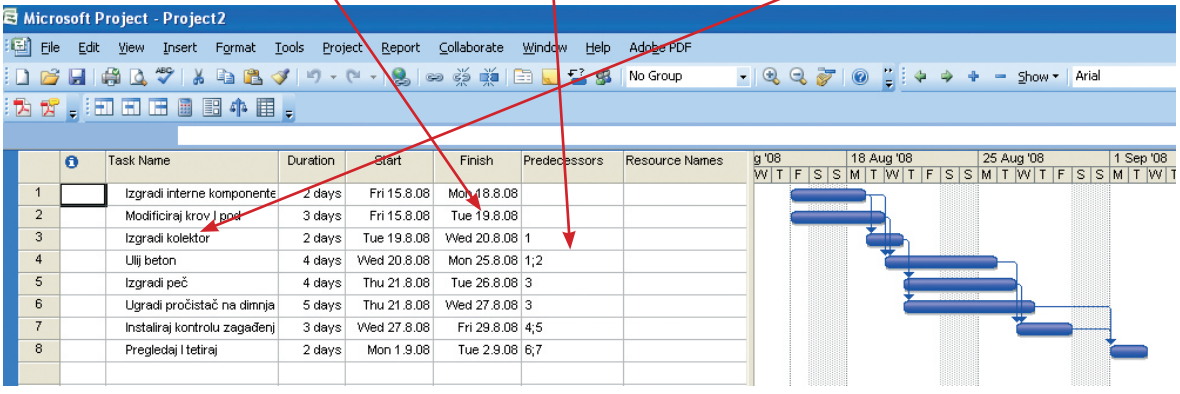
### 16.3.1. Metode terminiranja projekata

Gantogrami i metode mrežnog planiranja razvili su se da bi olakšali vizualno praćenje odvijanja nekog projekta, te da bi međuovisnosti između aktivnosti bile jasnije. U tome pomažu i brojni softverski alati, kao, primjerice, MS Project. Bez obzira koji softverski paket se koristi, terminiranje projekta ima sljedeće ciljeve:

- pokazati veze između aktivnosti u cijelom projektu
- definirati koje aktivnosti moraju prethoditi, a koje slijediti u odnosu na promatranu aktivnost
- potaknuti da se postave realistične procjene vremena trajanja svake aktivnosti
- pomoći boljoj iskorištenosti ljudi, novca i materijala
- identificirati kritične aktivnosti u projektu
- vidjeti koje aktivnosti imaju vremensku rezervu (*engl. slack time*).

#### *16.3.1.1. Gantogrami*

Kako je naprijed već rečeno, terminiranje projekta vrši se nakon što se popišu sve **aktivnosti**, odredi **vrijeme njihova trajanja** i **međusobne zavisnosti** – koje aktivnosti moraju biti napravljene prije promatrane aktivnosti, koje se mogu odvijati paralelno i slično. Za prikaz navedenog može se koristiti **gantogram** (slika 16.2)




***Slika 16.2. Primjer gantograma u MS Projectu***

Gantogram je linijski pregled aktivnosti jednoga projekta. On se jednako koristi i kod terminiranja prekidanih procesa (*određivanje redoslijeda poslova*), što je opisano u poglavlju 15. U poglavlju 15 se vidjelo (*na slici 15.5. Prikaz gantograma u softveru Lekin®*) da se redoslijed aktivnosti (poslova) prikazivao linijama, na isti način kako su aktivnosti prikazane na slici 16.2. Gantogram kao najstarija i

najjednostavnija metoda planiranja projekta daje tehnički prikaz njegovog odvijanja. Pored toga, sadržava popis potrebnih aktivnosti, ali i potrebnih resursa; ljudi, materijala i strojeva, te omogućava da se s lakoćom prati odvijanje aktivnosti po njihovom slijedu, ako projekt nije suviše kompleksan. Iz gantograma se, ako nije previše kompleksan, lako može utvrditi koje aktivnosti čine kritični put. To su one aktivnosti koje od početka do kraja gantograma nemaju vremensku rezervu. U nastavku će se prikazati jedan jednostavan primjer terminiranja pomoću gantograma (primjer 16.1).

***Primjer 16.1. Crtanje gantograma u MS Project-u***

U okviru kolegija Operacijski menadžment studenti su dobili projektni zadatak vezan za uvođenje vitkog menadžmenta u jedno poduzeće. U projektu su identificirane četiri aktivnosti:[537]

1. Odabrati poduzeće kojem će se pomoći u uvođenju vitkog menadžmenta (engl. *lean management*).
2. Prikupiti iz javne knjižnice sve podatke o poduzeću, uključujući godišnje financijske izvještaje.
3. Prikupiti iz novina i s web stranice sve što se pisalo o poduzeću i pregledati bazu diplomskih radova koji su eventualno pisali nešto o tom poduzeću.
4. Svaki student u grupi prvo samostalno razmatra sve informacije, a onda svi zajedno odlučuju kojem poduzeću će pomoći uvesti vitki menadžment.

Dodatne informacije potrebne za ovaj projekt navedene su u nastavku. U prvom tjednu studenti se trebaju naći i odlučiti se za tri potencijalna poduzeća od kojih će samo jedno biti izabrano u zadnjoj fazi. Tada će se podijeliti u dvije grupe od kojih će jedna prikupljati godišnje izvještaje poduzeća i sumirati njihova stanja. Pretpostavlja se da bi ta aktivnost mogla trajati dva tjedna. Druga grupa će tražiti po novinama sve o izabranim poduzećima i sumirati spoznaje iz novina. Pretpostavlja se da bi ta aktivnost mogla trajati tjedan dana. Kada se sve prethodne aktivnosti završe, grupe se ponovno nalaze i donose zajedno odluku o izboru poduzeća. Prije konačne odluke, svaki član bi trebao sam proučiti sve materijale, za što im je potrebno tjedan dana.

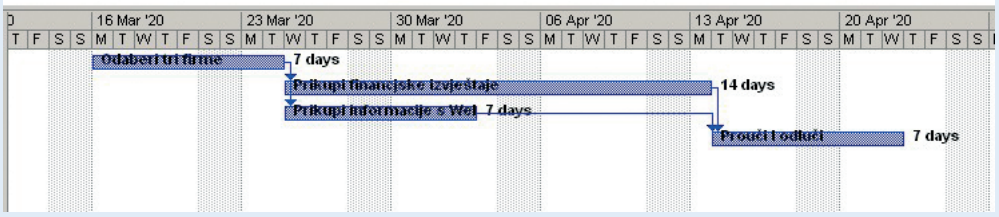
PRISTUP: U ovom primjeru ključno je identificirati sve aktivnosti promatranog projekta. To su četiri aktivnosti koje su, zbog preglednosti, zapisane u kraćem obliku (slika 16.3).

| | Task Name | Duratic | Start | Finish | Predecessor |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Odaberi 3 firme | 7 days | Mon 16.03.20 | Tue 24.03.20 | |
| 2 | Prikupi njihova financijska izvješća | 14 days | Wed 25.03.20 | Mon 13.04.20 | 1 |
| 3 | Prikupi informacije s Weba | 7 days | Wed 25.03.20 | Thu 02.04.20 | 1 |
| 4 | Prouči i odluči | 7 days | Tue 14.04.20 | Wed 22.04.20 | 2;3 |

***Slika 16.3. Popis aktivnosti***

[537] Slučaj modificiran prema: Jacobs, F. R., Chase, R. B. i Aquilano, N. J. (2004). *Operations management for competitive advantage.* Boston: Mc-Graw Hill. str. 65.

RJEŠENJE: Kada se popišu sve aktivnosti, potrebno je upisati koliko svaka aktivnost traje i koji su prethodnici svake promatrane aktivnosti. Prethodnici su aktivnosti koje moraju biti završene da bi promatrana aktivnost mogla početi. Te aktivnosti vide se u zadnjoj koloni slike 16.3. MS Project odmah generira gantogram (slika 16.4). Treba naglasiti da se subota i nedjelja ne uzimaju u obzir za rad, a gantogram ih prikazuje. Tako izgleda da pojedina aktivnost traje duže nego je definirano njezino trajanje.



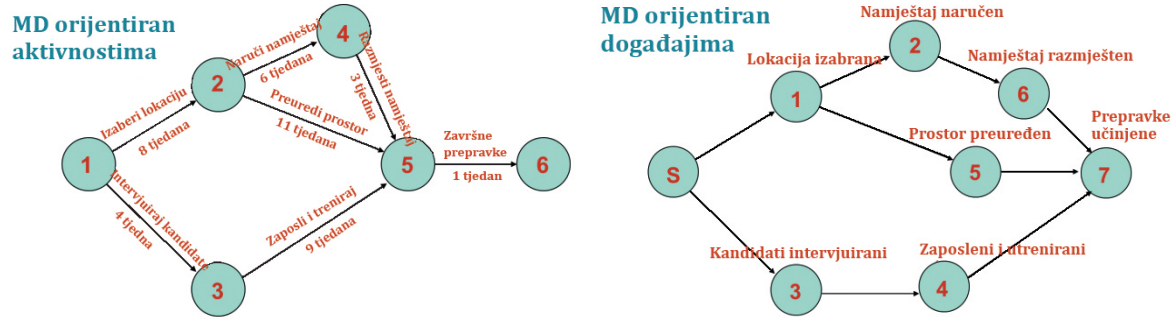

***Slika 16.4. Ganttov dijagram***

UOČENO: Temeljem ovog prikaza vidljivo je da aktivnosti: *odabir poduzeća - prikupljanje financijskih izvješća - proučavanje i donošenje odluke* određuju vrijeme trajanja ovog projekta. To su u stvari kritične aktivnosti, dakle one aktivnosti koje nemaju vremensku rezervu i o njihovom trajanju ovisi trajanje cijeloga projekta.

Međutim, kod složenijih projekata gantogram ne omogućava da se jasno vide veze resursa i aktivnosti, odnosno cjelina projekta. Ovaj nedostatak gantograma riješen je razvojem **metoda mrežnog planiranja** koje će se objasniti u nastavku.

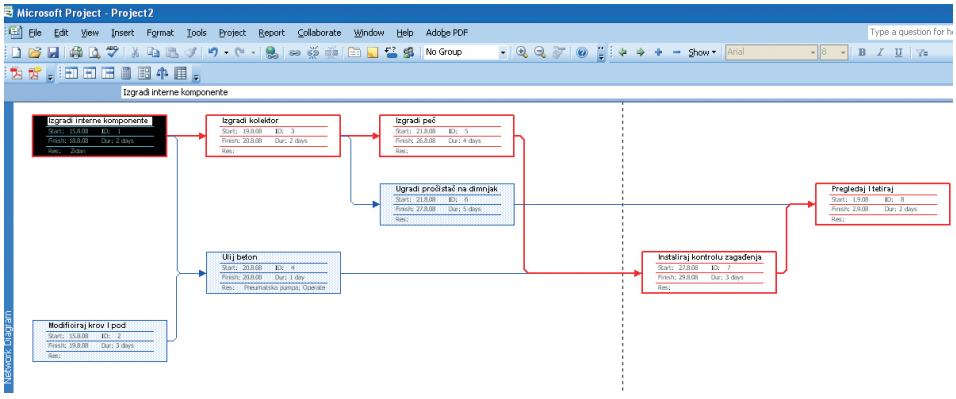
### *16.3.1.2. Metode mrežnog planiranja*

Metode mrežnog planiranja koriste se mrežnim dijagramom (MD) kao alatom za prikaz međuzavisnosti između aktivnosti. Aktivnosti se u mrežnom dijagramu mogu prikazati na dva načina: prvi, u kojem se naziv aktivnosti upisuje na strelicu koja je ujedno oznaka za tu aktivnost, i drugi u kojem se aktivnost upisuje iznad rednoga broja aktivnosti (slika 16.5). Prvi se naziva **mrežni dijagram orijentiran aktivnostima**, a drugi **mrežni dijagram orijentiran događajima**. Kod MD orijentiranog aktivnostima broj strelica se poklapa s brojem aktivnosti, ali kod MD orijentiranog događajima to nije slučaj. Karakteristika MD orijentiranog događajima je da označava ostvarene ciljeve do kojih može voditi više aktivnosti.



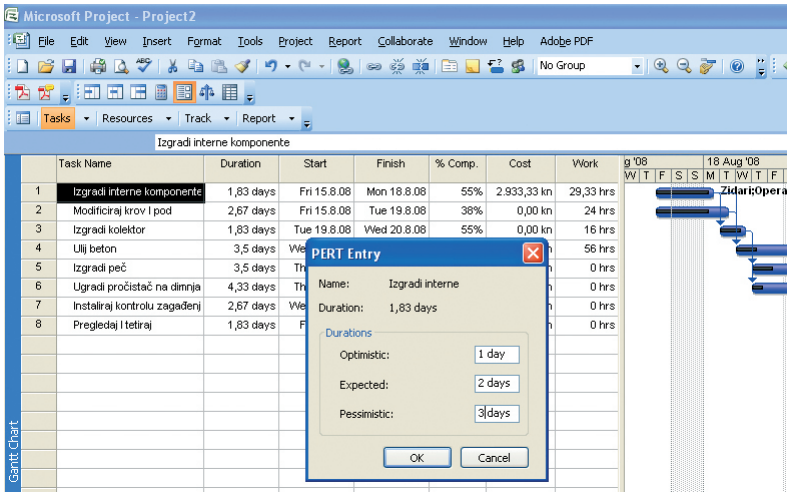

***Slika 16.5. MD orijentiran aktivnostima i MD orijentiran događajima***

Ako se terminiranje projekta radi u MS Projectu, danas menadžment više i ne mora birati koju metodu će koristiti jer, nakon što se upišu početni podatci – aktivnosti te njihovi počeci i završeci, program automatski generira mrežni dijagram koji pokazuje putove realizacije projekta. Primjer takvog mrežnog dijagrama može se vidjeti na slici 16.6.




***Slika 16.6. Primjer mrežnog dijagrama u MS Projectu***

Najpoznatije metode mrežnog planiranja su: **CPM** (*engl. critical path method*) i **PERT** (*engl. program evaluation and review technique*). Ove metode su razvijene u pedesetim godinama prošloga stoljeća i još su u upotrebi kroz softverske pakete za upravljanje projektima. Obje metode zahtijevaju iste ulazne podatke, odnosno popis aktivnosti. Glavna razlika između CPM i PERT metode je u procjeni vremena potrebnog za obavljanje pojedinih aktivnosti.[538] Naime, kod CPM metode stvar je vrlo jednostavna jer se vremena trajanja aktivnosti unaprijed određuju, bilo na temelju iskustva ili usporedbe sa sličnim projektima, i ona su konstantna. Kod PERT metode trajanje pojedine aktivnosti se procjenjuje i u tu svrhu se operira s tri procijenjena vremena: optimističnim, pesimističnim i realno mogućim vremenom. Temeljem tih vremena izračunava se očekivano vrijeme za svaku aktivnost ($V_o$), ali i procjena greške ($\sigma^2$). U MS Projectu nalazi se ekran u koji se unose za svaku aktivnost po tri procijenjena vremena (slika 16.7).




***Slika 16.7. Ekran za unos procjena vremena aktivnosti za PERT analizu***

538 Jacobs, F. R., Chase, R. B. i Aquilano, N. J. (2004). *op.cit.* str. 64.

**Optimistično vrijeme** ($a$) je vrijeme aktivnosti kada bi sve išlo kako je planirano. U procjeni ove vrijednosti može biti samo mala vjerojatnost da će aktivnost trajati kraće od $a$.

**Pesimistično vrijeme** ($b$) je vrijeme trajanja aktivnosti kada bi uvjeti bili jako loši i nepovoljni za njezinu realizaciju. Ovo zaista mora biti najpesimističnija procjena i smije biti samo zanemariva vjerojatnost da će aktivnost trajati više od ove pesimistične procjene $b$.

**Realno vrijeme** ($m$) je najrealističnija procjena vremena trajanja aktivnosti koja se dobije kao $(a + b)/2$.

Kako je naprijed rečeno, **očekivano vrijeme** trajanja aktivnosti ($V_o$) izračunava se pomoću navedena tri vremena, što prikazuje formula 16.1.[539]

$$V_o = \frac{a+4m+b}{6} \qquad (16.1)$$

Iz formule 16.1. vidi se da se stavlja četiri puta veća težina na realno vrijeme nego na optimistično i pesimistično vrijeme. Očekivano vrijeme se koristi za proračun najranijeg i najkasnijeg vremena aktivnosti i, na kraju, cijeloga projekta.

S obzirom da se radi o procjeni očekivanog vremena, potrebno je procijeniti i grešku koja se pritom može napraviti. Stoga je potrebno izračunati i varijancu, prema formuli 16.2.

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \qquad (16.2)$$

Često se događa da naručitelj projekta ili sam izvođač želi skratiti vrijeme realizacije projekta. Ili ga čak produžiti. Stoga je potrebno izračunati vjerojatnost da se taj projekt završi na dan (datum) kojeg naručitelj ili izvođač postavi kao željeni. Vjerojatnost da će se projekt završiti na zadani datum izračunava se pomoću formule 16.3.

$$z_i = \frac{V_{pl} - UV_o}{\sqrt{\sum \sigma^2_{kp}}} \qquad (16.3)$$

gdje su:

$V_{pl}$ = planirano/postavljeno vrijeme
$UV_o$ = ukupno očekivano vrijeme
$\text{å}s^2_{kp}$ = zbroj varijanci na kritičnom putu

U izradi mrežnih dijagrama postoje određene zakonitosti, kao i kod gantograma. Neovisno o tome je li riječ o CPM ili PERT mrežnom dijagramu, pri njegovom konstruiranju potrebno je uvažiti sljedeće:

- Definirati projekt i pripremiti strukturu projekta.
- Razviti odnose između aktivnosti. To znači da treba odrediti koje aktivnosti moraju biti obavljene prije drugih, koje se mogu odvijati paralelno, a koje ne moraju još završiti da bi neke druge mogle početi.

[539] Ova se jednadžba temelji na Beta distribuciji.

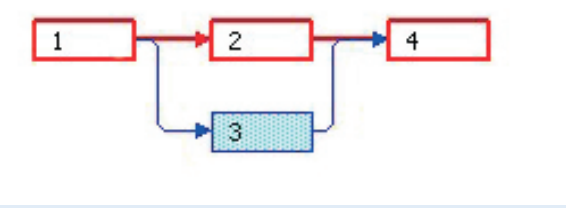
- Nacrtati mrežu koja povezuje sve aktivnosti.
- Procijeniti vrijeme i trošak za svaku aktivnost.
- Proračunati koji put je najduži u dijagramu. Taj put se zove kritični put.
- Koristiti mrežni dijagram za planiranje, terminiranje, nadgledanje i kontrolu projekta.

Kako MS Project u sebi sadržava CPM i PERT metodu, to će se početni primjer studentskog projekta u nastavku prikazati pomoću obje metode. Pri tome će primjeri u nastavku biti razrađeni, ne samo pomoću softverskog alata MS Project-a, već će se dati i analitička i grafička konstrukcija mrežnog dijagrama. Prvo će se konstruirati mrežni dijagram po **CPM metodi**, s obzirom da su u spomenutom primjeru studentskog projekta vremena procijenjena kao konstantna.

***Primjer 16.2. Crtanje mrežnog dijagrama u MS Project-u prema CPM metodi***

Za identificirane četiri aktivnosti u primjeru 16.1. postoje dvije mogućnosti finalizacije projekta. Mrežni dijagram bi mogao izgledati kao na slici 16.8.

RJEŠENJE:




***Slika 16.8. Jednostavni mrežni dijagram***

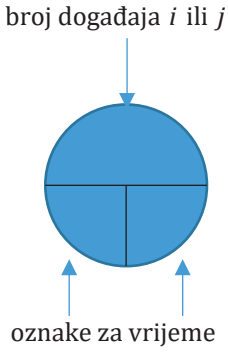
Kako se vidi iz slike 16.8, postoje dva puta koja mogu odrediti završetak projekta. Prvi put čine aktivnosti: 1-2-4, a drugi put aktivnosti: 1-3-4. Koje aktivnosti određuju završetak projekta ovisi o tome čije je ukupno trajanje duže. Te aktivnosti će biti kritične, odnosno taj put će biti kritični put.

Ako se pridruže vremena trajanja svakoj aktivnosti vidi se da put 1-2-4 traje duže jer aktivnost 2 traje dva tjedna, dok aktivnost 3 traje samo jedan tjedan. To se vidi i iz detaljnijeg mrežnog dijagrama na slici 16.9.

***Slika 16.9. Detaljni mrežni dijagram***

UOČENO: MS Project je odmah identificirao kritični put tako što je taj put označio crvenom bojom. To znači da ako bi bilo što na kritičnom putu kasnilo, kasnio bi cijeli projekt.

Sada će se ovaj primjer prikazati analitički i grafički, dakle bez podrške računalnog softvera. U ovom slučaju potrebno je znati kako svaki element mrežnog dijagrama nacrtati. Tome pomažu znanja o pravilima crtanja mrežnog dijagrama koja se mogu naći na kraju ovog poglavlja (*Dodatak 16.1*). Mrežni dijagram se sastoji od strelica i krugova. Strelica se koristi za crtanje aktivnosti, pri čemu dužina strelice nije vezana za družinu trajanja aktivnosti. Krugovi označavaju događaje, odnosno stanje ili cilj koji se ostvario. Svaka aktivnost ima svoj početni i završni događaj. Svaki događaj ima tri dijela. Gornji dio označava broj događaja, dok je donji dio podijeljen na lijevu i desnu stranu, u koje se upisuju vremena.

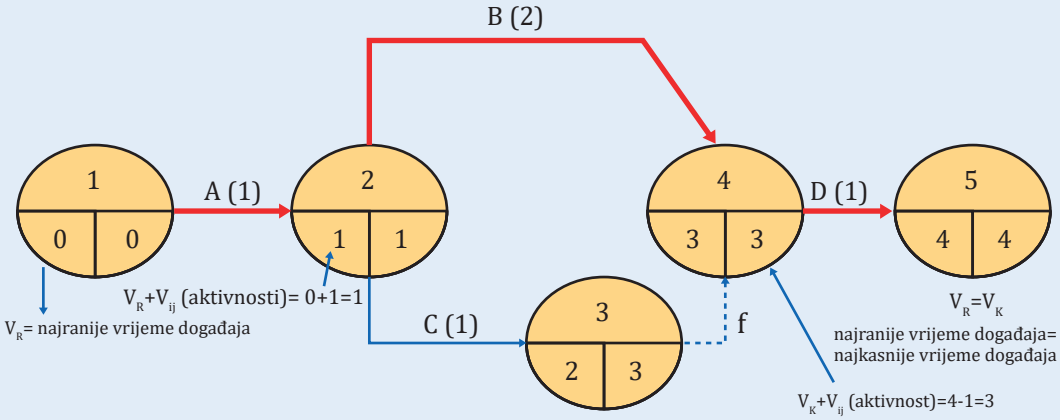



Koraci za crtanje su isti kao kod MS Projecta, ali kod utvrđivanja vremena trajanja treba za svaku aktivnost utvrditi njezin najraniji početak i najraniji završetak, te najkasniji početak i najkasniji završetak. Ova vremena je potrebno znati kako bi se vidjelo koje se aktivnosti mogu početi ranije ili kasnije odvijati, a da to ne ugrozi planirano vrijeme realizacije projekta. Ili, koji su resursi neiskorišteni kako bi ih se moglo prebaciti na aktivnosti koje su preopterećene. Najraniji i najkasniji počeci (ili završeci) omogućavaju izračunavanje vremenske rezerve svake aktivnosti. **Najranije vrijeme događaja** ($V_R$) izračunava se po progresivnom principu (proračunom unaprijed) tako da se zbrajaju vrijednosti trajanja aktivnosti ($V_{ij}$), i to po putovima maksimalnog trajanja (ako više putova vodi do tog događaja). Polazna pretpostavka za ovaj proračun je da je najraniji početak prvog događaja jednak nula ($V_{R1} = 0$). **Najkasnije vrijeme događaja** izračunava se retrogradnim principom (proračunom od natrag) tako da se oduzimaju vrijednosti trajanja aktivnosti ($V_{ij}$), i to po putovima minimalnog trajanja (ako više putova vodi do tog događaja). Osnovna pretpostavka za ovaj proračun je da je najraniji završetak zadnjeg događaja jednak najkasnijem završetku zadnjeg događaja ($V_R = V_K$).

Za grafički prikaz crtanja mrežnog dijagrama, aktivnosti iz primjera studentskog projekta nazvane su A, B, C i D (slika 16.10).

### *Primjer 16.3. Crtanje mrežnog dijagrama prema CPM metodi – analitički i grafički*

Crtanje mrežnog dijagrama odvija se prema pravilima za crtanje mrežnog dijagrama (*Dodatak 16.1,* na kraju poglavlja). Nazivi aktivnosti nanose se iznad strelice (od slova A do slova D), kao i vremena njihova trajanja (vrijednosti u zagradama, pored slova aktivnosti). Ono što se u ovom prikazu razlikuje od prikaza u nekom od softverskih alata, jeste *fiktivna aktivnost*. Ona se koristi u situaciji kada više aktivnosti imaju isti početni i završni događaj, radi pravilne identifikacije puta koji duže traje. Fiktivna aktivnost nema vremensko trajanje niti trošak. Pravilo je da je broj fiktivnih aktivnosti *n-1*. Znači, ako u mrežnom dijagramu pet aktivnosti ima isti početni i završni događaj, treba uvesti četiri fiktivne aktivnosti.




***Slika 16.10. Mrežni dijagram prema CPM metodi***

Kada se nacrta mrežni dijagram, odnosno odrede međuzavisnosti između aktivnosti (slika 16.10), treba odrediti najranija vremena početaka i završetaka, kao i najkasnija vremena početaka i završetaka svih aktivnosti. Najraniji početak i najraniji završetak pojedine aktivnosti računaju se od početnog događaja (prvog događaja u mrežnom dijagramu, čija početna vrijednost je $V_R$ = 0), kojemu se pribrajaju vremena trajanja aktivnosti navedene iznad strelica. Dobivene vrijednosti (vremena) se upisuju u lijeve donje uglove svakog završnog događaja promatrane aktivnosti. Za najkasniji početak i najkasniji završetak ide se obrnuto, od zadnjeg događaja, prema naprijed. Proračunom prema naprijed, kojim se zbrajaju vremena događaja i pripadajućih aktivnosti, dobije se najraniji završetak projekta koji u ovom slučaju iznosi četiri tjedna ($V_R$ = 4). Najraniji i najkasniji završetak nekog projekta se izjednačavaju ($V_R = V_K$ = 4) te se od tog vremena oduzimaju vremena trajanja aktivnosti. Kako se vidi iz slike 16.10. aktivnost C ima vremensku rezervu od 1 tjedna (treba usporediti vrijeme najranijeg početka aktivnosti C, u događaju 2, koje iznosi 1 tjedan, i vrijeme najranijeg završetka aktivnosti C, u događaju 3, koje iznosi 2 tjedna). To znači da aktivnost C može početi odmah nakon završetka aktivnosti A ili može početi tjedan dana kasnije (tolika je vremenska rezerva, jer aktivnost C nije na kri-

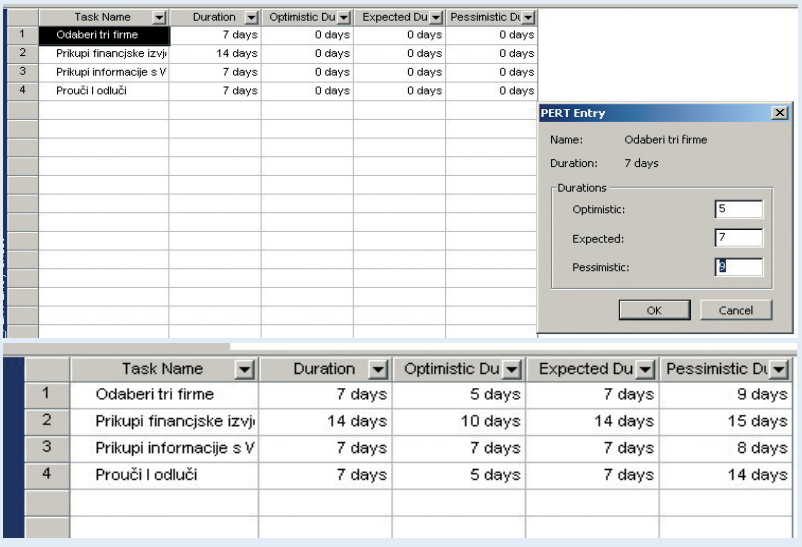
tičnom putu), ako to umanjuje troškove. Ostale aktivnosti nemaju vremenske rezerve, što pokazuje da su na kritičnom putu, i kada bi se njihovo trajanje produžilo, cijeli projekt bi kasnio.

Iz svega navedenog, a prema slici 16.10. vidi se da za ovaj projekt postoje dva puta:
Put 1: 1-2-4-5
Put 2: 1-2-3-4-5
pri čemu je kritični put onaj put koji je duži. On označava vrijeme kada ovaj projekt završava, a to je za 4 tjedna.

Ukoliko se početni primjer studentskog projekta želi prikazati pomoću PERT metode, treba uzeti u obzir tri vremena temeljem kojih se procjenjuje očekivano vrijeme svake aktivnosti. Rješenje prikazuje primjer 16.4.

### *Primjer 16.4. Crtanje mrežnog dijagrama prema PERT metodi - kombinacija MS Project-a i grafičkog prikaza*

PRISTUP: PERT metoda koristi tri vremena temeljem kojih proračunava očekivano vrijeme. Očekivano vrijeme računa se po formuli 16.1, a izračun je prikazan na slici 16.11.



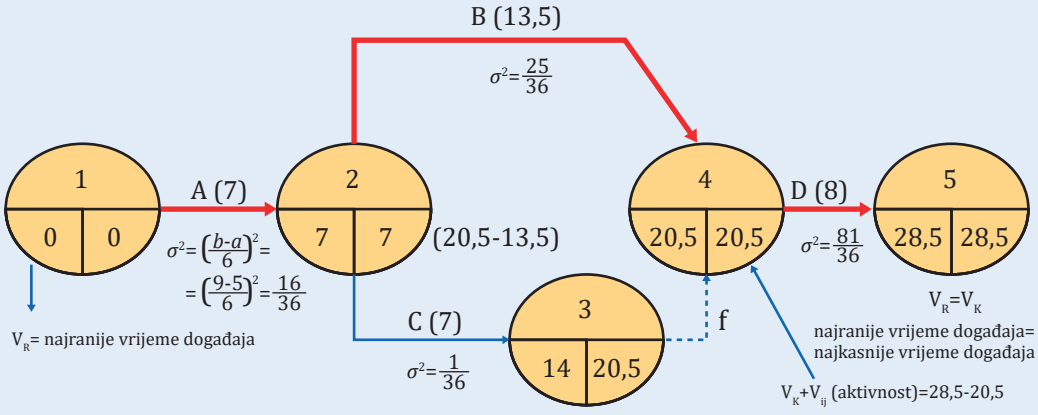

| | Task Name | Duration | Optimistic Du | Expected Du | Pessimistic Du |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Odaberi tri firme | 7 days | 5 days | 7 days | 9 days |
| 2 | Prikupi financjske izvj | 14 days | 10 days | 14 days | 15 days |
| 3 | Prikupi informacije s V | 7 days | 7 days | 7 days | 8 days |
| 4 | Prouči I odluči | 7 days | 5 days | 7 days | 14 days |

Proračunata vremena po formuli 16.1.:

| | Task Name | Duration | Optimistic Du | Expected Du | Pessimistic Du |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Odaberi tri firme | 7 days | 5 days | 7 days | 9 days |
| 2 | Prikupi financjske izvj | 13,5 days | 10 days | 14 days | 15 days |
| 3 | Prikupi informacije s V | 7,17 days | 7 days | 7 days | 8 days |
| 4 | Prouči I odluči | 7,83 days | 5 days | 7 days | 14 days |

***Slika 16.11. Rezultat unosa triju vremena za PERT metodu***

RJEŠENJE: Temeljem izračunatih očekivanih vremena može se konstruirati novi mrežni dijagram. Pritom treba voditi računa da se u proračunu vremena mogu uzimati samo cijeli brojevi ili decimalni brojevi na 0,5. Primjerice, kod izračuna od 7,17 dana, tu vrijednost treba zaokružiti. Tako aktivnost C od 7,17 dana postaje 7 dana. Aktivnost B s 13,5 dana ostaje 13,5 dana (slika 16.12).




***Slika 16.12. Mrežni dijagrami prema PERT metodi***

UOČENO: Mrežni dijagram izgleda potpuno isto kao i kod proračuna prema CPM metodi, s tim da su sada vremena realizacije pojedinih aktivnosti i cijelog projekta drugačija, tj. duža.

Mada su vremena aktivnosti prema PERT metodi distribuirana prema beta distribuciji, u procjeni završetka projekta polazi se od pretpostavke da se vremena završetka ponašaju po zakonu normalne distribucije. To znači da izračunato završno vrijeme bilo kojeg projekta ima 50 % vjerojatnost da će se projekt u tom vremenu realizirati. U slučaju utvrđivanja vjerojatnosti da se neki projekt realizira u kraćem ili dužem vremenu od izračunatog, koristila bi se formula 16.3, te tablica Površina ispod normalne krivulje (*Prilog 2*). Primjerice, ako se želi utvrditi kolika je vjerojatnost da se studentski projekt završi ranije od izračunatog vremena, primjerice za 25 dana, uvrstili bi poznate podatke u formulu 16.3. U brojniku bi se izračunala razlika između novog vremena od 25 dana i izračunatog od 28,5 dana (slika 16.12), a u nazivniku bi bila vrijednost drugog korijena zbroja varijanci na kritičnom putu:

$$z_i \frac{25-28,5}{\sqrt{\frac{(16+25+81)}{36}}}=\frac{-3,5}{\sqrt{3,38}}=-1,90$$

Za izračunati $z$ = 1,90 treba pogledati u tablicu Površine ispod normalne krivulje i vidjeti kojoj površini pripada izračunati z. U ovom slučaju to je 0,47128. S obzirom da se želi utvrditi kolika je vjerojatnost da se ovaj projekt realizira u vremenu kraćem od izračunatog, to se od površine koju određuje rok od 28,5 dana, tj. 50 %, oduzima površina do 25 dana (0,47128).[540]

[540] Ako je vjerojatnost realizacije projekta od 28,5 dana 50 %, onda izračun vjerojatnosti svakog roka ispod onog koji odgovara 50 % vjerojatnosti ide prema lijevoj strani normalne distribucije. I obrnuto, ako je traženi rok duži od izračunatog, onda proračun vjerojatnosti realizacije tog roka ide na desnu stranu normalne distribucije.

Vjerojatnost da se studentski projekt realizira za 25 dana bila bi svega 2,8 % (0,50 – 0,47128 = 0,02872).

Vjerojatnost da se projekt realizira za 30 dana izračunala bi se na sličan način:

$$z_i \frac{30-28,5}{\sqrt{\frac{(16+25+81)}{36}}} = \frac{1,5}{\sqrt{3,38}} = 0,81$$

Površina koja odgovara $z = 0,81$ iznosi 0,28814. S obzirom da se želi utvrditi vjerojatnost realizacije projekta za 30 dana, dakle za nešto više dana od izračunatog roka, to raste vjerojatnost da se taj projekt u tom vremenu i realizira. U ovom slučaju ta vjerojatnost bi iznosila 78,8 % (0,50 + 0,28814 = 0,78814).

## 16.3.2. Skraćivanje projekta

Svaki projekt bi trebao biti realiziran u planiranom vremenu, unutar budžeta, i osigurati dogovorenu kvalitetu. Međutim, često se događa da zbog nepredviđenih okolnosti ili zahtjeva investitora za ranijim završetkom projekta ovi ciljevi mogu doći u pitanje. Voditelji projekata tada trebaju utvrditi koje aktivnosti mogu skratiti, kao i naći način kako to učiniti. U ovom slučaju riječ je o 'skraćivanju' trajanja projekta, tako da to što manje košta.

Skratiti projekt može se tako da se dodaju dodatni resursi na kritične aktivnosti (još jednog radnika, posebni beton koji se brzo suši, i slično). Međutim, to povećava troškove. Situacija nije problematična ako investitor sam zatraži ubrzanje realizacije projekta i voljan je za to dodatno platiti. Međutim, češća je situacija da izvođači projekta kasne i da neke naredne aktivnosti treba skratiti, ali tako da se troškovi ne povećaju značajno (svako povećanje troškova umanjuje dobit po tom projektu). Ovdje uloga voditelja projekta najviše dolazi do izražaja. U ovoj situaciji on mora donositi kompromisne odluke između rokova i troškova.

Da bi se projekt realizirao u kraćem roku od predviđenog, treba skratiti trajanje kritičnih aktivnosti. Naime, skraćivanja nekritičnih aktivnosti neće utjecati na projekt, jer one već imaju određenu vremensku rezervu koja im omogućava da se odrade između svog najranijeg i najkasnijeg početka, odnosno najranijeg i najkasnijeg završetka. Obrnuto, ako se uspiju skratiti aktivnosti na kritičnom putu, koje nemaju vremensku rezervu, može se skratiti trajanje projekta.

U izboru kritičnih aktivnosti treba voditi računa o tome može li se ta aktivnost uopće skratiti. Primjerice, ako betonu trebaju dva dana da se osuši, dodavanje novih radnika neće ubrzati taj proces. Dakle, treba definirati koje aktivnosti se uopće mogu skraćivati.

Bilo kakvo skraćivanje vremena povlači za sobom povećanje troškova. Stoga treba proračunati koliko će više koštati realizacija neke aktivnosti, a time i projekta ako se skraćuje njezino trajanje. Primjerice, ako je normalno trajanje promatrane aktivnosti 12 dana, a iz nekog razloga bi se ona trebala skratiti na pet dana, tada bi trošak njezine normalne realizacije sa 3.000 kn porastao na 5.000 kn. Postupak koji analizira odnos troškova i vremena projekta naziva se PERT-COST, a prirast troškova izračunava se prema formuli 16.4.

$$PT = \frac{T_u - T_n}{V_n - V_u} \qquad (16.4)$$

gdje su:

$T_u$ = usiljeni troškovi (trošak skraćene aktivnosti)
$T_n$ = normalni troškovi (trošak normalnog trajanja aktivnosti)
$V_u$ = usiljeno trajanje (skraćeno trajanje)
$V_n$ = normalno trajanje

U ovom slučaju promatrana aktivnost imala bi prirast troškova za 287,72 kn:

$$PT = \frac{5000 - 3000}{12 - 5} = \frac{2000}{7} = 287,72 \text{ kn/dan}$$

Na ovaj način može se izračunati prirast troškova svih kritičnih aktivnosti.

Skraćivanju trajanja projekta moguće je pristupiti na dva načina. Jedan je da se krene od **kritičnog puta**, a drugi je da kraćenje počne od **puta s najdužim usiljenim trajanjem**. Bez obzira od kuda krenuli, kraćenje se odvija na sljedeći način:

1. Na putu od kojeg se polazi, najprije se krati aktivnost s minimalnim prirastom troškova (prirast troškova označava se: *PT*). Kraćenje te aktivnosti naziva se 'direktno kraćenje'. Aktivnost se krati obično za razliku između njezinog normalnog i usiljenog trajanja, dakle za vremensku rezervu. Međutim, može se skratiti i za manji iznos. To ovisi o tome koliko je najduže usiljeno trajanje na koje treba svesti put koji se krati.
2. Aktivnost koja se direktno skratila (oznaka "/") na jednom putu, ukoliko se nalazi i na drugim putovima, mora se indirektno skratiti (oznaka "X").
3. Troškovi kraćenja registriraju se samo jedanput i to prilikom direktnog kraćenja aktivnosti (ne i pri indirektnom kraćenju aktivnosti, jer je ono posljedica direktnog kraćenja).
4. Sve putove čija je vrijednost veća od vrijednosti maksimalnog usiljenog puta treba svesti na vrijednost maksimalnog usiljenog puta, tj. niti jedan put ne smije biti duži od maksimalnog usiljenog puta. Ako je neki put kraći od puta s maksimalno usiljenim trajanjem, on takav i ostaje. Isto tako, ako neki put padne ispod maksimalno usiljenog trajanja samo zbog indirektnog kraćenja, on također ostaje takav.

Jedan hipotetski primjer skraćivanja projekta prikazat će se u nastavku.

***Primjer 16.5. Skraćivanje projekta***

U projektu *„Z"* definirane su aktivnosti od A do G. Počeci pojedinih aktivnosti uvjetovani su završecima drugih aktivnosti na sljedeći način: C sa A; D i E sa B; F sa C; G sa D i E.

Poznate su i sljedeće vrijednosti vremena i troškova (tablica 16.2):

***Tablica 16.2. Vremena i troškovi aktivnosti projekta X***

| Aktivnost | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_n$ | 50 | 15 | 12 | 8 | 30 | 5 | 10 |
| $V_u$ | 25 | 10 | 8 | 8 | 25 | 5 | 10 |
| $T_u$ | 20 | 30 | 15 | 20 | 40 | 10 | 0 |
| $T_n$ | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 10 | 0 |
| $PT$ | 0,4 | 4 | 1,25 | - | 4 | - | - |

UPUTE I PITANJA:
a) Izračunajte najkraće vrijeme realizacije projekta X tako da to dodatno najmanje košta. Pri tome kraćenje izvršite od kritičnog puta.
b) Koliki bi bili dodatni troškovi ako se projekt želi realizirati za 50 dana? Kraćenje radite od kritičnog puta.

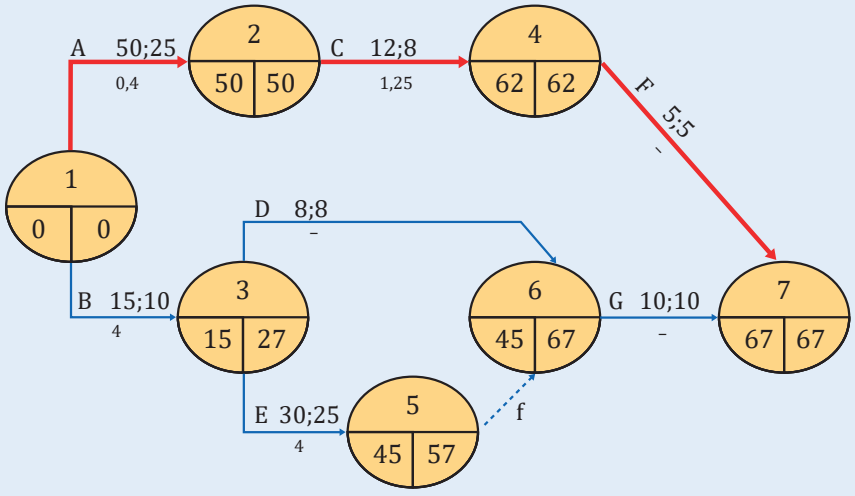
PRISTUP: Postupak se sastoji u tome da se normalno vrijeme trajanja projekta svede na najkraće moguće, pri čemu troškovi normalnog trajanja projekta rastu za određeni iznos.

RJEŠENJE ad a: Prvo treba izračunati prirast troškova za svaku aktivnost, prema formuli 16.3. Primjerice, za aktivnost A, prirast troškova je:

$$PT_A = \frac{T_u - T_n}{V_n - V_u} = \frac{20-10}{50-25} = 0,4$$

Na isti način treba izračunati prirast troškova za ostale aktivnosti i upisati ih u zadnji redak tablice 16.2. Primijetite da aktivnosti D, F i G nemaju prirast troškova jer su njihova normalna i usiljena trajanja ista, a time normalni i usiljeni troškovi.

Sada se može nacrtati mrežni dijagram. Kod PERT-COST postupka unose se oba vremena na strelicu (normalno i usiljeno), a ispod strelice prirast troškova. Mrežni dijagram izgleda kao na slici 16.13.




***Slika 16.13. Projekt „Z" prema PERT-COST postupku***

POSTUPAK SKRAĆIVANJA:

1. Najprije treba popisati sve putove iz mrežnog dijagrama na slici 16.14. Ima ih tri. Za svaki put treba upisati njihova normalna i usiljena trajanja. Iz popisa putova vidi se da je najduže usiljeno trajanje na trećem putu, tj. iznosi 45 dana:

| | | |
|---|---|---|
| 1. put: A – C – F | $C_n$ | 50 + 12 + 5 = 67 |
| | $C_u$ | 25 + 8 + 5 = 38 |
| 2. put: B – D – G | $C_n$ | 15 + 8 + 10 = 33 |
| | $C_u$ | 10 + 8 + 10 = 28 |
| 3. put: B – E - f – G | $C_n$ | 15 + 30 + 0 + 10 = 55 |
| | $C_u$ | 10 + 25 + 0 + 10 = 45 |

Napomena: u 3. putu zapisana je fiktivna aktivnost (f) koja nema vremensko trajanje. Nju nije potrebno navoditi, ali je za ovaj primjer ipak navedena.

Sada sve putove koji imaju normalno trajanje duže od 45 dana treba skratiti na 45 dana. To su prvi put (67 dana) i treći put (55 dana). Drugi put je kraći od 45 dana (33 dana), te njega ne treba dirati. Ako se njegovo trajanje bude i dalje skraćivalo, to će biti prihvatljivo samo ako to bude posljedica indirektnog kraćenja (jer je neka njegova aktivnost zajednička na više putova). Prema pravilima navedenim naprijed može se početi skraćivati projekt.

2. Kao što je već rečeno, prvo se krate aktivnosti na kritičnom putu. Kritični put traje 67 dana, a treba ga svesti na 45 dana. Treba ga, dakle, skratiti za 22 dana (67 – 45). Gleda se koja aktivnost na kritičnom putu ima najmanji prirast troškova (gleda se MD na slici 16.14). To je aktivnost A. Aktivnost F se ne može uzeti u obzir jer je njezino normalno i usiljeno trajanje isto! Aktivnost A ima vremensku rezervu od 25 dana (normalno minus usiljeno trajanje), a projekt treba skratiti za 22 dana. Znači da je dovoljno aktivnost A skratiti za 22 dana. Time se aktivnost A realizira za 28 dana, a ovaj put 'pada' na 45 dana, koliko iznosi najduže usiljeno trajanje. Aktivnost A se na ovaj način direktno krati, što se prikazuje križanjem jednom kosom crtom. Iznad vremena trajanja od 50 dana upisuje se sada trajanje od 28 dana. Odmah treba pogledati nalazi li se možda aktivnost A i na drugim putovima, radi njezinog indirektnog kraćenja na njima. Vidi se da je ona samo na 1. putu, tako da nema indirektnog kraćenja drugih putova. Ovim još nije završeno sve vezano za aktivnost A. Odmah nakon izvršenog kraćenja, treba evidentirati prirast troškova koji se dogodio zbog kraćenja ove aktivnosti. To se radi tako da se iznos skraćenog vremena (22 dana) pomnoži s prirastom troškova aktivnosti A (0,4), čime se dobije ukupni prirast troškova kojeg uzrokuje kraćenje aktivnosti A (8,8 novčanih jedinica): $PT_A = 22 * 0,4 = 8,8$.

3. Postupak kraćenja se nastavlja. Prvi put je skraćen na 45 dana, drugi je već kraći od 45 dana, dakle, preostaje treći put kojeg treba skratiti. On traje 55 dana i treba ga skratiti za 10 dana. Gleda se ponovo MD, odnosno aktivnosti na trećem putu koje imaju najmanji prirast troškova. Uočava se da aktivnosti B i C imaju isti prirast troškova (4), ali i istu vremensku rezervu (od po 5 dana). To znači da će trebati skratiti obje aktivnosti za isti broj dana. Može se proizvoljno izabrati koja će se aktivnost prva kratiti. Izabrana je aktivnost E zato što nije na drugim putovima. (Ovo može imati smisla ako na putu koji se krati nema više niti jedne aktivnost koja se treba skratiti, pa se time izbjegava dodatno indirektno kraćenje. Međutim, nije se nužno potrebno držati ovog pravila). Dakle, iznad aktivnosti E treba upisati njezino novo trajanje, od 25 dana, te evidentirati da je ovaj put sveden sada na 50 dana. Kao što je to prethodno napravljeno za aktivnost A, odmah se evidentira prirast troškova koji se dogodio zbog kraćenja aktivnosti E. Aktivnost E skratila se za 5 dana, a njezin prirast troškova je 4 novčane jedinice, što ukupno dodatno košta 20 novčanih jedinica: $PT_E = 5 * 4 = 20$.

4. Ostala je još jedna aktivnost koju treba skratiti, a to je aktivnost B. Ona se krati također za 5 dana, kolika joj je vremenska rezerva, te sada njezino trajanje iznosi 10 dana, a trajanje cijelog puta 45 dana. Međutim, kako se aktivnost B nalazi i na 2. putu, (ona je zajednička za 2. i 3. put), to je treba indirektno skratiti na 2. putu (oznaka X na 15, na putu 2.). Time se 2. put posredno skratio za 5 dana, što ne utječe na njegovu pravovremenu realizaciju niti na njegove troškove. Sada 2. put traje 28 dana. Odmah treba evidentirati prirast troškova zbog kraćenja aktivnosti B. Aktivnost B skratila se za 5 dana, a njezin prirast troškova je 4 novčane jedinice: $PT_B = 5 * 4 = 20$.

| | | |
|---|---|---|
| | | 28 |
| 1. put: A – C – F | $T_n$ | ~~50~~ + 12 + 5 = 67; 45 |
| | $T_u$ | 25 + 8 + 5 = 38 |
| | | 10 |
| 2. put: B – D – G | $T_n$ | ~~15~~ + 8 + 10 = 33; 28 |
| | $T_u$ | 10 + 8 + 10 = 28 |
| | | 10 25 |
| 3. put: B – E - f – G | $T_n$ | ~~15~~ + ~~30~~ + 0 + 10 = 55; 50; 45 |
| | $T_u$ | 10 + 25 + 0 + 10 = 45 |

UOČENO: Projekt se skratio sa 67 na 45 dana što je prouzrokovalo dodatne troškove od 48,8 novčanih jedinica (8,8 + 20 + 20). Ako bi se kraćenje izvršilo od najdužeg usiljenog trajanja, prirast troškova bio bi isti.

RJEŠENJE ad b: Ako se projekt želi realizirati za 50 dana, znači da sve putove koji su duži od toga roka treba svesti na 50 dana. Zadani rok je sada najduže usiljeno trajanje projekta. Postupak je identičan prethodno opisanom. Popišu se sve aktivnosti, a kraćenje kreće od kritičnog puta:

1. put: A – C – F $T_n$ 50 + 12 + 5 = 67; 50 (33)
$T_u$ 25 + 8 + 5 = 38

2. put: B – D – G $T_n$ 15 + 8 + 10 = 33
$T_u$ 10 + 8 + 10 = 28

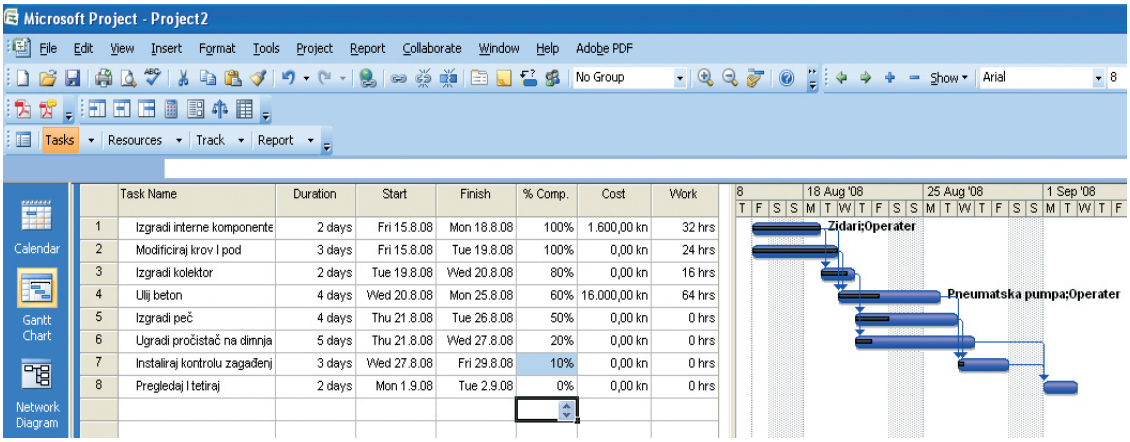
3. put: B – E - f – G $T_n$ 15 + 30 + 0 + 10 = 55; 50 (25)
$T_u$ 10 + 25 + 0 + 10 = 45 50

Najprije se krati aktivnost A na 1. putu za 17 dana te se evidentira prirast troškova: $PT_A$ = 17 * 0,4 = 6,8. Nakon toga se krati aktivnost E na 3. putu za 5 dana i evidentira se njezin prirast troškova: $PT_E$ = 5 * 4 = 20. Kako se vidi, normalno vrijeme $V_n$ = 67 se smanjilo na usiljeno $V_u$ = 50, a troškovi (*UPT)* su porasli za 26,8 novčanih jedinica.

## 16.4. KONTROLA PROJEKTA

Kontrola projekta uključuje stalno nadgledanje izvršenja faza projekta u pogledu troškova, opterećenosti resursa, kvalitete i budžeta. Svrha kontrole nije samo signalizirati da su se ili će se premašiti rokovi ili budžeti, nego i omogućiti preraspodjelu resursa u cilju postizanja zadanih ciljeva. Gotovo svi softverski programi za upravljanje projektima nude veliki broj izvještaja (slika 16.4) koji omogućuju efikasnu kontrolu realizacije projekta. Ti izvještaji su:

- detaljna specifikacija troškova po svakoj aktivnosti
- grafikon ukupno potrebnog ljudskog rada
- distribucija troškova
- cijene za svaki resurs
- prognoza potreba za materijalom, s cijenom
- izvještaj o varijancama
- analiza vremena
- status pojedinog posla




***Slika 16.14. Praćenje statusa izvršenja pojedine aktivnosti***

Na slici 16.14. može se pratiti detaljna specifikacija troškova po svakoj aktivnosti, koliko je posla već odrađeno, što još treba napraviti, kasni li neka aktivnost i slično.

Pronalaženje i praćenje kritičnog puta je najbitnija stvar u kontroli projekta. Aktivnosti na kritičnom putu su aktivnosti koje određuju završetak projekta, te ako one kasne, kasni cijeli projekt. Voditelj projekta treba paziti da te aktivnosti budu izvedene na vrijeme i, po potrebi, resurse s nekritičnih aktivnosti preusmjeravati na kritične.

## 16.5. ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju istaknuta je važnost planiranja, terminiranja i kontrole projekta. Uspješnost projekta ovisi o voditelju projekta, pa ga zbog toga obično bira uprava poduzeća. Projekt dolazi uvijek s tri ograničenja, a to su troškovi, rok i kvaliteta. Voditelj projekta mora balansirati resurse koji mu stoje na raspolaganju kako bi zadovoljio postavljene kriterije, a mora biti i dobar psiholog, te imati znanja za povezivanje poslova iz različitih područja (građenje, financije itd).

Voditelju projekta danas stoje na raspolaganju brojni alati koji mu olakšavaju planiranje i kontrolu projekata. Jedan od njih je MS Project, dok se, primjerice u građevinarstvu, preferira Primavera. Činjenica je da se može odabrati bilo koji softverski alat, ali za njegovo korištenje treba imati određeno znanje. Koji god softver se odabere, potrebno je upisati sve aktivnosti, procijeniti njihovo trajanje, definirati strukturu aktivnosti, odnosno njihove međuzavisnosti, te naposljetku troškove svake aktivnosti.

Često se događa da zbog nepredviđenih okolnosti neke aktivnosti kasne. Ako kasne aktivnosti na kritičnom putu, cijeli projekt će kasniti, što rezultira plaćanjem penala i smanjenjem dobiti po projektu. Da bi se posljedice kašnjenja svele na najmanju moguću mjeru potrebno je vršiti preraspodjelu ljudi i resursa s nekritičnih na kritične aktivnosti. Ako to ne daje zadovoljavajuće rezultate, onda treba skratiti trajanje kritičnih aktivnosti. Pri tome treba biti svjestan da će to izazvati dodatne troškove.

## 16.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***C*** | |
| ***CPM*** (engl. *critical path method*) | Metoda polazi od toga da su vremena izvođenja aktivnosti stabilna i poznata. |
| ***G*** | |
| ***Ganttov dijagram (gantogram)*** | Grafički prikaz pomoću kojeg se prati status dovršenja pojedinih aktivnosti. |
| ***K*** | |
| ***Kontrola projekta*** | Uključuje stalno nadgledanje izvršenja faza projekta u pogledu troškova, opterećenosti resursa, kvalitete i budžeta. |
| ***Kritični put*** (engl. *critical path*) | Aktivnosti koje nemaju vremensku rezervu i ako kasne, kasni cijeli projekt. |
| ***M*** | |
| ***Metode mrežnog planiranja*** | Najpoznatije su CPM i PERT. Njima se terminiraju poslovi nekog projekta te prati njihova realizacija. |
| ***Mrežni dijagram*** (engl. *network diagram*) | Dijagram koji pokazuje sve aktivnosti, njihove međuovisnosti s posebno označenim kritičnim putem. |
| ***P*** | |
| ***PERT*** (engl. *program evaluation and review technique*) | Zasniva se na pretpostavci da postoji neizvjesnost u vremenu trajanja neke aktivnosti, te se njezino vrijeme temelji na proračunu očekivanog vremena. Očekivano vrijeme izračunava se iz procjene optimističnog, pesimističnog i najvjerojatnijeg vremena određene aktivnosti. |
| ***Planiranje projekta*** | Uključuje definiranje projekta, postavljanje ciljeva, razradu strukture projekta i identifikaciju potrebnih resursa i ljudi. |
| ***S*** | |
| ***Skraćivanje projekta*** (*PERT-COST*) | Provodi se kada se želi normalno vrijeme trajanja projekta skratiti. Razlog može biti kašnjenje u nekoj od faza izrade projekta ili prema zahtjevu investitora. Postupak kojim se vrši kraćenje projekta naziva se PERT-COST. |
| ***Struktura projekta*** | Određena je popisom svih aktivnosti i njihovih međuzavisnosti. Definira se i pomoću razina. Razina 1 je cjelokupni projekt, razina 2 je prva podjela, razina 3 podpodjela i tako sve do osnovnih aktivnosti. |
| ***T*** | |
| ***Termininiranje projekta*** | Služi zato da se odredi što do kada mora biti napravljeno, što mora prethoditi nekoj aktivnosti, tko će biti odgovoran za taj dio posla kako bi se mogao pratiti status napredovanja projekta. |
| ***V*** | |
| ***Vremenska rezerva*** (engl. *slack time*) | Ako postoji vremenska rezerva, onda ta aktivnost može početi kasnije, što katkad može uštedjeti vrijeme i novac. |

## 16.7. RIJEŠENI ZADACI

**Zadatak 1. Terminiranje projekta gantogramom i mrežnim dijagramom**[541]

Pretpostavimo da poduzeće želi osnovati novu podružnicu. Prvi korak je popisati sve poslove koje treba napraviti za otvaranje podružnice. U ovom slučaju to su sljedeći poslovi: odabrati lokaciju, odabrati radnike, zaposliti radnike (sklopiti ugovore) i obučiti ih, odabrati namještaj, osposobiti urede, kad je namještaj stigao posložiti ga, napraviti završne radnje, te početi s radom. Za svaki od ovih poslova treba odrediti koliko bi otprilike trajali i koji poslovi prethode kojima. Tek tada je moguće nacrtati Ganttov dijagram i/ili mrežni dijagram koji će prikazivati redoslijed poslova, njihovo trajanje, kao i trajanje cijelog projekta, ali i služiti kao pomoć za eventualno skraćivanje vremena projekta.

Tablica 16.3. prikazuje popis aktivnosti s pripadajućim prethodnicima (aktivnostima koje trebaju ići prije promatrane aktivnosti) i vremenima trajanja. Iste podatke treba unijeti i u MS Project.

***Tablica 16.3. Popis aktivnosti za otvaranje nove podružnice***

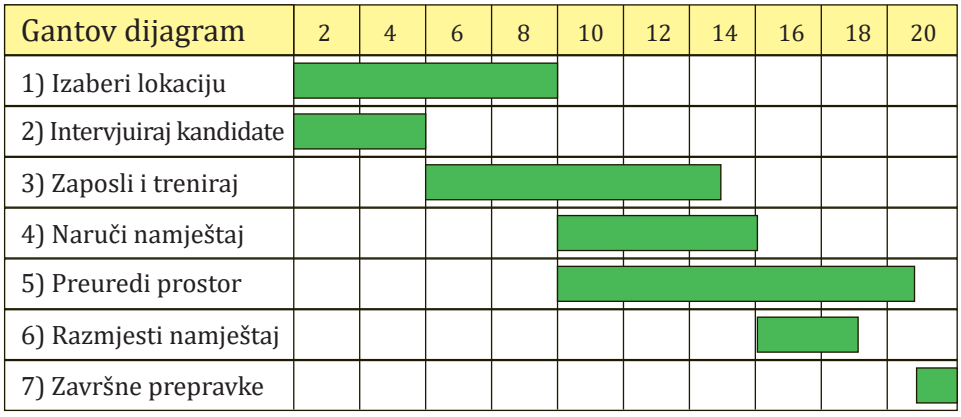
| Redni broj aktivnosti | Opis aktivnosti | Prethodnici (aktivnosti) | Trajanje u tjednima |
|---|---|---|---|
| 1 | Odabrati lokaciju | | 8 |
| 2 | Intervjuirati potencijalne radnike | | 4 |
| 3 | Sklopiti ugovore i poslati radnike na edukaciju | 2 | 9 |
| 4 | Odabrati i naručiti namještaj | 1 | 6 |
| 5 | Urediti lokaciju i postaviti instalacije | 1 | 11 |
| 6 | Prihvatiti i postaviti namještaj | 4 | 3 |
| 7 | Završno srediti prije početka rada | 5 | 1 |

U tablici 16.3. vidi se, primjerice, da aktivnost 3 (sklapanje ugovora i slanje radnika na obuku) može slijediti tek nakon aktivnosti 2 (intervjuiranje potencijalnih radnika), te da aktivnost sklapanja ugovora i edukacije traje devet tjedana, a intervjuiranje četiri tjedna.

Nakon definiranih zavisnosti, moguće je pristupiti crtanju Ganttovog ili mrežnog dijagrama (MD). Najprije će se prikazati terminiranje pomoću Ganttovog dijagrama.

Slika 16.15. prikazuje **Ganttov dijagram**, nakon što su u MS Project uneseni svi podaci iz tablice 16.3.

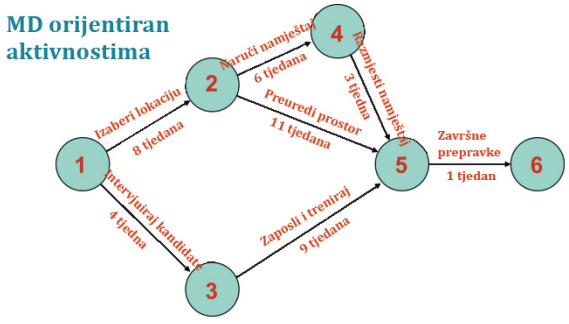
[541] Stevenson, W. J. (2014). *Operations management*. McMcGraw-Hill Irwin. str. 740.




***Slika 16.15. Ganttov dijagram za otvaranje podružnice***

Temeljem prikazanog gantograma vidi se da je za otvaranje podružnice potrebno 20 tjedana, te da aktivnosti 1, 5 i 7 određuju trajanje cijeloga posla. To su aktivnosti koje slijede jedna iza druge, a između njih nema vremenskih rezervi (te aktivnosti se ne mogu pomaknuti naprijed ni natrag, već se trebaju realizirati upravo u vrijeme kako je to prikazano gantogramom).

Sljedeći prikaz terminiranja navedenog projekta je pomoću **mrežnog dijagrama**. Slično kao i kod gantograma, kada se nacrta mrežni dijagram treba utvrditi vrijeme trajanja projekta i njegov kritični put. Upravo kritični put određuje vrijeme trajanja projekta. To vrijeme se utvrđuje tako da se za svaku aktivnost unese njezino vrijeme trajanja, te da se zbroje vremena trajanja aktivnosti od početka do kraja i to po svakoj putanji u projektu. Ovo će se prikazati na pojednostavljenom mrežnom dijagramu orijentiranom aktivnostima, temeljem čega se mogu identificirati putovi koji vode završetku projekta (tablica 16.4).




***Tablica 16.4. Nalaženje kritičnog puta***

| Put | Dužina | Završeno prije roka |
|---|---|---|
| 1-2-4-5-6 | 8+6+3+1=18 | 20-18=2 |
| 1-2-5-6 | 8+11+1=20* | 20-20=0 |
| 1-3-5-6 | 4+9+1=14 | 20-14=6 |

Nakon što su utvrđeni svi putovi, onaj put koji ima najduže trajanje je kritični put. To je put 1-2-5-6. Ako se želi skratiti trajanje projekta s 20 tjedana na manje, jedine aktivnosti koje se mogu skratiti su aktivnosti na putanji 1-2-5-6, tj. na kritičnom putu. Skraćivanje se radi pomoću PERT-COST postupka.

## Zadatak 2. Projekt: Studentska svadba[542]

**31.03.** Marija je uletjela u dnevni boravak obiteljske kuće i najavila da se ona i Stjepan žene. Nakon prvog šoka od kojeg su oba roditelja i brat zanijemili, majka joj priđe i zagrli, te je pita kada?

**Marija:** 22. 04.

**Majka:** Kada?

**Otac:** Pa to je za 22 dana? Čemu tolika žurba?

**Marija:** Zato što tada sve lijepo procvjeta ovdje u vrtu i bit će predivne fotografije.

**Majka:** Ali draga, nema načina da cijelo vjenčanje pripremimo do tada. Sjeti se svih detalja o kojima smo vodili brigu prilikom organizacije vjenčanja tvoje sestre. Čak i da počnemo sutra, znaš da nam treba jedan dan kako bismo rezervirali crkvu i salu za svečanost, a to sve treba najaviti najmanje 17 dana unaprijed. Tek kada dobijemo za oboje odobrenje, možemo započeti s ukrašavanjem crkve, za što će nam biti potrebno tri dana. Možda bismo mogli s dodatnih 100 € smanjiti vrijeme najave za 7 dana.

**Otac:** Uh!

**Marija:** Želim da mi Ana bude kuma.

**Otac:** Pa ona više ne stanuje ovdje. Ona je trenutno u Briselu. Treba joj barem 10 dana da se spakira, traži slobodno i doveze se ovdje.

**Marija:** Ali mogli bismo joj kupiti avionsku kartu. Tako bi ona mogla biti ovdje za dva dana, a to bi nas koštalo samo 500 €. Morala bi biti ovdje do probe haljine.

**Majka:** A catering? Za sestrino vjenčanje smo dva dana birali tortu i dekoraciju stolova. A jelovnik smo trebali najaviti 10 dana prije generalne probe vjenčanja (večer prije vjenčanja).

**Marija:** Mama, imaš svoju vjenčanicu, mogu je nositi na svom vjenčanju?

**Majka:** Pa treba je malo preurediti, ali možeš. Mislim da bi dobro došla jedna lijepa čipka. Mogli bismo je naručiti kada budemo naručivali materijal za haljine za djeveruše. Potrebno je osam dana kako bi se naručio i dostavio materijal. Potrebno je prvo izabrati uzorak, a za to će biti potrebno tri dana.

**Otac:** Moguće je da nam se materijal dostavi za 5 dana ukoliko platimo 25 € brzu dostavu.

**Marija:** Mama, može li tvoja krojačica raditi na našim haljinama, stvarno je dobra?

**Otac:** Ajme, pa ona naplaćuje 120 €/dan.

**Majka:** Ukoliko budemo same šivale, mogle bismo završiti haljine za 11 dana. Ukoliko nam moja krojačica bude pomagala, mogli bismo skratiti vrijeme šivanja za 6 dana, po cijeni od 120 €.

**Marija:** Ja hoću samo nju.

**Majka:** Budi svjesna da proba haljina traje još dva dana i da ih nakon toga treba još očistiti i ispeglati. Obično je i za to još potrebno dva dana. Ali u novoj čistionici mogle bismo to napraviti za jedan dan ukoliko platimo 30 € za brzu uslugu.

**Otac:** Sve mora biti gotovo do generalne probe, a to je za 21 dan.

**Majka:** Ajme, a pozivnice?

**Otac:** Moj kolega ima tiskaru. On nam može napraviti pozivnice, ali mu za to obično treba 12 dana. Ja vjerujem da bi nam on pozivnice mogao napraviti za 5 dana ukoliko mu platimo dodatnih 35 €.

**Majka**: Trebat će nam 3 dana da se odlučimo za dizajn pozivnice prije nego ih budemo mogli naručiti. Na omotnicama bi trebala biti isprintana naša adresa u slučaju povrata pošte.

**Marija**: Da, to bi bilo lijepo.

**Majka**: Pozivnice bismo trebali poslati barem 10 dana prije vjenčanja. Ljudi to ipak moraju planirati i takve stvari se ne šalju u zadnji čas. Znaš da im treba vremena i za kupnju poklona. Ukoliko ih ne pošaljemo najkasnije 8 dana prije vjenčanja, vjerujem da bi rođakinja Mirta smanjila svoj poklon za 200 €.

**Otac**: Uh!

**Majka**: Pozivnice moramo odnijeti u poštanski ured i poslati ih. Za to će nam trebati jedan dan. Adresiranje pozivnica će trajati 4 dana ukoliko ne angažiramo nekoga da nam pomogne. S adresiranjem pozivnica naravno ne možemo započeti dok ne budu otisnute. Ukoliko nekoga angažiramo da nam pomogne, vjerojatno ćemo moći uštedjeti dva dana, ali će nas to koštati 25 € po danu.

**Marija**: Moramo kupiti poklone za djeveruše koje ćemo im pokloniti na generalnoj probi. To mogu ja, ali treba mi jedan dan.

**Majka**: Prije nego uopće započnemo s adresiranjem pozivnica, moramo napraviti popis gostiju. Za to će mi trebati četiri dana.

**Marija**: Ma baš super, tako sam uzbuđena. Sve te poslove ćemo lijepo međusobno rasporediti i bit će sve dobro.

**Majka**: Ma super što si ti uzbuđena, ali ja ne vidim kako ćemo mi to uspjeti napraviti u tako kratkom vremenu.

---

542 Modificifrano prema: Jacobs, F. R., Chase, R, B. i Aquilano, N. J. (2004). *op.cit.* str. 103-105.

UPUTE I PITANJA:

a) Temeljem razgovora članova obitelji o iznenadnom događaju, najprije popišite sve aktivnosti, navedite njihova trajanja i prethodnike.
b) Zatim prikažite odvijanje ovog projekta pomoću Ganttovog dijagrama i mrežnog dijagrama, te na njima označite koje su aktivnosti kritične.
c) Koliki bi bili troškovi ovog projekta kada bi sve doista bilo gotovo do 22. 04?

RJEŠENJE:

a) Da bi se napravio dobar popis aktivnosti treba čitati tekst i zapisati svaku aktivnost. Riječ je o sljedećim aktivnostima:

1. Rezervirati crkvu
2. Čekati odobrenje iz crkve
3. Ukrasiti crkvu
4. Putovati iz Brisela
5. Probati haljine i vjenčanicu
6. Odabrati tortu i dekoraciju stolova
7. Osmisliti i javiti jelovnik
8. Generalna proba vjenčanja
9. Naručiti materijal za haljine i čipku za vjenčanicu
10. Odabrati uzorak čipke
11. Šiti haljine i prepraviti vjenčanicu
12. Očistiti i ispeglati haljine i vjenčanicu
13. Naručiti pozivnice kako bi se otisnule
14. Odabrati dizajn pozivnica
15. Poslati pozivnice na vrijeme
16. Odnijeti pozivnice u poštanski ured
17. Adresirati pozivnice
18. Kupiti poklone za djeveruše
19. Pripremiti popis gostiju
20. Vjenčanje

Za navedenih dvadeset aktivnosti koje baš i nisu poredane po redoslijedu odvijanja, treba zapisati koliko traju i koja aktivnost treba prethoditi svakoj promatranoj aktivnosti (tablica 16.5).

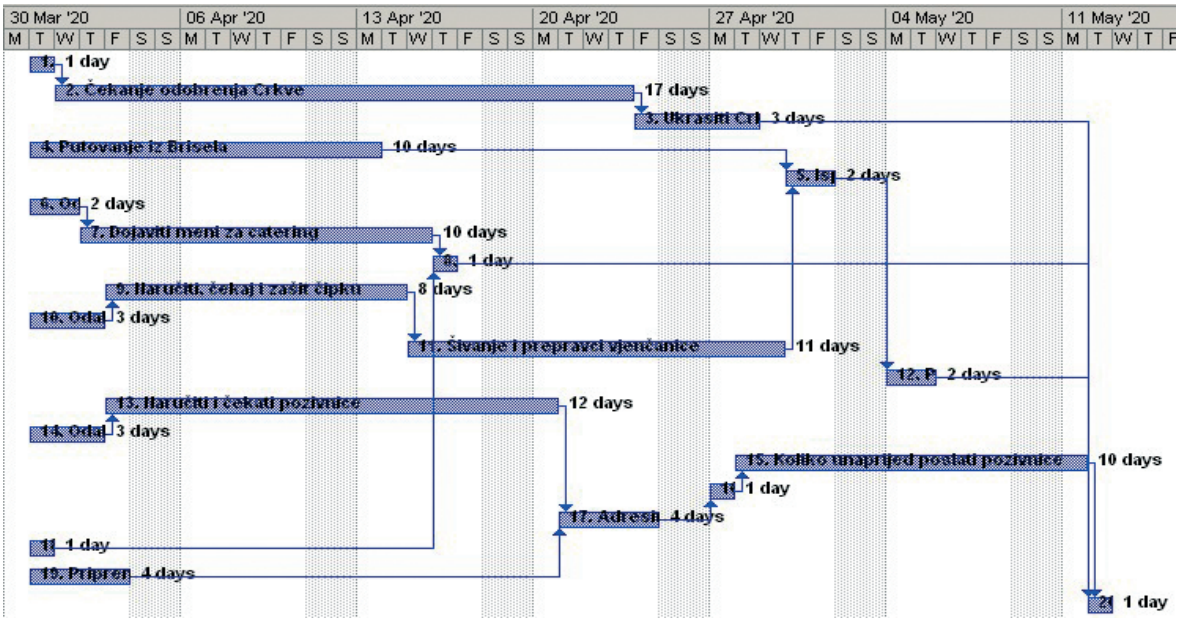
***Tablica 16.5. Popis aktivnosti, vremena trajanja i prethodne aktivnosti***

| Aktivnost | Trajanje u danima | Prethodnici |
|---|---|---|
| 1. Rezerviranje crkve | 1 | |
| 2. Čekanje odobrenja iz crkve | 17 | 1. Rezerviranje crkve |
| 3. Ukrašavanje crkve | 3 | 2. Čekanje odobrenja iz crkve |
| 4. Putovanje iz Brisela | 10 | |
| 5. Probavanje haljina i vjenčanice | 2 | 4. Putovanje iz Brisela<br>11. Šivanje haljina i prepravci vjenčanice |
| 6. Odabiranje torte i dekoracije stolova | 2 | |
| 7. Javljanje jelovnika | 10 | 6. Odabiranje torte i dekoracije stolova |
| 8. Generalna proba vjenčanja | 1 | 7. Javljanje jelovnika<br>18. Kupnja poklona za djeveruše |
| 9. Naručivanje materijala za haljine i čipke za vjenčanicu | 8 | 10. Odabiranje uzorka čipke |
| 10. Odabiranje uzorka čipke | 3 | |
| 11. Šivanje haljina i prepravci vjenčanice | 11 | 9. Naručivanje materijala za haljine i čipke za vjenčanicu |
| 12. Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice | 2 | 5. Probavanje haljina i vjenčanice |
| 13. Naručivanje pozivnica kako bi se otisnule | 12 | 14. Odabiranje dizajna pozivnice |
| 14. Odabiranje dizajna pozivnice | 3 | |
| 15. Slanje pozivnica na vrijeme | 10 | 16. Odnošenje pozivnica u poštanski ured |
| 16. Odnošenje pozivnica u poštanski ured | 1 | 17. Adresiranje pozivnica |
| 17. Adresiranje pozivnica | 4 | 13. Naručivanje pozivnica kako bi se otisnule<br>19. Pripremanje popisa gostiju |
| 18. Kupnja poklona za djeveruše | 1 | |
| 19. Pripremanje popisa gostiju | 4 | |
| 20. Vjenčanje | 1 | 3. Ukrašavanje crkve<br>8. Generalna proba vjenčanja<br>12. Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice<br>15. Slanje pozivnica na vrijeme |

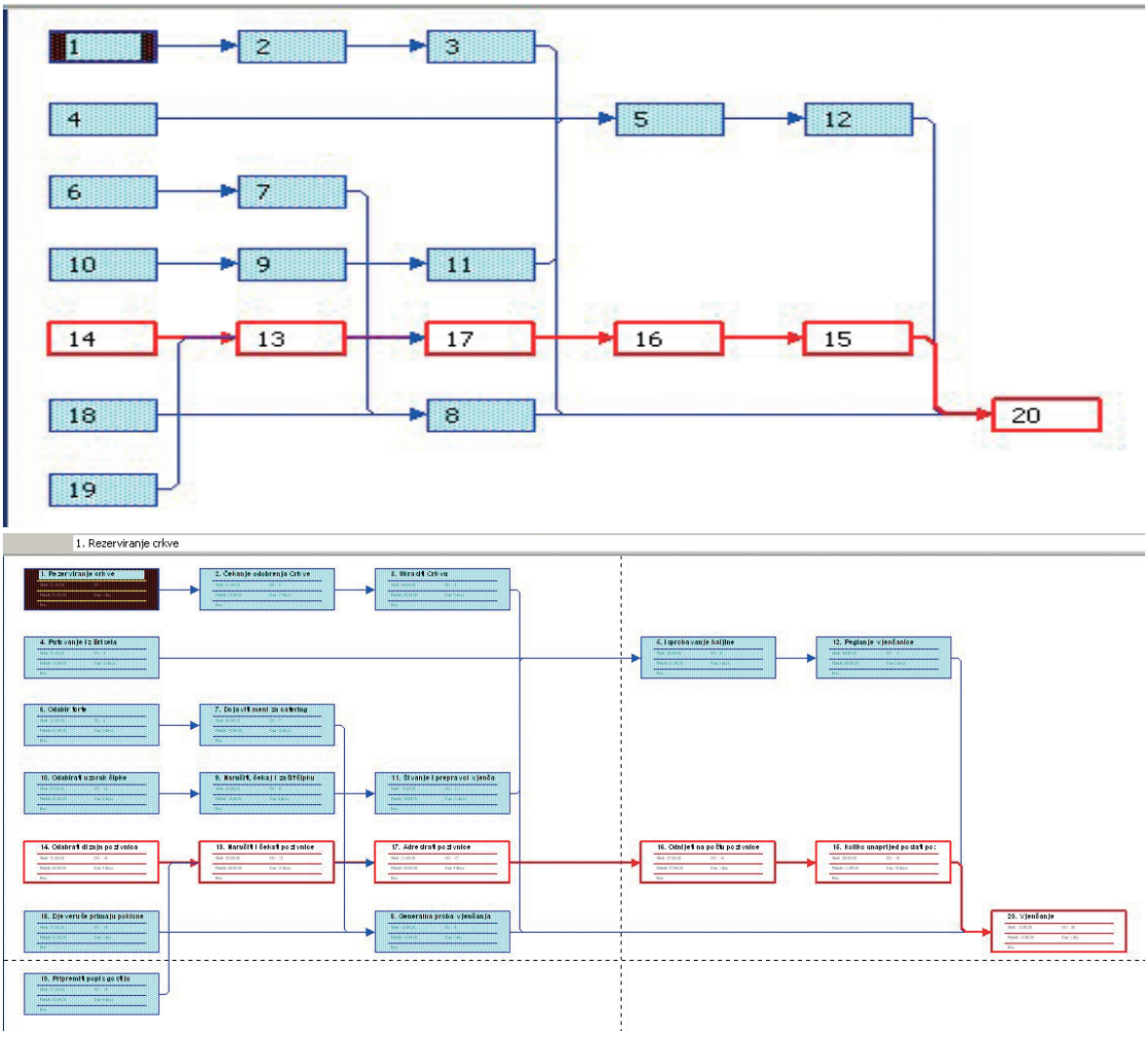
b) Sada treba nacrtati Ganttov i mrežni dijagram, te odrediti kritični put. U tu svrhu unesene su u MS Project sve aktivnosti iz tablice 16.5. Prikaz projekta vjenčanja putem gantograma je na slici 16.17, a putem mrežnog dijagrama na slici 16.18.

| | Task Name | Duration | Start | Finish | Predecessors |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1. Rezerviranje crkve | 1 day | Tue 31.03.20 | Tue 31.03.20 | |
| 2 | 2. Čekanje odobrenja iz crkve | 17 days | Wed 01.04.20 | Thu 23.04.20 | 1 |
| 3 | 3. Ukrašavanje crkve | 3 days | Fri 24.04.20 | Tue 28.04.20 | 2 |
| 4 | 4. Putovanje iz Brisela | 10 days | Tue 31.03.20 | Mon 13.04.20 | |
| 5 | 5. Probavanje haljina i vjenčanice | 2 days | Thu 30.04.20 | Fri 01.05.20 | 4;11 |
| 6 | 6. Odabiranje torte i dekoracije sto | 2 days | Tue 31.03.20 | Wed 01.04.20 | |
| 7 | 7. Javljanje jelovnika | 10 days | Thu 02.04.20 | Wed 15.04.20 | 6 |
| 8 | 8. Generalna proba vjenčanja | 1 day | Thu 16.04.20 | Thu 16.04.20 | 7;18 |
| 9 | 9. Naručivanje materijala za haljine | 8 days | Fri 03.04.20 | Tue 14.04.20 | 10 |
| 10 | 10. Odabiranje uzorka čipke | 3 days | Tue 31.03.20 | Thu 02.04.20 | |
| 11 | 11. Šivanje haljina i prepravci | 11 days | Wed 15.04.20 | Wed 29.04.20 | 9 |
| 12 | 12. Čišćenje i peglanje haljina i | 2 days | Mon 04.05.20 | Tue 05.05.20 | 5 |
| 13 | 13. Naručivanje pozivnica kako bi | 12 days | Fri 03.04.20 | Mon 20.04.20 | 14 |
| 14 | 14. Odabiranje dizajna pozivnice | 3 days | Tue 31.03.20 | Thu 02.04.20 | |
| 15 | 15. Slanje pozivnica na vrijeme | 10 days | Tue 28.04.20 | Mon 11.05.20 | 16 |
| 16 | 16. Odnošenje pozivnica u poštansk | 1 day | Mon 27.04.20 | Mon 27.04.20 | 17 |
| 17 | 17. Adresiranje pozivnica | 4 days | Tue 21.04.20 | Fri 24.04.20 | 13;19 |
| 18 | 18. Kupnja poklona za djeveruše | 1 day | Tue 31.03.20 | Tue 31.03.20 | |
| 19 | 19. Pripremanje popisa gostiju | 4 days | Tue 31.03.20 | Fri 03.04.20 | |
| 20 | 20. Vjenčanje | 1 day | Tue 12.05.20 | Tue 12.05.20 | 3;8;12;15 |

*Slika 16.16. Popis aktivnosti i njihovo trajanje u MS Projectu*




*Slika 16.17. Ganttov dijagram studentskog vjenčanja*




***Slika 16.18. Mrežni dijagram studentskog vjenčanja***

c) Ako bi se aktivnosti pripreme vjenčanja realizirale kako je to prikazao gantogramom (slika 16.17), vjenčanje bi bilo tek 12. 05, što nije Marijina želja. Ona želi da se vjenčanje održi 22. 04. Zato sada treba odrediti kritični put (putanja koja najduže traje) i na tom putu skratiti aktivnosti, kako bi se skratilo trajanje cijelog projekta. Tome pomaže mrežni dijagram sa slike 16.18. Na njemu se vidi da postoji ukupno 7 različitih putova koji vode do aktivnosti 20, odnosno samoga vjenčanja. Nas zanima kritični put i njegove aktivnosti koje će se skratiti, kao i troškovi koje će skraćivanje tih aktivnosti izazvati (tablica 16.6).

***Tablica 16.6. Aktivnosti s mogućim skraćenjima i troškovima u €***

| Aktivnost | Trajanje u danima | Prethodnici | Moguće skraćenje u danima | Trošak skraćenja |
|---|---|---|---|---|
| 1. Rezerviranje crkve | 1 | | | |
| 2. Čekanje odobrenja iz crkve | 17 | 1. Rezerviranje crkve | 10 | €100 |
| 3. Ukrašavanje crkve | 3 | 2. Čekanje odobrenja iz crkve | | |
| 4. Putovanje iz Brisela | 10 | | 2 | €500 |
| 5. Probavanje haljina i vjenčanice | 2 | 4. Putovanje iz Brisela<br>11. Šivanje haljina i prepravci vjenčanice | | |
| 6. Odabiranje torte i dekoracije stolova | 2 | | | |
| 7. Javljanje jelovnika | 10 | 6. Odabiranje torte i dekoracije stolova | | |
| 8. Generalna proba vjenčanja | 1 | 7. Javljanje jelovnika<br>18. Kupnja poklona za djeveruše | | |
| 9. Naručivanje materijala za haljine i čipke za vjenčanicu | 8 | 10. Odabiranje uzorka čipke | 5 | €25 |
| 10. Odabiranje uzorka čipke | 3 | | | |
| 11. Šivanje haljina i prepravci vjenčanice | 11 | 9. Naručivanje materijala za haljine i čipke za vjenčanicu | 5 | €120/dan |
| 12. Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice | 2 | 5. Probavanje haljina i vjenčanice | 1 | €30 |
| 13. Naručivanje pozivnica kako bi se otisnule | 12 | 14. Odabiranje dizajna pozivnice | 5 | €35 |
| 14. Odabiranje dizajna pozivnice | 3 | | | |
| 15. Slanje pozivnica na vrijeme | 10 | 16. Odnošenje pozivnica u poštanski ured | 8 | €200 |
| 16. Odnošenje pozivnica u poštanski ured | 1 | 17. Adresiranje pozivnica | | |
| 17. Adresiranje pozivnica | 4 | 13. Naručivanje pozivnica kako bi se otisnule<br>19. Pripremanje popisa gostiju | 2 | €25/dan |
| 18. Kupnja poklona za djeveruše | 1 | | | |
| 19. Pripremanje popisa gostiju | 4 | | | |
| 20. Vjenčanje | 1 | 3. Ukrašavanje crkve<br>8. Generalna proba vjenčanja<br>12. Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice<br>15. Slanje pozivnica na vrijeme | | |

Kako je već rečeno, postoji 7 putova kroz mrežni dijagram. Putovi i njihova trajanja su sljedeći:
**PUT 1** A1: Rezerviranje crkve (1) – A2: Čekanje odobrenja iz crkve (17) – A3: Ukrašavanje crkve (3) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 22 dana.
**PUT 2** A4: Putovanje iz Brisela (10) – A5: Probavanje haljina i vjenčanice (2) – A12: Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice (2) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 15 dana.
**PUT 3** A6: Odabiranje torte i dekoracije stolova (2) – A7: Javljanje jelovnika (10) – A8: Generalna proba vjenčanja (1) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 14 dana.
**PUT 4** A10: Odabiranje uzorka čipke (3) – A9: Naručivanje materijala za haljine i čipku za vjenčanicu (8) – A11: Šivanje haljina i prepravci vjenčanice (11) – A5: Probavanje haljina i vjenčanice (2) – A12: Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice (2) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 27 dana.
**PUT 5** A14: Odabrati dizajn pozivnica (3) – A13: Naručivanje pozivnica kako bi se otisnule (12) – A17: Adresiranje pozivnica (4) – A16: Odnošenje pozivnica u poštanski ured na poštu pozivnice (1) – A15: Slanje pozivnica na vrijeme (10) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 31 dan.
**PUT 6** A18: Kupnja poklona za djeveruše (1) – A8: Generalna proba vjenčanja (1) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 3 dana.
**PUT 7** A19: Pripremanje popisa gostiju (4) – A13: Naručivanje pozivnica kako bi se otisnule (12) –A17: Adresiranje pozivnica (4) – A16: Odnošenje pozivnica u poštanski ured na poštu pozivnice (1) – A15: Slanje pozivnica na vrijeme (10) – A20: Vjenčanje (1). Duljina 32 dana.

Putovi 1, 4, 5 i 7 su kritični. Putovi 4, 5 i 7 morat će se skratiti kako bi se skratilo ukupno vrijeme, tj. kako bi se postigao datum vjenčanja 22. travnja. Mogao bi se još skratiti i put jedan, ali u tom bi slučaju nastali dodatni troškovi, što nema smisla, jer projekt ne mora biti gotov prije 22. 04.

Za put 4 može se smanjiti vrijeme za primanje materijala za haljine i čipke za vjenčanicu s 8 na 5 dana uz troškove od 25 €. Čišćenje i peglanje haljina i vjenčanice može se obaviti brže – može se skratiti na 1 dan uz troškove od 30 €. Budući da se s prethodnim aktivnostima vrijeme skrati na 23 dana, dovoljno je krojačicu angažirati na samo jedan dan što će koštati 120 €. Navedene aktivnosti bi smanjile dužinu puta na točno 22 dana po dodatnom trošku od 175 €.

Za put 5 treba smanjiti vrijeme tiskanja pozivnica (aktivnost 13) s 12 dana na 5 dana (trošak 35 €) i angažirati pomoć za adresiranje pozivnica (aktivnost 17) kako bi se smanjilo ovo vrijeme s 4 na 2 dana (troškovi 50 €). To bi smanjilo dužinu puta na točno 22 dana što bi izazvalo dodatni trošak od 85 €.

Za put 7 treba smanjiti vrijeme tiskanja pozivnica (aktivnost 13) s 12 dana na 5 dana (trošak 35 €) i angažirati pomoć za adresiranje pozivnica (aktivnost 17) kako bi se smanjilo vrijeme s 4 na 2 dana (troškovi 50 €). Obje aktivnosti su već skraćene kroz put 5. Ukoliko se pozivnice ne bi poslale 10 dana prije vjenčanje, nego, primjerice, 9 dana prije vjenčanja, to bi smanjilo dužinu puta na točno 22 dana, no to bi moglo naljutiti rodbinu te postoji mogućnost da bi rođakinja Mirta smanjila svoj poklon za 200 €.

Dodatni troškovi za skraćivanje vjenčanja na 22. travnja iznosili bi 260 € (175 € put 4 i 85 € put 5 i put 7) plus mogućnost ljutnje rodbine te umanjenje iznosa poklona, primjerice, rođakinje Mirte koja bi vjerojatno smanjila svoj poklon za 200 €.

**Zadatak 3. Utjecaj naknadnih događaja na projekt studentskog vjenčanja**

U projektu studentskog vjenčanja uočile su se dodatne okolnosti koje su mogle dovesti u pitanje predviđeni datum vjenčanja. Kako Marija nije odustajala od roka 22. 04, a Stjepan je htio da Marija bude sretna, pa ju je potpuno podržavao, to je svaku od tih okolnosti trebalo na neki način riješiti. O čemu se radilo?

- 01. travnja, kada su župniku ponudili 100 € da omogući vjenčanje 22. 04, on se držao roka od 17 dana. Smatrao je da je ponuđeni iznos premala donacija. Slijedilo je višednevno pregovaranje.
- Marija je nazvala Anu, ali ona je trenutno bila na projektu u New Yorku i nije se mogla vratiti prije 10. 04.
- Majka se razboljela i izrada popisa uzvanika kasnila je 4 dana.
- Čipka koju je majka naručila preko kataloga izgubila se u pošti. Morali su je ponovno naručiti, ali ovoga puta su platili brzu dostavu.
- Kod catering poduzeća izbio je požar 08. 04. Procijenjeno je da poduzeće neće raditi tri dana, dok se ne ukloni šteta.

Otac je samo mrmljao. Uza sve to je i prigovarao jer je smatrao da bi bilo jeftinije da su uzeli sestrinu prijateljicu da organizira cijelo vjenčanje za 1.500 €.

PITANJA:

a) Kako ovi događaji utječu na projekt?
b) Koji od ovih događaja se odnose na kritični put?
c) Koliki su dodatni troškovi?

RJEŠENJE (po svakoj otežavajućoj okolnosti):
01. travnja, kada su župniku ponudili 100 € da omogući svadbu 22. 04, nije htio niti čuti i držao se roka od 17 dana. Slijedilo je višednevno pregovaranje. *Ovo nije problem, jer promatrana aktivnost nije na kritičnom putu i ne bi utjecala na datum vjenčanja.*

Marija je nazvala Anu, ali ona je trenutno na Projektu u New Yorku i ne može se vrati prije 10. 04. *To je problem, jer treba kupiti skuplju kartu, što će povećati troškove za 500 €.*

Majka se razboljela i izrada popisa uzvanika kasnila je 4 dana. *To također nije problem, jer se ionako mora čekati da stignu pozivnice iz tiskare.*

Čipke koje je majka naručila preko kataloga izgubljene su u pošti. Morali su ih ponovno naručiti, ali ovog puta su platili brzu dostavu. *Ovo je veliki problem, jer je ova aktivnost na kritičnom putu. Treba hitno otići u neku lokalnu trgovinu i naći zamjensku čipku.*

Kod catering poduzeća izbio je požar 08. 04. Procijenjeno je da tri dana neće raditi dok ne uklone štetu. *To ne bi smjelo biti problem, jer ima još dosta vremena do vjenčanja.*

UOČENO: *Niti jedan od ovih događaja neće utjecati na datum vjenčanja, osim što će se troškovi dodatno povećati za 500 €.*

## 16.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Zašto je bitno planiranje projekta?
2. Koju ulogu ima voditelj projekta?
3. Što je termininiranje projekta?
4. Čemu služe sljedeća vremena: najraniji početak i najraniji završetak i najkasniji početak i najkasniji završetak?
5. Zašto se vrši kontroliranje projekta?
6. Koje se metode koriste za termininiranje projekata i kako?
7. Što je aktivnost, a što događaj? Navedite primjere.
8. Po čemu se razlikuju PERT i CPM metode?
9. Što je kritični put i koja je njegova uloga u projektu?
10. Može li se skratiti vrijeme trajanja projekta? Objasnite kako?
11. Koji kompromisi se rade u projektima u pogledu ljudskih, novčanih i vremenskih resursa?

## 16.9. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Projektni zadatak definiran je aktivnostima od A do H. Njihova međuzavisnost je sljedeća: C, D i E sa A i B; F sa C; G sa D; H sa E i D. Vremena trajanja pojedinih aktivnosti prikazana su u sljedećoj tablici:

| **Aktivnost** | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***a*** | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 7 | 6 | 4 |
| ***m*** | 6 | 8 | 10 | 6 | 5 | 14 | 12 | 4 |
| ***b*** | 9 | 12 | 15 | 9 | 5 | 21 | 18 | 4 |

Nacrtajte mrežni dijagram, izračunajte najduže vrijeme realizacije projekta i odredite kritični put.

**Zadatak 2.** Za realizaciju projekta „Novi pristup obrazovanju“ definirano je 13 aktivnosti čije su međuovisnosti logično posložene, a vremena trajanja određena dijelom na iskustvu, a dijelom procijenjena. Počeci pojedinih aktivnosti uvjetovani su završecima drugih aktivnosti na sljedeći način: C, D i E sa A; F sa B; G, H i I sa C, D, E i F; J sa F; K sa G; L sa H; M sa I. Vremena trajanja pojedinih aktivnosti nalaze se u sljedećoj tablici:

| **Aktivnost** | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** | **I** | **J** | **K** | **L** | **M** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***a*** | 5 | 2 | 4 | 10 | 8 | 20 | 3 | 7 | 4 | 2 | 8 | 7 | 7 |
| ***m*** | 10 | 4 | 5 | 12 | 10 | 25 | 6 | 7 | 8 | 2 | 8 | 8 | 14 |
| ***b*** | 15 | 6 | 6 | 14 | 12 | 30 | 9 | 7 | 12 | 2 | 8 | 9 | 21 |

a) Nacrtajte mrežni dijagram, izračunajte vrijeme trajanja projekta i utvrdite kritični put.
b) Odredite najraniji rok završetka projekta uz 93 % vjerojatnosti.

**Zadatak 3.** U realizaciji jednog projekta sudjeluju aktivnosti od A do G. Početak realizacije pojedine aktivnosti uvjetovan je završetkom druge aktivnosti na sljedeći način: C i D sa A; F sa B; G sa F; E sa C, D i F. Poznate su i sljedeće vrijednosti:

| Aktivnost | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_n$ | 20 | 10 | 15 | 28 | 33 | 25 | 40 |
| $V_u$ | 10 | 8 | 15 | 25 | 23 | 20 | 40 |
| $T_u$ | 40 | 25 | 40 | 55 | 45 | 38 | 68 |
| $T_n$ | 30 | 20 | 40 | 20 | 30 | 30 | 68 |

a) Nacrtajte mrežni dijagram, te odredite kritični put i najranije vrijeme završetka projekta.
b) Koje je najmanje moguće vrijeme realizacije projekta koje se može postići tako da to najmanje košta? Kraćenje radite od kritičnog puta.

**Zadatak 4.** Projekt organizacije maturalne zabave čine aktivnosti od A do H. Početak realizacije pojedine aktivnosti uvjetovan je završetkom druge aktivnosti na sljedeći način: B, C i D sa A; E sa C; F sa D; G i H sa E i F. Poznate su i sljedeće vrijednosti vremena i troškova:

| Aktivnost | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_n$ | 10 | 12 | 9 | 10 | 4 | 15 | 13 | 7 |
| $V_u$ | 5 | 8 | 9 | 6 | 2 | 10 | 10 | 7 |
| $T_u$ | 15 | 20 | 18 | 20 | 10 | 25 | 30 | 10 |
| $T_n$ | 10 | 10 | 18 | 15 | 5 | 15 | 20 | 10 |

a) Nacrtajte mrežni dijagram, te odredite kritični put i najranije vrijeme završetka projekta.
b) Koje je najmanje moguće vrijeme realizacije projekta koje se može postići tako da to najmanje košta? Kraćenje radite od kritičnog puta.

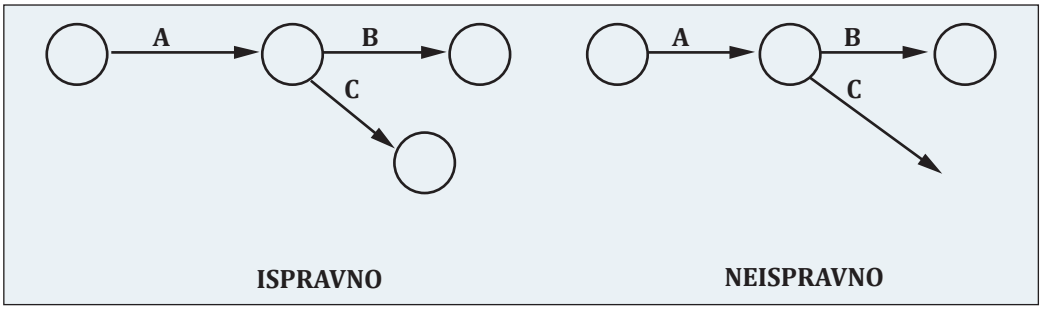


## LITERATURA

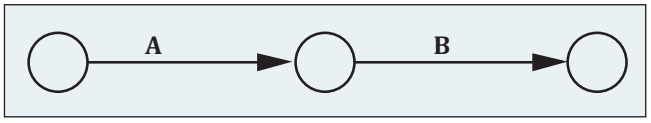

1. Meredith, J. R. i Shafer, S. M. (2003). *Operations and supply chain management for MBAs*. Wiley
2. Jacobs, F. R., Chase, R. B. i Aquilano, N. J. (2004). *Operations management for competitive advantage.* Boston: Mc-Graw Hill
3. Heizer, Y., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations management*. Prentice-Hall
4. Stevenson, W. J. (2014). *Operations management.* McMcGraw-Hill Irwin

## DODATAK 16.1. PRAVILA CRTANJA MREŽNOG DIJAGRAMA

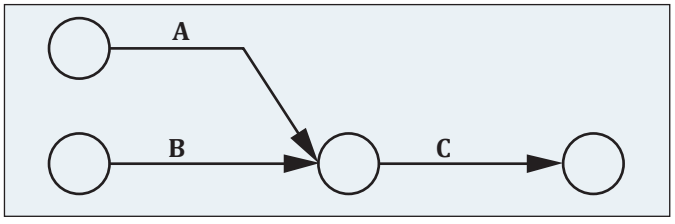
1. *Svaka aktivnost mora započeti i završiti događajem.*



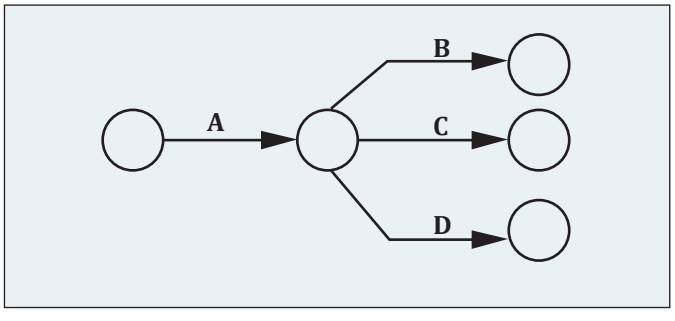

2. *Ako neka aktivnost ne može započeti prije nego što se završi neka prethodna aktivnost, tada se obje postavljaju u red, pri čemu završni događaj prethodne aktivnosti postaje identičan početnom događaju naredne aktivnosti.*



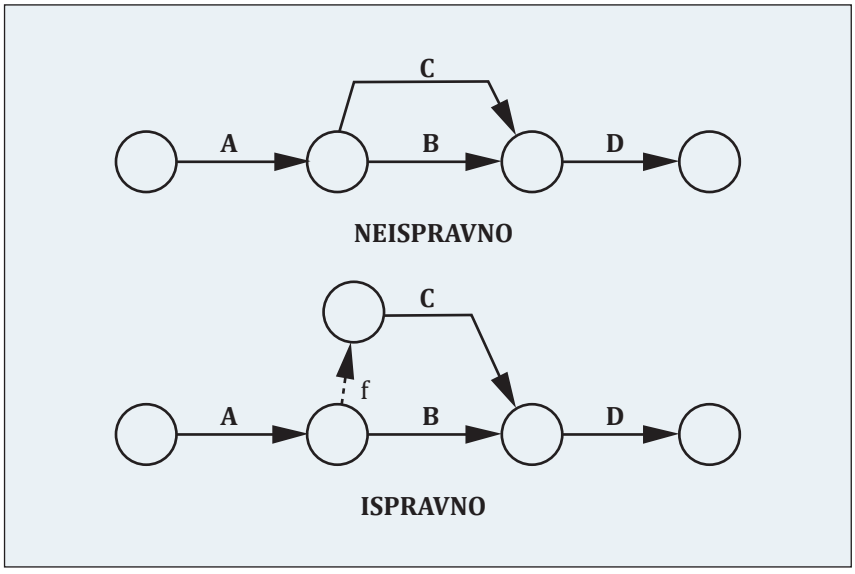

3. *Ako je početak neke aktivnosti uvjetovan završetkom više prethodnih aktivnosti, tada se sve te aktivnosti moraju završiti u početnom događaju naredne aktivnosti.*




4. *Ako je početak više aktivnosti uvjetovan završetkom neke prethodne aktivnosti, tada sve te aktivnosti imaju početni događaj identičan sa završnim događajem prethodne aktivnosti.*

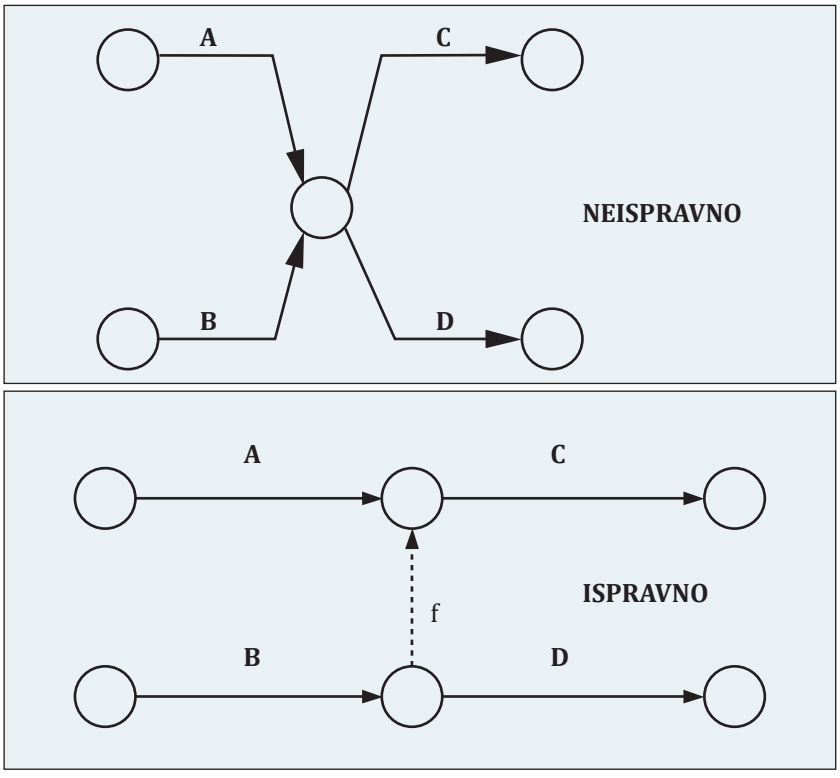



5. *Ako dvije ili više aktivnosti imaju zajednički početni i završni događaj, tada se mora uvođenjem tzv. fiktivne aktivnosti osigurati određenost njihove identifikacije.*

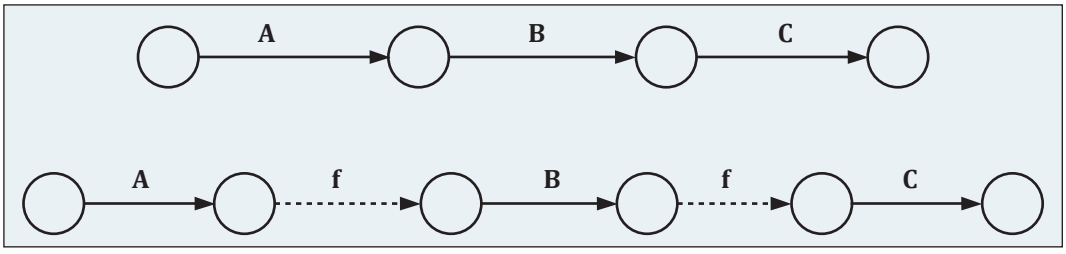



6. *Ako u jednom događaju završava i započinje više aktivnosti koje su međusobno neovisne, tada se prave ovisnosti moraju prikazati pomoću fiktivnih aktivnosti.*

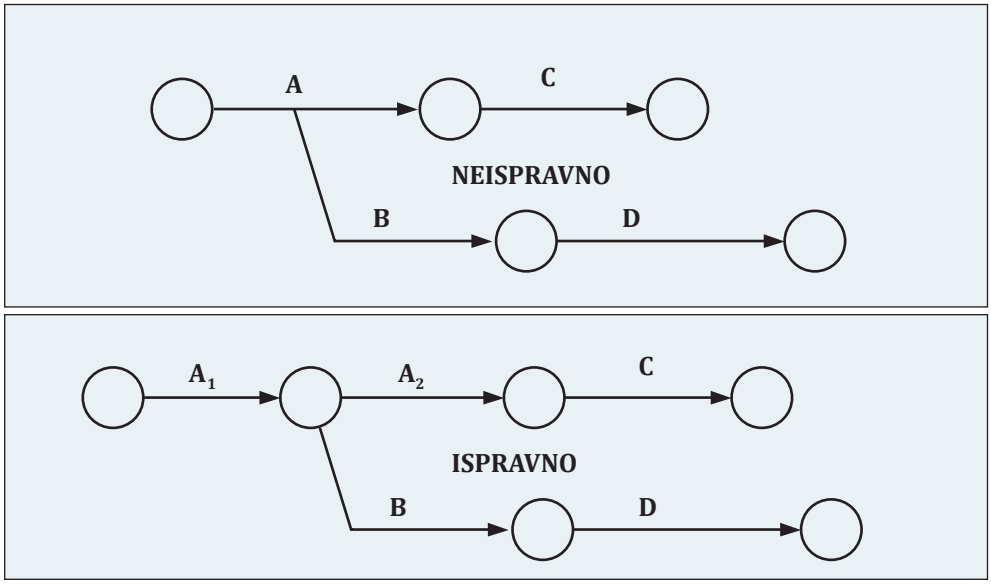
Primjer: Aktivnost C može započeti nakon završetka aktivnosti A i B, a aktivnost D nakon završetka aktivnosti B.



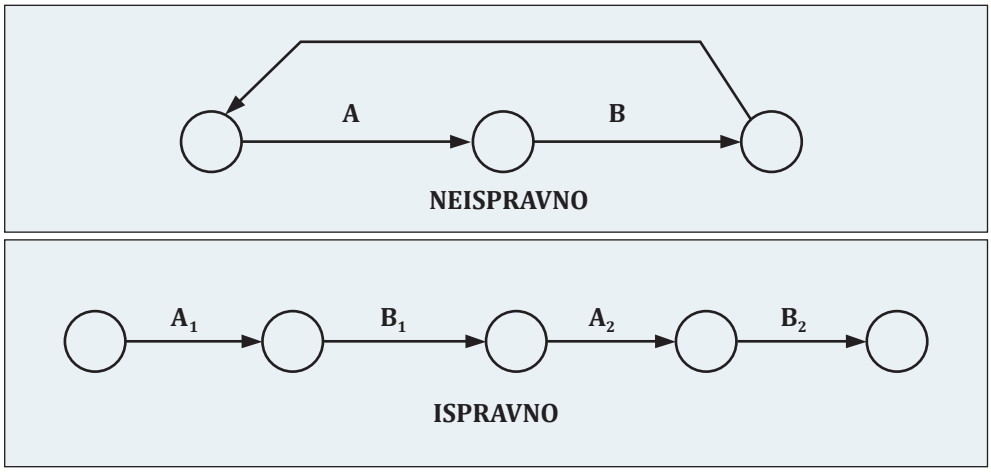

7. *U nizu redoslijednih aktivnosti može se uključiti proizvoljan broj fiktivnih aktivnosti, a da se pri tome ne naruši princip konstrukcije mrežnog dijagrama.*




8. *Ako neka aktivnost može započeti prije nego što se prethodna aktivnost potpuno završila, tada se ova mora podijeliti.*




9. *Jedna aktivnost može se u mrežnom dijagramu (vremenski) odigrati samo jedanput, tj. u mrežnom dijagramu se ne može pojaviti tzv. petlja. To znači da niti jedan put mrežnog dijagrama ne smije dva puta proći kroz isti događaj.*



# 17. UPRAVLJANJE ZALIHAMA U NEZAVISNOJ POTRAŽNJI

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *definirati pojam zaliha*
- *objasniti funkciju, karakteristike i troškove upravljanja zalihama*
- *raspravljati o zahtjevima za efikasnim upravljanjem zalihama*
- *opisati sustav a–b–c klasifikacije zaliha te objasniti njegovu korist*
- *objasniti razliku između kontinuiranih i periodičnih sustava upravljanja zalihama*
- *odrediti količinu narudžbe za različite modele upravljanja zalihama*
- *izračunati točku ponovne narudžbe te objasniti sigurnosne zalihe*
- *objasniti i koristiti model popusta na količinu.*

## 17.1. UVOD

Jedna od najosjetljivijih zadaća operacijskog menadžmenta je zasigurno upravljanje zalihama, njihovo planiranje i kontrola. Postoje različite vrste zaliha, kao što su zalihe sirovina i materijala, zalihe poluproizvoda, zalihe dijelova, zalihe gotovih proizvoda i dr. Zalihe predstavljaju glavne izvore troškova u logističkom sustavu te je glavni cilj upravljanja zalihama njihovo minimaliziranje, odnosno nastojanje da zalihe koje se čuvaju budu što manje, ali opet dovoljne za podmirenje potreba kupaca. Dakle, **glavni cilj upravljanja zalihama** je maksimalizacija zadovoljstva kupaca i minimalizacija troškova vezanih za njihovo skladištenje. Ukoliko je na stanju previše zaliha, one uzrokuju bespotrebne troškove, a ukoliko ih je nedovoljno, poduzeće ne ispunjava zahtjeve i narudžbe kupaca te gubi svoje potrošače. Kako bi se omogućilo pravilno upravljanje i optimalno planiranje zaliha s minimalnim troškovima za logistički sustav, razvili su se različiti modeli upravljanja zalihama. Postoje **tradicionalni modeli**, kao što su: ekonomična količina narudžbe (engl. *Economic order quantity, EOQ*), model kontinuiranog (engl. *continuous review, Q system*) i model povremenog nadzora zaliha (engl. *periodic review, P system*), karakteristični za tzv. nezavisnu potražnju te **suvremeni modeli**, kao što su: „točno na vrijeme" (engl. *Just in time, JIT*), planiranje potreba za materijalom (engl. *Materials requirement planning, MRP*) te planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije (engl. *Distribution reqierments planning, DRP*), karakteristični za tzv. zavisnu potražnju. U ovom poglavlju objasnit će se pojam, vrste i uloga zaliha, važnost efikasnog upravljanja zalihama, a posebno modeli upravljanja zalihama karakteristični za nezavisnu potražnju. Ovi modeli se temelje na određivanju optimalne količine narudžbe i proizvodnje te optimalnom vremenu nove narudžbe. O modelima zaliha karakterističnima za zavisnu potražnju bit će riječi u poglavlju 18.

## 17.2. POJAM I VRSTE ZALIHA TE NJIHOVA ULOGA

U idealnom svijetu zalihe ne bi bile potrebne, jer bi proizvođači mogli točno prognozirati potražnju te naručiti i proizvesti upravo toliko kolika je bila prognozirana potražnja. No, u realnim uvjetima poslovanja poduzeća moraju proizvesti i pohraniti dodatnu robu kako bi udovoljila promjenjivim obrascima potražnje. Stoga se nameće logično pitanje - što su zapravo zalihe?

Slack i dr.[543] navode kako su zalihe **pohranjeni resursi** (materijali, korisnici ili informacije) u transformacijskom sustavu. Šamanović[544] ističe da se **zalihe sastoje od dobara** (materijali, poluproizvodi, gotovi proizvodi) **koja** poduzeća drže na skladištu kako bi proizvela dobra (proizvodna poduzeća), odnosno prodala dobra (trgovinska poduzeća). Također, navodi da upravljanje zalihama započinje kupnjom sirovina i materijala, a završava uskladištenjem gotovih proizvoda koji su završeni, ali ne isporučeni kupcima. Prema Russelu i Tayloru,[545] zalihe su **skup stavki** u poduzeću koje služe kako bi se zadovoljila interna ili eksterna potražnja korisnika. Gotovo svako poduzeće drži neki oblik zaliha. *Trgovine prehrambenim proizvodima drže zalihe svih maloprodajnih proizvoda koje prodaju, agencija za najam automobila ima zalihe automobila i sl. Čak i obiteljsko kućanstvo ima zalihe hrane, odjeće, proizvoda za osobnu higijenu i drugog.* Svrha upravljanja zalihama je osigurati nesmetan proizvodni proces, osigurati ekonomičnu proizvodnju, zaštitu od nesigurnosti (dobavljača ili nekoga u opskrbnom lancu), osigurati mogućnost reagiranja na vrijeme ukoliko se očekuju značajne promjene, bilo na strani ponude, bilo na strani potražnje.

Prema Heizeru i dr.[546] zalihe imaju nekoliko **funkcija** koje pružaju fleksibilnost poslovanju poduzeća. To su:

1. Omogućuju izbor proizvoda za zadovoljavanje zahtjeva kupaca te odvajaju poduzeće od fluktuacija u potražnji (takve zalihe su tipične za maloprodaju).
2. Razdvajaju različite dijelove proizvodnog procesa. Primjerice, ukoliko zalihe poduzeća osciliraju, dodatne zalihe su neophodne kako bi se razdvojio proizvodni proces od dobavljača.
3. Koriste popuste na količinu, jer kupnje u većim količinama mogu smanjiti troškove robe ili dostave.
4. Zaštita od inflacije i mijenjanja cijena na više.

Zalihe robe na skladištu mogu se klasificirati prema **vrsti** robe koja se skladišti (zalihe sirovina i materijala, zalihe dijelova i poluproizvoda te zalihe gotovih proizvoda) te **stvarnoj i planiranoj količini**.[547]

Poduzeća u pravilu imaju **četiri vrste zaliha**:[548]

1. zalihe sirovina i materijala
2. zalihe dijelova i poluproizvoda, odnosno zalihe u toku procesa
3. zalihe za održavanje / popravak / operativnu opskrbu
4. zalihe gotovih proizvoda

*Zalihe sirovina i materijala* su kupljene, ali još neobrađene sirovine i materijali. Ove zalihe se mogu koristiti za razdvajanje (tj. odvajanje) dobavljača od proizvodnog procesa. Međutim, kada bi se uklonila varijabilnost dobavljača u pogledu kvalitete, količine ili vremena isporuke, navedeno odvajanje ne bi bilo potrebno.

543 Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2011). *Essentials of operations management*. Pearson. str. 198.
544 Šamanović, J. (2009). *Prodaja Distribucija Logistika (teorija i praksa)*. Split: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu. str. 203.
545 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons. str. 557.
546 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson. str. 490.
547 Šamanović, J. (2009). *op.cit*. str. 205.
548 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit*. str. 490-491.

*Zalihe dijelova i poluproizvoda, odnosno zalihe u toku procesa* su komponente ili sirovine koje su prošle neku promjenu, ali nisu završene. Riječ je o poluproizvodima koji idu kroz proces, ali i čekaju na obradu iz raznih razloga, dakle o zalihama u toku procesa proizvodnje. Zbog dugog čekanja na obradu tih poluproizvoda/komponenti/dijelova produžava se ciklus proizvodnje (vrijeme rada je vrlo malo u odnosu na ukupno vrijeme koliko je 'proizvod' u procesu).

*Zalihe za održavanje / popravak / operativnu opskrbu* su zalihe namijenjene za održavanje proizvodnih strojeva i procesa. One postoje s obzirom da je nepoznato vrijeme za održavanje i popravak neke opreme. Iako je potražnja za ovim zalihama često funkcija rasporeda održavanja, potrebno je predvidjeti i druge nepredviđene zahtjeve za ovim zalihama.

*Zalihe gotovih proizvoda* su završeni proizvodi koji čekaju na isporuku. Gotovi proizvodi mogu se držati na zalihama i zbog neizvjesne buduće potražnje.

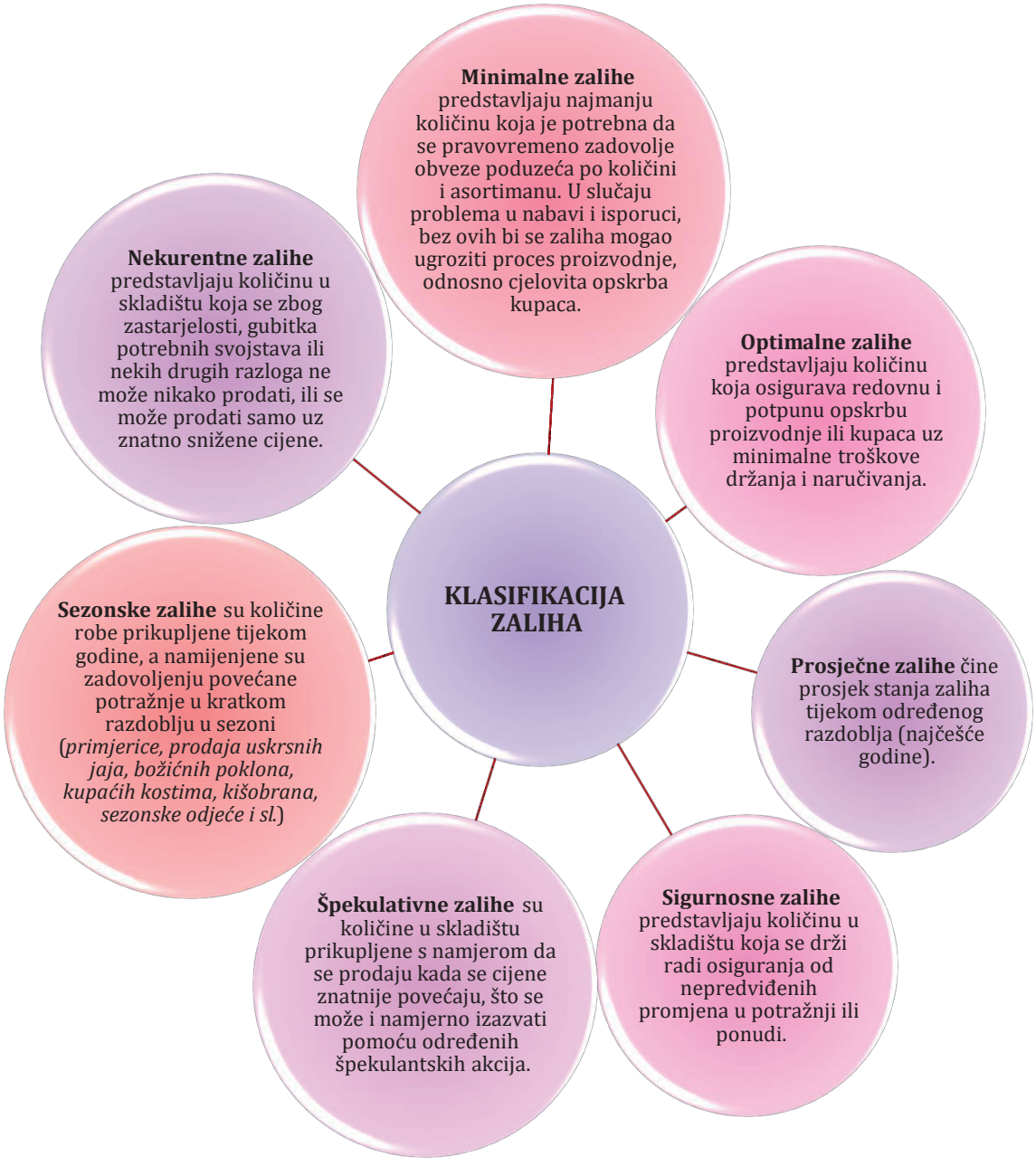
S obzirom na **planirani normativ, stanje, motiv i potrebu za kontinuiranim odvijanjem procesa proizvodnje**, odnosno prodaje, zalihe se mogu podijeliti na:[549]

a) minimalne zalihe
b) optimalne zalihe
c) prosječne zalihe
d) sigurnosne zalihe
e) špekulativne zalihe
f) sezonske zalihe
g) nekurentne zalihe

Kratak opis navedenih zaliha moguće je vidjeti na slici 17.1.[550]



[549] Šamanović, J. (2009). *op.cit.* str. 205.
[550] Prilagođeno prema: Šamanović, J. (2009). *op.cit.* str. 205-208.




***Slika 17.1. Klasifikacija zaliha***

Kako se do sada vidjelo, zalihe je teško izbjeći. Njihovo postojanje ima određene prednosti i nedostatke.

**Prednosti držanja zaliha** su sljedeće: [551]

- Zalihe su osiguranje od nesigurnosti.
- Zalihe mogu neutralizirati nedostatak fleksibilnosti.
- Zalihe se mogu nabaviti po vrlo povoljnim cijenama, kada se dobavljači 'rješavaju' svojih gotovih proizvoda radi smanjenja vlastitih zaliha.
- Zalihe se mogu koristiti za prognoziranje budućih potražnji.
- Mogu smanjiti ukupne troškove.
- Zalihe mogu povećati svoju vrijednost i tako postati investicija.
- Fizičke zalihe potpomažu neometano obavljanje procesa u lancu opskrbe dok su nove zalihe u transportu.
- Repovi (redovi) kupaca pomažu u usklađivanju kapaciteta i potražnje, što je bitno u poduzećima koja imaju skupe resurse, bilo ljude, bilo opremu (liječnici, pravnici, MR uređaji i sl.).
- Repovi kupaca omogućuju određivanje prioriteta tako da hitni slučajevi idu prvi, a manje hitni čekaju.
- Čekanje u repu pruža kupcima vrijeme za izbor, *primjerice u restoranima brze hrane*.
- Repovi omogućuju učinkovito korištenje resursa. *Primjerice, ako postoji red za jedan lift, bolje će se iskoristiti njegov kapacitet*.
- Baze podataka omogućuju učinkoviti multi-razinski pristup, jer su relativno jeftin način pohranjivanja informacija.
- Baze podataka omogućuju pojedinačno prikupljanje podataka. Nema potrebe za prikupljanjem podataka prilikom svake transakcije s kupcima ili dobavljačima, iako se može tražiti provjera.
- Baze podataka ubrzavaju proces. *Primjerice, Amazon pohranjuje naše podatke vezane za adresu, karticu i slično, ako se s time složimo, što pri sljedećoj kupnji ubrzava proces*.

**Nedostaci držanja zaliha** su:[552]

- Zalihe vezuju novac u obliku obrtnog kapitala koji je stoga nedostupan za druge svrhe kao što je smanjenje zaduživanja ili ulaganje u opremu.
- Zalihe uzrokuju troškove skladištenja (prostor za držanje zaliha, održavanje odgovarajućih uvjeta, itd.).
- Zalihe mogu postati zastarjele ako se pojave nove mogućnosti (novi, bolji materijali, sirovine, poluproizvodi i sl.).
- Zalihe mogu biti oštećene.
- Zalihe mogu biti izgubljene ili ih je skupo nadoknaditi, jer su se zagubile među drugim zalihama.
- Zalihe mogu biti opasne za pohranu (*primjerice zapaljiva otapala, eksplozivi, kemikalije i lijekovi*), jer zahtijevaju posebne prostore i sustave za sigurno rukovanje.
- Zalihe koriste prostor koji bi se mogao upotrijebiti za procese koji dodaju novu vrijednost.
- Zalihe uključuju administrativne troškove i troškove osiguranja.

Neadekvatna kontrola zaliha može rezultirati malim ili prekomjernim zalihama. **Niska razina zaliha** (engl*. understocking*) rezultira propuštenim isporukama, izgubljenom prodajom, neza-

[551] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. Pearson. str. 372-374.
[552] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston R. (2011). *op.cit*. str. 201.

dovoljnim klijentima i zastojima u proizvodnji. **Prekomjerne zalihe** (engl. *overstocking*) zauzimaju prostor i vezuju sredstva koja bi mogla biti produktivnija negdje drugdje. Iako se čini da više zaliha stvara manje zla, cijena za prekomjerne zalihe može biti zapanjujuća jer su u pravilu troškovi držanja zaliha veliki.[553]

## 17.3. ZAHTJEVI ZA EFIKASNIM UPRAVLJANJEM ZALIHAMA

Operacijski menadžment širom svijeta prepoznao je koliko je efikasno upravljanje zalihama ključno za uspješno poslovanje. S jedne strane, smanjenjem zaliha poduzeće može smanjiti troškove, a s druge strane, zbog nedovoljnih zaliha, proizvodnja se može zaustaviti ili kasniti. Kako se zalihe proizvoda troše, kašnjenje u proizvodnji može dovesti do nezadovoljstva kupaca ako tog proizvoda više nema na skladištu (engl. *out of stock, OOS*).[554] Dakle, kod upravljanja zalihama menadžment mora voditi računa o dvije stvari. Prva se odnosi na **razinu usluge za korisnike**, tj. da poduzeće ima odgovarajuće proizvode na pravome mjestu, u pravom trenutku i u dovoljnim količinama. Druga se odnosi na **troškove naručivanja i držanja zaliha** koji tvore ukupne troškove zaliha, a trebali bi biti što manji. Iz ovog proizlazi **opći cilj upravljanja zalihama**, a to je postizanje zadovoljavajuće razine usluge za korisnike, uz održavanje troškova zaliha u razumnim granicama.[555] Odnosno, cilj upravljanja zalihama je postizanje ravnoteže između ulaganja u zalihe i usluživanja kupaca. Mnogi teoretičari naglašavaju da se nikad ne može postići strategija niskih troškova bez efikasnog upravljanja zalihama.[556]

Menadžment ima **dvije osnovne funkcije** u vezi sa zalihama. Jedna je uspostaviti sustav za praćenje stanja na zalihama, a druga je donijeti odluke o tome koliko i kada naručiti. Da bi **uspješno upravljao zalihama, menadžment treba** sljedeće:[557]

- sustav za praćenje zaliha
- pouzdanu prognozu potražnje koja uključuje naznake moguće pogreške prognoziranja
- znanja o rokovima isporuke i njihovoj varijabilnosti
- razumnu procjenu troškova zaliha
- sustav klasifikacije zaliha.

U nastavku teksta će se objasniti navedeni zahtjevi.

### • *Sustav za praćenje zaliha*

Općenito, razlikuje se zavisna i nezavisna potražnja pa se tako razlikuju i modeli upravljanja zalihama u ovisnosti o tome je li potražnja zavisna ili nezavisna. Kod zavisne potražnje upravljanje zalihama temelji se na **filozofiji potreba**, što znači da se stavke naručuju samo ako za njima postoji potreba. Kod nezavisne potražnje upravljanje zalihama temelji se na **filozofiji popunjavanja**, što znači da se stavke naručuju onako kako se troše sa skladišta, tj. zalihe se popunjavaju neovisno o tome postoji li stvarna potreba za njima. Stavke zavisne potražnje su

553 Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. McGraw-Hill Education. str. 550.
554 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit*. str. 490.
555 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit*. str. 550.
556 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 490.
557 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit*. str. 551.

obično sastavni dijelovi ili sklopovi koji se koriste u procesu proizvodnje konačnog proizvoda, a njihova količina ovisi o broju gotovih proizvoda koji se žele proizvesti. Stavke nezavisne potražnje su konačni ili gotovi proizvodi čiju potražnju određuje vanjsko tržište te stoga ona nadilazi izravnu kontrolu poduzeća.[558] Ovisno u kojem sustavu potražnje posluje poduzeće, ono izabire odgovarajući model upravljanja zalihama, a o njima će biti više riječi u ovom i sljedećem poglavlju.

- ***Pouzdana prognoza potražnje***

Polazna točka upravljanja zalihama je potražnja korisnika. Zalihe postoje kako bi se zadovoljila njihova potražnja. Korisnici mogu biti unutar organizacije, *primjerice majstor koji čeka dio proizvoda ili djelomično završeni proizvod kako bi radio na njemu*. Korisnici također mogu biti izvan organizacije, *primjerice kupci pojedinačnih proizvoda na tržištu namirnica*. U svakom slučaju, ključna odrednica efikasnog upravljanja zalihama je točna prognoza potražnje. O prognozi potražnje bilo je riječi u poglavlju 12, a ovdje se naglašava ključna činjenica da je dobra prognoza temelj dobrog planiranja proizvodnje.

- ***Poznavanje roka isporuke i njegove varijabilnosti***

Za efikasno upravljanje zalihama važno je znati **vrijeme isporuke**, odnosno vrijeme između slanja narudžbe i prijema stavki. Osim navedenog, menadžment treba znati **u kojoj mjeri vrijeme isporuke može varirati**, kako bi se smanjio rizik nedostatka zaliha između isporuka.[559]

- ***Troškovi zaliha***

Poznavanje troškova zaliha ključno je za uspješno upravljanje zalihama. **Relevantni troškovi** koje treba uzeti u obzir uključuju troškove naručivanja, troškove kupnje, troškove držanja te troškove nedostatka zaliha. Slika 17.2.[560] daje detaljan popis izvora pojedine skupine troškova.

**Trošak naručivanja** predstavlja trošak koji direktno ovisi o broju narudžbi koji se plasira. Priprema narudžbe, prijevoz, prijem te kontrola po dolasku glavne su komponente troška naručivanja prilikom kupnje od dobavljača.

**Trošak kupnje** je iznos koji se plaća dobavljaču za kupljene sirovine ili materijale. To je u pravilu najveći dio svih troškova zaliha, jer se odnosi na vrijednost kupljene robe.

**Trošak držanja zaliha** je trošak koji direktno ovisi o broju stavki koji se drži na zalihama. Trošak propuštenih mogućnosti za neka druga ulaganja umjesto u zalihe predstavlja glavnu komponentu troška držanja zaliha. Ostale komponente su troškovi osiguranja, troškovi zastarjelosti, troškovi kvarenja, troškovi skladištenja te direktni troškovi održavanja.[561]

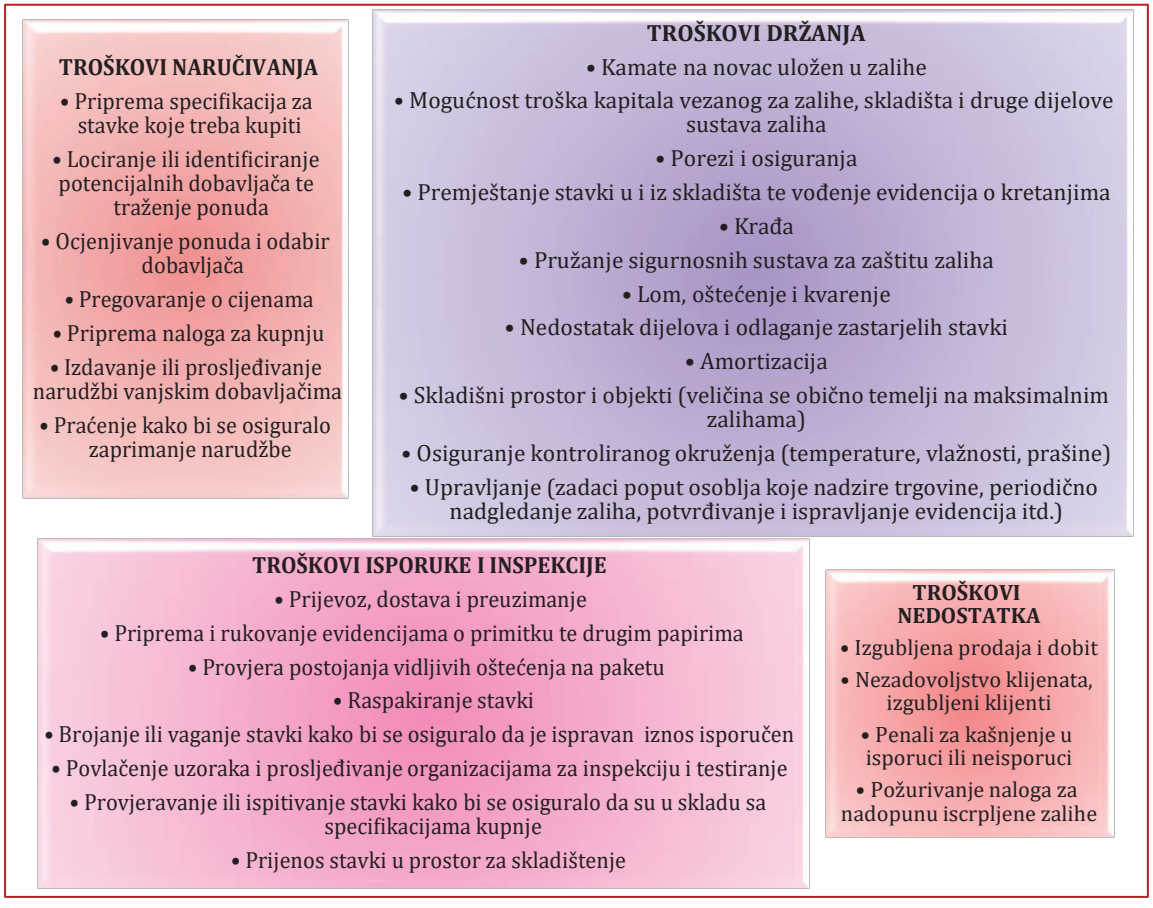
---

558 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 557.
559 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 553.
560 Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin. str. 482.
561 Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *op.cit.* str. 481.

**Trošak nedostatka zaliha** odnosi se na ekonomske posljedice nedostatka zaliha te se izravno mijenja s brojem jedinica koje nisu na zalihi. Ovaj trošak se javlja u dva slučaja:

a) Uz pretpostavku da isporuka stavki nije izvršena, odnosno da je prolongirana, klijent čeka dok stavke stignu. U ovom slučaju može doći do gubitka goodwilla ili budućih poslova vezanih uz izvršavanje narudžbi. Gubitak povoljne prilike računa se kao trošak nedostatka zaliha.

b) Do drugog slučaja dolazi kada je izgubljena prodaja, budući da stavka nije na raspolaganju. Navedenim je izgubljen profit od prodaje, kao i goodwill, što može dovesti do gubitka budućih prodaja.[562]




***Slika 17.2. Troškovi zaliha***

## • *Sustav klasifikacije zaliha*

Važan aspekt upravljanja zalihama jest činjenica da stavke koje se drže na zalihama nisu jednake važnosti u pogledu vrijednosti, potencijalnih dobitaka, prodaje ili obujma korištenja te mogućih penala. Stoga je razvijen **A–B–C pristup** koji klasificira zalihe prema nekoj mjeri važnosti, najčešće vrijednosti stavki, a zatim vrši kontrolu zaliha prema njihovoj klasifikaciji. Sam naziv pristupa pokazuje da je riječ o tri skupine stavki: A (vrlo važne stavke), B (umjereno važne stav-

[562] Schroeder, R. G. (1999). *Upravljanje proizvodnjom: Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. 4. izdanje. Zagreb: Mate. str. 585.

ke) i C (najmanje važne stavke). Međutim, stvarni broj kategorija stavki može se razlikovati od poduzeća do poduzeća, ovisno o tome u kojoj mjeri poduzeće želi kontrolirati zalihe.

Skupina A obično sadržava 10 do 20 % vrsta stavki koje čine između 60 do 80 % vrijednosti zaliha. Skupina C, pak, može sadržavati 50 do 60 % vrsta stavki koje čine samo 5 do 10 % ukupne vrijednosti zaliha. Veći je problem kod ove skupine stavki taj što za tako malu vrijednost zaliha treba potrošiti mnogo vremena na kontrolu velikog broja stavki. Skupina B sadržava između 20 i 30 % vrsta stavki koje čine oko 15 % vrijednosti zaliha. Navedeni postoci razlikuju se od poduzeća do poduzeća, ali u većini slučajeva relativno mali broj stavki čini veći dio vrijednosti ili troškova povezanih sa zalihama.

Ovaj sustav klasifikacije zaliha prikazat će se kroz primjer 17.1.

***Primjer 17.1. A–B–C sustav klasifikacije zaliha gotovih proizvoda***

Menadžment jednog poduzeća je dobio procijenjene vrijednosti godišnje potražnje te jedinične troškove za 10 proizvoda koji se nalaze na zalihama. Proizvodi se žele kategorizirati po A–B–C pristupu. Množenjem godišnje potražnje svakog proizvoda s jediničnim troškovima dobije se godišnja vrijednost zaliha. Navedeni podaci nalaze se u tablici 17.1.

***Tablica 17.1. Ulazni podaci za kategorizaciju A–B–C pristupom***

| Broj proizvoda | Godišnja potražnja | Jedinični troškovi | Godišnja vrijednost zaliha | Kategorija |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.300 | 170 | 221.000 | C |
| 2 | 700 | 100 | 70.000 | C |
| 3 | 300 | 350 | 105.000 | C |
| 4 | 1.500 | 2.700 | 4,050.000 | A |
| 5 | 2.500 | 1.300 | 3,250.000 | A |
| 6 | 9.000 | 7 | 63.000 | C |
| 7 | 3.700 | 200 | 740.000 | B |
| 8 | 900 | 800 | 720.000 | B |
| 9 | 1.100 | 130 | 143.000 | C |
| 10 | 300 | 150 | 45.000 | C |

Menadžment želi utvrditi kojih 10 do 20 % proizvoda čini 60 do 80 % ukupne godišnje vrijednosti zaliha te kojih 50 do 60 % proizvoda čini 5 do 10 % ukupne godišnje vrijednosti zaliha.

Kako bi se to utvrdilo, najprije je potrebno sortirati proizvode prema godišnjim vrijednostima zaliha, i to:

- od najveće do najmanje vrijednosti (tablica 17.2)
- od najmanje do najveće vrijednosti (tablica 17.3).

Nakon toga potrebno je izračunati udio vrijednosti svakog proizvoda u ukupnoj vrijednosti (postotak godišnje vrijednosti zaliha), a u posljednjem stupcu tablica 17.2. i 17.3. izračunat je kumulativni postotak.

***Tablica 17.2. Sortirani proizvodi od najveće do najmanje godišnje vrijednosti zaliha***

| Godišnja vrijednost zaliha | Broj proizvoda | Postotak godišnje vrijednosti zaliha | Kumulativni postotak |
|---|---|---|---|
| 4.050.000 | 4 | 4.050.000 / 9.407.000 = 43,05 % | 43,05 % |
| 3.250.000 | 5 | 3.250.000 / 9.407.000 = 34,55 % | 43,05 % + 34,55% = 77,60 % |
| 740.000 | 7 | 740.000 / 9.407.000 = 7,87 % | 77,60 % + 7,87% = 85,47 % |
| 720.000 | 8 | 720.000 / 9.407.000 = 7,65 % | 85,47 % + 7,65% = 93,12 % |
| 221.000 | 1 | 221.000 / 9.407.000 = 2,35 % | 93,12 % + 2,35% = 95,47 % |
| 143.000 | 9 | 143.000 / 9.407.000 = 1,52 % | 95,47 % + 1,52% = 96,99 % |
| 105.000 | 3 | 105.000 / 9.407.000 = 1,12 % | 96,99 % + 1,12% = 98,11 % |
| 70.000 | 2 | 70.000 / 9.407.000 = 0,74 % | 98,11 % + 0,74% = 98,85 % |
| 63.000 | 6 | 63.000 / 9.407.000 = 0,67 % | 98,85 % + 0,67% = 99,52 % |
| 45.000 | 10 | 45.000 / 9.407.000 = 0,48 % | 99,52 % + 0,48% = 100,00 % |
| 9.407.000 | | | |

***Tablica 17.3. Sortirani proizvodi od najmanje do najveće godišnje vrijednosti zaliha***

| Godišnja vrijednost zaliha | Broj proizvoda | Postotak godišnje vrijednosti zaliha | Kumulativni postotak |
|---|---|---|---|
| 45.000 | 10 | 45.000 / 9.407.000 = 0,48 % | 0,48 % |
| 63.000 | 6 | 63.000 / 9.407.000 = 0,67 % | 0,48 % + 0,67& = 1,15 % |
| 70.000 | 2 | 70.000 / 9.407.000 = 0,74 % | 1,15 % + 0,74% = 1,89 % |
| 105.000 | 3 | 105.000 / 9.407.000 = 1,12 % | 1,89 % + 1,12% = 3,01 % |
| 143.000 | 9 | 143.000 / 9.407.000 = 1,52 % | 3,01 % + 1,52% = 4,53 % |
| 221.000 | 1 | 221.000 / 9.407.000 = 2,35 % | 4,53 % + 2,35% = 6,88 % |
| 720.000 | 8 | 720.000 / 9.407.000 = 7,65 % | 6,88 % + 7,65% = 14,53 % |
| 740.000 | 7 | 740.000 / 9.407.000 = 7,87 % | 14,53 % + 7,87% = 22,40 % |
| 3.250.000 | 5 | 3.250.000 / 9.407.000 = 34,55 % | 22,40 % + 34,55% = 56,95 % |
| 4.050.000 | 4 | 4.050.000 / 9.407.000 = 43,05 % | 56,95 % + 43,05% = 100,00 % |
| 9.407.000 | | | |

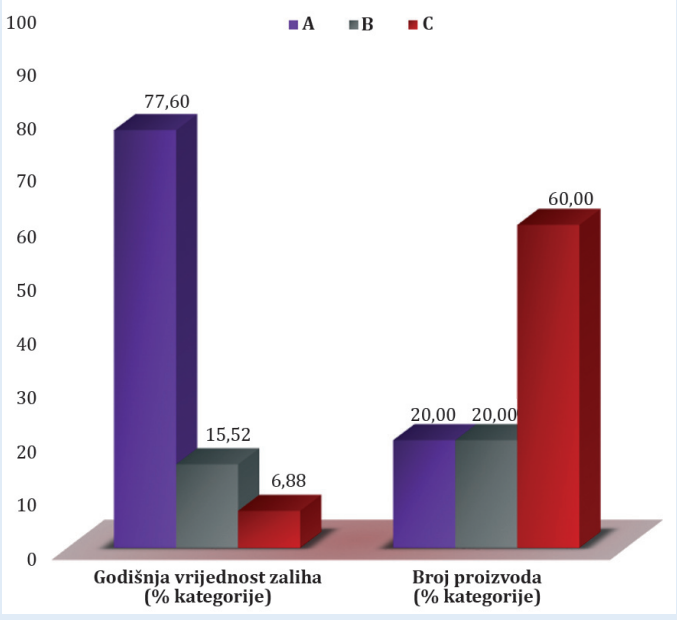
Temeljem podataka dobivenih u tablicama 17.2. i 17.3. menadžment zaključuje da sve proizvode koji imaju godišnju vrijednost zaliha od 3.000.000 kn i više treba svrstati u kategoriju A, dok sve proizvode koji imaju godišnju vrijednost zaliha ispod 700.000 kn treba svrstati u kategoriju C. Preostale proizvode treba svrstati u kategoriju B.

U tablici 17.4. grupirani su proizvodi na navedeni način.

***Tablica 17.4. Grupiranje proizvoda u tri kategorije***

| Kategorija | Broj proizvoda | Godišnja vrijednost zaliha | Godišnja vrijednost zaliha po kategorijama | | Broj proizvoda po kategorijama | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ukupno | Postotak | Ukupno | Postotak |
| A | 4 | 4.050.000 | 7.300.000 | 77,60 % | 2 | 20,00 % |
| A | 5 | 3.250.000 | | | | |
| B | 7 | 740.000 | 1.460.000 | 15,52 % | 2 | 20,00 % |
| B | 8 | 720.000 | | | | |
| C | 1 | 221.000 | 647.000 | 6,88 % | 6 | 60,00 % |
| C | 9 | 143.000 | | | | |
| C | 3 | 105.000 | | | | |
| C | 2 | 70.000 | | | | |
| C | 6 | 63.000 | | | | |
| C | 10 | 45.000 | | | | |

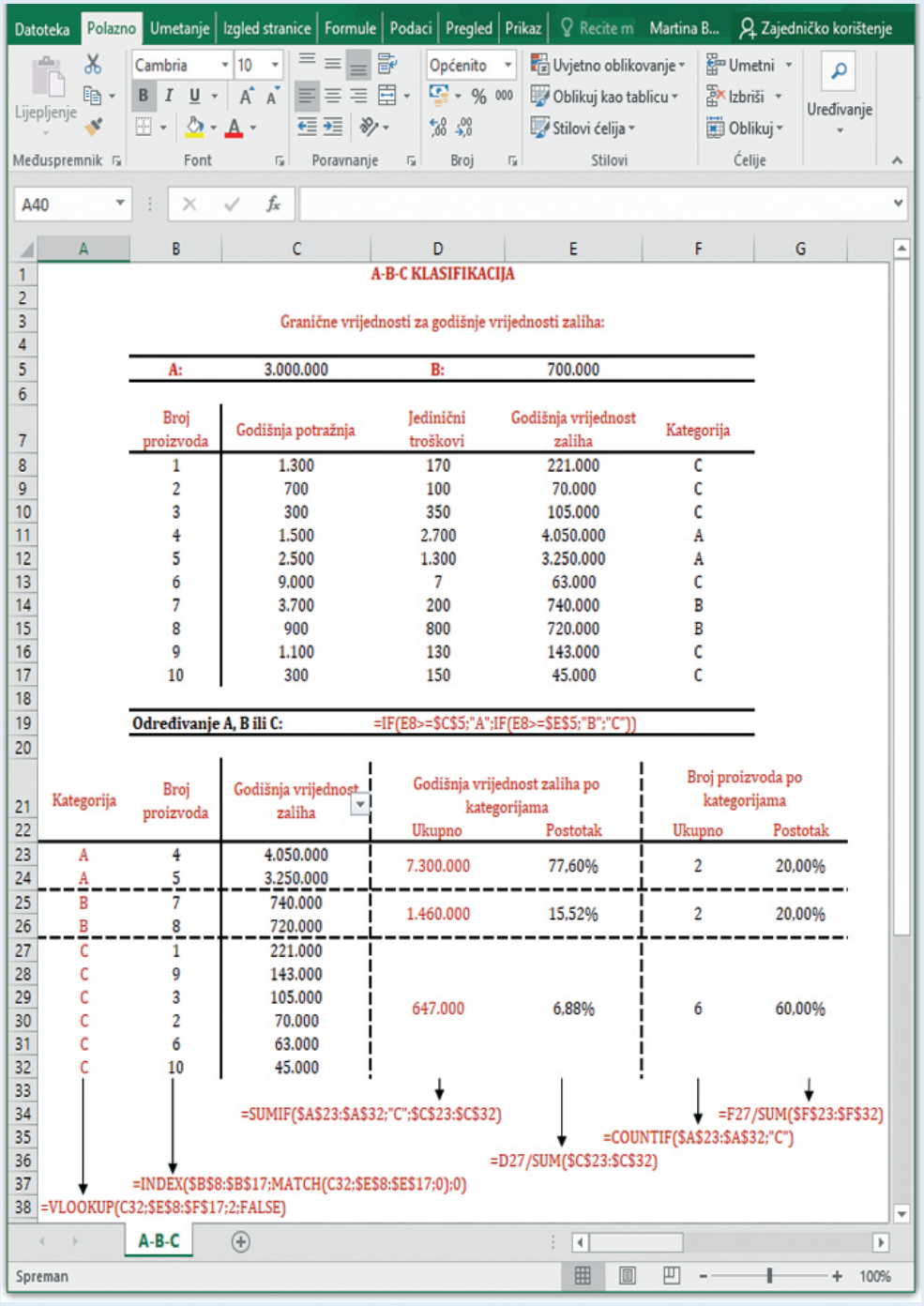
Moguće je primijetiti u tablici 17.4. te na slici 17.3. da kategorija A ima samo 2 proizvoda (Proizvod 4 i Proizvod 5), ali ta dva proizvoda ostvaruju najviši postotak godišnje vrijednosti zaliha (77,60 % – 7.300.000 kn), dok kategorija C ima najveći broj proizvoda (6 proizvoda – 60 % proizvoda), ali s malim postotkom godišnje vrijednosti zaliha (6,88 %).




***Slika 17.3. A – B – C klasifikacija***

### *Rješenje A-B-C klasifikacije zaliha pomoću Excela*

A-B-C klasifikaciju moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 17.1. data su na slici 17.4.




***Slika 17.4. A–B–C klasifikacija zaliha u Excelu***

## 17.4. SUSTAVI UPRAVLJANJA ZALIHAMA U NEZAVISNOJ POTRAŽNJI

U praksi se koriste različiti sustavi upravljanja zalihama. Tako, primjerice, banke imaju metode za kontrolu svojih zaliha novca, bolnice imaju metode za kontrolu zaliha krvi i lijekova, vladine agencije, škole i sva proizvodna poduzeća imaju metode za planiranje i kontroliranje zaliha.[563]

Kao što je u točki 17.3. napisano, razlikuje se **zavisna i nezavisna potražnja**. U ovisnosti o vrsti potražnje, razlikuju se sustavi upravljanja zalihama, tako da se govori o **sustavima upravljanja zalihama u zavisnoj potražnji i o sustavima upravljanja zalihama u nezavisnoj potražnji**. U nastavku ovog poglavlja objasnit će se sustavi koji se koriste u nezavisnoj potražnji.

Sustavi se razlikuju u metodama koje daju odgovore na dva pitanja: (1) Kada bi trebalo plasirati narudžbu? (2) Koju količinu bi trebalo naručiti? U ovom poglavlju ograničit će se rasprava na dva najčešće korištena sustava upravljanja zalihama: kontinuirani sustav i periodični sustav.[564]

**Kontinuirani sustav** *zaliha prati neprekidno promjene zaliha, tako da sustav može pružiti informacije o trenutnoj razini zaliha za svaku stavku*. Kada iznos zaliha dosegne unaprijed određenu vrijednost (signalna količina[565]), naručuje se fiksna količina, odnosno *količina narudžbe*. **Prednosti** ovog sustava su stalna, kontinuirana kontrola stanja zaliha te uvijek poznata, fiksna količina narudžbe. Sustav kontinuiranog nadzora ima i svoje **nedostatke**. Jedan je što postoji trošak vođenja zaliha. Drugi je što je potrebno periodično provoditi fizičko brojanje zaliha kako bi se provjerile evidencije zbog mogućih pogrešaka, kvarova, kvarenja te drugih čimbenika koji mogu smanjiti efikasnu količinu zaliha. *Primjer kontinuiranog evidentiranja promjena u zalihama jesu bankarske transakcije, kao što su primanje depozita i isplate klijentima.*

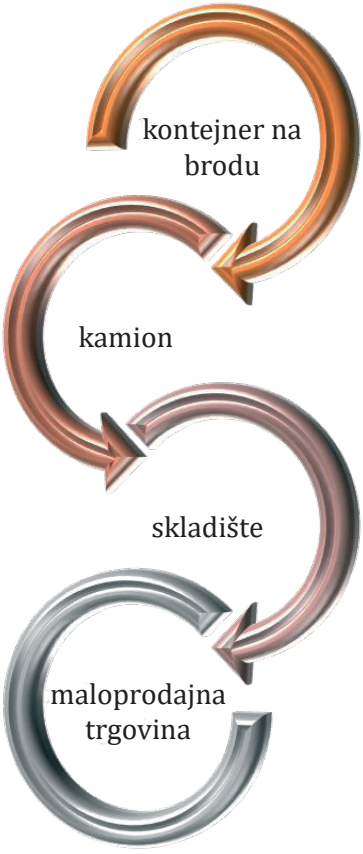
Kod **periodičnog sustava** *fizički broj stavki na zalihama kontrolira se u periodičnim, fiksnim intervalima (npr. tjedno, mjesečno) kako bi se odlučilo koliko treba naručiti svake stavke.* Mnogi mali trgovci koriste ovaj pristup. Menadžment periodički provjerava police i skladište kako bi odredio količinu koja nedostaje do ciljane razine zaliha. Nakon toga procjenjuje potražnju prije sljedećeg razdoblja isporuke te na temelju te informacije određuje količinu narudžbe. Dakle, ovaj sustav karakterizira fiksni interval praćenja zaliha te varijabilna količina narudžbe (razlika između ciljane visine zaliha i postojećeg stanja na zalihama). **Prednost** sustava je u tome što se istodobno mogu naručiti različite stavke, što može rezultirati smanjenjem troška naručivanja. Sustav ima i nekoliko **nedostataka**. Jedan je nedostatak kontrole između dva razdoblja nadgledanja zaliha, dok je drugi potreba držanja većih razina zaliha kako bi se zaštitilo od nedostatka zaliha između dva razdoblja nadgledanja zaliha.

Kontinuirani sustav često uključuje alate informacijske tehnologije radi poboljšanja brzine i točnosti unosa podataka. Poznati primjer je računalni sustav naplate s laserskim skenerom koji koriste mnogi supermarketi i maloprodajne prodavaonice. Laserski skener očitava univerzalni kod proizvoda (engl. *universal product code, UPC*) ili barkod s paketa proizvoda. Posljedica toga

563 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 490.
564 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 551.
565 Signalna količina je količina zaliha koja **signalizira da se treba poslati narudžba** za novu, fiksnu količinu koja se naručuje. Signalna količina zaliha je veća od minimalne zalihe.

je da je transakcija odmah zabilježena, a stanje zaliha ažurirano. Takav sustav nije samo brz i točan, već pruža menadžmentu kontinuirano ažurirane informacije o razini zaliha.[566] Bar kodiranje je važno i za ostale djelatnosti, kao što su, primjerice, proizvodnja i usluge. *U proizvodnji, bar kodovi pričvršćeni na dijelove, sklopove i gotove proizvode uvelike olakšavaju brojanje i nadzor promatranih stavki. Pored toga, bar kodovi omogućavaju automatsko usmjeravanje, raspoređivanje, sortiranje i pakiranje stavki. U zdravstvenoj pak zaštiti upotreba bar kodova može pomoći u smanjenju pogrešaka prilikom izdavanja lijekova*.[567]

Kako je već rečeno, praćenje stavki na zalihama pomoću bar kodova u maloprodaji je vrlo djelotvorno pri rukovanju pojedinim artiklima. Međutim, praćenje neke palete dok se kreće kroz opskrbni lanac (od kontejnera broda do kamiona, istovarena u skladište te u konačnici natovarena na drugi kamion kako bi se dostavila u maloprodajnu trgovinu, slika 17.5) može biti znatno olakšano korištenjem radio frekvencijskih identifikacija (engl. *radio frequency identification, RFID*).[568]




***Slika 17.5. Kretanje palete kroz opskrbni lanac***

RFID je koncept u kojem se na paletu umetne mali radio uređaj koji prenosi informacije automatski identificirajući promjene dok se paleta kreće kroz opskrbni lanac. Postoje mnoge mo-

566 Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit*. str. 559.
567 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit*. str. 553.
568 Ovaj koncept objašnjen je u poglavlju 5 u točki 5.6. Tehnološke inovacije i izbor procesa

gućnosti za primjenu RFID-a i u uslugama, kao što su, *primjerice, medicinske narukvice za pacijente u bolnicama*.[569]

## 17.4.1. Kontinuirani sustavi

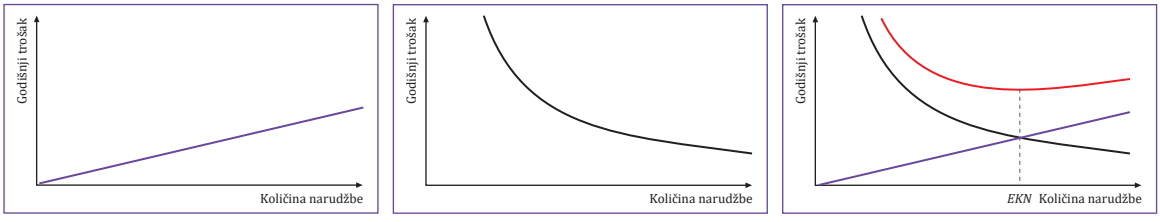
U kontinuiranom sustavu nadgledanja zalihe se stalno provjeravaju, te kada razina zaliha dostigne unaprijed dogovorenu točku, naručuje se određena fiksna količina zaliha.

Unutar kontinuiranog sustava promatrat će se sljedeći **modeli upravljanja zalihama**:
1. model ekonomične količine narudžbe
2. model ekonomične količine proizvodnje
3. popusti na količinu

U navedenim modelima razmatrat će se pitanje koju količinu je potrebno naručiti ili proizvesti odjednom kako bi se minimalizirali troškovi upravljanja zalihama, no neće se promatrati pitanje kada je potrebno naručiti ili proizvesti ekonomičnu količinu. Odgovor na ovo pitanje dat će točka *17.4.1.4. Točka ponovne narudžbe*.

### *17.4.1.1. Ekonomična količina narudžbe*

Prvi model upravljanja zalihama razvijen je kako bi se pojednostavnilo upravljanje zalihama. Riječ je o modelu ekonomične količine narudžbe (engl. *Economic Order Quantity, EOQ*). **Temeljna funkcija** ovog modela bila je definirati optimalnu veličinu narudžbe koja bi minimalizirala ukupne troškove zaliha. U ostvarivanju ove funkcije, model ekonomične količine narudžbe stavio je u odnos **dvije komponente troškova zaliha**: trošak držanja zaliha i trošak naručivanja, što prikazuje slika 17.6.




(a) Trošak držanja zaliha (b) Trošak naručivanja (c) Ukupni trošak

***Slika 17.6. Troškovi kao funkcija količine narudžbe***

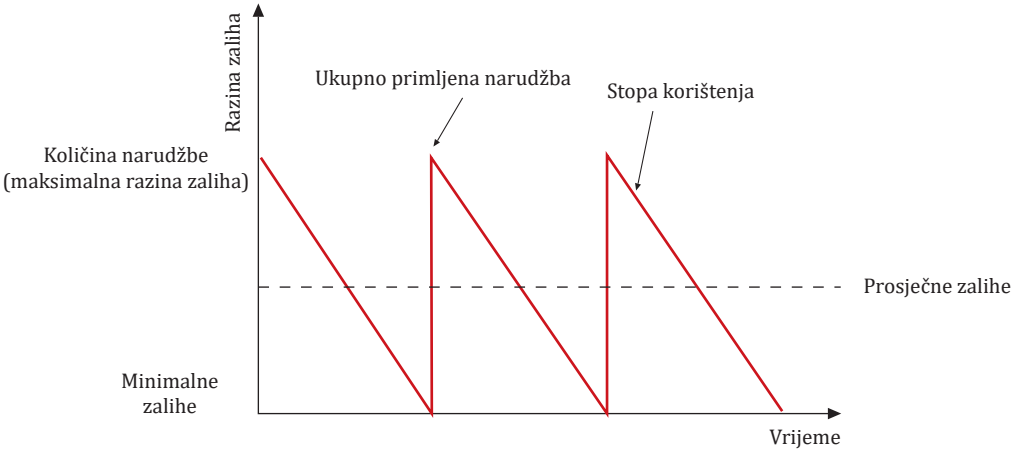
Iz slike 17.6. vidljivo je kako troškovi držanja zaliha rastu linearno s količinom narudžbe, a trošak naručivanja opada s većom količinom naručene robe. Navedena dva troška su obrnuto proporcionalna. Što se naručuje veća količina, na skladištu će se nalaziti veća količina zaliha te će troškovi držanja zaliha rasti (slika a), no to znači da će biti potreban manji broj narudžbi te će troškovi naručivanja padati (slika b). **Optimalna količina narudžbe** (*EKN*) je dakle ona količina pri kojoj se minimaliziraju ukupni troškovi zaliha, odnosno točka u kojoj se sijeku trošak držanja zaliha i trošak naručivanja (slika c).

[569] Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *op.cit.* str. 478.

Model ekonomične količine narudžbe temelji se na **nekoliko pretpostavki**:[570]

a) Količina potražnje je konstantna, ponavljajuća i poznata.
b) Vrijeme trajanja procesa realizacije narudžbe je konstantno i poznato.
c) Nije dopušten nikakav nedostatak zaliha.
d) Cijela narudžba se zaprima odjednom.
e) Specifična se struktura troškova koristi kako slijedi: troškovi jedinice proizvoda su konstantni, a za kupnju velike količine ne dobije se popust. Troškovi skladištenja zaliha ovise linearno o prosječnoj razini zaliha, dok za svaku narudžbu postoje fiksni troškovi narudžbe koji ne ovise o veličini narudžbe.
f) Predmet (stavka) je pojedinačan proizvod, ne postoji nikakva interakcija s drugim proizvodima.

Kada se uzmu u obzir navedene pretpostavke, model ekonomične količine narudžbe izgleda kao na slici 17.7.




***Slika 17.7. Model ekonomične količine narudžbe***

Prema slici 17.7. vidi se da su količina koja se naručuje i interval naručivanja isti, jer se polazi od pretpostavke da je potražnja konstantna, ponavljajuća i poznata. U ovakvom savršenom modelu upravljanja zalihama **ekonomična količina narudžbe** izračunava se prema formuli 17.1.

$$EKN = \sqrt{\frac{2*K*TNZ}{TDZ}} \qquad (17.1)$$

gdje su:

$EKN$ = ekonomična količina narudžbe (količina koja se naručuje)
$K$ = količina potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena)
$TDZ$ = trošak držanja zaliha (po jedinici proizvoda u jedinici vremena)
$TNZ$ = trošak naručivanja zaliha (po jednoj narudžbi)

Potrebno je primijetiti da količina potražnje ($K$) i trošak držanja zaliha ($TDZ$) trebaju biti zadani u istim vremenskim jedinicama.

[570] Schroeder, R. G. (1999). *op.cit.* str. 588.

Oznakom *K* izražava se **količina godišnje potražnje**. Ukoliko je količina potražnje izražena u jedinici vremena kraćoj od godine dana (mjesečno, tjedno, dnevno), koristit će se sljedeće oznake:

$K_m$ = *količina mjesečne potražnje*
$K_t$ = *količina tjedne potražnje*
$K_d$ = *količina dnevne potražnje*

Oznakom *TDZ* izražava se **godišnji trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda**. Ukoliko je zadan trošak držanja zaliha u jedinici vremena kraćoj od godine dana (mjesečno, tjedno, dnevno), moguće je koristiti sljedeće oznake:

$TDZ_m$ = *mjesečni trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda*
$TDZ_t$ = *tjedni trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda*
$TDZ_d$ = *dnevni trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda*

Važno je još napomenuti kako će se kroz poglavlje broj **radnih dana** poduzeća označavati simbolom *RD*.

Kako je već ranije spomenuto, jedini troškovi u modelu ekonomične količine narudžbe su troškovi držanja zaliha i troškovi naručivanja, tako da se **ukupni godišnji troškovi zalihama**, ukoliko se naručuje ekonomična količina, izračunavaju formulom 17.2.

$$UGTZ = GTDZ + GTNZ \tag{17.2}$$

gdje su:

$UGTZ$ = ukupni godišnji trošak zaliha
$GTDZ$ = godišnji trošak držanja zaliha
$GTNZ$ = godišnji trošak naručivanja zaliha

**Godišnji trošak držanja zaliha** izračunava se prema formuli 17.3.

$$GTDZ = \frac{EKN}{2} * TDZ = Z_{pro} * TDZ \tag{17.3}$$

gdje je:

$Z_{pro}$ = prosječne zalihe

Moguće je primijetiti da je godišnji trošak držanja zaliha moguće izračunati pomoću **prosječnih zaliha** koje se računaju formulom 17.4.

$$Z_{pro} = \frac{EKN}{2} \tag{17.4}$$

**Godišnji trošak naručivanja zaliha** može se izračunati prema formuli 17.5.

$$GTNZ = \frac{K}{EKN} * TNZ = N_{br} * TNZ \tag{17.5}$$

gdje je:

$N_{br}$ = broj narudžbi u jedinici vremena

Moguće je primijetiti da je godišnji trošak naručivanja moguće izračunati pomoću **broja narudžbi u jedinici vremena** koje se računaju pomoću formule 17.6.

$$N_{br} = \frac{K}{EKN} \qquad (17.6)$$

Kod modela ekonomične količine narudžbe, potrebno je još znati odrediti **vrijeme između narudžbi u jedinici vremena** koje je moguće izračunati pomoću formule 17.7.

$$V = \frac{EKN}{K} \qquad (17.7)$$

gdje je:

$V$ = vrijeme između narudžbi u jedinici vremena

Oznakom $V$ izražava se vrijeme između narudžbi, u pravilu godišnje. Ukoliko je vrijeme između narudžbi izraženo u vremenu kraćem od godine dana, koristit će se sljedeće oznake:

$V_m$ = vrijeme između narudžbi izraženo u mjesecima
$V_t$ = vrijeme između narudžbi izraženo u tjednima
$V_d$ = vrijeme između narudžbi izraženo u danima

Model ekonomične količine narudžbe iznenađujuće je točan model *za maloprodajne artikle kao što su šećer, brašno i ostale elementarne namirnice*. Kod ovakvih proizvoda potražnja je konstantna jer veliki broj kupaca vrši povremene kupnje u malim količinama, dok rasprodaja tih artikala nije dopuštena.[571] Ovo pokazuje da je model ekonomične količine narudžbe i danas aktualan i primjenjiv. U nastavku će se prikazati jednostavan primjer izračuna *EKN* i troškova vezanih za ovaj model upravljanja zalihama.

***Primjer 17.2. Ekonomična količina narudžbe***

Jedno poduzeće nabavlja 200.000 proizvoda godišnje. Dnevni troškovi držanja zaliha iznose 0,002 kn po jedinici proizvoda, dok trošak naručivanja iznosi 720 kn. Poduzeće radi 360 dana u godini. Pitanja:

a) Koliki je godišnji trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda?
b) Kolika je ekonomična količina narudžbe?
c) Koliko puta godišnje je potrebno naručiti?
d) Koliko traje vrijeme između narudžbi?
e) Koliko iznose prosječne zalihe?
f) Koliko iznosi ukupni godišnji trošak zaliha ukoliko se naručuje optimalna količina?

RJEŠENJE:

$K$ = 200.000 proizvoda godišnje
$RD$ = 360 dana godišnje
$TDZ_d$ = 0,002 kn po jedinici proizvoda dnevno
$TNZ$ = 720 kn po jednoj narudžbi

[571] Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J (2011). *op.cit.* str. 482-483.

a) Godišnji trošak držanja zaliha iznosi 0,72 kn po jedinici proizvoda.

$$TDZ = TDZ_d * RD = 0,002 * 360 = 0,72 \text{ kn po jedinici proizvoda godišnje}$$

b) Ekonomična količina narudžbe je 20.000 proizvoda.

$$EKN = \sqrt{\frac{2 * K * TNZ}{TDZ}} = \sqrt{\frac{2 * 200.000 * 720}{0,72}} = 20.000 \text{ proizvoda}$$

c) Godišnje je potrebno naručiti 10 puta.

$$N_{br} = \frac{K}{EKN} = \frac{200.000}{20.000} = 10 \text{ narudžbi godišnje}$$

d) Vrijeme između narudžbi je 36 dana.

$$V = \frac{EKN}{K} = \frac{20.000}{200.000} = 0,1 \text{ godina}$$

$$V_d = V * RD = 0,1 * 360 = 36 \text{ dana}$$

e) Prosječne zalihe iznose 10.000 proizvoda.

$$Z_{pro} = \frac{EKN}{2} = \frac{20.000}{2} = 10.000 \text{ proizvoda}$$

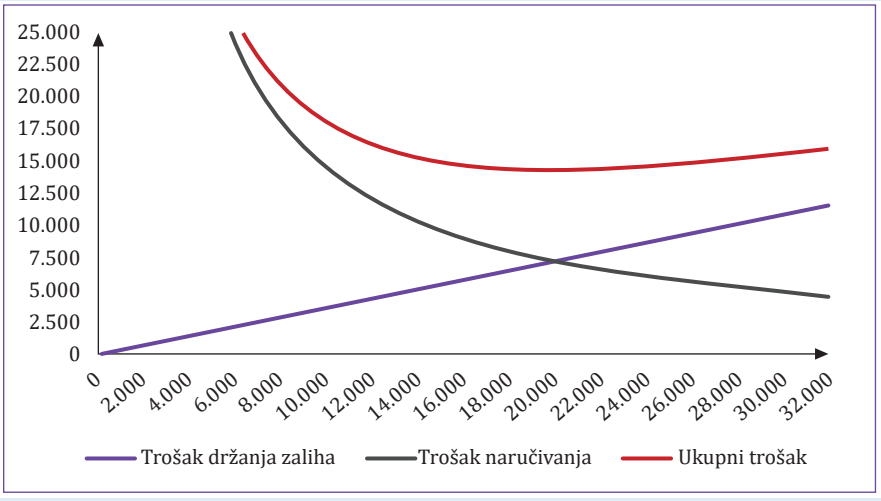
f) Ukoliko se naručuje optimalna količina, ukupni godišnji troškovi zaliha iznose 14.400 kn.

$$UGTZ = GTDZ + GTNZ = 7.200 + 7.200 = 14.400 \text{ kn}$$

$$GTDZ = \frac{EKN}{2} * TDZ = Z_{pro} * TDZ = 10.000 * 0,72 = 7.200 \text{ kn}$$

$$GTNZ = \frac{K}{EKN} * TNZ = N_{br} * TNZ = 10 * 720 = 7.200 \text{ kn}$$

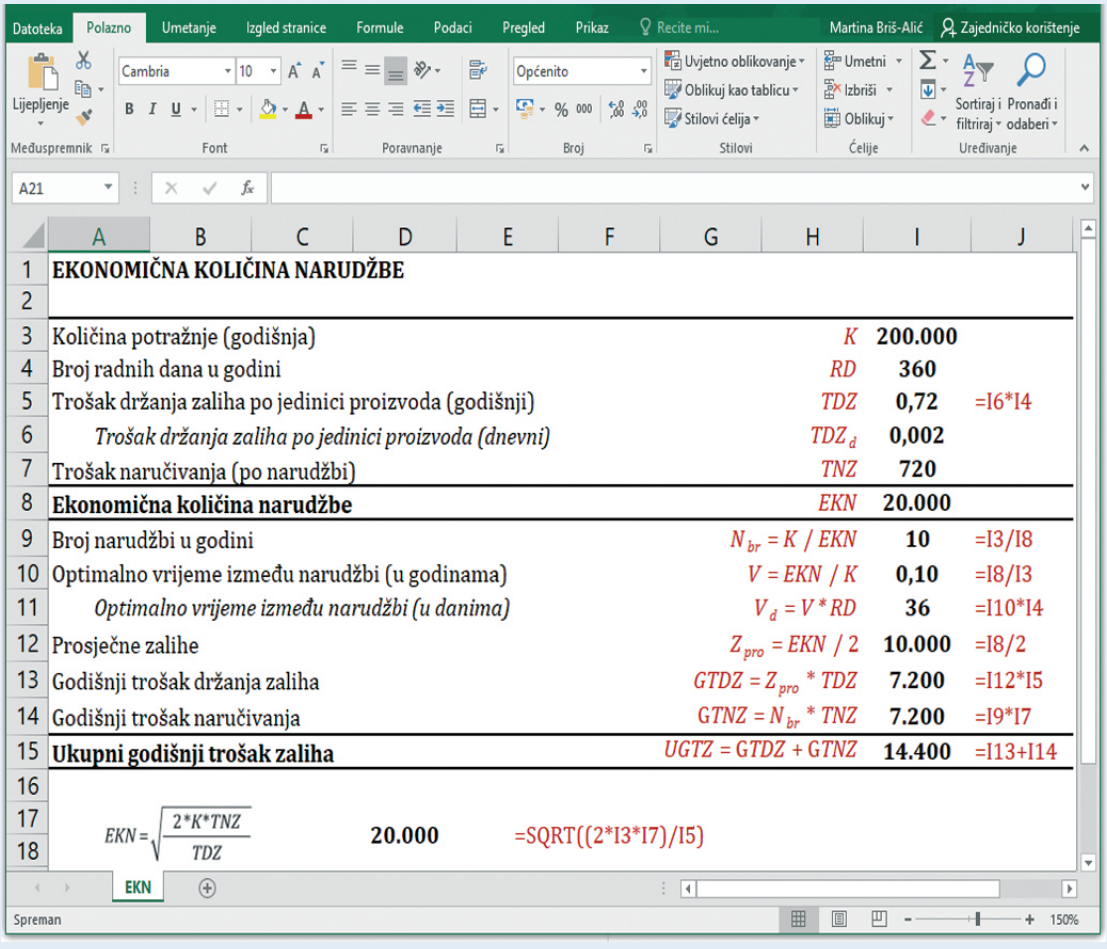
Na slici 17.8. moguće je vidjeti grafički prikaz promatranog modela.




***Slika 17.8. Prikaz troška držanja zaliha, troška naručivanja i ukupnog troška***

***Rješenje modela ekonomične količine narudžbe pomoću Excela***

Analizu modela ekonomične količine narudžbe moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 17.2. data su na slici 17.9.

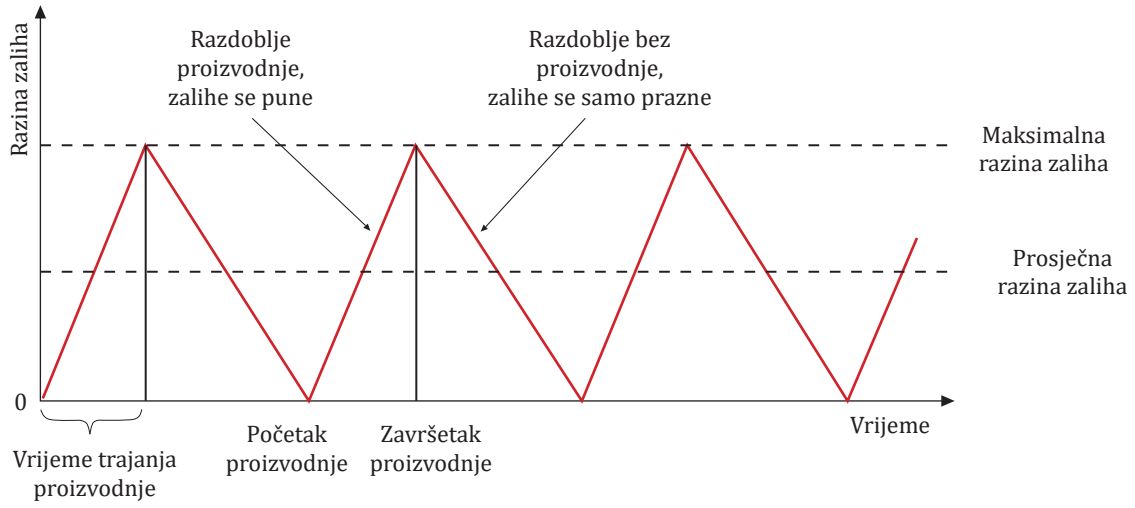


| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **EKONOMIČNA KOLIČINA NARUDŽBE** | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | Količina potražnje (godišnja) | | | | | | | *K* | **200.000** | |
| 4 | Broj radnih dana u godini | | | | | | | *RD* | **360** | |
| 5 | Trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda (godišnji) | | | | | | | *TDZ* | **0,72** | =I6*I4 |
| 6 | *Trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda (dnevni)* | | | | | | | $TDZ_d$ | **0,002** | |
| 7 | Trošak naručivanja (po narudžbi) | | | | | | | *TNZ* | **720** | |
| 8 | **Ekonomična količina narudžbe** | | | | | | | *EKN* | **20.000** | |
| 9 | Broj narudžbi u godini | | | | | | | $N_{br} = K / EKN$ | **10** | =I3/I8 |
| 10 | Optimalno vrijeme između narudžbi (u godinama) | | | | | | | $V = EKN / K$ | **0,10** | =I8/I3 |
| 11 | *Optimalno vrijeme između narudžbi (u danima)* | | | | | | | $V_d = V * RD$ | **36** | =I10*I4 |
| 12 | Prosječne zalihe | | | | | | | $Z_{pro} = EKN / 2$ | **10.000** | =I8/2 |
| 13 | Godišnji trošak držanja zaliha | | | | | | | $GTDZ = Z_{pro} * TDZ$ | **7.200** | =I12*I5 |
| 14 | Godišnji trošak naručivanja | | | | | | | $GTNZ = N_{br} * TNZ$ | **7.200** | =I9*I7 |
| 15 | **Ukupni godišnji trošak zaliha** | | | | | | | $UGTZ = GTDZ + GTNZ$ | **14.400** | =I13+I14 |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 17 | $EKN = \sqrt{\frac{2*K*TNZ}{TDZ}}$ | | | | | | | **20.000** | =SQRT((2*I3*I7)/I5) | |
| 18 | | | | | | | | | | |

***Slika 17.9. Rješenje modela ekonomične količine narudžbe pomoću Excela***

## 17.4.1.2. Ekonomična količina proizvodnje

Za razliku od ekonomične količine narudžbe, pri kojoj količina robe stiže odjednom u jednoj pošiljci, u modelu ekonomične količine proizvodnje (engl. *Economic Production Quantity, EPQ*), zalihe stižu u određenim intervalima tijekom proizvodnje. Model se naziva ekonomična količina proizvodnje budući da je klasičan primjer upotrebe modela u proizvodnji – proizvodnim poduzećima koja svoje proizvode stavljaju kontinuirano na skladište, dok se skladište istodobno prazni kako se proizvodi otpremaju (slika 17.10).




***Slika 17.10. Model ekonomične količine proizvodnje***

**Temeljna funkcija** modela ekonomične količine proizvodnje je definirati optimalnu veličinu proizvodnje koja bi minimalizirala ukupne troškove zaliha. U ostvarivanju navedene funkcije model stavlja u odnos **dvije komponente troškova zaliha**: trošak držanja zaliha i trošak postavljanja proizvodnje (troškovi podešavanja, mijenjanja alata, instaliranja, čišćenja, i slično). Troškovi postavljanja proizvodnje analogni su troškovima naručivanja jer su neovisni o veličini serije. Stoga se ovi troškovi ponašaju u formuli na isti način kao i troškovi naručivanja; što je veća serija proizvoda, to je manji broj priprema proizvodnje pa je niži godišnji trošak pripreme, tj. postavljanja proizvodnje.

Model ekonomične količine proizvodnje se temelji na izračunavanju optimalne količine (veličine) proizvodnje pomoću formule 17.8.

$$EKP = \sqrt{\frac{2 * K * TPP}{TDZ}} * \sqrt{\frac{p_{pro}}{p_{pro} - i}} \qquad (17.8)$$

gdje su:

$EKP$ = ekonomična količina proizvodnje
$TPP$ = trošak postavljanja proizvodnje (po proizvodnji)
$p_{pro}$ = prosječna proizvodnja u jedinici vremena
$i$ = stopa iskorištenosti zaliha

Ukoliko stopa iskorištenosti zaliha ($i$) nije zadana, može se izračunati pomoću formule 17.9.

$$i = \frac{K}{RD} \qquad (17.9)$$

Kako je spomenuto, jedini troškovi u modelu su troškovi držanja zaliha i troškovi postavljanja proizvodnje, tako da se ukupni godišnji troškovi upravljanja zalihama, ukoliko se proizvodi ekonomična količina, izračunavaju formulom 17.10.

$$UGTZ = GTDZ + GTPP \tag{17.10}$$

gdje je:

*GTPP* = godišnji trošak postavljanja proizvodnje

**Godišnji trošak držanja zaliha** izračunava se prema formuli 17.11.

$$GTDZ = \frac{Z_{\max}}{2} * TDZ = Z_{pro} * TDZ \tag{17.11}$$

Može se primijetiti da je godišnji trošak držanja zaliha moguće izračunati pomoću **prosječnih zaliha** koje se računaju pomoću formule 17.12.

$$Z_{pro} = \frac{Z_{\max}}{2} \tag{17.12}$$

**Maksimalne zalihe** ($Z_{max}$) koje su potrebne za računanje prosječnih zaliha se dalje računaju pomoću formule 17.13.

$$Z_{\max} = V_p * (p_{pro} - i) \tag{17.13}$$

Moguće je primijetiti da je za izračun maksimalnih zaliha potrebno izračunati **optimalno vrijeme proizvodnje** ($V_p$) koje se računa prema formuli 17.14.

$$V_p = \frac{EKP}{p_{pro}} \tag{17.14}$$

**Godišnji trošak postavljanja proizvodnje** može se izračunati prema formuli 17.15.

$$GTPP = \frac{K}{EKP} * TPP = CP_{br} * TPP \tag{17.15}$$

Može se primijetiti da je godišnji trošak postavljanja proizvodnje moguće izračunati pomoću **broja ciklusa proizvodnji u jedinici vremena** ($CP_{br}$) koje se računa pomoću formule 17.16.

$$CP_{br} = \frac{K}{EKP} \tag{17.16}$$

Kod modela ekonomične količine proizvodnje potrebno je još znati odrediti **optimalno vrijeme između proizvodnji u jedinici vremena** ($V_i$) koje je moguće izračunati pomoću formule 17.17.

$$V_i = \frac{EKP}{i} \tag{17.17}$$

Nakon pregleda formula za izračun ekonomične količine proizvodnje slijedi primjer njezinog izračunavanja.

***Primjer 17.3. Ekonomična količina proizvodnje***

Jedno poduzeće namještaja proizvodi 12.000 elemenata za svoju popularnu seriju stolica. Poduzeće može dnevno proizvesti 100 elemenata. Trošak držanja zaliha je 1 kn po elementu godišnje. Troškovi organizacije za vremensko trajanje proizvodnje elemenata su 50 kn. Poduzeće radi 300 dana u godini.

Odredite:

a) Stopu iskorištenosti zaliha
b) Ekonomičnu količinu proizvodnje
c) Broj ciklusa proizvodnji u godini
d) Optimalno vrijeme između proizvodnji
e) Optimalno vrijeme trajanja proizvodnje
f) Maksimalne zalihe
g) Prosječne zalihe
h) Koliko iznosi ukupni godišnji trošak zaliha ukoliko se proizvodi ekonomična količina?

RJEŠENJE:

$K$ = 12.000 elemenata godišnje
$RD$ = 300 dana godišnje
$TDZ$ = 1 kn po elementu godišnje
$TPP$ = 50 kn po proizvodnji
$p_{pro}$ = 100 elemenata dnevno

a) Stopa iskorištenosti zaliha je 40 elemenata dnevno.

$$i = \frac{K}{RD} = \frac{12.000}{300} = 40 \text{ elemenata dnevno}$$

b) Ekonomična količina proizvodnje je približno 1.414 elemenata.

$$EKP = \sqrt{\frac{2*K*TPP}{TDZ}} * \sqrt{\frac{p_{pro}}{p_{pro}-i}} = \sqrt{\frac{2*12.000*50}{1}} * \sqrt{\frac{100}{100-40}} = 1.414,21 \text{ elemenata}$$

c) Godišnje se pokrene približno 9 ciklusa proizvodnje.

$$CP_{br} = \frac{K}{EKP} = \frac{12.000}{1.414,21} = 8,485 \text{ proizvodnji godišnje}$$

d) Optimalno vrijeme između proizvodnji je približno 35 dana.

$$V_i = \frac{EKP}{i} = \frac{1.414,21}{40} = 35,36 \text{ dana}$$

e) Optimalno vrijeme proizvodnje iznosi približno 14 dana.

$$V_p = \frac{EKP}{p_{pro}} = \frac{1.414,21}{100} = 14,14 \text{ dana}$$

f) Maksimalne zalihe iznose približno 849 elemenata.

$$Z_{\max} = \frac{EKP}{p_{pro}} * (p_{pro} - i) = V_p * (p_{pro} - i) = 14{,}14 * (100 - 40) = 848{,}52 \text{ elemenata}$$

g) Prosječne zalihe iznose približno 424 elemenata.

$$Z_{pro} = \frac{Z_{\max}}{2} = \frac{848{,}52}{2} = 424{,}26 \text{ elemenata}$$

h) Ukoliko se prozvodi ekonomična količina, ukupni godišnji troškovi zaliha iznose 848,51 kn.

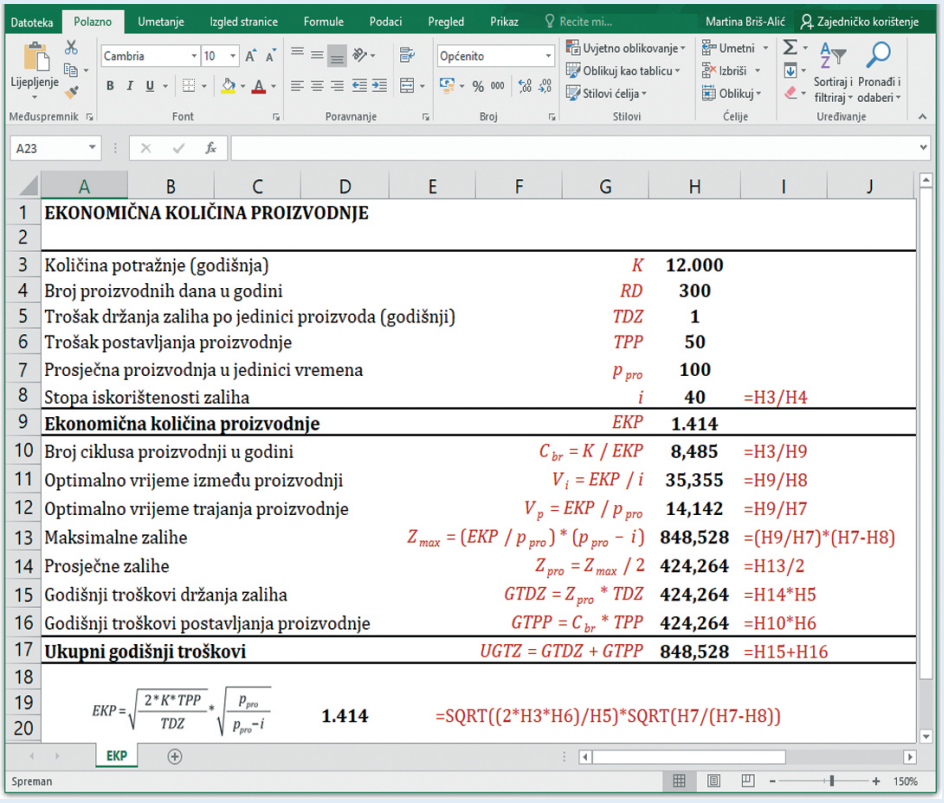
$$UGTZ = GTDZ + GTPP = 424{,}26 + 424{,}25 = 848{,}51 \text{ kn}$$

$$GTDZ = \frac{Z_{\max}}{2} * TDZ = Z_{pro} * TDZ = 424{,}26 * 1 = 424{,}26 \text{ kn}$$

$$GTPP = \frac{K}{EKP} * TPP = CP_{br} * TPP = 8{,}485 * 50 = 424{,}25 \text{ kn}$$

### *Rješenje modela ekonomične količine proizvodnje pomoću Excela*

Analizu modela ekonomične količine proizvodnje moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 17.3. data su na slici 17.11.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **EKONOMIČNA KOLIČINA PROIZVODNJE** | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | Količina potražnje (godišnja) | | | | | | *K* | **12.000** | | |
| 4 | Broj proizvodnih dana u godini | | | | | | *RD* | **300** | | |
| 5 | Trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda (godišnji) | | | | | | *TDZ* | **1** | | |
| 6 | Trošak postavljanja proizvodnje | | | | | | *TPP* | **50** | | |
| 7 | Prosječna proizvodnja u jedinici vremena | | | | | | $p_{pro}$ | **100** | | |
| 8 | Stopa iskorištenosti zaliha | | | | | | *i* | **40** | =H3/H4 | |
| 9 | **Ekonomična količina proizvodnje** | | | | | | *EKP* | **1.414** | | |
| 10 | Broj ciklusa proizvodnji u godini | | | | | | $C_{br} = K / EKP$ | **8,485** | =H3/H9 | |
| 11 | Optimalno vrijeme između proizvodnji | | | | | | $V_i = EKP / i$ | **35,355** | =H9/H8 | |
| 12 | Optimalno vrijeme trajanja proizvodnje | | | | | | $V_p = EKP / p_{pro}$ | **14,142** | =H9/H7 | |
| 13 | Maksimalne zalihe | | | | | | $Z_{max} = (EKP / p_{pro}) * (p_{pro} - i)$ | **848,528** | =(H9/H7)*(H7-H8) | |
| 14 | Prosječne zalihe | | | | | | $Z_{pro} = Z_{max} / 2$ | **424,264** | =H13/2 | |
| 15 | Godišnji troškovi držanja zaliha | | | | | | $GTDZ = Z_{pro} * TDZ$ | **424,264** | =H14*H5 | |
| 16 | Godišnji troškovi postavljanja proizvodnje | | | | | | $GTPP = C_{br} * TPP$ | **424,264** | =H10*H6 | |
| 17 | **Ukupni godišnji troškovi** | | | | | | $UGTZ = GTDZ + GTPP$ | **848,528** | =H15+H16 | |
| 18 | | | | | | | | | | |
| 19 | $EKP = \sqrt{\frac{2*K*TPP}{TDZ}} * \sqrt{\frac{p_{pro}}{p_{pro}-i}}$ | | | | | | **1.414** | =SQRT((2*H3*H6)/H5)*SQRT(H7/(H7-H8)) | | |
| 20 | | | | | | | | | | |

*Slika 17.11. Rješenje modela ekonomične količine proizvodnje pomoću Excela*

### *17.4.1.3. Popusti na količinu*

Popusti na količinu predstavljaju smanjenje cijena pri velikim narudžbama koje se nude kupcima kako bi ih se potaknulo na kupnju veće količine.[572] Za različite količine narudžbe moguće je odrediti različite popuste na cijenu – kupnjom veće količine, ostvaruje se veći popust. Popusti se mogu primijeniti na cjelokupnu narudžbu ili samo za dodatne količine. Istraživanja su pokazala kako većina poduzeća daje ili dobiva količinske popuste za barem neke proizvode koje prodaju ili kupuju.[573]

Popusti na količinu su izvrstan način da poduzeće uštedi na troškovima kupnje zaliha, međutim, postoje i neki problemi koji s tim dolaze. Kada god se kupuje više zaliha nego što je potrebno samo radi smanjenja cijene, treba imati na umu da te zalihe treba uskladištiti. Stoga je pravo pitanje isplati li se zapravo uštedjeti na troškovima kupnje zaliha, ali zato podići cijenu držanja zaliha.

Ukoliko se donese odluka da se iskoriste prednosti popusta na količinu, tada je **cilj** minimalizirati ukupne troškove zaliha koji su zbroj troška držanja zaliha, troška naručivanja te troška kupnje, a mogu se izraziti formulom 17.18.

$$UGTZ = \left(\frac{KN}{2} * TDZ\right) + \left(\frac{K}{KN} * TNZ\right) + GTK \qquad (17.18)$$

gdje su:

$KN$ = količina narudžbe
$GTK$ = godišnji trošak kupnje

Za izračun troška držanja zaliha i troška naručivanja koriste se isti izrazi kao i kod osnovnog modela ekonomične količine narudžbe, no treba voditi računa da cijena ovisi o količini – kupnjom veće količine, ostvaruje se popust na količinu. Trošak kupnje po razdoblju računa se kao umnožak potražnje za proizvodom u promatranom razdoblju te nabavne cijene, a može se izraziti formulom 17.19.

$$GTK = K * C \qquad (17.19)$$

gdje je:

$C$ = cijena jedinice proizvoda

Primjer koji uzima u obzir popuste na količinu razrađen je u nastavku.

[572] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 564.
[573] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 505.

***Primjer 17.4. Popusti na količinu***

Jedan salon namještaja treba 5.700 komada jedne vrste stolica. Trošak jedne narudžbe iznosi 250 kn, dok godišnji troškovi držanja zaliha iznose 100 kn po stolici. Salonu namještaja je ponuđen popust za kupnju većih količina stolica. Ponuđene mogućnosti kupnje vide se u tablici 17.5.

***Tablica 17.5. Količine i cijene s popustom***

| Kategorija cijena | Naručena količina | Cijena po stolici |
|---|---|---|
| Početna cijena | 1 – 99 | 650 kn |
| Cijena s popustom 1 | 100 – 499 | 620 kn |
| Cijena s popustom 2 | 500 – 1.499 | 605 kn |
| Cijena s popustom 3 | 1.500 i više | 600 kn |

Odredite:
a) ekonomičnu količinu narudžbe
b) kojoj kategoriji cijena pripada izračunata količina pod a)
c) koliko iznosi ukupni godišnji trošak zaliha ukoliko se naruči izračunata količina pod a)
d) ukupne troškove zaliha za stolice za zadnje dvije kategorije cijena
e) optimalnu količinu narudžbe te ukupne troškove zaliha.

RJEŠENJE:
$K$ = 5.700 stolica godišnje
$TDZ$ = 100 kn po stolici godišnje
$TNZ$ = 250 kn po narudžbi

a) Ne uzimajući u obzir popuste na količinu, ekonomična količina narudžbe je približno 169 stolica.

$$EKN = \sqrt{\frac{2*K*TNZ}{TDZ}} = \sqrt{\frac{2*5.700*250}{100}} = 168{,}82 \text{ stolica}$$

b) Izračunata količina pripada kategoriji Cijena s popustom 1. Dakle, 169 stolica moguće je kupiti po cijeni od 620 kn po stolici budući da 169 stolica pripada količini od 100 – 499 stolica.

c) Ukoliko se naručuje izračunata količina, ukupni godišnji troškovi zaliha iznose 3.550.881,95 kn.

$$UGTZ = GTDZ + GTK = 8.450 + 8.431{,}95 + 3.534.000 = 3.550.881{,}95 \text{ kn}$$

$$GTDZ = \frac{EKN}{2} * TDZ = \frac{169}{2} * 100 = 8.450 \text{ kn}$$

$$GTNZ = \frac{K}{EKN} * TNZ = \frac{5.700}{169} * 250 = 8.431{,}95 \text{ kn}$$

$$GTK = K * C = 5.700 * 620 = 3.534.000 \text{ kn}$$

d) Budući da se stolice mogu kupiti i po nižim cijenama, potrebno je izračunati ukupne troškove zaliha ukoliko bi se kupile količine koje pripadaju nižim cjenovnim razredima (cijena s popustom 1 i cijena s popustom 2).

i. Ako bi se stolica kupila po cijeni od 605 kn, trebalo bi kupiti minimalno 500 stolica. Ukupni troškovi zaliha prilikom kupnje 500 stolica iznose 3.476.350 kn.

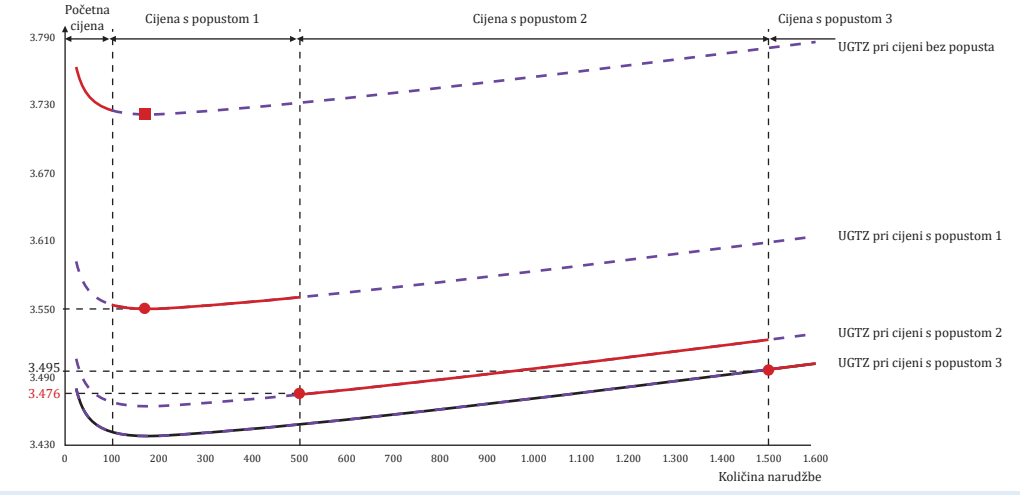
$$UGTZ = \left(\frac{500}{2} * 100\right) + \left(\frac{5.700}{500} * 250\right) + 5.700 * 605 = 3.476.350 \text{ kn}$$

ii. Ako bi se stolica kupila po cijeni od 600 kn, trebalo bi kupiti minimalno 1.500 stolica. Ukupni troškovi prilikom kupnje 1.500 stolica iznose 3.495.950 kn.

$$UGTZ = \left(\frac{1.500}{2} * 100\right) + \left(\frac{5.700}{1.500} * 250\right) + 5.700 * 600 = 3.495.950 \text{ kn}$$

e) S obzirom na izračune pod c i d moguće je zaključiti da je količina od 500 stolica u konačnici količina koju je potrebno naručiti, budući da se pri navedenoj količini ostvaruju minimalni troškovi zaliha u iznosu od 3.476.350 kn.

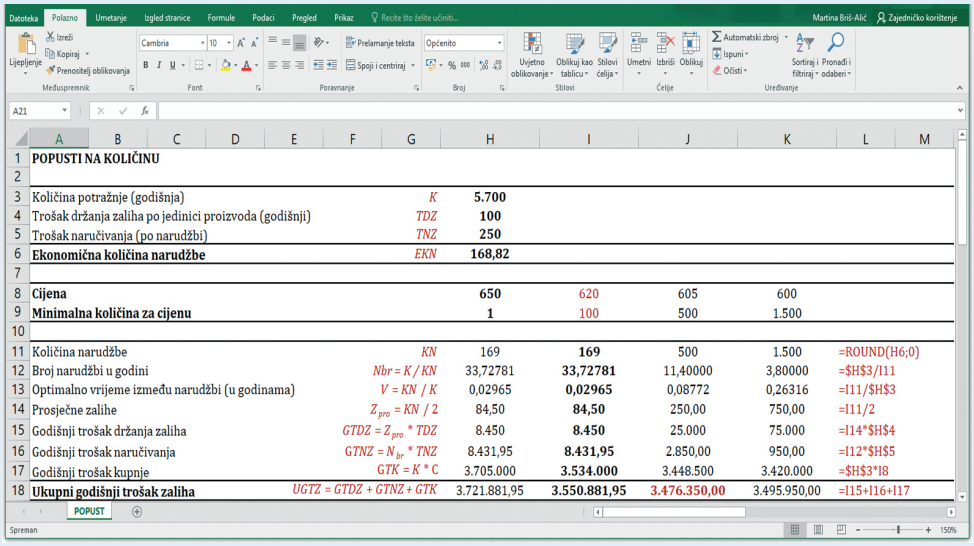
Na slici 17.12. može se vidjeti grafički prikaz promatranog problema.




***Slika 17.12. Model ekonomične količine narudžbe s popustima na količinu***

### *Rješenje modela popusti na količinu pomoću Excela*

Analizu modela popusti na količinu moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 17.4. data su na slici 17.13.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **POPUSTI NA KOLIČINU** | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Količina potražnje (godišnja) | | | | | | *K* | **5.700** | | | | | |
| 4 | Trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda (godišnji) | | | | | | *TDZ* | **100** | | | | | |
| 5 | Trošak naručivanja (po narudžbi) | | | | | | *TNZ* | **250** | | | | | |
| 6 | **Ekonomična količina narudžbe** | | | | | | *EKN* | **168,82** | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | **Cijena** | | | | | | | **650** | 620 | 605 | 600 | | |
| 9 | **Minimalna količina za cijenu** | | | | | | | **1** | 100 | 500 | 1.500 | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Količina narudžbe | | | | | | *KN* | 169 | **169** | 500 | 1.500 | =ROUND(H6;0) | |
| 12 | Broj narudžbi u godini | | | | | | *Nbr = K / KN* | 33,72781 | **33,72781** | 11,40000 | 3,80000 | =$H$3/I11 | |
| 13 | Optimalno vrijeme između narudžbi (u godinama) | | | | | | *V = KN / K* | 0,02965 | **0,02965** | 0,08772 | 0,26316 | =I11/$H$3 | |
| 14 | Prosječne zalihe | | | | | | $Z_{pro} = KN / 2$ | 84,50 | **84,50** | 250,00 | 750,00 | =I11/2 | |
| 15 | Godišnji trošak držanja zaliha | | | | | | $GTDZ = Z_{pro} * TDZ$ | 8.450 | **8.450** | 25.000 | 75.000 | =I14*$H$4 | |
| 16 | Godišnji trošak naručivanja | | | | | | $GTNZ = N_{br} * TNZ$ | 8.431,95 | **8.431,95** | 2.850,00 | 950,00 | =I12*$H$5 | |
| 17 | Godišnji trošak kupnje | | | | | | *GTK = K * C* | 3.705.000 | **3.534.000** | 3.448.500 | 3.420.000 | =$H$3*I8 | |
| 18 | **Ukupni godišnji trošak zaliha** | | | | | | *UGTZ = GTDZ + GTNZ + GTK* | 3.721.881,95 | **3.550.881,95** | **3.476.350,00** | 3.495.950,00 | =I15+I16+I17 | |

***Slika 17.13. Rješenje modela popusti na količinu pomoću Excela***

### *17.4.1.4. Točka ponovne narudžbe*

Modeli ekonomične količine narudžbe i proizvodnje omogućuju jednostavan izračun optimalne količine koju je potrebno naručiti, odnosno proizvesti. U prethodnim točkama nije se promatralo kada je potrebno plasirati novu narudžbu ili započeti proizvodnju optimalne količine.

Kada je **potražnja poznata i konstantna** te kada je **vrijeme isporuke poznato i konstantno**, točka ponovne narudžbe optimalne količine računa se pomoću formule 17.20.

$$TPN = k * VI \qquad (17.20)$$

gdje su:

*TPN* = točka ponovne narudžbe (u jedinicama proizvoda)
*k* = stopa potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena)
*VI* = vrijeme isporuke (u jedinici vremena)

**I potražnja i vrijeme isporuke moraju biti izraženi u istim vremenskim jedinicama** (dan, tjedan, i slično).

Ako je vrijeme isporuke (*VI*) izraženo u danima, tada je za potrebe izračuna točke ponovne narudžbe optimalne količine (*TPN*) potrebno uzeti količinu potražnje u vremenu isporuke izraženo u danima, a izračunava se kao kvocijent količine godišnje potražnje i broja dana u godini ($k = K / 365$)

Ako je vrijeme isporuke (*VI*) izraženo u tjednima, tada je za potrebe izračuna točke ponovne narudžbe optimalne količine (*TPN*) potrebno uzeti količinu potražnje u vremenu isporuke izraženo u tjednima, a izračunava se kao kvocijent količine godišnje potražnje i broja tjedana u godini ($k = K / 52$)

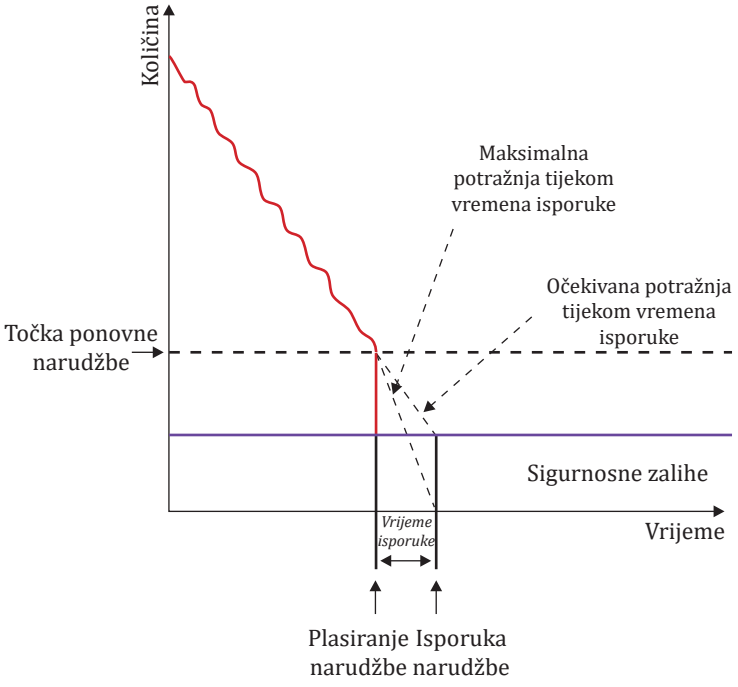
Međutim, u stvarnosti, ovako sigurna isporuka ne postoji te je zbog toga potrebno imati dodatne zalihe koje su poznate kao sigurnosne zalihe. Točka ponovne narudžbe optimalne količine koja u sebi uključuje i sigurnosne zalihe računa se pomoću formule 17.21.

$$TPN = k * VI + Z_{sig} \qquad (17.21)$$

gdje je:

$Z_{sig}$ = sigurnosne zalihe

Slika 17.14.[574] pokazuje kako sigurnosne zalihe mogu smanjiti rizik nestašice zaliha tijekom vremena isporuke. Potrebno je primijetiti kako je zaštita od nestašice zaliha potrebna jedino tijekom vremena isporuke. Ukoliko se pojavi iznenadna potreba u nekom trenutku ciklusa, plasirat će se nova narudžba. Nakon što je narudžba zaprimljena, opasnost od neposredne nestašice zaliha je zanemariva.




***Slika 17.14. EKN model sa sigurnosnom zalihom***

Iz razloga što držanje sigurnosnih zaliha košta, menadžeri moraju pažljivo vagati troškove držanja sigurnosnih zaliha u odnosu na smanjenje rizika nestašice zaliha. Kako se rizik nestašice zaliha smanjuje, tako se povećava razina usluge koja se želi pružiti korisnicima. **Razina usluge** za vrijeme ciklusa naručivanja može se definirati kao vjerojatnost da potražnja neće biti veća od ponude (naručene količine) tijekom vremena isporuke (tj. da je razina zaliha dovoljna da zadovolji potražnju).

Tako, primjerice, razina usluge od 95 posto podrazumijeva vjerojatnost od 95 posto da potražnja neće premašiti opskrbu tijekom vremena isporuke. Ova konstatacija ne znači da će 95

[574] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 570.

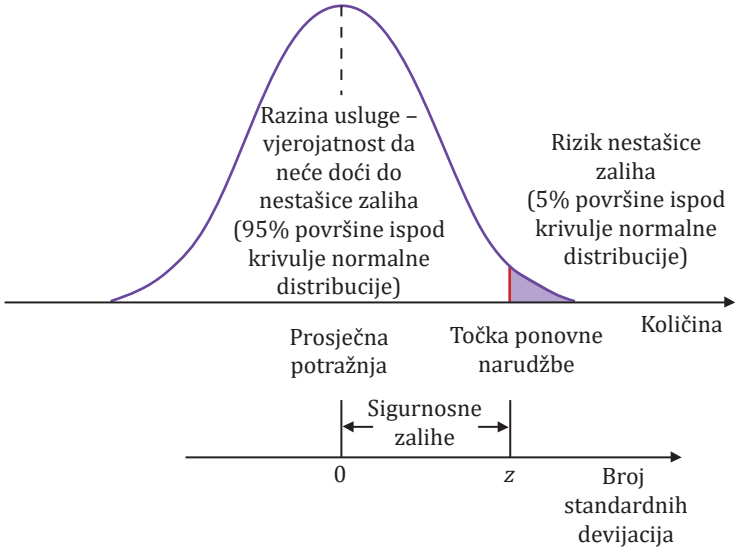
posto potražnje biti zadovoljeno, jer postoji rizik nestašice zaliha koji u ovom slučaju iznosi 5 posto.[575] Formula 17.22. pokazuje odnos razine usluge i rizika nestašice zaliha.

$$U = 100\% - RNZ \qquad (17.22)$$

gdje su:

$U$ = razina usluge
$RNZ$ = rizik nestašice zaliha

Kao što se na slici 17.15. može vidjeti, željena razina usluge od 95 % podrazumijeva 5 % rizika nestašice zaliha.




***Slika 17.15. Razina željene usluge kupcima i rizik nestašice zaliha***

U slučaju kada je **poznata procjena očekivane količine potražnje tijekom vremena isporuke**, kao i **standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke**, točku ponovne narudžbe moguće je izračunati pomoću formule 17.23.

$$TPN = OKPVI + Z_{sig} \qquad (17.23)$$

gdje je:

$OKPVI$ = očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke

Sigurnosne zalihe iz formule 17.23. se dalje računaju pomoću formule 17.24.

$$Z_{sig} = z^* \sigma_{kVI} \qquad (17.24)$$

gdje su:

$z$ = standardna devijacija koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha
$\sigma_{kVI}$ = standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke

[575] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 570.

U nastavku će se promotriti modeli koji se koriste u sljedeće **tri situacije**:
a) potražnja je promjenjiva, a vrijeme isporuke je konstantno
b) vrijeme isporuke je promjenjivo, a potražnja je konstantna
c) potražnja i vrijeme isporuke su promjenjivi

### a) POTRAŽNJA JE PROMJENJIVA, A VRIJEME ISPORUKE JE KONSTANTNO

Kada je samo potražnja promjenjiva, očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke računa se prema formuli 17.25.

$$OKPVI = \overline{k} * VI \qquad (17.25)$$

dok se standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke računa pomoću formule 17.26.

$$\sigma_{kVI} = \sigma_k * \sqrt{VI} \qquad (17.26)$$

U slučaju kada je samo potražnja promjenjiva, za izračun točke ponovne narudžbe koristi se formula 17.27.

$$TPN = OKPVI + Z_{sig} = \overline{k} * VI + z * \left(\sigma_k * \sqrt{VI}\right) \qquad (17.27)$$

gdje su:

$\overline{k}$ = prosječna stopa potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena isporuke)
$\sigma_k$ = standardna devijacija potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena isporuke)

### b) VRIJEME ISPORUKE JE PROMJENJIVO, A POTRAŽNJA JE KONSTANTNA

Kada je samo vrijeme isporuke promjenjivo, očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke računa se prema formuli 17.28.

$$OKPVI = k * \overline{VI} \qquad (17.28)$$

dok se standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke računa pomoću formule 17.29.

$$\sigma_{kVI} = k * \sigma_{VI} \qquad (17.29)$$

U slučaju kada je samo vrijeme isporuke promjenjivo, za izračun točke ponovne narudžbe koristi se formula 17.30.

$$TPN = OKVPI + Z_{sig} = k * \overline{VI} + z * (k * \sigma_{VI}) \qquad (17.30)$$

gdje su:

$\overline{VI}$ = prosječno vrijeme isporuke (u jedinici vremena)
$\sigma_{VI}$ = standardna devijacija isporuke (u jedinici vremena)

### c) POTRAŽNJA I VRIJEME ISPORUKE SU PROMJENJIVI

Kada su i potražnja i vrijeme isporuke promjenjivi, očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke računa se prema formuli 17.31.

$$OKPVI = \overline{k} * \overline{VI} \qquad (17.31)$$

dok se standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke računa pomoću formule 17.32.

$$\sigma_{kVI} = \sqrt{\overline{VI} * \sigma_k^2 + \overline{k}^2 * \sigma_{VI}^2} \qquad (17.32)$$

U slučaju kada su i potražnja i vrijeme isporuke promjenjivi, za izračun točke ponovne narudžbe koristi se formula 17.33.

$$TPN = OKPVI + Z_{sig} = \overline{k} * \overline{VI} + z * \sqrt{\overline{VI} * \sigma_k^2 + \overline{k}^2 * \sigma_{VI}^2} \qquad (17.33)$$

Kao i u prethodnim slučajevima, i ovdje će se dati primjer za točku ponovne narudžbe (primjer 17.5).

***Primjer 17.5. Točka ponovne narudžbe***

Salon namještaja prodaje proizvode iz asortimana vrtnog namještaja. Želi pružiti visoku razinu usluge kupcima te je određeno da razina usluge bude 95 %. Prosječno se dnevno proda 13 proizvoda sa standardnom devijacijom od 3 proizvoda. Trajanje isporuke je u prosjeku 7 dana sa standardnom devijacijom od 2 dana.

Odredite:
a) Rizik nestašice zaliha
b) Odgovarajuću standardnu devijaciju koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha
c) Očekivanu potražnju tijekom vremena isporuke
d) Standardnu devijaciju potražnje tijekom vremena isporuke
e) Sigurnosne zalihe
f) Točku ponovne narudžbe

RJEŠENJE:

$\overline{k}$ = 13 proizvoda dnevno
$\sigma_k$ = 3 proizvoda dnevno
$\overline{VI}$ = 7 dana
$\sigma_{VI}$ = 2 dana
$U$ = 0,95

a) Rizik nestašice zaliha je 5 %.

$$RNZ = 1 - U = 1 - 0,95 = 0,05$$

b) Za utvrđivanje tražene standardne devijacije potrebno je očitati z iz tablice Površine ispod normale krivulje iz Priloga 2. Pri tome, očitani broj z treba biti najbliži vjerojatnosti od 0,95. Moguće je primijetiti da se radi o broju 1,6. Da bi se pronašla druga decimala kreće se desno po tablici te se ponovo traži broj koji je najbliži 0,95. Pronalazi ga se u stupcu ,05. a z koji se traži je 1,64.

c) Očekivana potražnja tijekom vremena isporuke iznosi 91 proizvod.

$$OKPVI = \overline{k} * \overline{VI} = 13 * 7 = 91 \text{ proizvoda}$$

d) Standardna devijacija potražnje tijekom isporuke iznosi 28 proizvoda (27,19).

$$\sigma_{kVI} = \sqrt{\overline{VI} * \sigma_k^2 + \overline{k} * \sigma_{VI}^2} = \sqrt{7 * 3^2 + 13^2 + 2^2} = \sqrt{739} = 27{,}19 \text{ proizvoda}$$

e) Sigurnosne zalihe bi trebale iznositi približno 45 proizvoda.

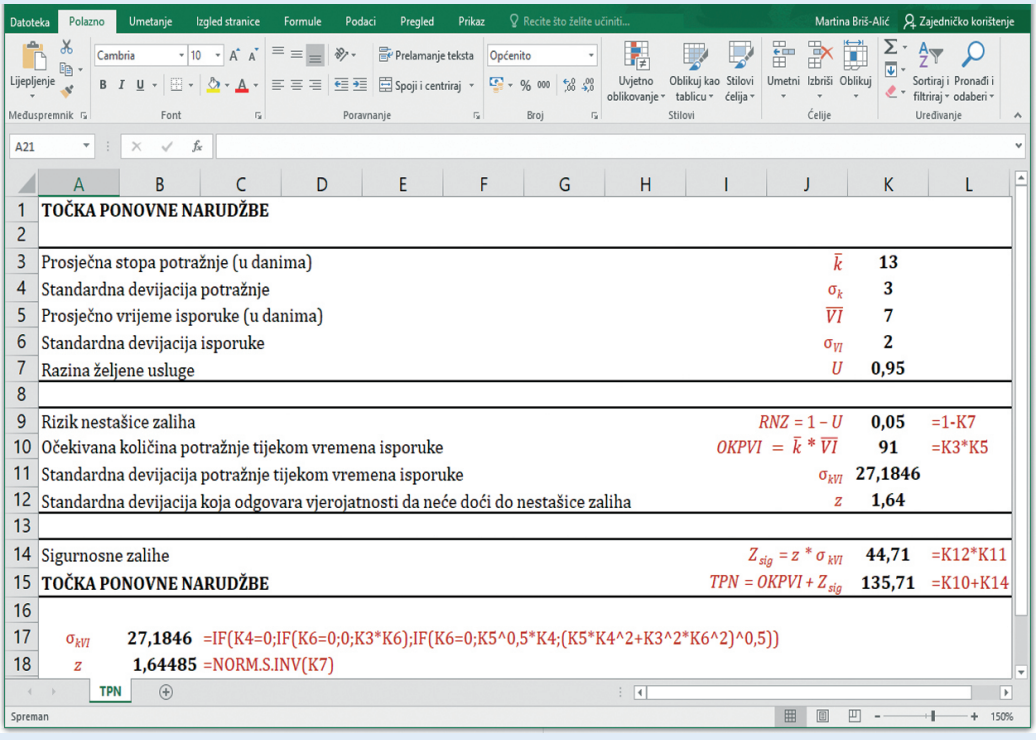
$$Z_{sig} = z * \sigma_{kVI} = 1{,}64 * 27{,}19 = 44{,}59 \text{ proizvoda}$$

f) Svaki put kada zalihe dođu do razine od 136 proizvoda potrebno je izvršiti novu narudžbu.

$$TPN = OKPVI + Z_{sig} = 91 + 44{,}59 = 135{,}59 \text{ proizvoda}$$

***Rješenje modela točka ponovne narudžbe pomoću Excela***

Analizu modela točka ponovne narudžbe moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 17.5. data su na slici 17.16.

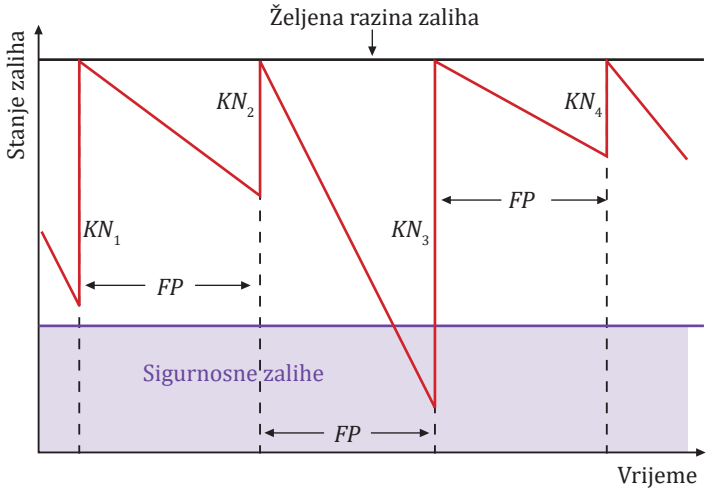


| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **TOČKA PONOVNE NARUDŽBE** | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Prosječna stopa potražnje (u danima) | | | | | | | | | $\overline{k}$ | 13 | |
| 4 | Standardna devijacija potražnje | | | | | | | | | $\sigma_k$ | 3 | |
| 5 | Prosječno vrijeme isporuke (u danima) | | | | | | | | | $\overline{VI}$ | 7 | |
| 6 | Standardna devijacija isporuke | | | | | | | | | $\sigma_{VI}$ | 2 | |
| 7 | Razina željene usluge | | | | | | | | | $U$ | 0,95 | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Rizik nestašice zaliha | | | | | | | | | $RNZ = 1 - U$ | 0,05 | =1-K7 |
| 10 | Očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke | | | | | | | | | $OKPVI = \overline{k} * \overline{VI}$ | 91 | =K3*K5 |
| 11 | Standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke | | | | | | | | | $\sigma_{kVI}$ | 27,1846 | |
| 12 | Standardna devijacija koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha | | | | | | | | | $z$ | 1,64 | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Sigurnosne zalihe | | | | | | | | | $Z_{sig} = z * \sigma_{kVI}$ | 44,71 | =K12*K11 |
| 15 | **TOČKA PONOVNE NARUDŽBE** | | | | | | | | | $TPN = OKPVI + Z_{sig}$ | 135,71 | =K10+K14 |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | $\sigma_{kVI}$ | 27,1846 | =IF(K4=0;IF(K6=0;0;K3*K6);IF(K6=0;K5^0,5*K4;(K5*K4^2+K3^2*K6^2)^0,5)) | | | | | | | | |
| 18 | | $z$ | 1,64485 | =NORM.S.INV(K7) | | | | | | | | |

*Slika 17.16. Rješenje modela točka ponovne narudžbe pomoću Excela*

## 17.4.2. Sustav periodičnog nadgledanja zaliha

Za sustav periodičnog nadgledanja zaliha (engl. *Period Order Quantity, POQ*) karakteristično je nadgledanje razine zaliha u **određenom periodu.** Zaliha se može provjeravati jednom tjedno ili na točno određeni dan svakoga mjeseca. Razina zaliha se periodično prati te se **naručuje promjenjiva količina** koja nedostaje do postizanja željene (maksimalne) razine zaliha (slika 17.17). **Maksimalna razina** je ona razina koja pokriva potražnju i osigurava odgovarajuće rezerve do iduće narudžbe, odnosno isporuke. *Periodično nadgledanje zaliha koristi se kod rutinskih narudžbi kupaca koje su vremenski najčešće jednako raspoređene ili kod narudžbe kompletne linije proizvoda, te ukoliko kupci žele kombinirati narudžbe kako bi smanjili transportne troškove*. U ovim slučajevima nisu potrebna dnevna nadgledanja zaliha i evidencije zaliha svaki put kad se nešto uzme iz skladišta.[576]




***Slika 17.17. Periodično popunjavanje zaliha***

Kod modela periodičnog nadgledanja zaliha mogu se razlikovati **tri situacije**:
a) potražnja je promjenjiva, a vrijeme isporuke je konstantno
b) vrijeme isporuke je promjenjivo, a potražnja je konstantna
c) potražnja i vrijeme isporuke su promjenjivi

U nastavku će se promotriti model kada je **potražnja promjenjiva, a vrijeme isporuke konstantno**, budući da se navedeni model koristi u većini situacija.

Model periodičnog nadgledanja zaliha zahtijeva, kako i naziv kaže, periodično nadgledanje (tj. fizičko brojanje) razine zaliha pred samo plasiranje nove narudžbe kako bi se odredila veličina narudžbe.

Veličina narudžbe kod modela periodičnog nadgledanja zaliha određuje se formulom 17.34.

$$KN = OKPVI + Z_{sig} - Z_{dn} = \overline{k}\,(FP + VI) + z\sigma_k\sqrt{FP + VI} - Z_{dn} \qquad (17.34)$$

[576] Prilagođeno prema: Šamanović, J. (2009). *op.cit.* str. 219.

gdje su:

$FP$ = fiksni period između dva nadgledanja

$Z_{dn}$ = stanje zaliha na dan nadgledanja

Primjena sustava periodičnog nadgledanja zaliha prikazat će se pomoću primjera 17.6.

***Primjer 17.6. Sustav periodičnog nadgledanja zaliha***

Na temelju sljedećih podataka:

$\overline{k}$ = 13 proizvoda dnevno

$\sigma_k$ = 3 proizvoda dnevno

$VI$ = 7 dana

$Z_{dn}$ = 30 proizvoda

$FP$ = 7 dana

$U$ = 0,95

potrebno je odrediti:

a) rizik nestašice zaliha

b) odgovarajuću standardnu devijaciju koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha

c) očekivanu potražnju tijekom vremena isporuke

d) sigurnosne zalihe

e) količinu narudžbe.

RJEŠENJE:

a) Rizik nestašice zaliha je 5 %.

$$RNZ = 1 - U = 1 - 0,95 = 0,05$$

b) Za utvrđivanje tražene standardne devijacije potrebno je očitati z iz tablice Površine ispod normale krivulje iz Priloga 2. Očitani broj z treba biti najbliži vjerojatnosti od 0,95. Moguće je primijetiti da se radi o broju 1,6. Da bi se pronašla druga decimala kreće se desno po tablici te se ponovo traži broj koji je najbliži 0,95. Pronalazi ga se u stupcu ,05. z koji se traži je 1,64.

c) Očekivana potražnja tijekom vremena isporuke iznosi 182 proizvoda.

$$OKPVI = \overline{k} * (FP + VI) = 13 * (7 + 7) = 182 \text{ proizvoda}$$

d) Sigurnosne zalihe bi trebale iznositi 18,4, tj. 19 proizvoda.

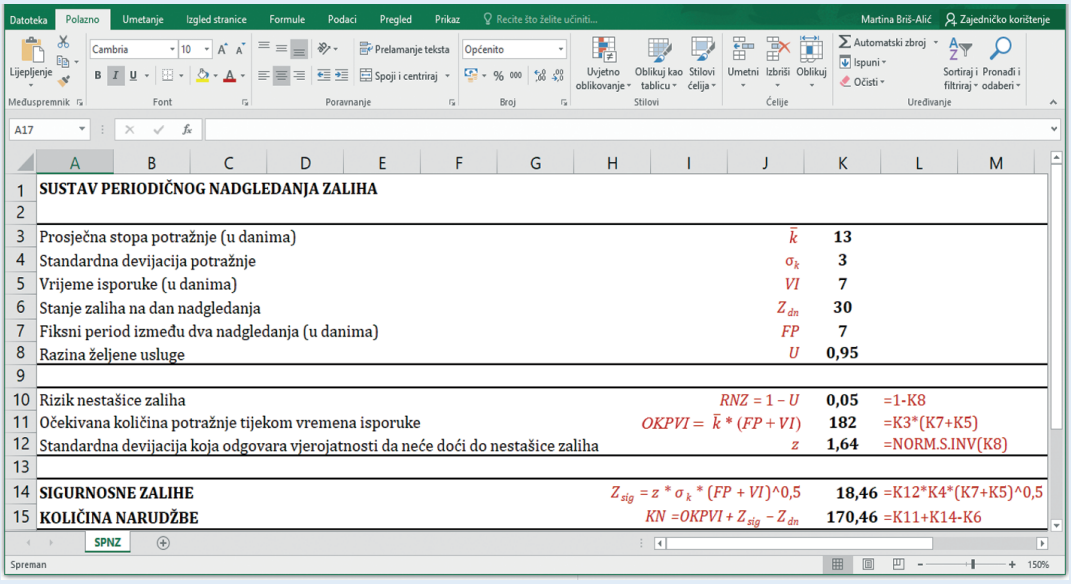
$$Z_{sig} = z * \sigma_k * \sqrt{FP + VI} = 1,64 * 3 * \sqrt{7 + 7} = 18,4 \text{ proizvoda}$$

e) Kako bi se pružila željena razina usluge kupcima, potrebno je naručiti 171 proizvod.

$$KN = OKPVI + Z_{sig} - Z_{dn} = 182 + 18,4 - 30 = 170,4 \text{ proizvoda}$$

### *Rješenje modela periodičnog nadgledanja zaliha pomoću Excela*

Analizu modela periodičnog nadgledanja zaliha moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 17.6. data su na slici 17.18.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **SUSTAV PERIODIČNOG NADGLEDANJA ZALIHA** | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Prosječna stopa potražnje (u danima) | | | | | | | | | $\bar{k}$ | **13** | | |
| 4 | Standardna devijacija potražnje | | | | | | | | | $\sigma_k$ | **3** | | |
| 5 | Vrijeme isporuke (u danima) | | | | | | | | | $VI$ | **7** | | |
| 6 | Stanje zaliha na dan nadgledanja | | | | | | | | | $Z_{dn}$ | **30** | | |
| 7 | Fiksni period između dva nadgledanja (u danima) | | | | | | | | | $FP$ | **7** | | |
| 8 | Razina željene usluge | | | | | | | | | $U$ | **0,95** | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Rizik nestašice zaliha | | | | | | | | $RNZ = 1 - U$ | | **0,05** | =1-K8 | |
| 11 | Očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke | | | | | | | | $OKPVI = \bar{k} * (FP + VI)$ | | **182** | =K3*(K7+K5) | |
| 12 | Standardna devijacija koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha | | | | | | | | $z$ | | **1,64** | =NORM.S.INV(K8) | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | **SIGURNOSNE ZALIHE** | | | | | | | | $Z_{sig} = z * \sigma_k * (FP + VI)^{0,5}$ | | **18,46** | =K12*K4*(K7+K5)^0,5 | |
| 15 | **KOLIČINA NARUDŽBE** | | | | | | | | $KN = OKPVI + Z_{sig} - Z_{dn}$ | | **170,46** | =K11+K14-K6 | |

***Slika 17.18. Rješenje modela periodičnog nadgledanja zaliha***

## 17.5. ZAKLJUČAK

Operacijski menadžment širom svijeta shvatio je koliko je važno efikasno upravljanje zalihama. Efikasnim upravljanjem mogu se smanjiti troškovi i prekomjerno nagomilavanje zaliha. Ukoliko upravljanje zalihama nije efikasno, može doći do nestašice zaliha, kašnjenja u isporuci i nezadovoljstva ili gubitka kupaca. Glavni cilj upravljanja zalihama je postići ravnotežu između ulaganja u zalihe i zadovoljenja potreba kupaca. Efikasno upravljanje zalihama nije uvijek lako postići. Bez obzira na veličinu poduzeća nužno je uspostaviti dobar sustav klasifikacije, nadgledanja i upravljanja zalihama. Jedan od najčešće korištenih sustava klasifikacije zaliha je A–B–C sustav. Prema njemu, zalihe se klasificiraju u A, B ili C grupu, a kriterij klasifikacije je važnost zaliha, najčešće prema vrijednosti. Tako se u A skupinu svrstavaju najvrjednije zalihe dok su u C skupini najmanje vrijedne stavke zaliha.

Postoji više zahtjeva za efikasnim upravljanjem zalihama, među kojima se ističu: izbor odgovarajućeg sustava, tj. modela praćenja zaliha, sustava klasifikacije koji omogućava brže snalaženje i pretragu stavki u zalihama, pouzdana prognoza potražnje za određenim zalihama kao i poznavanje rokova isporuke i njihove varijabilnosti.

U poboljšanju učinkovitosti praćenja zaliha mogu pomoći modeli koji su razvijeni upravo za uspješnije upravljanje zalihama, a dijele se na kontinuirane i periodične. Temeljna razlika između njih je u načinu praćenja zaliha i količini narudžbe: kod kontinuiranih sustava zalihe se

kontinuirano prate, a naručuje se fiksna količina kada količina robe na zalihi padne na točno određenu (signalnu) količinu. Kod periodičnih sustava zalihe se nadziru periodično, u fiksnim intervalima, a količina koja se naručuje je varijabilna.

Troškovna strana zaliha ima posebnu važnost jer naručivanje i držanje zaliha koštaju. Stoga nije svejedno koji model upravljanja zalihama koriste poduzeća. U ovom poglavlju razmatrali su se troškovi zaliha u modelu ekonomične količine narudžbe i ekonomične količine proizvodnje, jer je vrlo važno odlučiti koliko naručiti ili proizvesti kako bi se mogli minimalizirati troškovi naručivanja te troškovi držanja zaliha. Također, u poglavlju je problematizirana situacija vezana za troškove zaliha kada se u model uvedu popusti na količinu. Pravovremenim planiranjem izbjegava se mogućnost nestašice određenog proizvoda i gubitak potrošača, jer nestašica određenog proizvoda okreće potrošače drugom dobavljaču. Optimalno upravljanje i planiranje zaliha ključ je uspješnosti svakog poduzeća.

## 17.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***A-B-C pristup klasifikacije zaliha*** | Klasificira zalihe prema nekoj mjeri važnosti, najčešće novčanoj vrijednosti stavki, a zatim vrši kontrolu zaliha prema njihovoj klasifikaciji. |
| ***C*** | |
| ***Cilj upravljanja zalihama*** | Postići zadovoljavajuću razinu usluge za korisnike, uz održavanje troškova zaliha u razumnim granicama. |
| ***E*** | |
| ***Efikasno upravljanje zalihama*** | Podrazumijeva ispunjavanje sljedećih zahtjeva:<br>• sustav za praćenje zaliha<br>• pouzdanu prognozu potražnje koja uključuje naznake moguće pogreške predviđanja<br>• poznavanje roka isporuke i njegove varijabilnosti<br>• razumnu procjenu troškova zaliha<br>• sustav klasifikacije zaliha. |
| ***Ekonomična količina narudžbe*** | Količina pri kojoj se minimaliziraju ukupni troškovi zaliha, odnosno točka u kojoj se sijeku trošak držanja zaliha i trošak naručivanja. |
| ***K*** | |
| ***Kontinuirani sustav zaliha*** | Neprekidno se prate promjene zaliha, tako da sustav može pružiti informacije o trenutnoj razini zaliha za svaku stavku. Kada iznos zaliha dosegne unaprijed određenu minimalnu vrijednost, naručuje se fiksna količina, količina narudžbe. |
| ***M*** | |
| ***Modeli upravljanja*** | Kontinuirani sustavi upravljanja zalihama su:<br>1. model ekonomične količine narudžbe<br>2. model ekonomične količine proizvodnje<br>3. popusti na količinu |

| | |
|---|---|
| ***Model ekonomične količine narudžbe*** | Prvi model upravljanja zalihama koji je razvijen kako bi se pojednostavnilo upravljanje zalihama.<br>Temeljna funkcija modela je definirati optimalnu veličinu narudžbe koja bi minimalizirala ukupne troškove zaliha. U ostvarivanju ove funkcije, model ekonomične količine narudžbe stavio je u odnos dvije komponente troškova zaliha: trošak držanja zaliha i trošak naručivanja, |
| ***Model ekonomične količine proizvodnje*** | Kod ovog modela zalihe stižu u određenim intervalima tijekom proizvodnje. Model se naziva ekonomična količina proizvodnje budući da je klasičan primjer upotrebe modela u proizvodnji – proizvodnim poduzećima koja svoje proizvode stavljaju kontinuirano na skladište, dok se skladište istodobno prazni kako se proizvodi otpremaju.<br>Temeljna funkcija modela ekonomične količine proizvodnje je definirati optimalnu veličinu proizvodnje koja bi minimalizirala ukupne troškove zaliha. U ostvarivanju navedene funkcije, model stavlja u odnos dvije komponente troškova zaliha: trošak držanja zaliha i trošak postavljanja proizvodnje (troškovi podešavanja, mijenjanja alata, instaliranja, čišćenja, i slično). |
| ***Model popusti na količinu*** | Riječ je o smanjenju cijena pri velikim narudžbama kako bi se kupce potaknulo na kupnju veće količine. Za različite količine narudžbe moguće je odrediti različite popuste na cijenu. Popusti se mogu primijeniti na cjelokupnu narudžbu ili samo za dodatne količine. |
| ***P*** | |
| ***Periodični sustav zaliha*** | Fizički broj stavki na zalihama kontrolira se u periodičnim, fiksnim intervalima (npr. tjedno, mjesečno) kako bi se odlučilo koliko treba naručiti svake stavke. |
| ***S*** | |
| ***Stavke zavisne potražnje*** | Radi se o sastavnim dijelovima ili komponentama koji se koriste u procesu proizvodnje konačnog proizvoda, a njihova količina ovisi o broju gotovih proizvoda koji se žele proizvesti. |
| ***Stavke nezavisne potražnje*** | Radi se o konačnim ili gotovim proizvodima koji ne ovise o potražnji višeg reda. Nezavisnu potražnju obično određuje vanjsko tržište te stoga nadilazi izravnu kontrolu poduzeća. |
| ***T*** | |
| ***Troškovi zaliha*** | Poznavanje troškova zaliha ključno je za uspješno upravljanje zalihama. Relevantni troškovi koje treba uzeti u obzir uključuju troškove naručivanja, troškove kupnje, troškove držanja te troškove nedostatka zaliha. |
| ***Trošak naručivanja*** | Trošak koji direktno ovisi o broju narudžbi koji se plasira. Priprema narudžbe, prijevoz, prijem te kontrola po dolasku glavne su komponente troška naručivanja. |
| ***Trošak kupnje*** | Iznos koji se plaća dobavljaču za kupljene sirovine ili materijale. To je u pravilu najveći dio svih troškova zaliha, jer se odnosi na vrijednost kupljene robe. |
| ***Trošak držanja zaliha*** | Trošak koji direktno ovisi o broju stavki koji se drži na zalihama. Trošak propuštenih mogućnosti za neka druga ulaganja umjesto u zalihe predstavlja glavnu komponentu troška držanja zaliha. Ostale komponente su troškovi osiguranja, troškovi zastarjelosti, troškovi kvarenja, troškovi skladištenja te direktni troškovi održavanja. |

| | |
|---|---|
| ***Trošak nedostatka zaliha*** | Odnosi se na ekonomske posljedice nedostatka zaliha te se izravno mijenja s brojem jedinica koje nisu na zalihi. |
| ***Točka ponovne narudžbe*** | Točka u kojoj je potrebno plasirati novu narudžbu ili započeti proizvodnju optimalne količine. |
| ***V*** | |
| ***Vrste zaliha*** | Poduzeća u pravilu imaju četiri vrste zaliha s obzirom na vrstu robe koja se skladišti:<br>1. zalihe sirovina i materijala<br>2. zalihe dijelova i poluproizvoda, tj. zalihe u toku procesa proizvodnje<br>3. zalihe za održavanje / popravak / operativnu opskrbu<br>4. zalihe gotovih proizvoda<br><br>S obzirom na planirani normativ, stanje, motiv i potrebu za kontinuiranim odvijanjem procesa proizvodnje, odnosno prodaje, zalihe se mogu podijeliti na:<br>a) minimalne zalihe<br>b) optimalne zalihe<br>c) prosječne zalihe<br>d) sigurnosne zalihe<br>e) špekulativne zalihe<br>f) sezonske zalihe<br>g) nekurentne zalihe |
| ***Z*** | |
| ***Zalihe*** | Pohranjeni resursi (materijali, korisnici ili informacije) u transformacijskom sustavu.<br>Sastoje se od dobara (materijali, poluproizvodi, gotovi proizvodi) koje poduzeća drže na skladištu kako bi proizvela dobra (proizvodna poduzeća), odnosno prodala dobra (trgovinska poduzeća).<br>Skup su stavki u poduzeću koje služe kako bi se zadovoljila interna ili eksterna potražnja korisnika. |
| ***Zalihe sirovina i materijala*** | Kupljene, ali još neobrađene sirovine i materijali. *Ove zalihe se mogu koristiti za razdvajanje (tj. odvajanje) dobavljača od proizvodnog procesa.* |
| ***Zalihe dijelova i poluproizvoda*** | Komponente ili sirovine koje su prošle neku promjenu u procesu, ali nisu završene. Riječ je o zalihama u toku procesa proizvodnje. |
| ***Zalihe za održavanje / popravak / operativnu opskrbu*** | Namijenjene su za održavanje proizvodnih strojeva i procesa. Postoje budući da je nepoznata potreba i vrijeme za održavanje i popravak neke opreme. |
| ***Zalihe gotovih proizvoda*** | Odnose se na završene proizvode koji čekaju na isporuku. Gotovi proizvodi mogu se također držati na zalihama i zbog neizvjesne buduće potražnje. |
| ***Zalihe – minimalne*** | Najmanja količina koja je potrebna da se pravovremeno zadovolje obveze poduzeća po količini i asortimanu. |
| ***Zalihe – optimalne*** | Količina koja osigurava redovnu i potpunu opskrbu proizvodnje ili kupaca uz minimalne troškove držanja i naručivanja. |
| ***Zalihe – prosječne*** | Prosjek stanja zaliha tijekom određenog razdoblja (najčešće godine). |

| | |
|---|---|
| ***Zalihe – sigurnosne*** | Količina u skladištu koja se drži radi osiguranja od nepredviđenih promjena u potražnji ili ponudi. |
| ***Zalihe – špekulativne*** | Količina u skladištu prikupljena s namjerom da se proda kada se cijene znatnije povećaju, što se može i namjerno izazvati pomoću određenih špekulantskih akcija. |
| ***Zalihe – sezonske*** | Količina robe prikupljene tijekom godine, a namijenjena zadovoljenju povećane potražnje u kratkom razdoblju u sezoni. |
| ***Zalihe – nekurentne*** | Količina u skladištu koja se zbog zastarjelosti, gubitka potrebnih svojstava ili nekih drugih razloga ne može nikako prodati, ili se može prodati samo uz znatno snižene cijene. |
| ***Zalihe – maksimalne*** | Količina koja pokriva potražnju i osigurava odgovarajuće rezerve do iduće narudžbe, odnosno isporuke. |

## 17.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Što su zalihe?
2. Kako zalihe mogu povećati fleksibilnost poslovanja poduzeća?
3. Koje vrste zaliha poznajete s obzirom na vrstu robe koja se skladišti?
4. Koje vrste zaliha poznajete s obzirom na planirani normativ, stanje, motiv i potrebu za kontinuiranim odvijanjem procesa proizvodnje, odnosno prodaje?
5. Koje su prednosti držanja zaliha?
6. Koji su nedostaci držanja zaliha?
7. Čime može rezultirati neadekvatna kontrola zaliha?
8. Što je opći cilj upravljanja zalihama?
9. Zašto je upravljanje zalihama ključno?
10. Koje zahtjeve treba ispuniti kako bi se zalihama efikasno upravljalo?
11. Koja je razlika između stavki zavisne i nezavisne potražnje?
12. Koje troškove treba uzeti u obzir za uspješno upravljanje zalihama?
13. Kako funkcionira ABC pristup klasifikacije zaliha?
14. Kako funkcionira kontinuirani, a kakao periodični sustav upravljanja zalihama?
15. Koje su prednosti i nedostaci kontinuiranog sustava upravljanja zalihama?
16. Koje su prednosti i nedostaci periodičnog sustava upravljanja zalihama?
17. Koje modele upravljanja unutar kontinuiranog sustava upravljanja zalihama poznajete?
18. Što je model ekonomične količine narudžbe?
19. Kada se govori o ekonomičnoj količini narudžbe?
20. Na kojim pretpostavkama se temelji model ekonomične količine narudžbe?
21. Kako funkcionira model ekonomične količine proizvodnje?
22. Kako funkcionira model popusta na količinu?
23. Kada se govori o točki ponovne narudžbe?

## 17.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Jedno poduzeće nabavlja 3.600 proizvoda godišnje. Godišnji troškovi držanja zaliha iznose 36 kn po jedinici proizvoda, dok trošak naručivanja iznosi 50 kn. Poduzeće radi 360 dana u godini. Kod ovog zadatka potrebno je:

a) Izračunati ekonomičnu količinu narudžbe.
b) Odrediti koliko puta godišnje je potrebno naručiti.
c) Odrediti koliko traje vrijeme između narudžbi.
d) Odrediti koliko iznose prosječne zalihe.
e) Odrediti koliko iznosi ukupni godišnji trošak zaliha ukoliko se naručuje ekonomična količina.

RJEŠENJE:
a) Ekonomična količina narudžbe je 100 proizvoda.
b) Godišnje je potrebno naručiti 36 puta.
c) Vrijeme između narudžbi je 10 dana.
d) Prosječne zalihe iznose 50 proizvoda.
e) Ukoliko se naručuje ekonomična količina, ukupni godišnji troškovi zaliha iznose 3.600 kn.

**Zadatak 2.** Jedno poduzeće proizvodi 48.000 proizvoda godišnje. Poduzeće može dnevno proizvesti 800 proizvoda. Trošak držanja zaliha je 1 kn po proizvodu godišnje. Troškovi organizacije za vremensko trajanje proizvodnje proizvoda su 45 kn. Poduzeće radi 240 dana u godini.

Odredite:
a) stopu iskorištenosti zaliha
b) ekonomičnu količinu proizvodnje
c) broj ciklusa proizvodnji u godini
d) optimalno vrijeme između proizvodnji
e) optimalno vrijeme trajanja proizvodnje
f) maksimalne zalihe
g) prosječne zalihe
h) ukupni godišnji trošak zaliha ukoliko se proizvodi ekonomična količina.

RJEŠENJE:
a) Stopa iskorištenosti zaliha je 200 proizvoda dnevno.
b) Ekonomična količina proizvodnje je 2.400 proizvoda.
c) Godišnje se pokrene 20 ciklusa proizvodnje.
d) Optimalno vrijeme između proizvodnji je 12 dana.
e) Optimalno vrijeme proizvodnje iznosi 3 dana.
f) Maksimalne zalihe iznose 1.800 proizvoda.
g) Prosječne zalihe iznose približno 900 proizvoda.
h) Ukoliko se proizvodi ekonomična količina, ukupni godišnji troškovi zaliha iznose 1.800 kn.

**Zadatak 3.** Jedan proizvođač treba 8.500 komada jedne komponente za proizvodnju. Trošak jedne narudžbe iznosi 300 kn, dok godišnji troškovi držanja zaliha iznose 30 kn po komponenti. Proizvođaču je ponuđen popust za kupnju većih količina komponenti. Ponuđene mogućnosti kupnje vide se u tablici:

| Kategorija cijena | Naručena količina | Cijena po stolici |
|---|---|---|
| Početna cijena | 1 – 499 | 100 kn |
| Cijena s popustom 1 | 500 – 999 | 95 kn |
| Cijena s popustom 2 | 1.000 i više | 90 kn |

Odredite:
a) ekonomičnu količinu narudžbe
b) kategoriju cijena kojoj pripada izračunata količina pod a)
c) ukupni godišnji trošak zaliha ukoliko se naruči izračunata količina pod a)
d) ukupne troškove zaliha stolica za zadnje dvije kategorije cijena
e) optimalnu količinu narudžbe te ukupne troškove zaliha.

RJEŠENJE:
a) Ne uzimajući u obzir popuste na količinu, ekonomična količina narudžbe je približno 412 komponenti.
b) Izračunata količina pripada kategoriji Početna cijena**.** Dakle, 412 komponenti moguće je kupiti po cijeni od 100 kn po komponenti budući da 412 komponenti pripada količini od 1 – 499 komponenti.
c) Ukoliko se naručuje izračunata količina, ukupni godišnji troškovi zaliha iznose 862.369,32 kn.
d) Budući da se komponente mogu kupiti i po nižim cijenama, potrebno je izračunati ukupne troškove zaliha ukoliko bi se kupile količine koje pripadaju nižim cjenovnim razredima (cijena s popustom 1 i cijena s popustom 2).
    a. Ako bi se komponenta kupila po cijeni od 93 kn trebalo bi kupiti minimalno 500 komponenti. Ukupni troškovi zaliha prilikom kupnje 500 komponenti iznose 803.100 kn.
    b. Ako bi se komponenta kupila po cijeni od 90 kn, trebalo bi kupiti minimalno 1.000 komponenti. Ukupni troškovi prilikom kupnje 1.000 komponenti iznose 782.550 kn.
e) S obzirom na izračune pod c i d moguće je zaključiti da je količina od 1.000 komponenti u konačnici količina koju je potrebno naručiti, budući da se pri navedenoj količini ostvaruju minimalni troškovi zaliha u iznosu od 782.550 kn.

**Zadatak 4.** Jedna prodavaonica prodaje prosječno 170 punjača za mobitele dnevno sa standardnom devijacijom od 20 punjača. Trajanje isporuke je u prosjeku 5 dana sa standardnom devijacijom od 2 dana. Prodavaonica želi pružiti visoku razinu usluge kupcima te je određeno da razina usluge bude 95 %.

Odredite:
a) rizik nestašice zaliha
b) odgovarajuću standardnu devijaciju koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha
c) očekivanu potražnju tijekom vremena isporuke
d) standardnu devijaciju potražnje tijekom vremena isporuke
e) sigurnosne zalihe
f) točku ponovne narudžbe.

RJEŠENJE:
a) Rizik nestašice zaliha je 5 %.
b) *z* se očitava iz tablice Površine ispod normale krivulje iz *Priloga 2*. Potrebno je očitati broj *z* koji je najbliži 0,95. *z* koji se traži je 1,64.
c) Očekivana potražnja tijekom vremena isporuke iznosi 850 punjača.
d) Standardna devijacija potražnje tijekom isporuke iznosi približno 343 punjača.
e) Sigurnosne zalihe bi trebale iznositi približno 565 punjača.
f) Svaki put kada zalihe dođu do razine od 1415 punjača potrebno je izvršiti novu narudžbu.

## LITERATURA

1. Fitzsimmons, J. A., Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin
2. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Pearson
3. Russel, R. S. i Taylor B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons
4. Slack, N., Brandon-Jones A. i Johnston, R. (2013). *Operations Management*. 7th edition. Pearson
5. Slack, N., Brandon-Jones A. i Johnston, R. (2011). *Essentials of operations management*. Pearson
6. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education
7. Šamanović, J. (2009). *Prodaja Distribucija Logistika (teorija i praksa)*. Split: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu

# 18. UPRAVLJANJE ZALIHAMA U ZAVISNOJ POTRAŽNJI

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti razliku između zavisne i nezavisne potražnje*
- *navesti obilježja sustava planiranja potreba materijala*
- *objasniti funkcioniranje sustava planiranja potreba materijala*
- *navesti obilježja sustava upravo na vrijeme*
- *objasniti funkcioniranje kanban sustava.*

## 18.1. UVOD

Sustavi upravljanja zalihama razlikuju se ovisno o tome radi li se o nezavisnoj ili zavisnoj potražnji. Kako je to već istaknuto u poglavlju 17, nezavisna potražnja podložna je tržišnim utjecajima, a odnosi se na zalihe gotovih proizvoda. Budući da takva potražnja ovisi o tržišnim uvjetima, a ne o proizvodnji, naziva se nezavisnom. S druge strane, zavisna potražnja ovisi o potražnji za gotovim proizvodima, a odnosi se na sirovine i poluproizvode za proizvodnju gotovih proizvoda. Tim se zalihama upravlja: sustavom planiranja potreba materijala (engl. *material reqirements planning, MRP*) ili sustavom upravo na vrijeme (engl. *just in time, JIT*). Ova dva sustava detaljnije će se objasniti u nastavku ovog poglavlja.



## 18.2. OPĆENITO O PLANIRANJU POTREBA MATERIJALA (PPM)

Sustav planiranja potreba materijala (PPM) koristi se u proizvodnji proizvoda koji se sastoje od više dijelova, komponenti, sklopova i sličnog, čija proizvodnja ovisi o proizvodnji gotovog proizvoda za koji se ti dijelovi, komponente ili sklopovi proizvode. Riječ je o dijelovima, komponentama ili sklopovima za, primjerice, automobilsku industriju, industriju namještaja ili pametnih telefona. Sustav PPM treba odgovoriti na tri pitanja bitna za svaki proizvodni proces:[577]

1. Što je potrebno?
2. Koliko čega je potrebno?
3. Kada je to potrebno?

Sustav PPM započinje **glavnim proizvodnim planom** (engl. *master schedule*) koji specificira finalne proizvode, odnosno output proizvodnje. O glavnom proizvodnom planu ovisit će sva buduća potražnja za sirovinama i poluproizvodima. Glavni proizvodni plan je primarni input PPM-a, a pomažu mu sastavnice proizvoda (engl. *bill of materials*) i zapisi o zalihama (engl. *inventory records*). Glavni proizvodni plan daje informaciju o potrebnoj količini gotovih proizvoda i vremenu kada ti proizvodi trebaju biti na raspolaganju. **Sastavnice proizvoda**, kao što im ime govori, predstavljaju popis svih komponenti od kojih se sastoje gotovi proizvodi. **Zapisi o zalihama** govore koliko je sirovina na zalihi, a koliko ih treba naručiti. Outputi PPM-a su planirani rasporedi nabava (engl. *planned-order schedules*), puštene narudžbe (engl. *order releases*), promjene (engl. *changes*), izvještaji o kontroli učinkovitosti (engl. *performance-control*

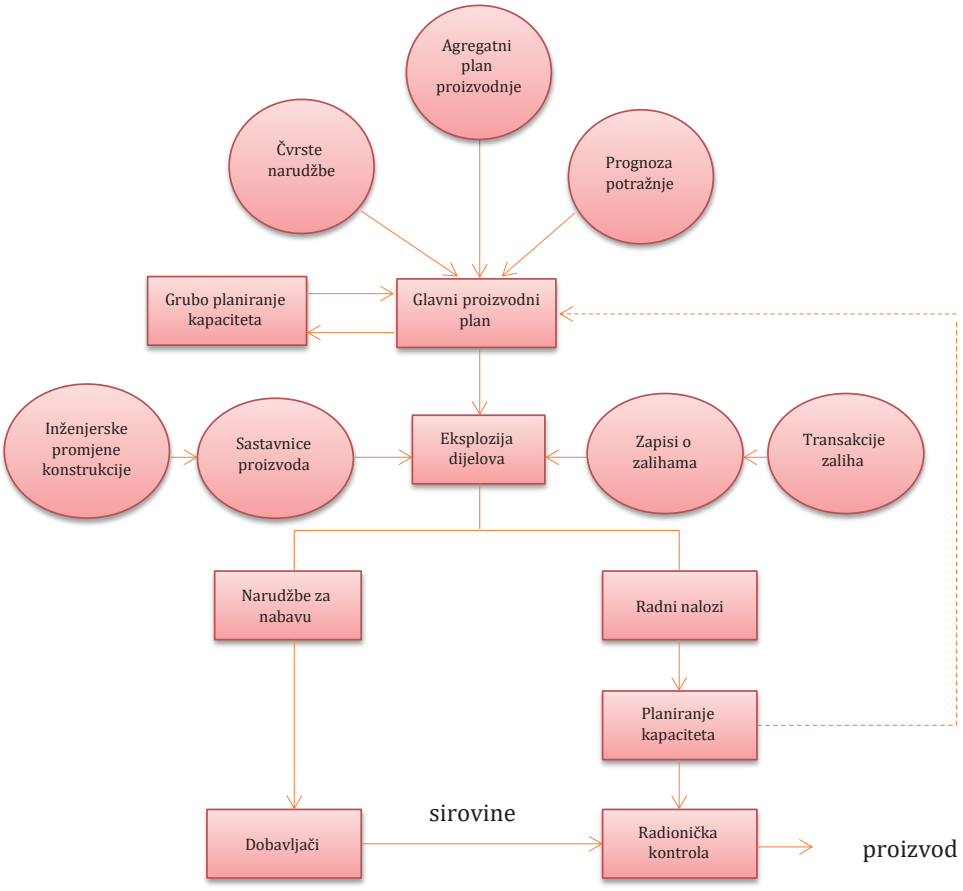
[577] Stevenson, J. W. (2014). *Operations Management.* 12th global edition. McGraw Hill. str. 496.

*reports*), izvještaji o planiranim aktivnostima (engl. *planning reports*) i izvješća o iznimkama (engl. *exception reports*).

Schroeder[578] razlikuje tri tipa PPM sustava:

- *Tip 1: Sustav kontrole zaliha*. Ovaj tip funkcionira kao potpora glavnom proizvodnom planu. Pušta naloge za proizvodnju i nabavu u pravim količinama u pravo vrijeme te na taj način kontrolira zalihe tijekom proizvodnje.
- *Tip 2: Sustav upravljanja proizvodnjom i zalihama*. Ovaj sustav se koristi za planiranje zaliha i kapaciteta (slika 18.1).[579] Zove se još i sustav sa zatvorenom petljom zato što ima povratnu vezu između lansiranih narudžbi i glavnog proizvodnog plana radi prilagodbe raspoloživim kapacitetima.
- *Tip 3: Sustav planiranja proizvodnih resursa*. Tip 3 se koristi za planiranje i kontrolu svih proizvodnih resursa: zaliha, kapaciteta, novca, osoblja, postrojenja i kapitalne opreme.

Sličnom logikom vodio se i Stevenson[580] prema kojemu postoje sljedeći oblici PPM sustava: PPM 1 (tip 1), PPM 2 (tip 2), planiranje resursa u distribucijskom lancu (engl. *distribution resource planning, DRP*) i planiranje resursa u poduzeću (engl. *enterprise resources planning, ERP*).




***Slika 18.1. Sustav PPM sa zatvorenom petljom***

578 Schroeder, R. G. (1993). *Upravljanje proizvodnjom: odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb: Mate. str. 626-627.
579 Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 628.
580 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 511-517.

Slika 18.1. prikazuje PPM sustav sa zatvorenom petljom koji služi za upravljanje i zalihama i kapacitetom. Povratna isprekidana strelica ukazuje na to da će se glavni proizvodni plan realizirati samo ako poduzeće raspolaže dovoljnom količinom kapaciteta. Ako to nije slučaj, glavni proizvodni plan se mora promijeniti i prilagoditi veličini kapaciteta koji su na raspolaganju.

Primjena PPM-a donijela je mnoga poboljšanja u upravljanju zalihama u usporedbi s tradicionalnim sustavom s točkom naručivanja. Sustav s točkom naručivanja podrazumijeva naručivanje sirovina i/ili materijala kad njihove zalihe padnu na minimalnu razinu ($Z_{min}$). Prema PPM-u poticaj za novu narudžbu je potreba za sirovinom koja proizlazi iz glavnog proizvodnog plana. Ako glavni proizvodni plan ne spominje neku sirovinu, ta se sirovina neće naručiti, premda je njezina zaliha niska. A-B-C kontrola zaliha, koja planira materijale po njihovoj vrijednosti, također može rezultirati problemima u proizvodnji. Naime, da bi se proizveo neki proizvod, u njega se moraju ugraditi sve propisane komponente, pa i one s najnižom cijenom. Primjerice, poklopac otvora za dolijevanje goriva u automobil je relativno jeftin, ali bez njega se automobil ne može isporučiti kupcu. Zaključak je da su sve sastavnice proizvoda jednako važne bez obzira na njihovu cijenu.

Glavne koristi primjene PPM sustava su smanjenje nepotrebnih zaliha sirovina, materijala i poluproizvoda, praćenje potreba za zalihama te određivanje vremena kada je potrebno naručiti zalihe. Međutim, da bi se maksimalno iskoristili svi potencijali sustava, potrebno je zadovoljiti neke preduvjete. U tom smislu poduzeće mora:[581]

- posjedovati poseban računalni program
- redovito osvježavati bazu podataka u inputima sustava: glavnom terminskom planu, sastavnicama proizvoda i zapisima o zalihama, te
- provjeravati pouzdanost i točnost podataka.

Od tri navedena preduvjeta računalni program izgleda najskuplji, međutim on je najjednostavniji preduvjet koji neko poduzeće mora ispuniti. Može se isprogramirati vlastiti program, premda se većina poduzeća odlučuje za nabavku nekog od standardiziranih programa. Informatička podrška je nužna, ali nije dovoljna za optimalno funkcioniranje PPM-a. Točnost, preciznost i pedantnost u bilježenju svih podataka vezanih za proizvodnju je od iznimne važnosti. Tu moraju biti uključeni vrhovni menadžment, menadžment proizvodnje, nadzor i svi ostali čimbenici povezani s proizvodnjom, te isti trebaju biti educirani kako PPM sustav radi. Netočnost, primjerice u zapisima zaliha, mogla bi prouzročiti neugodna iznenađenja u smislu nedostatka sastavnih dijelova, kašnjenja s isporukom i nezadovoljstva naručitelja.

## 18.3. FUNKCIONIRANJE PPM SUSTAVA

PPM sustav radi na temelju podataka dobivenih iz glavnog proizvodnog plana (rasporeda), sastavnice proizvoda i zapisa o zalihama. **Glavni proizvodni plan** pokazuje što se, kada i koliko treba proizvesti (tablica 18.1).[582]

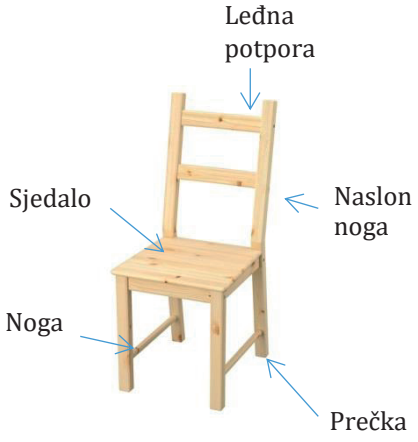
[581] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 511.
[582] Izradila autorica

***Tablica 18.1. Glavni proizvodni plan za proizvod „A“***

| Tjedni | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proizvod „A“ (količine) | | | | 60 | | | | 100 |

Kao što je vidljivo u tablici 18.1, 60 komada proizvoda „A“ trebalo bi biti spremno za isporuku krajem četvrtog, a dodatnih 100 komada krajem osmog tjedna. Količine i rokovi proizlaze iz različitih izvora kao što su narudžbe kupaca ili prognoze potražnje. Nadalje, treba primijetiti da se ukupno vrijeme potrebno za proizvodnju proizvoda (engl. *lead time*) dijeli na više manjih jednakih dijelova (tjedana).

**Sastavnica proizvoda** je popis svih dijelova od kojih se sastoji neki proizvod (slika 18.2. i tablica 18.2).[583] Također, u sastavnici proizvoda navode se i svi dijelovi dijelova.




***Slika 18.2. Sastavni dijelovi stolice***

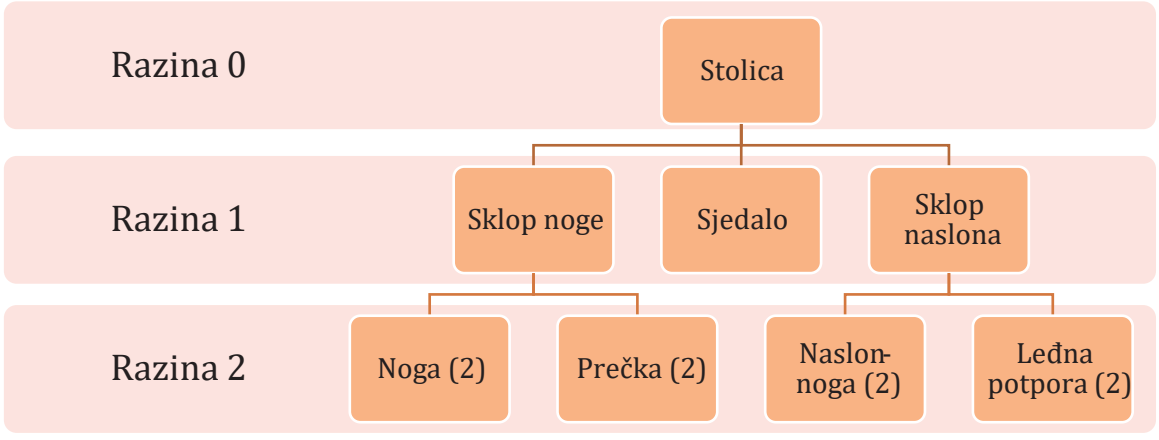
Na slici 18.2. i u tablici 18.2. prikazan je jednostavan primjer stolice. Jedna gotova stolica sastoji se od tri dijela (sklopa): sklop noge, sjedalo i sklop naslona. Dok je sjedalo iz jednog komada, sklop noge se sastoji od dvije jedinice: noge i prečke, sve po dva komada, a sklop naslona također od dvije jedinice: dvije naslon-noge[584] i leđna potpora po dva komada.

***Tablica 18.2. Sastavnica proizvoda za stolicu***

| Razina | Opis | Količina |
|---|---|---|
| **0** | Stolica | 1 |
| **1** | Sklop noge | 1 |
| **2** | Noga prednja | 2 |
| **2** | Prečka | 2 |
| **1** | Sjedalo | 1 |
| **1** | Sklop naslon | 1 |
| **2** | Naslon-noga | 2 |
| **2** | Leđna potpora | 2 |

583 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 498.
584 Stražnje noge na stolici se uglavnom izrađuju u cjelini s leđnim naslonom radi čvrstoće i trajnosti proizvoda.

Očito je da je ovaj popis hijerarhijski organiziran. Najviša razina je nulta razina, tj. gotov proizvod (stolica). Sljedeća, prva razina su dijelovi toga proizvoda (sklop noge, sjedalo i sklop naslona). Druga razina su dijelovi od kojih se sastoje dijelovi/sklopovi iz prve razine. Broj razina ovisi o složenosti proizvoda, a najniža razina su dijelovi, materijali ili sirovine koje poduzeće može naručiti od vanjskog dobavljača. Sastavnice materijala obično se prikazuju u obliku dijagrama stabla (slika 18.3).[585]




***Slika 18.3. Dijagram stablo sastavnice stolice***

Dijagram sastavnice daje brz uvid u vrstu i broj svih dijelova proizvoda što olakšava planiranje. Tako, primjerice, ako se želi proizvesti 100 stolica, lako se može izračunati broj potrebnih dijelova, a to su: 200 komada nogu, 200 komada prečki, 200 komada naslon-nogu, te 200 komada leđnih potpora. Međutim, treba provjeriti postoje li neki od dijelova već na stanju u skladištu poduzeća. Ako postoje, tada se raspored nabave treba umanjiti za te količine. U protivnom će doći do gomilanja nepotrebnih zaliha.

Ovo je vrlo pojednostavljen primjer. U stvarnosti je manipulacija sastavnicama puno složenija zato što poduzeća proizvode veći broj proizvoda s određenim brojem zajedničkih dijelova smještenih na različitim razinama. Kako bi se smanjila mogućnost pogrešaka u procesuiraju informacija, uvedene su ***specijalizirane sastavnice***, kao što su: fantomske sastavnice, *K*-sastavnice i modularne sastavnice.[586] *Fantomske sastavnice* koriste se za dijelove koji se odmah ugrađuju i ne zadržavaju se na skladištu. Česte su kod poduzeća koja primjenjuju vitku proizvodnju. *K-sastavnice* karakteristične su za proizvode koji se nabavljaju u kompletu (engl. *kit*), kao što su vijci i matice, brtve i slično. To su jeftini potrošni dijelovi koji se ne naručuju po komadu nego jednom većom narudžbom „na kutije", neovisno koliko komada je potrebno u određenom proizvodnom ciklusu. Na taj način se smanjuju papirologija i troškovi. *Modularne sastavnice* su prikladne za proizvodnju proizvoda s visokim stupnjem prilagodbe kupcu. U ovom slučaju nulta razina nije gotov proizvod nego modul, odnosno sklop. Izgled i sastav konačnog proizvoda ovisit će o individualnom zahtjevu kupca. Proizvođač, na temelju unaprijed

[585] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 498.
[586] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. John Wiley & Sons. str. 684.

proizvedenih različitih modula, njihovom kombinacijom dobiva specifičan proizvod (proizvod na temelju zahtjeva kupca). Primjenom modularnih sastavnica smanjuje se broj sastavnica jer je broj kombinacija puno veći od broja modula (tablica 18.3)[587]

***Tablica 18.3. Primjer modula automobila***

| Motor | Boje | Naplatci | Presvlake |
|---|---|---|---|
| **1.0 SCe 75** | Ledeno bijela | 16 inča čelični | Tkanina crna/siva |
| **1.0 TCe 100** | Siva urban | 16 inča aluminijski | Tkanina/umjetna koža |
| **1.3 TCe130** | Siva titanum | 16 inča RS line | Crna koža |
| **1.5 Blue dCi 85** | Crna etoile | 17 inča RS line | |
| **1.5 Blue dCi 115** | Siva platine | | |
| | Smeđa vision | | |
| | Plava celodon | | |
| | Plava iron | | |
| | Crvena flamme | | |
| | Narančasta Valencia | | |

U tablici 18.3. prikazani su moduli automobila. Kupac automobila može birati između pet verzija motora, 10 boja, četiri tipa naplataka i tri tipa presvlaka. Prema tome, ukupno ima 600 mogućih verzija automobila (5 * 10 * 4 * 3), a time i 600 potencijalnih sastavnica proizvoda. Međutim, ako bi se koristile modularne sastavnice, broj sastavnica bi pao na 22 (5 + 10 + 4 + 3).

Kad računalo zbraja količinu potrebnih komponenti, ono skenira sastavnicu proizvoda po razinama, počevši od najniže razine prema najvišoj.[588] Zapravo, pri lansiranju narudžbi, mjerodavne su količine najniže rangiranih sastavnica proizvoda. U ovom je trenutku od neizmjerne važnosti točnost svih podataka u sastavnici proizvoda. Netočnost, kao što je primjerice nedostatak ili pak višak dijelova, multiplicira se u planiranju nabavki dijelova za proizvodnju većeg broja proizvoda koji može biti u stotinama komada.

**Zapisi o zalihama** su treći važan input PPM-a. Sadrže informacije o stanju svih stavki u svakoj vremenskoj jedinici, najčešće tjednu. Uglavnom se radi o informacijama vezanima za:[589]

a) količine sirovina, materijala i dijelova koje su
   - na skladištu
   - naručene i
   - potrebne za naručiti
b) dobavljače
c) duljinu proizvodnog ciklusa
d) veličinu narudžbi (engl. *lot size*)
e) razne promjene (roba povučena iz skladišta, otkazane narudžbe i sl.)

[587] Prilagođeno prema: https://config.renault.hr/osobna-vozila/novi-clio/konfigurator, pristup: 06.05.2020.
[588] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 500.
[589] Ibidem.

Točnost podataka u zapisima o zalihama važna je jednako kao i točnost sastavnica proizvoda. Zamislimo situaciju u kojoj je sljedeći tjedan potrebno osigurati 500 komada nekog dijela za ugradnju u konačni proizvod. U zapisima zaliha stoji da na skladištu ima 200 komada tog dijela, međutim skladištar je zaboravio evidentirati 100 komada dijelova koje je izdao sa skladišta. Stvarno stanje na skladištu je 100 komada, ali je zbog njegova propusta zabilježeno stanje veće od stvarnoga. Kao posljedica toga, lansirat će se nalog za narudžbu 300 komada umjesto 400 koliko je stvarno potrebno. Greška bi se ustanovila tek tijekom montaže. Pojavio bi se manjak dijelova te bi se zaustavila proizvodnja. Zatim bi se plasirale naknadne narudžbe, a ugovoreni rok za dostavu gotovog proizvoda bi se probio (produljio).

PPM sustav je poput živog organizma, tj. mijenja se kroz vrijeme. Dinamiku sustava odražava neprestana interakcija dviju varijabli, sastavnice proizvoda i vremena. Stoga se razlikuju sljedeće kategorije sastavnica:

- ***Bruto potrebe*** (engl. *gross requirements*) predstavljaju ukupne potrebe za gotovim proizvodima i njihovim dijelovima. Ako je riječ o gotovim proizvodima, bruto potrebe su navedene u glavnom proizvodnom planu. Ako je pak riječ o dijelovima, njihove bruto potrebe se izvode iz planiranih lansiranih naloga više razine.
- ***Roba u dolasku/narudžba u tijeku*** (engl. *scheduled receipts*) odnosi se na narudžbe koje su otposlane i trebaju doći u skladište proizvođača na početku razdoblja u kojem se obrađuju.
- ***Roba na skladištu i u dolasku*** (engl. *projected on hand*) je očekivana količina proizvoda koja će biti dostupna na početku određenog razdoblja. Čini je roba u dolasku i preostale zalihe iz prethodnog proizvodnog ciklusa.
- ***Neto potrebe*** (engl. *net requirements*) su stvarne količine koje treba naručiti, a izračunavaju se kao razlika između bruto potreba i robe na skladištu.
- ***Planirani primitak narudžbe*** (engl. *plenned-order receipt*) je količina proizvoda koja će biti na raspolaganju u datom razdoblju. Poduzeća najčešće odabiru između dva modaliteta narudžbi: a) naručuju točno onoliko koliko je potrebno (engl. *lot for lot ordering*) ili b) naručuju paušalnu količinu (engl. *lot size ordering*). U slučaju „a" planirani je primitak narudžbe jednak neto potrebama. U slučaju „b" narudžbe mogu biti veće od stvarnih potreba. Stvaraju se sigurnosne zalihe koje će se, ako preostanu u tekućem, iskoristiti u sljedećem proizvodnom ciklusu.
- ***Planirane lansirane narudžbe*** (engl. *planned-order releases*) jesu planirana količina koju treba naručiti za svako razdoblje, odnosno planirani primitak narudžbe pomaknut unatrag za onoliko razdoblja koliko traje dati proces. Planirane lansirane narudžbe su bruto potrebe za sirovinama/materijalima niže razine.

Sada slijedi pojednostavljeni primjer upotrebe sustava PPM (primjer 18.1).

***Primjer 18.1. Sustav naručivanja materijala prema potrebama***[590]

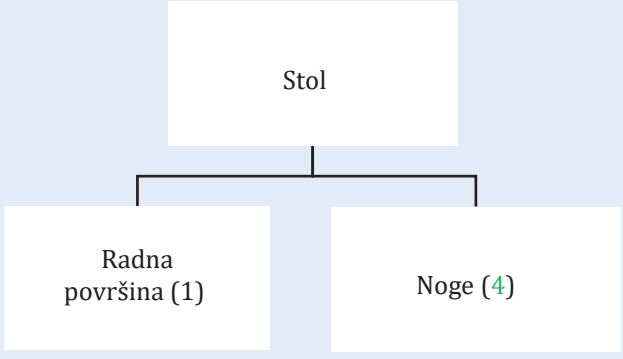
Tvornica koja proizvodi drveni namještaj dobila je dvije narudžbe za gotove stolove, i to 100 komada stolova za dostavu u četvrtom tjednu i 200 komada stolova u osmom tjednu. Svaki stol sastoji se od jedne radne površine i četiri noge. Poduzeće ne proizvodi komponente, već ih naručuje od dobavljača, a zatim sastavlja. Sastavljanje stola traje jedan tjedan. Narudžba radne površine traje dva tjedna, a narudžba nogu traje tjedan dana. Ovi se podaci nalaze u prvom stupcu tablica 18.5. i 18.6. Poduzeće ima 20 komada gotovih stolova na zalihi, a 50 radnih površina treba stići početkom prvoga tjedna. Zadatak je odrediti vrijeme i količine komponenti koje treba naručiti uz pretpostavku da se *naručuje točno prema potrebama* (engl. *lot for lot*).

RJEŠENJE: Prvi je korak sastavljanje glavnog proizvodnog plana.

***Tablica 18.4. Glavni proizvodni plan***

| **Tjedni** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Količina** | | | | 100 | | | | 200 |

Da bi se pravilno naručili potrebni dijelovi, treba napraviti sastavnicu proizvoda iz koje će se vidjeti razine promatranog proizvoda, te količine po svakome dijelu (slika 18.4).




***Slika 18.4. Dijagram sastavnica proizvoda***

Iz slike 18.4. se vide dvije razine promatranog proizvoda. Nulta razina je finalni proizvod, tj. stol, a prva razina su komponente - radna površina i noge. Iz glavnog terminskog plana računaju se planovi narudžbi počevši od nulte razine. Planirane lansirane narudžbe nulte razine postaju bruto potrebe komponenti prve razine (tablica 18.5).

[590] Izradila autorica

***Tablica 18.5. Plan potreba materijala (lot for lot naručivanje)***

| | | **Tjedni** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Količina** | | | | 100 | | | | 200 |
| **STOLOVI** ***Razina 0*** 1 tjedan | Bruto potrebe | | | | | 100 | | | | 200 |
| | Roba u dolasku | | | | | | | | | |
| | Roba na skladištu | 20 | | | | | | | | |
| | Neto potrebe | | | | | 80 | | | | 200 |
| | Planirani primitak narudžbe | | | | | 80 | | | | 200 |
| | Planirano lansiranje naloga | | | | 80 | | | | 200 | |
| **RADNE PLOČE** ***Razina 1*** 2 tjedna | Bruto potrebe | | | | 80 | | | | 200 | |
| | Roba u dolasku | 50 | | | | | | | | |
| | Roba na skladištu | 50 | | | | | | | | |
| | Neto potrebe | | | | 30 | | | | 200 | |
| | Planirani primitak narudžbe | | | | 30 | | | | 200 | |
| | Planirano lansiranje naloga | 30 | | | | | 200 | | | |
| **NOGE** ***Razina 1*** 1 tjedan | Bruto potrebe (x4) | | | | 320 | | | | 800 | |
| | Roba u dolasku | | | | | | | | | |
| | Roba na skladištu | | | | | | | | | |
| | Neto potrebe | | | | 320 | | | | 800 | |
| | Planirani primitak narudžbe | | | | 320 | | | | 800 | |
| | Planirano lansiranje naloga | | | 320 | | | | 800 | | |

POSTUPAK RADA: Prvo se utvrđuju rokovi kada će se lansirati nalozi za finalni proizvod. Bruto potrebe preuzimaju se iz glavnog proizvodnog plana. Bruto potrebe za gotovim stolovima su 100 komada u četvrtom tjednu i 200 komada u osmom tjednu. Međutim, proizvođač već ima 20 stolova na skladištu od ranije. To znači da za četvrti tjedan mora proizvesti 80 novih stolova (100 - 20), a za osmi tjedan svih 200, prema narudžbi. To su neto potrebe i ujedno planirani primitak narudžbi (naručuje se prema *lot for lot* sustavu). Budući da se stolovi montiraju tjedan dana, dijelovi moraju biti na raspolaganju početkom trećeg, odnosno sedmoga tjedna. To je vrijeme kada se lansiraju nalozi u proizvodnju, pa će planirane količine biti upisane u trećem odnosno sedmom tjednu.

Količine 80 u trećem i 200 u sedmom tjednu postaju bruto potrebe sastavnica prve razine. Pri tome treba voditi računa o tome koliko komada dijelova ide u proizvod. U ovom primjeru vidi se da za jedan stol treba jedna radna površina i četiri noge. Za radnu površinu se količine samo prepišu, a za noge količine se moraju pomnožiti s četiri.

U slučaju radnih ploča stoji napomena da 50 komada treba biti dostavljeno na početku prvog tjedna. Iznos 50 upisuje se u prvi tjedan pod rubrike „roba u dolasku" i „roba na skladištu". Kada se 50 oduzme od bruto potreba (80) dobije se neto potreba od 30 komada radnih ploča za treći tjedan. Sedmi tjedan se ne mijenja (200). S obzirom na to da narudžba radnih ploča traje dva tjedna, nalozi se moraju lansirati dva tjedna ranije, tj. početkom prvoga i petoga tjedna.

Kao što je već konstatirano, planirane lansirane narudžbe stolova prenose se u bruto potrebe za nogama uvećane za četiri puta (80 * 4 i 200 * 4). U ovom slučaju nema nogu na skladištu, niti ima narudžbi u tijeku. Neto potrebe su istovjetne bruto potrebama (320 i 800), a planirane lansirane narudžbe glase na iste količine pomaknute za jedan tjedan unatrag.

Neka poduzeća preferiraju naručivanje većih količina od neto potreba. Što se tada događa, može se vidjeti u primjeru 18.2.[591]

***Primjer 18.2. Naručivanje većih količina od neto potreba***

Ulazni podaci su isti kao za prethodni primjer osim što su količine koje se nabavljaju unaprijed određene:

a) Planirane narudžbe za radne ploče: 150 u prvom i 150 komada u petom tjednu.
b) Planirane narudžbe za noge: 350 u drugom i 850 komada u šestom tjednu.

***Tablica 18.6. Plan potreba materijala (lot size naručivanje)***

| | **Tjedni** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Količina** | | | | 100 | | | | 200 |
| **STOLOVI** *Razina 0* 1 tjedan | Bruto potrebe | | | | 100 | | | | 200 |
| | Roba u dolasku | | | | | | | | |
| | Roba na skladištu | 20 | | | | | | | |
| | Neto potrebe | | | | 80 | | | | 200 |
| | Planirani primitak narudžbe | | | | 80 | | | | 200 |
| | Planirano lansiranje naloga | | | 80 | | | | 200 | |
| **RADNE PLOČE** *Razina 1* 2 tjedna | Bruto potrebe | | | 80 | | | | 200 | |
| | Roba u dolasku | 50 | | | | | | | |
| | Roba na skladištu | 50 | | | 120 | | | | 70 |
| | Neto potrebe | | | 30 | | | | 80 | |
| | Planirani primitak narudžbe | | | 150 | | | | 150 | |
| | Planirano lansiranje naloga | 150 | | | | 150 | | | |
| **NOGE** *Razina 1* 1 tjedan | Bruto potrebe (x4) | | | 320 | | | | 800 | |
| | Roba u dolasku | | | | | | | | |
| | Roba na skladištu | | | | 30 | | | | 80 |
| | Neto potrebe | | | 320 | | | | 770 | |
| | Planirani primitak narudžbe | | | 350 | | | | 850 | |
| | Planirano lansiranje naloga | | 350 | | | | 850 | | |

[591] Izradila autorica

Jedina razlika u ovakvom računanju potreba je ta što neto potrebe nisu jednake planiranim narudžbama. Planirani primici su veći od neto potreba. U slučaju radnih ploča u trećem tjednu stvarne potrebe su samo 30 komada, međutim menadžment je odlučio uravnotežiti naručene količine. Radne ploče koje se ne iskoriste u proizvodnji (150 – 30 = 120) postaju projicirane zalihe u sljedećem tjednu. U sedmom tjednu potrebno je 80 radnih ploča (200 - 120), ali je unaprijed određena količina od 150 komada. Nakon ovog proizvodnog ciklusa ostalo je 70 radnih ploča na zalihi koje će biti početne zalihe u novom ciklusu.

Ista logika vrijedi za noge. Stvarna potreba u trećem tjednu je 320 nogu. Ipak, u drugom tjednu plasira se narudžba od 350 komada. Na zalihama u četvrtom tjednu stoji 30 komada nogu. Te zalihe smanjuju potrebu u sedmom tjednu na 770 komada. Budući da se naručuje 850 komada, 80 komada (850 - 770) bilježi se kao projicirana zaliha u osmom tjednu te ostaje za sljedeći proizvodni ciklus.

Koliko će se sirovina/dijelova naručiti određuje se na razne načine, a najčešći su ekonomični ili periodični sustav naručivanja.[592] Postoje i drugi sustavi, kao što su djelomično periodični i Wagner Whitinov model,[593] ali oni nisu predmet ovog poglavlja. Naravno, ovakvo naručivanje ima za posljedicu povećane troškove čuvanja zaliha i to je cijena koju su mnoga poduzeća voljna platiti. Birajući paušalno naručivanje (*lot sizing*) poduzeća priznaju nesavršenosti, tj. mane svog proizvodnog sustava kao, primjerice, neredovito ažuriranje stanja na skladištu, vremensku neusklađenost proizvodnih faza, nepouzdanost dobavljača i slično.

Iz prikazanih primjera uočavaju se četiri važna momenta u funkcioniranju *PPM* sustava, a to su:[594]

- „Eksplozija“ sastavnice proizvoda. Eksplozija je simbolični izraz za multipliciranje naloga za narudžbe kada se gotov proizvod razbija na komponente, podkomponente i tako redom. Naime, narudžbe se lansiraju za najnižu razinu sastavnica, a količine sastavnica se multipliciraju prema broju naručenih[595] gotovih proizvoda i prema konstrukciji gotovog proizvoda. Sastavnica pokazuje koliko dijelova ide u jedan proizvod, primjerice, za jedan stol trebaju četiri noge pa se bruto potrebe množe s četiri.
- Izračunavanje neto potreba svih sastavnica (engl. *netting*).
- Određivanje količina koje se nabavljaju.
- Smještanje narudžbi u određena vremenska razdoblja (tjedno).

## 18.4. REZULTATI (OUTPUTI) PPM SUSTAVA

*PPM* sustav opskrbljuje rukovodstvo poduzeća raznim izvješćima koja se klasificiraju kao primarna ili obavezna izvješća i sekundarna ili opcionalna izvješća.[596] U **primarna izvješća** spadaju:

- *Planirane narudžbe* koje su raspored budućih narudžbi po količini i tjednima.

[592] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 689.
[593] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 510.
[594] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit.* str. 688.
[595] Ovdje se misli na narudžbe od strane krajnjih kupaca, a ne na narudžbe prema dobavljačima.
[596] Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 508.

- *Lansirane narudžbe* su narudžbe koje su odobrene od odgovorne osobe i upućene prema dobavljaču.
- *Promjene planiranih narudžbi* koje uključuju promjene u količini, promjene datuma ili storno narudžbi. U nekim slučajevima neki proizvod dobije prioritet, odnosno mora se isporučiti prije roka. To posljedično znači da njegove sirovine moraju biti na raspolaganju prije roka pa se i njima povećava prioritet. S obzirom da su kapaciteti ograničeni, čim neki proizvod dobije prioritet, drugi proizvod izgubi prioritet pa se njegova proizvodnja prolongira. Navode se primjeri izraza (napomena) koji se najčešće koriste kod promjena narudžbi:[597]

| | | |
|---|---|---|
| Expedite | Ubrzaj | Povećati prioritet |
| Move forward | Pomakni naprijed | Povećati prioritet |
| De-expedite | Prolongiraj | Smanjiti prioritet |
| Move backward | Pomakni unatrag | Smanjiti prioritet |

Kada je riječ o **sekundarnim izvješćima** najčešće se javljaju sljedeći:

- *Izvješća o kontroli učinkovitosti* sustava koji sadrže informacije o odstupanju od planiranog, kao što su zakašnjele isporuke, manjkovi na skladištu i slično.
- *Izvješća o planiranju* koji pomažu menadžmentu u prognoziranju budućih potreba za zalihama.
- *Izvješća o izuzecima* sadrže informacije o većim diskrepancijama u sustavu, kao što su preglomazne narudžbe, narudžbe koje nisu zaprimljene, naručivanje nepostojećih dijelova i slično.

## 18.5. SUSTAV UPRAVO NA VRIJEME (UNV)

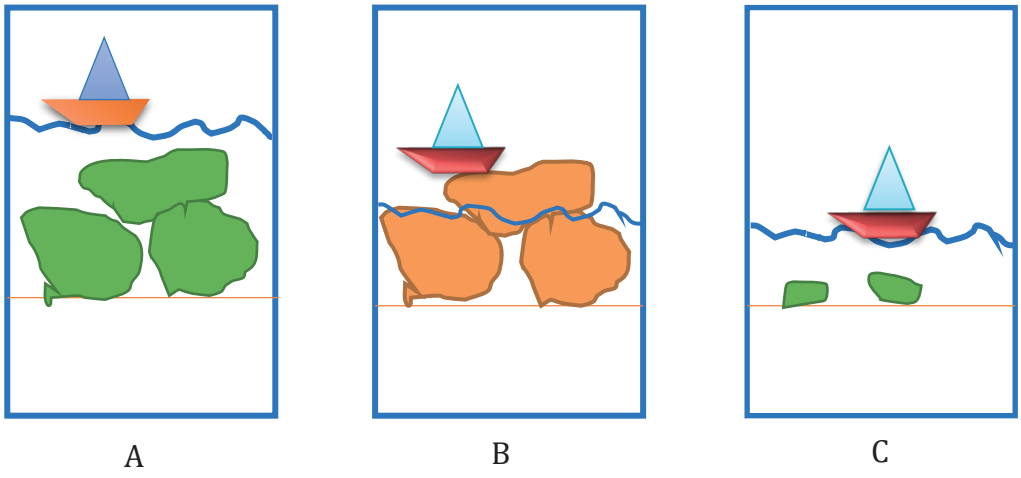
Sustav upravljanja zalihama upravo na vrijeme (UNV) jedan je od dvaju stupova Toyotinog proizvodnog sustava (TPS) i teško ga je promatrati izolirano.[598] U filozofiji TPS-a zalihe su jedna od sedam „*muda*" koje treba eliminirati ili smanjiti. Shigeo Shingo, jedna od ključnih osoba u razvoju sustava UNV, je rekao: „Zalihe su zlo."[599] Mislio je na zla koja zalihe vješto skrivaju (slika 18.5).[600]

[597] Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *op.cit*. str. 695.

[598] Više o Toyotinom proizvodnom sustavu i vitkoj (engl. *lean*) proizvodnji pogledajte u 20. poglavlju, Poboljšanje operacija.

[599] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations Management. Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson. str. 644.

[600] Prilagođeno prema: Ibidem.




***Slika 18.5. Utjecaj zaliha na poduzeće***

Slika 18.5. slikovito prikazuje utjecaj zaliha. Sličice A, B i C prikazuju korito rijeke. Razina vode predstavlja zalihe. Kamenja su razni problemi koji postoje u poduzeću; visok postotak škarta, loše upravljanje kvalitetom, kašnjenje s isporukama, nepouzdani dobavljači, dugotrajne pripreme i drugo. Kad se drže visoke količine zaliha, bilo u sirovinama, poluproizvodima ili gotovim proizvodima, spomenuti se problemi neutraliziraju i ne dolaze do izražaja (A). Uvjetno rečeno, ne smetaju, te brodić sigurno plovi. Zalihe daju lažnu sigurnost i guše potrebu rješavanja problema. U međuvremenu problemi ne nestaju, već rastu. Kreatori TPS koncepta nisu željeli kamuflirati probleme, već ih identificirati i riješiti. Kad se smanji razina zaliha, onda problemi postaju vidljivi (B). Menadžment postaje svjestan ozbiljnosti problema i javlja se potreba za njihovim rješavanjem. Smanjenje zaliha u sustavu UNV nije samo sebi svrha, premda su zalihe veliki trošak za poduzeće. Čak i kad bi dobavljač dopremio robu upravo na vrijeme, to ne bi imalo velikog efekta ako se ne bi uklonila neefikasnost u poslovanju (C).

Sustav UNV se pogrešno naziva poslovanje s nula zaliha. Međutim, to ne mora uvijek biti tako. Postoje situacije kad je poželjno imati malu količinu zaliha. Sustav UNV je karakterističan po sljedećim elementima:[601]

- Proizvodnja se organizira u malim serijama ili još bolje po jedan komad. Kad se proizvodi mala količina proizvoda, manje su potrebe za zalihama.
- Proizvodni ciklus je vrlo kratak. Japanska tvornica madraca Aisin Seiki Anjo ima proizvodni ciklus od samo dva sata.[602]
- Proizvodnja je ujednačena, odnosno nema dnevnih oscilacija, a glavni proizvodni plan ne podliježe naknadnim izmjenama.[603]
- Ljudi, materijal, oprema i strojevi su smješteni tako da su prostorno blizu i svojim položajem slijede tok proizvoda od sirovine do gotovog proizvoda. Često su proizvodne jedinice razmještene u obliku slova „U“. Budući da su zalihe minimalne, nema potrebe za velikim

[601] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 640-643.
[602] Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continous Improvement Strategy*. McGraw-Hill. str. 161.
[603] Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 669.

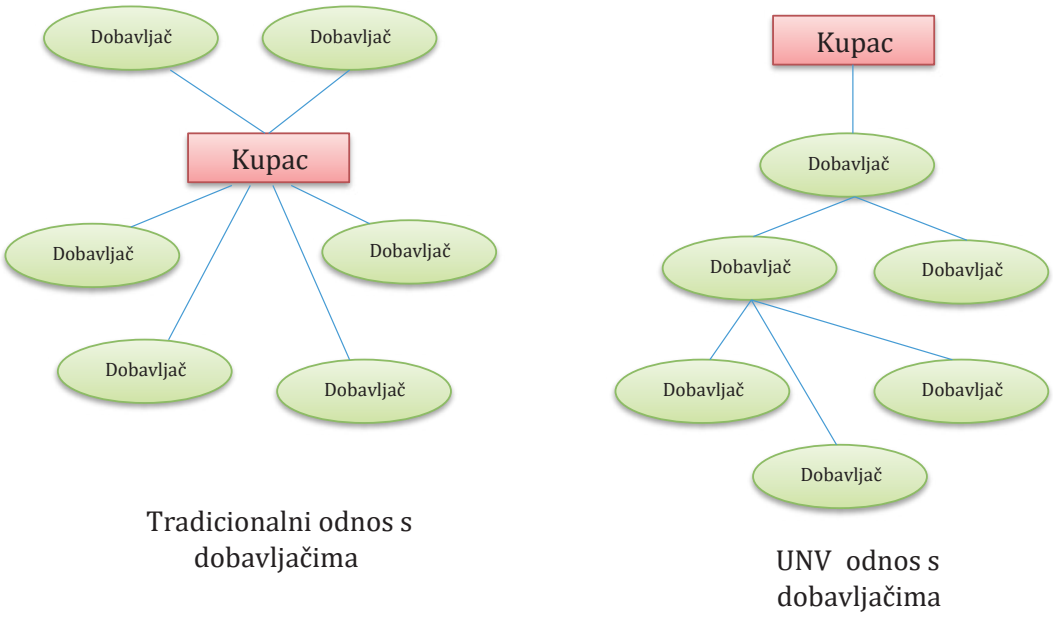
skladišnim prostorima - taj se višak prostora (pre)namjenjuje za proizvodnju. Tako ima dovoljno mjesta za smještaj dodatnih proizvodnih jedinica, ako potražnja to zahtijeva.

- Iz potonjeg se podrazumijeva visok stupanj fleksibilnosti prema krajnjem kupcu. Osim posebnog rasporeda strojeva i opreme, ti isti strojevi i oprema su višenamjenski i mogu poslužiti za proizvodnju različitih vrsta proizvoda.
- S obzirom na to da su oprema i strojevi višenamjenski, radnici moraju posjedovati više znanja i vještina nego, primjerice, radnici koji rade na pokretnoj traci. Pored toga, svaki radnik je dužan brinuti se o svom radnom mjestu, čistiti i održavati strojeve i pribor te je izravno odgovoran za output svoje proizvodne jedinice.
- Primjenjuje se sustav povlačenja (engl. *pull system*), a to znači da se proizvodi točno ona količina koja je naručena te se sirovine i materijali povlače točno ondje gdje su potrebni i kada su potrebni. Sušta suprotnost ovom sustavu je sustav guranja (engl*. push system*), koji je karakterističan za tradicionalnu masovnu proizvodnju. Kada je proizvod završen na jednoj radnoj stanici, gura se na sljedeću bez obzira jesu li ga radnici spremni prihvatiti i raditi na njemu. Ako nisu spremni, dolazi do gomilanja zaliha proizvoda u obradi (engl*. work in progress*). Kod sustava povlačenja, proizvodi miruju na radnoj stanici sve dok radnici sa sljedeće stanice ne budu spremni za njegovu obradu. Proizvodi se povlače prema potražnji sljedeće radne stanice. Posljednje povlačenje radi kupac kad je proizvod dovršen.
- Kako bi uspjeli smanjiti troškove zaliha, proizvođači ostvaruju dugoročnu suradnju s malim brojem dobavljača (slika 18.6).[604] Teži se da dobavljači budu fizički blizu proizvođačima kako bi mogli često isporučivati male količine sirovina uz minimalne transportne troškove. Ovdje se nameće nekoliko važnih pitanja: Kakvu korist imaju dobavljači od ovog aranžmana? Isplati li im se usmjeriti samo na jednog kupca (jer to zahtijevaju redovite isporuke na dnevnoj bazi)? Isplati li im se preuzeti troškove čuvanja zaliha svoga kupca? Hoće li moći tehnološki pratiti kupca u budućnosti? Ova i slična pitanja postavljaju dobavljači poduzeća koje želi prijeći na sustav UNV. Uspješna suradnja s dobavljačima zahtijeva sljedeće:[605]
    - *Rani odabir dobavljača*. Dobavljače treba odabrati prije konačnog oblikovanja proizvoda kako bi se zajedno s dobavljačima dovršilo oblikovanje.
    - *Naručivanje „obitelji" dijelova*. Dobavljači su odgovorni za narudžbu svih srodnih dijelova kako bi postigli ekonomiju obujma i tako smanjili broj pojedinačnih dostava.
    - *Dugoročno strateško partnerstvo*. S dobavljačima se sklapaju ugovori koji traju cijelo vrijeme životnog vijeka dijelova uz posebno ugovorenu cijenu. Ako se želi dodatno osigurati nesmetana dostava nekog dijela, može se sklopiti ugovor s dva dobavljača.
    - *Smanjenje papirologije kod preuzimanja i kontrole.* Omogućavaju se uštede za kupca i dobavljača.

---

604 Prilagođeno prema: Stevenson, J. W. (2014). *op.cit*. str. 625.

605 Schroeder, R. G. i Goldstain, S. M. (2018). *Operations Management in the Supply Chain*. McGraw-Hill. str. 128-129.




***Slika 18.6. Usporedba tradicionalnog i UNV odnosa prema dobavljačima***

## 18.6. KANBAN SUSTAV

Kanban sustav usko je vezan uz sustav povlačenja. Povlačenje sirovina i materijala događa se u koordinaciji s kretanjem proizvoda kroz radne stanice. Da bi povlačenje bilo koordinirano, potrebno je ostvariti određeni oblik komunikacije između radnih stanica međusobno, te između radnih stanica i dobavljača. Taj oblik komunikacije zove se kanban. Kanban na japanskom jeziku znači kartica, međutim to može biti bilo koji signal da zalihe treba obnoviti, kao što su kartica, prazni kontejner (kutija, spremnik), prazan pod, zastavica, signalno svjetlo ili pak elektronski signal, elektronska poruka ili notifikacija.[606] Kada radnik zatreba proizvod ili možda sirovine i/ili materijal od prethodne radne stanice, on će dati odgovarajući signal, primjerice, iskoristit će kanban karticu. Kanban kartica predstavlja svojevrsnu propusnicu za kretanje proizvoda ili sirovina (slika 18.7).[607]

***Slika 18.7. Primjer kanban kartice***

606 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 647.
607 https://www.manufactus.com/portfolio/examples-for-kanban-cards/?lang=en, pristup: 08.05.2020.

Dva su tipična oblika kanbana:[608]

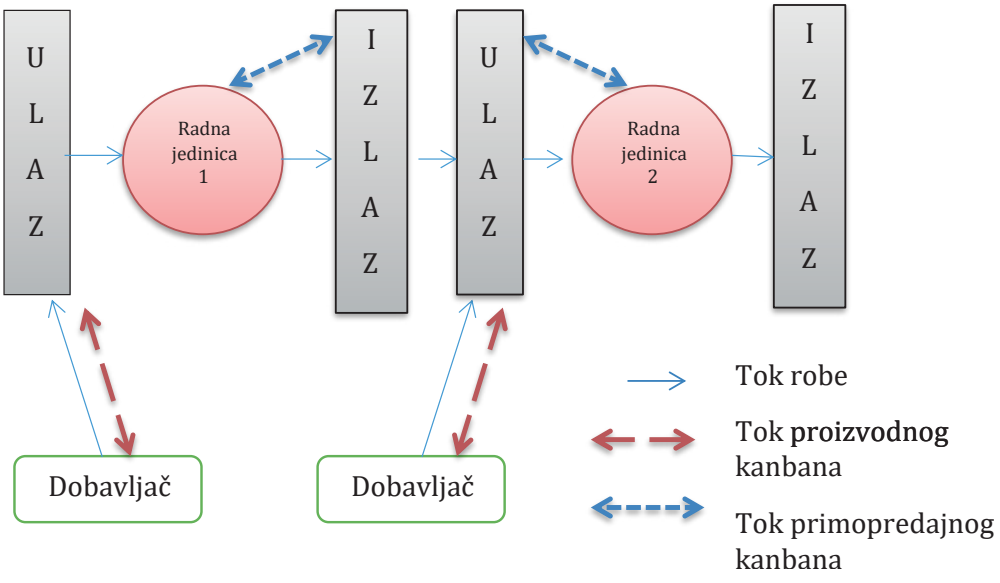
- proizvodni kanban, kojim se daje signal za proizvodnju dijelova i
- primopredajni kanban, kojim se signalizira prijenos dijelova na sljedeću radnu jedinicu.

Kanban sustav funkcionira na sljedeći način. Kanban kartica pričvršćena je za kontejner. Kada radniku zatrebaju dijelovi, on otiđe u skladišni prostor i uzme kontejner s dijelovima. Svaki kontejner ima unaprijed određenu količinu dijelova. Radnik pritom odvoji karticu od kontejnera i stavi je na neko vidljivo mjesto koje se zove kanban ploča. Skladištar potom uzima karticu i odnosi je u skladište dobavljača gdje puni novi kontejner s dijelovima (slika 18.8)[609] Obnavljanje zaliha diktirano je potražnjom radnika prema dijelovima. Ovo je ista procedura kao u trgovinama robom široke potrošnje koje prakticiraju nadopunjavanje polica ovisno o njihovom pražnjenju. Količina zaliha se može povećavati i smanjivati dodavanjem ili uklanjanjem kontejnera. Optimalan broj kontejnera/kanbana može se izračunati prema formuli 18.1.

$$KB \frac{K * PV_z (1+X)}{ZK} \qquad (18.1)$$

gdje su:

$KB$ = ukupan broj kanbana/kontejnera
$K$ = planirana količina korištenja radne jedinice
$PV_z$ = prosječno vrijeme čekanja na dopunu zaliha uvećano za prosječno vrijeme proizvodnje
$X$ = koeficijent neefikasnosti procijenjen od strane menadžmenta (0-1)
$ZK$ = zapremnina kontejnera




***Slika 18.8. Primopredajni i proizvodni kanban***

Kako se može izračunati potreban broj kanbana, vidjet će se u primjeru 18.3.

608 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 621.
609 Prilagođeno prema: Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 675.

***Primjer 18.3. Izračunavanje broja kanbana/kontejnera***

Izračunajte optimalan broj kanbana ako radna jedinica koristi 400 dijelova dnevno, a u kontejner stane 30 dijelova. Prosječno vrijeme koje je potrebno od zaprimanja kanban kartice do vraćanja praznog kontejnera je 0,2 dana. Koeficijent neefikasnosti je 0,3.

RJEŠENJE:
$K$ = 400 dijelova
$ZK$ = 30 dijelova
$PV_z$ = 0,2 dana
$X$ = 0,3
$KB$ = ?

$$KB = \frac{K*PV_z(1+X)}{ZK} = \frac{400*0,2(1+0,3)}{30} = 3,47$$

UOČENO: Rezultat nije cijeli broj. Može se zaokružiti na više ili na manje. Ako se zaokruži na više, sustav će biti nešto labaviji, tj. bit će malo više zaliha dijelova na skladištu. Ako se zaokruži na manje, sustav će biti nategnut, tj. moguće je da će se ponekad malo čekati na kontejner.



## 18.7. USPOREDBA SUSTAVA PPM I UNV

Sustavi PPM i UNV koriste se pri planiranju zaliha u zavisnoj potražnji. Međutim, to im je jedina sličnost. PPM sustav funkcionira po principu guranja. Temeljem unesenih postavki (inputa), ovaj sustav razrađuje plan nabave sirovina te ih onda gura kroz proizvodni proces da bi se zadovoljila buduća potražnja. Suprotno tome, UNV sustav djeluje na principu povlačenja. Radne jedinice povlače sirovine i proizvode od prethodne jedinice, a sirovine i materijali se nabavljaju samo kada postoji buduća potražnja. To znači da se UNV sustav bazira na sadašnjoj potražnji sljedeće radne jedinice, a ne na procjeni (prognozi) buduće potražnje. Stoga UNV sustav zahtijeva stabilni repetitivni terminski plan.[610]

Ako je proizvodnja organizirana kao prekidani proizvodni proces, s čestim izmjenama u proizvodnji, sustav UNV neće dati dobre rezultate, jer nije dinamičan. Čak su i kanbani u standardnim veličinama namijenjeni isključivo jednoj vrsti proizvoda, što donosi uštede, ali ograničava fleksibilnost.[611] Kao što je ranije navedeno, sustav upravo na vrijeme temelji se na ujednačenoj proizvodnji i zato je najučinkovitiji u repetitivnom tipu proizvodnje. PPM će dati najbolje rezultate u prekidanim proizvodnim procesima zbog svoje sposobnosti prognoziranja i planiranja potražnje za mnogobrojnim sastavnicama proizvoda. Računalni sustav bez teškoća obrađuje ogromne količine podataka, a postavke se mogu mijenjati prema potrebi.

610 Schroeder, R. G. (1993). *op.cit.* str. 682.
611 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 649.

Pri odabiru sustava upravljanja zalihama treba biti svjestan ograničenja PPM sustava. Ograničenja su zapravo ljudi. Pogrešno je pretpostaviti da računalo sve radi samo. Računalo radi s podacima koji mu se stave kao inputi. Procjena vremena trajanja ciklusa pokazala se kao čest kamen spoticanja u primjeni PPM sustava. Radnici su rijetko iskreni kada ih se pita, primjerice, koliko im treba vremena da sastave neki proizvod. U želji da ostave bolji dojam na nadređenog, ne ustručavaju se namjerno dati kraće vrijeme od stvarnog. Kada se takvo vrijeme ubaci u računalo, ubrzo dolazi do zagušenja skladišnih prostora, jer se komponente ne stignu ugrađivati u zadanom vremenu. Pored navedenog, uobičajene su greške u procjeni količine naručivanja, vremena realizacije narudžbi, vremena postavljanja linije i drugog.[612]

Pri korištenju sustava upravo na vrijeme nema natrpanih skladišta. Međutim, problem bi predstavljale odluke o izmjenama, primjerice u oblikovanju proizvoda zato što bi to značilo, osim promjene dobavljača, promjenu kanbana, te zbog promjene komponenti, i novu harmonizaciju cijelog proizvodnog procesa.

Premda su dijametralno različiti, oba sustava se mogu kombinirati koristeći prednosti jednoga i drugoga. Hibridni sustav PPM/kanban daje dobre rezultate kada se PPM koristi za planiranje, a kanban za operacionalizaciju.[613]

## 18.8. ZAKLJUČAK

U ovom poglavlju razmatrali su se sustavi upravljanja zalihama u zavisnoj potražnji. Zavisna potražnja je potražnja za komponentama i dijelovima koji se ugrađuju u gotove proizvode. Za planiranje zaliha u proizvodnji ovih komponenti i dijelova koriste se dva modela upravljanja zalihama, i to: sustav planiranja potreba materijala (PPM) i sustav upravo na vrijeme (UNV*)*.

PPM je računalni sustav koji je pogodan za planiranje narudžbi velikog broja sirovina, komponenti ili dijelova. Podaci se obrađuju na temelju inputa; glavnog terminskog plana, sastavnica proizvoda i zapisa o zalihama. Rezultati PPM sustava su primarni izvještaji (planirane, lansirane i promjene narudžbe) te sekundarni izvještaji (izvještaj o kontroli učinkovitosti, izvještaj o planiranju i izvještaj o izuzecima). PPM sustav funkcionira u proizvodnim procesima zasnovanima na principu guranja.

Sustav UNV stup je Toyotinog proizvodnog sustava, odnosno vitkog managementa. Koristi se u sustavima povlačenja. Karakterizira ga proizvodnja u malim serijama, ujednačenost proizvodnje, proizvodne jedinice te tijesna suradnja s dobavljačima. Poslovanje bez ili gotovo bez zaliha postiže se sustavom kanban.

612 Piasecki, D. J. (2009). *Inventory Management Explained*. OPS Publishing. Pleasant Praire. str. 208.
613 Stevenson, J. W. (2014). *op.cit*. str. 623.

## 18.9. KLJUČNI POJMOVI

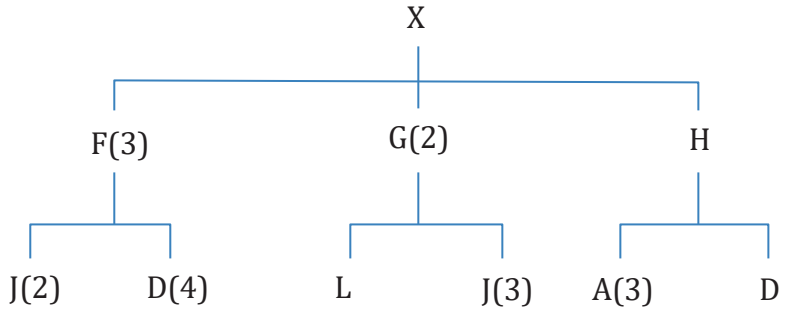
| | |
|---|---|
| ***B*** | |
| ***Bruto potrebe*** | Ukupne potrebe materijala za nekim proizvodom. |
| ***F*** | |
| ***Fantomske sastavnice*** | Sastavnice za dijelove koji se odmah ugrađuju. |
| ***G*** | |
| ***Glavni proizvodni plan*** | Dokument koji specificira output proizvodnje. |
| ***K*** | |
| ***Kanban*** | Japanska riječ za karticu, a signalizira potrebu nadopune zalihama ili prebacivanje proizvoda na sljedeću radnu jedinicu. |
| ***K-sastavnice*** | Sastavnice za dijelove koji se kupuju u kompletu. |
| ***M*** | |
| ***Modularne sastavnice*** | Sastavnice za module proizvoda. |
| ***N*** | |
| ***Neto potrebe*** | Stvarne količine materijala koje treba naručiti. |
| ***P*** | |
| ***Planirane lansirane narudžbe*** | Planirana količina materijala koju treba naručiti za svako razdoblje. |
| ***Planirani primitak narudžbe*** | Količina materijala koja će biti na raspolaganju u danom razdoblju. |
| ***Primopredajni kanban*** | Vrsta kanbana koja signalizira prebacivanje proizvoda na sljedeću radnu jedinicu. |
| ***Proizvodni kanban*** | Vrsta kanbana koja signalizira potrebu za nadopunjavanjem zaliha. |
| ***R*** | |
| ***Roba na skladištu*** | Očekivana količina materijala koja će biti dostupna na početku određenog razdoblja. |
| ***Roba u dolasku/narudžba u tijeku*** | Narudžbe koje su otposlane i trebaju doći u skladište proizvođača na početku razdoblja u kojem se obrađuju. |
| ***S*** | |
| ***Sastavnica proizvoda*** | Popis sastavnih dijelova nekog proizvoda. |
| ***Sustav planiranja potreba materijala*** | Sustav upravljanja zalihama u zavisnoj potražnji. |
| ***Sustav upravljanja upravo na vrijeme*** | Sustav upravljanja zalihama u zavisnoj potražnji. |
| ***Z*** | |
| ***Zapisi o zalihama*** | Bilješke o stanju zaliha u skladištu poduzeća. |

## 18.10. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Po čemu se razlikuju zavisna i nezavisna potražnja?
2. Zašto u zavisnoj potražnji ne vrijede klasične metode upravljanja zalihama?
3. Što je PPM sustav sa zatvorenom petljom?
3. Što su inputi, a što outputi sustava PPM?
4. Kada se koriste fantomske, a kada K-sastavnice proizvoda?
5. Koja je razlika između narudžbe „točno koliko je potrebno“ (*lot for lot*) i „paušalne“ narudžbe (*lot size*)?
6. Može li se sustav upravo na vrijeme uspješno primijeniti u masovnoj proizvodnji?
7. Kakav je odnos s dobavljačima karakterističan za sustav upravo na vrijeme?
8. Imaju li sličnosti sustav upravo na vrijeme i sustav povlačenja (*pull* sustava)?
9. Koje vrste kanbana poznajete?
10. Koja su ograničenja sustava PPM?

## 18.11. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

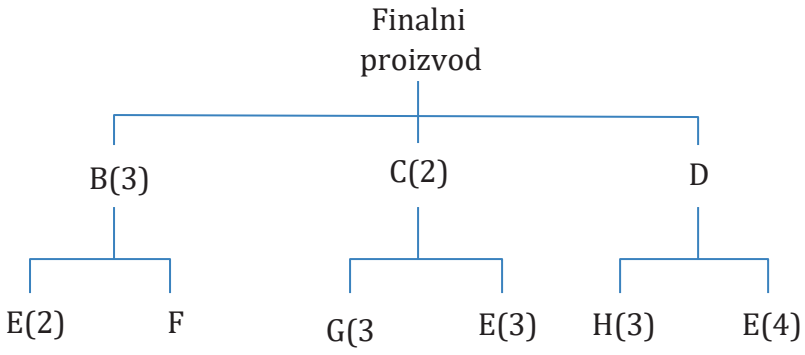
**Zadatak 1.** Izračunajte potrebne količine svih sastavnica proizvoda X prema raspoloživim podacima iz niže prikazanog dijagrama.




**Zadatak 2.** U sljedećoj tablici i dijagramu dati su podaci o sastavnicama finalnog proizvoda, vremenima proizvodnje/montaže i stanju na skladištu. Pokušajte odgovoriti bez razrade PPM plana:

a) Ako treba isporučiti 30 komada finalnog proizvoda, kolike su potrebe za dodatnim količinama komponente E?
b) U kojem najkasnijem tjednu treba lansirati narudžbe za komponente najniže razine, ako finalni proizvod treba isporučiti u jedanaestom tjednu?

| Sastavnica | Finalni proizvod | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vrijeme proizvodnje | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Dostupno na skladištu | 0 | 20 | 10 | 15 | 25 | 30 | 5 | 10 |

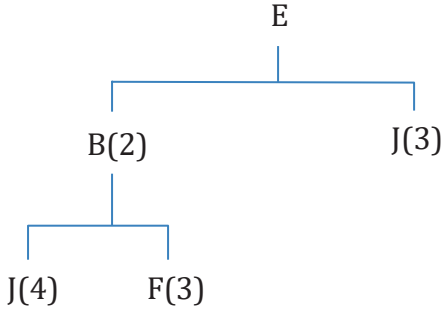



**Zadatak 3.** Poduzeće mora isporučiti 100 komada proizvoda X početkom šestoga tjedna. Već su naručene tri kutije komponente J (30 komada po kutiji). Prva kutija dolazi početkom trećeg, druga početkom četvrtog, a treća početkom petoga tjedna. Na skladištu je 60 komada komponente B i 20 komada komponente J. Vrijeme proizvodnje je dva tjedna za E i B i jedan tjedan za J.

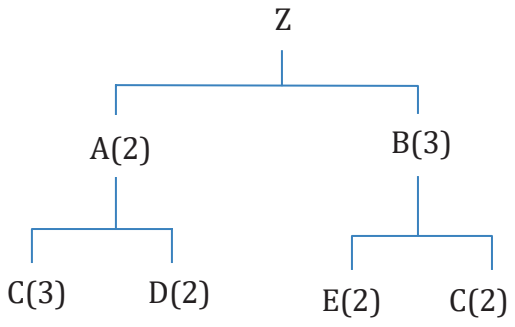
a) Izradite PPM plan za komponentu J.

b) U četvrtom je tjednu došlo do promjene te je potražnja za proizvodom E pala sa 100 na 90 komada. Sve narudžbe iz trećeg tjedna su lansirane. Koliko će više komponenti B i J ostati na skladištu u šestom tjednu?

*Napomena: komponenta J se naručuje u kutijama po 30 komada, a komponenta B u partijama od 120 komada.*

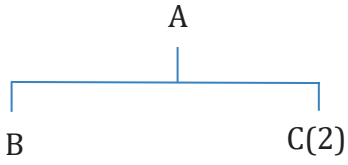



**Zadatak 4.** Poduzeće mora isporučiti 120 komada proizvoda Z početkom sedmoga tjedna. Izradite PPM plan za komponentu C koristeći niže navedene podatke.




| Sastavnice | Stanje na skladištu | Proizvodni ciklus u tjednima |
|---|---|---|
| Z | 40 | 2 |
| A | 70 | 1 |
| B | 100 | 2 |
| C | 30 | 1 |
| D | 0 | 1 |
| E | 0 | 1 |

**Zadatak 5.** Ukupne potrebe za proizvodom A su 200 komada u četvrtom tjednu i 250 komada u petom tjednu. Poznati su i sljedeći podaci:




| Sastavnice | Stanje na skladištu | Proizvodni ciklus u tjednima |
|---|---|---|
| A | 100 | 1 |
| B | 150 | 2 |
| C | 80 | 1 |

a) Izradite potpuni PPM plan (naručivanje prema potrebama, *lot for lot* naručivanje).
b) Napravite izmijenjeni PPM plan u slučaju da se proizvodni ciklus proizvoda A i komponente C poveća na dva tjedna. Kakve su posljedice takve promjene?

## LITERATURA

1. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations Management. Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson
2. Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continous Improvement Strategy.* McGraw-Hill
3. Piasecki, D. J. (2009). *Inventory Management Explained*. OPS Publishing. Pleasant Praire
4. Russell, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*, 7th edition. John Wiley & Sons
5. Schroeder, R. G. (1993). *Upravljanje proizvodnjom. Odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb: Mate
6. Schroeder, R. G. i Goldstain, S. M. (2018). *Operations Management in the Supply Chain*. McGraw-Hill
7. Stevenson, J. W. (2014). *Operations Management*. 12th global edition. McGraw Hill

## Internet izvori

1. https://config.renault.hr/osobna-vozila/novi-clio/konfigurator
2. https://www.manufactus.com/portfolio/examples-for-kanban-cards/?lang=en

# 19. UPRAVLJANJE REPOVIMA ČEKANJA

## *Ciljevi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti što uzrokuje stvaranje repova čekanja te zašto ih je nemoguće u potpunosti eliminirati*
- *opisati kako se formiraju repovi čekanja*
- *opisati karakteristike repova čekanja*
- *primijeniti formule modela s jednim poslužiteljem*
- *primijeniti formule modela s više poslužitelja*
- *primijeniti formule modela s konstantnim vremenom usluge*
- *primijeniti formule modela ograničene populacije.*

## 19.1. UVOD

U okviru ovog poglavlja naglasak će biti na upravljanju repovima čekanja s kojima se menadžment često susreće u različitim situacijama i u različitim djelatnostima. U **tvorničkoj proizvodnji**, repovi čekanja se odnose na zalihe, sirovine, materijale, poluproizvode koji čekaju na obradu, dok je u **uslužnim djelatnostima** riječ o ljudima koji čekaju, bilo u ambulantama, bankama, trgovinama itd.

Neke uobičajene situacije stvaranja repova čekanja prikazane su u tablici 19.1.[614]

***Tablica 19.1. Situacije stvaranja repova čekanja***

| Situacija | Dolasci u rep | Proces usluge |
|---|---|---|
| Supermarket | Kupci prehrambenih proizvoda | Izdavanje računa na blagajni |
| Naplatne kućice na autocesti | Automobili | Naplata cestarine |
| Ambulanta | Pacijenti | Tretman liječnika i medicinskih sestara/tehničara |
| Računalni sustav | Programi koje treba pokrenuti | Računalni procesi |
| Telekomunikacijsko poduzeće | Pozivatelji | Preusmjeravanje poziva |
| Banka | Korisnici | Obrada transakcija |
| Održavanje strojeva | Pokvareni strojevi | Serviseri popravljaju strojeve |
| Luka | Brodovi | Ukrcavanje i iskrcavanje |

Repovi ili redovi se stvaraju na najrazličitijim mjestima, a njihovo neeliminiranje se negativno očituje i na poslovnost poduzeća koje vrši usluge, i na osobe koje neizravno ili izravno sudjeluju u repovima. Takve situacije su u svakom slučaju nepoželjne. Razmatranje problema repova čekanja svodi se na to da se **optimaliziraju sredstva (mjesta usluga) koja susreću potražnju korisnika (subjekte čekanja)**.[615]

[614] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson. str. 748.

[615] Barković, D. (2011). *Uvod u operacijski menadžment*. Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera. str. 237.

Postavlja se pitanje: **što sve uzrokuje stvaranje repova**? Naime, prvi razlog je neredovito pristizanje subjekata čekanja (*kupaca, pacijenata, kao i materijala koji mogu kasniti, ali i opreme koja je već angažirana*) na mjesta izvršenja usluga. Drugi je u tome da se nikako ne može sa sigurnošću znati koliko će izvršenje pojedine usluge trajati. Treći razlog je u tome što se usluge ne mogu unaprijed proizvesti niti uskladištiti za buduće potrebe pa se događa čekanje korisnika onda i kada kapacitet nekog poslovnog sustava nije potpuno iskorišten. Može se zaključiti da se repovi čekanja neće oblikovati jedino u sustavima koji imaju neznatnu ili nikakvu varijabilnost, odnosno u sustavima u kojima je moguće dolaske, bilo kupaca, bilo predmeta rada, unaprijed dogovoriti te gdje je vrijeme servisiranja konstantno. Kako kod većine proizvodnih i uslužnih sustava stvar nije takva, to će se u njima pojavljivati repovi.

U ovom poglavlju objasnit će se ciljevi upravljanja repovima čekanja, karakteristike repova čekanja te će se dati pregled nekih modela repova čekanja.

## 19.2. CILJ UPRAVLJANJA REPOVIMA ČEKANJA

Poznavanje repova čekanja važan je dio operacija i vrijedan alat za operacijski menadžment U svome poslovanju operacijski menadžment često se susreće sa situacijama u kojima se stvaraju repovi.

**Rep** predstavlja liniju korisnika koji zahtijevaju uslugu od jednog ili više poslužitelja. Međutim, rep ne mora biti fizička linija pojedinaca koji se nalaze ispred poslužitelja. *To mogu biti studenti koji sjede za računalnim terminalima raspršenim oko fakultetskog kampusa ili osoba koja se nalazi na "čekanju" od strane telefonskog operatera*. Poslužitelji se obično smatraju pojedinačnim stanicama na kojima korisnici dobivaju uslugu. *Stereotipni repovi čekanja – ljudi koji čekaju u formalnoj liniji na uslugu – vidljivi su na blagajnama supermarketa i šalterima blagajnika u banci*, ali repovi čekanja dolaze u različitim oblicima i stvaraju se na najrazličitijim mjestima.[616]

**Cilj** upravljanja repovima čekanja je smanjivanje ukupnih troškova. Postoje **dvije osnovne kategorije troškova** u sustavu repova čekanja:

1. **TROŠKOVI POVEZANI S ČEKANJEM USLUGE**
   - Ekonomski troškovi čekanja mogu se promatrati iz dvije perspektive:
     - Za poduzeće, to je trošak zaposlenika (internih korisnika) koji čekaju na mogućnost pružanja usluge. Ovaj trošak je moguće mjeriti neproduktivnim plaćama (isplaćenim plaćama iako dio vremena zaposlenik nije radio), *primjerice, mehaničari koji čekaju alat, vozači kamiona koji čekaju utovar*.
     - Za vanjske korisnike, to je vrijeme provedeno na čekanju u repu. Riječ je o oportunitetnom trošku, tj. o odbačenoj alternativnoj upotrebi vremena korisnika.
   - Gubitak posla ili prihoda zbog prekomjernog čekanja ili čak očekivanja dugih čekanja, primjerice kod *odustajanja od kupovine zbog dugog reda na blagajni supermarketa.*
   - Trošak osiguranja prostora za čekanje koji se odnosi na, primjerice, *veličinu čekaonice kod liječnika, dužinu trake u praonici automobila, gorivo koje je avion potrošio dok je čekao slijetanje.*

[616] Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin. str. 300.

2. **TROŠKOVI POVEZANI S KAPACITETIMA**. Ovi troškovi se odnose na troškove održavanja sposobnosti pružanja usluge, kao, primjerice:
   - broj kućica za pranje automobila
   - broj blagajni u trgovinama
   - broj servisera koji popravljaju opremu koja je u kvaru
   - broj traka na autocestama

Kada je uslužni objekt u stanju mirovanja, kapacitet je neiskorišten budući da se ne može pohraniti za neku buduću potrebu.

Slika 19.1.[617] daje pregled navedenih troškova.

***Slika 19.1. Troškovi kapaciteta i troškovi čekanja***

[617] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management.* McGraw-Hill Education. str. 785.

Kako kapacitet raste, broj kupaca koji čekaju, te vrijeme čekanja, imaju tendenciju smanjenja čime se smanjuju troškovi čekanja. **Cilj upravljanja repovima čekanja** je uravnotežiti troškove pružanja dobre usluge, odnosno troškove kapaciteta i troškove čekanja.

## 19.3. KARAKTERISTIKE SUSTAVA REPOVA ČEKANJA

Kada se govori o repovima čekanja, potrebno je razumjeti što sve čini sustav čekanja.

**Sustav repova čekanja** sastoji se od tri glavne karakteristike. To su:[618]

1. Dolasci ili ulaz u sustav:
   a. Veličina ulazne populacije
      i. Beskonačna ili neograničena populacija
      ii. Konačna ili ograničena populacija
   b. Način dolaska u rep – Distribucija dolazaka
      i. Nasumičan dolazak
      ii. Poznati raspored dolazaka
   c. Ponašanje u repu
      i. Strpljivo ponašanje
      ii. Nestrpljivo ponašanje
         - Odbijanje čekanja
         - Odustajanje od čekanja
2. Dužina i disciplina u repu:
   a. Dužina repa
      i. Beskonačna ili neograničena dužina
      ii. Konačna ili ograničena dužina
   b. Disciplina korisnika
3. Uslužni sustav:
   a. Oblikovanje (dizajn) uslužnog sustava u pogledu broja poslužitelja
   b. Distribucija usluživanja

Svaka od navedenih karakteristika sustava repova čekanja bit će objašnjena u nastavku poglavlja.

### 19.3.1. Karakteristike dolazaka

Kada se govori o dolascima ili ulazu u sustav, promatraju se njegove tri glavne karakteristike koje se odnose na veličinu dolazne populacije, način na koji korisnici dolaze u sustav (distribucija dolazaka) te ponašanje korisnika u sustavu (kako se ponašaju čekajući uslugu).

#### *19.3.1.1. Veličina populacije*

Pristup koji se koristi u analizi problema repova čekanja ovisi o tome je li potencijalni broj korisnika usluge ograničen ili ne. Postoje dvije mogućnosti: konačne i beskonačne populacije.

[618] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 749.

Kada je **populacija beskonačna**, potencijalni broj korisnika znatno premašuje kapacitet sustava. Takve situacije postoje kad god usluga koja se pruža nema ograničenja, *primjerice trgovine, banke, aerodromi*. Kod ovakvih usluga, teorijski gledano, veliki broj članova iz populacije može zatražiti uslugu u bilo koje vrijeme.

Kada je **populacija ograničena** (veličina baze korisnika usluge je ograničena), postoji situacija s konačnim izvorom. *Primjerice, kod servisera koji je odgovoran za održavanje određenog broja strojeva u poduzeću, potencijalni broj strojeva koji možda trebaju popravke u određenom trenutku ne smije premašiti broj strojeva koji su mu dodijeljeni za održavanje. Ili, medicinska sestra može biti odgovorna za brigu o 10 pacijenata na odjelu.*

### *19.3.1.2. Distribucija dolazaka*

Dolasci u sustav pružanja usluga u pravilu se ponašanju po nekoj distribuciji. Korisnici mogu dolaziti ravnomjernim redoslijedom (*primjerice, jedan pacijent svakih 15 minuta*) te se tada govori o **poznatom rasporedu dolazaka**. S druge strane, korisnici mogu dolaziti neovisno jedan o drugome te se njihovi dolasci ne mogu unaprijed predvidjeti. Tada se govori o **nasumičnim (slučajnim) dolascima**.

Nasumične dolaske moguće je promatrati s dva gledišta:[619]

- Uspostavljanjem nekog vremenskog trajanja te nastojanjem utvrđivanja koliko dolazaka sustav može propustiti unutar uspostavljenog vremenskog trajanja. Obično se pretpostavlja da je broj dolazaka po vremenskoj jedinici distribuiran Poissonovom distribucijom.
    - U poglavlju će navedeno biti **opisano parametrom λ** koji će predstavljati **prosječan broj korisnika koji dolaze u jedinici vremena**.
- Analizirajući vrijeme između dolazaka kako bi se uočilo prate li vremena dolazaka neku statističku distribuciju. Obično se pretpostavlja da je vrijeme između dolazaka negativno eksponencijalno distribuirano.
    - U poglavlju će navedeno biti **opisano parametrom 1/λ** koji će predstavljati **vrijeme između dolazaka u jedinici vremena**.

### *19.3.1.3. Ponašanje korisnika sustava*

Većina modela repova čekanja pretpostavlja da je korisnik u repu strpljiv. **Strpljivi** korisnici su ljudi ili strojevi koji čekaju u repu sve dok ne budu posluženi. Čak ako korisnik prigovara te se ponaša nestrpljivo, činjenica da ostaje u repu i čeka, dovoljna je kako bi se takve korisnike označilo strpljivim korisnicima.

No, korisnici se često ne ponašaju na navedeni način te se tada govori o **nestrpljivim** korisnicima. U slučaju postojanja velikih repova **nestrpljivi korisnici dijele se na**:

- Korisnike koji **odbijaju** čekati u repu. To su korisnici koji dođu, promotre situaciju i rep čekanja te se nakon toga odluče otići.
- Korisnike koji **odustaju** od čekanja u repu. To su korisnici koji dođu, promotre situaciju, stanu u rep i čekaju, no nakon nekog vremena ipak odustaju od čekanja i odlaze.

[619] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. 13. izdanje. Zagreb: Mate. str. 242.

## 19.3.2. Karakteristike repa čekanja

Karakteristike repa čekanja su one koje objašnjavaju samu strukturu repa. Odnose se na dužinu i disciplinu repa.

### *19.3.2.1. Dužina repa*

S obzirom na broj korisnika koji stoje u repu i žele biti usluženi, razlikuju se repovi konačne ili ograničene dužine te repovi beskonačne ili neograničene dužine.

Za rep se kaže da je **konačne ili ograničene dužine** kada se zakonski ili fizički ne može povećati do razine beskonačnog. Kada korisnik usluge stigne do popunjenog sustava, bit će mu uskraćen ulazak u sustav. Korisniku nije dopušteno čekati izvan sustava te je prisiljen na odlazak bez primljene usluge. *Navedeni slučaj se može pojaviti primjerice u malom restoranu koji ima samo mali broj stolova i mjesta te može poslužiti određeni broj večera.*

Pri analizi repova čekanja modeli zbog jednostavnosti često pretpostavljaju da je dužina repa **beskonačna ili neograničena**, odnosno da kapacitet uslužnog sustava nije ograničen (pretpostavljaju da svaki korisnik koji dođe može biti i poslužen). *Dobar primjer sustava s beskonačnim repom jesu naplatne kućice na autocestama*.

### *19.3.2.2. Disciplina repa*

Druga karakteristika repa čekanja bavi se disciplinom repa. Disciplina repa je pravilo prioriteta ili **skup pravila za utvrđivanje redoslijeda posluživanja korisnika** koji čekaju u repu.[620] Odabrana pravila mogu imati značajan učinak na ukupan uspjeh sustava.[621] Cilj je odlučiti koji klijent u repu sljedeći treba dobiti uslugu.

Neka od najčešće korištenih **pravila za pružanje usluge** su:[622]

a) Prvi došao, prvi poslužen (*PDPP*) (engl. *First in, first out, FIFO* ili *First come, first served, FCFS*). Većina sustava koristi pravilo da se posluživanje obavlja prema redoslijedu dolaska korisnika usluge, tj. pravo na posluživanje dobit će korisnik koji je prvi došao.
b) Zadnji došao, prvi poslužen (*ZDPP*) (engl*. Last in – last out, LIFO* ili *Last come – first served, LCFS*). Za razliku od prethodnog pravila, može se primijeniti potpuno suprotno pravilo, na način da korisnik koji je posljednji došao u sustav prvi stječe pravo na posluživanje. *Primjerice, operater stroja može složiti pokraj stroja dijelove potrebne za proizvodnju na način da zadnji doneseni dio bude na vrhu (dio koji će se prvi koristiti u proizvodnji).*
c) Slučajni izbor pružanja usluga (*SIPU*) (engl. *Service in random order, SIRO*). Redoslijed usluživanja korisnika koji čekaju može se odrediti i slučajnim izborom. *Primjerice, operater stroja može iz pune kutije istih dijelova potrebnih za proizvodnju proizvoda slučajno izabrati dio koji će se sljedeći koristiti.*
d) Prioritetno posluživanje (*PP*) (engl. *Priority service, PRIOR*). Redoslijed posluživanja mo-

620 Pravila prioriteta obrađivala su se u poglavlju 15 kada je bilo riječi o terminiranju proizvodnje i usluga. Treba primijetiti da se neke kategorije ponavljaju kroz poglavlja, ali i to da im je kontekst različit.

621 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit*. str. 245.

622 Prilagođeno prema: Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons. str. 202.

guće je odrediti prema prioritetu korisnika koji čekaju na posluživanje. *Primjerice, usluga hitne pomoći funkcionira po ovom pravilu, gdje se pomoć mora pružiti po dijagnozi težine situacije.*

**Drugi primjeri pravila prioriteta** uključuju davanje prednosti poslovima s najkraćim očekivanim vremenom obrade kako bi se dobilo najviše poslova odrađenih u najkraćem vremenskom razdoblju, zatim davanje prednosti onima s rezervacijom, najprofitabilnijim korisnicima, najvećim narudžbama, najboljim korisnicima, najdužem vremenu čekanja u repu, najranije obećanom datumu itd. Neovisno o tome koje se pravilo primjenjuje, važno je kao prvo, da korisnici znaju koje je pravilo posluživanja i da ga poštuju, te drugo, da postoji sustav koji će djelatnicima omogućiti upravljanje repovima.[623]

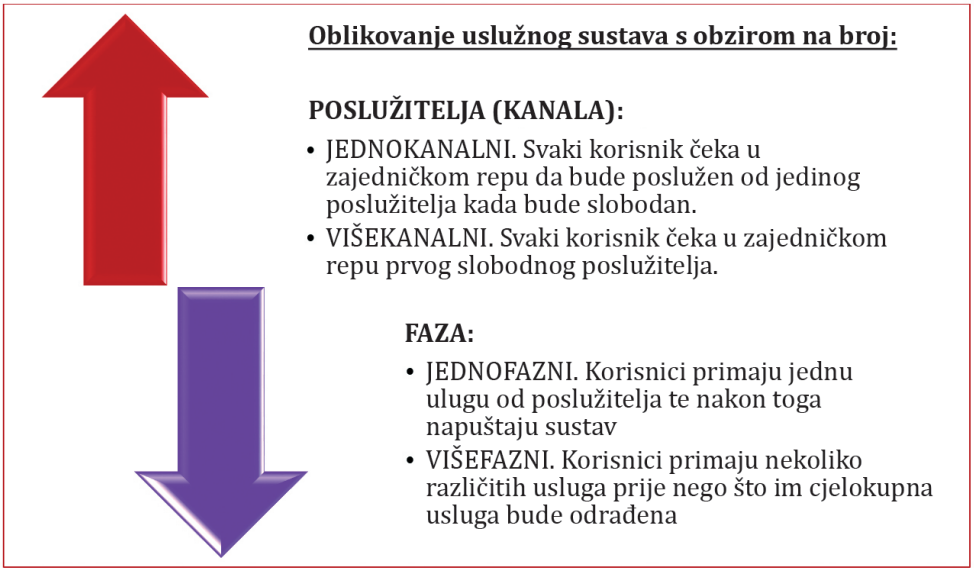
## 19.3.3. Karakteristike uslužnog sustava

Karakteristike sustava posluživanja objašnjavaju na koji način i s kakvim resursima sustav uslužuje korisnike koji ulaze u sustav. Odnose se na oblikovanje uslužnog sustava i statističku distribuciju koja simulira uslugu.

### *19.3.3.1. Oblikovanje uslužnog sustava*

Uslužni sustavi su obično **karakterizirani brojem poslužitelja** (brojem kanala) i **brojem faza** (brojem različitih usluga koje moraju biti obavljene kako bi konačna usluga bila napravljena).[624]

Oblikovanje uslužnog sustava, s obzirom na broj poslužitelja (odnosno kanala) te s obzirom na broj faza, moguće je vidjeti na slici 19.2.



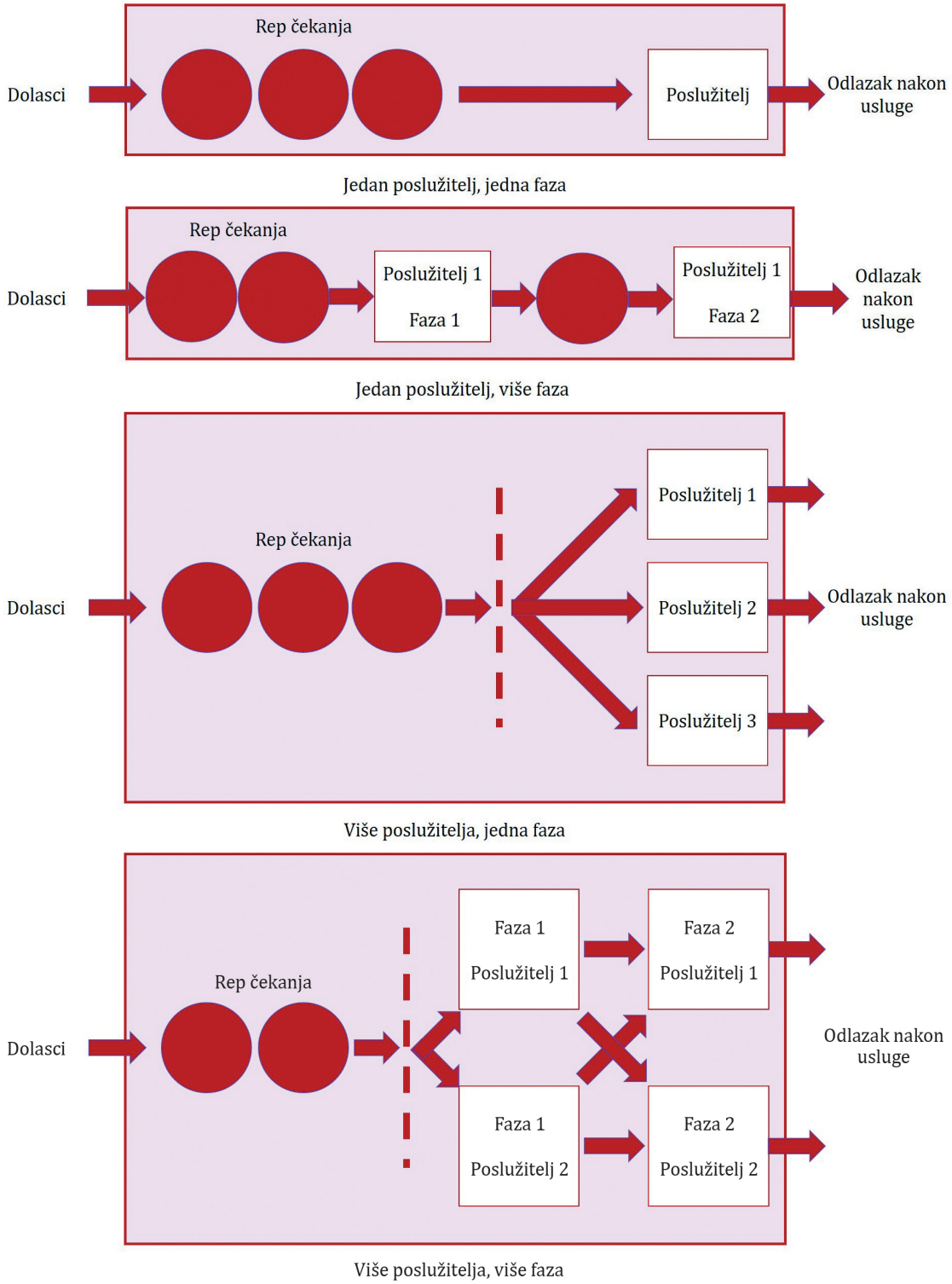

***Slika 19.2. Dimenzije oblikovanja sustava repova čekanja***

[623] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 245.
[624] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 751.

Sukladno navedenim dimenzijama oblikovanja sustava repova, moguće je definirati **četiri najčešća sustava repova čekanja**. To su:

- **Jedan poslužitelj – jedna faza**. Ovo je najjednostavnija struktura repa. Nju karakterizira to da svaki korisnik čeka u zajedničkom repu da jedan poslužitelj koji stoji na raspolaganju bude slobodan, pa da im pruži jednu uslugu zbog koje su došli. *Primjer ovakvog repa je drive in ljekarna: Kako bi se podigla kvaliteta zdravstva i pomoglo osobama koje zbog određenih razloga nisu u mogućnosti ući u ljekarnu (slabije pokretnima, roditeljima s malom djecom i sl.), otvaraju se drive in ljekarne. Takvim osobama omogućen je pristup vozilom do same ljekarne. Korisniku je dovoljno pozvoniti na zvonce i ljekarnici, kroz za to prilagođen prozor, izdaju lijekove bez potrebe da korisnik izađe iz automobila ili uđe u prostor ljekarne.*
- **Jedan poslužitelj – više faza**. Ovu strukturu repa karakterizira to da svaki korisnik čeka u zajedničkom repu da jedan poslužitelj koji stoji na raspolaganju bude slobodan pa da im pruži nekoliko različitih usluga prije nego im usluga bude u potpunosti odrađena. *Primjer ove strukture repa je frizerski salon s jednom zaposlenom frizerkom kod koje treba odraditi nekoliko usluga: bojanje kose, pranje kose, šišanje, oblikovanje frizure i slično.*
- **Više poslužitelja – jedna faza**. Ovu strukturu repa karakterizira to da svaki korisnik čeka u repu svog poslužitelja kako bi mu pružio jednu uslugu zbog koje je došao. Tu se javlja problem različitog vremena posluživanja korisnika od strane poslužitelja, što rezultira nejednakom brzinom među različitim repovima. Rješenje može biti u zajedničkom repu iz kojeg bi se korisnici raspoređivali kada bi se koji poslužitelj oslobodio. *Primjeri ove strukture repa su ljekarna u kojoj istovremeno radi nekoliko ljekarnika, banka s više blagajnika, frizerski salon s više stolica za šišanje/friziranje i slično.*
- **Više poslužitelja – više faza.** Kod ove strukture repa svaki korisnik čeka u zajedničkom repu prvog slobodnog poslužitelja da mu pruži nekoliko različitih usluga prije nego mu usluga bude u potpunosti odrađena. *Prijem pacijenta u bolnici primjer je ovakve situacije budući da se obično slijedi konkretan niz koraka: prijem na prijemnom pultu, ispunjavanje obrasca, izrada identifikacijskih oznaka, pronalazak sobe za pregled, odvođenje pacijenta do sobe za pregled, prikupljanje dodatnih informacija o pacijentu od strane medicinske sestre, pregled pacijenta od strane liječnika itd. Prilikom prijema pacijenta u bolnici obično je dostupno nekoliko poslužitelja te se istovremeno može obraditi više pacijenata*.

Objašnjena četiri sustava repova čekanja moguće je vidjeti na slici 19.3.




***Slika 19.3. Četiri osnovne strukture sustava repova čekanja***

Navedene četiri strukture sustava repova čekanja su samo četiri najčešće korištene strukture, ali postoji puno varijacija koje obično zahtijevaju vrlo složene matematičke formule za njihovu analizu. U nekim je slučajevima analiza moguća samo simulacijom. Osnovne postavke modela repova čekanja koje će se analizirati u ovom poglavlju značajne su za analizu svakog problema modela repova čekanja, bez obzira na njegovu složenost.

### *19.3.3.2. Distribucija usluživanja*

Vrijeme koje korisnik provede s poslužiteljem od početka posluživanja do trenutka kada im usluga bude u potpunosti odrađena može se ponašati po nekoj distribuciji. U situaciji kada je svakom korisniku potrebno jednako vremena za realizaciju njegova zahtjeva, radi se o **konstantnim i unaprijed određenim vremenima**. Navedeno je obično osobina ograničena na strojeve dok pružaju uslugu koja uvijek jednako traje. *Primjer ovakve usluge je automatsko pranje automobila.*

Češće se događa da je **vrijeme pružanja usluga nejednako ili slučajno**. U takvim situacijama moguće je promatrati vrijeme pružanja usluge s dva gledišta:[625]

- Uspostavljanjem nekog vremenskog trajanja te nastojanjem utvrđivanja koliko korisnika je usluženo unutar uspostavljenog vremenskog trajanja. Ovdje je riječ o prosječnom broju jedinica koje mogu biti obrađene ili korisnika koji mogu biti posluženi u određenom vremenu. Obično se pretpostavlja da je broj usluženih korisnika po vremenskoj jedinici distribuiran Poissonovom distribucijom.
    - U poglavlju će navedeno biti opisano **parametrom μ** koji će predstavljati **prosječan broj korisnika usluženih u jedinici vremena**.
- Analizirajući vrijeme trajanja usluge kako bi se uočilo prate li vremena trajanja usluge neku statističku distribuciju. Obično se pretpostavlja da je vrijeme trajanja usluge negativno eksponencijalno distribuirano, što znači da je vrijeme trajanja usluge najčešće vrlo kratko. Samo za neke usluge će trebati više vremena da budu obavljene.
    - U poglavlju će navedeno biti opisano **parametrom 1/μ** koji će predstavljati **vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena**.

## 19.4. MODELI REPOVA ČEKANJA

U operacijskom menadžmentu mogu biti primijenjeni brojni modeli repova čekanja. U ovom poglavlju će se obraditi najosnovniji i najčešće korišteni modeli repova čekanja. Popularni sustav klasificira modele repova čekanja korištenjem sljedeće oznake u kojoj su identificirane tri značajke: *A/B/C*.

**Objašnjenje simbola u oznaci *A/B/C*** je sljedeće:

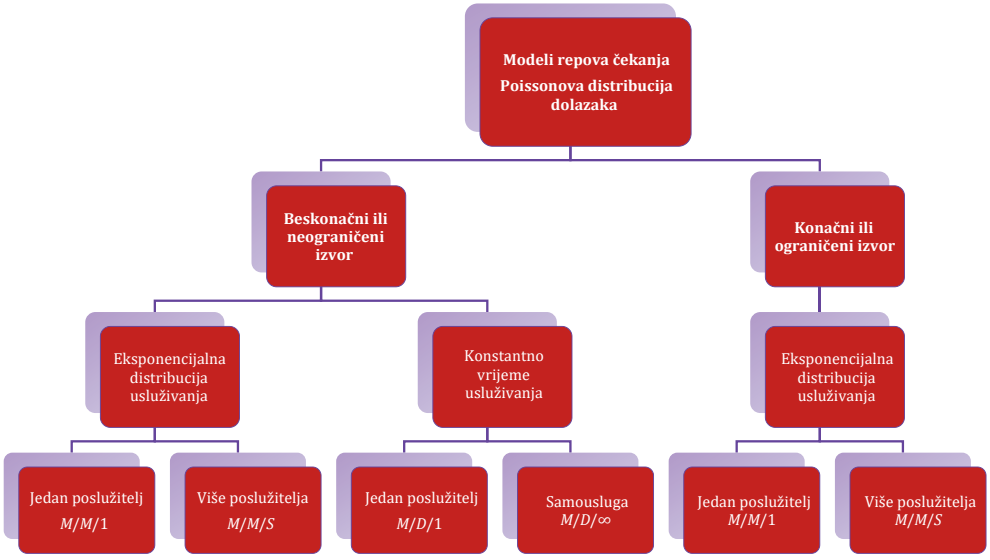
1. Prvo slovo (na mjestu *A*) označava distribuciju dolazaka
    *a. M* – Poissonova distribucija dolazaka
2. Drugo slovo (na mjestu *B*) označava distribuciju usluživanja koja može biti:
    *a. M* – Eksponencijalna distribucija usluživanja, ili
    *b. D* – Konstantno vrijeme usluživanja

[625] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 788.

3. Treće slovo ili broj (na mjestu *C*) označava broj poslužitelja.

Prvo će se obraditi modeli repova čekanja koji imaju beskonačni ili neograničeni izvor korisnika, a nakon toga će se obraditi model koji ima konačni ili ograničeni izvor korisnika (više o izvoru korisnika je napisano u točki *19.3.1.1. Veličina populacije*).

Klasifikaciju modela repova čekanja moguće je vidjeti na slici 19.4.[626]




***Slika 19.4. Klasifikacija modela repova čekanja***

Prilikom vrednovanja postojećeg ili predloženog sustava (uslužnog ili proizvodnog), operacijskog menadžera zanimaju određene mjere koje se odnose na potencijalno nezadovoljstvo korisnika i troškove. Navedene mjere su u literaturi poznate kao **mjere učinaka čekanja u repu** te uključuju sljedeće:[627]

1. Stopu dolazaka: prosječan broj korisnika koji čekaju u repu ($PK_r$).
2. Stopu usluživanja: prosječan broj korisnika u sustavu ($PK_s$). Radi se o prosječnom broju korisnika koji čekaju u repu uključujući i korisnike koji se poslužuju.
3. Iskorištenost sustava ($\rho$): predstavlja omjer potražnje (mjerene dolaznom stopom) prema ponudi ili kapacitetu (mjereno kao umnožak broja poslužitelja i stope usluge).[628]
4. Prosječan broj korisnika koji je uslužen ($\psi$).
5. Prosječno vrijeme čekanja korisnika u repu ($PV_r$).
6. Prosječno vrijeme provedeno u sustavu ($PV_s$). Radi se o prosječnom vremenu čekanja korisnika u repu te vremenu potrebnom za posluživanje.
7. Vjerojatnost da je sustav prazan, odnosno da korisnik po dolasku neće morati čekati na uslugu ($v_0$).
8. Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno *n* korisnika ($v_n$).

626 Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *op.cit.* str. 411.

627 Prilagođeno prema: Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017); Stevenson, W. J. (2015); Barković, D. (2011); Barković, D. (2002). *Operacijska istraživanja*. Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera

628 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 791.

## 19.4.1. Beskonačni ili neograničeni izvor

O beskonačnom izvoru se govori u situaciji kada su dolasci klijenata neograničeni. Svi modeli koji će se analizirati u situaciji neograničene populacije počivaju na **istim pretpostavkama**, a to su:

- svi imaju Poissonovu distribuciju dolazaka
- usluživanje se obavlja po principu: prvi došao, prvi poslužen (*PDPP*), i
- sustav repa je jednofazni.

Također, važno je naglasiti da će se svi modeli opisani u nastavku temeljiti na pretpostavci da je iskorištenost sustava manja od 1, odnosno da se modeli mogu primijeniti samo u slučaju potkapacitiranog sustava (kapacitet nije u potpunosti iskorišten).[629] Dakle, kako bi sustav bio stabilan, te kako bi se korisnici mogli uslužiti, iskorištenost sustava mora biti manja od 1 ($\rho < 1$). U slučaju kada je $\rho \geq 1$, tijekom vremena će se nagomilavanje povećavati te sustav neće moći normalno funkcionirati, tj. doći će do zagušenja. U takvim je situacijama potrebno povećati broj poslužitelja kako bi sustav mogao normalno funkcionirati (Model $M/M/S$).

Modeli koji će biti opisani su:

a) Model $M/M/1$ – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja
b) Model $M/M/S$ – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja
c) Model $M/D/1$ – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja

### *19.4.1.1. Model **M/M/1***

Najčešći i najjednostavniji model repova je čekanje na jednog poslužitelja. Model podrazumijeva situaciju u kojoj korisnici koji dolaze formiraju **jedan rep čekanja** i svi čekaju da budu usluženi kod **jednog poslužitelja**.

**Pretpostavke** na kojima se temelji ovaj model su sljedeće:[630]

1. Korisnici trebaju biti usluženi po principu prvi došao, prvi uslužen (*PDPP*), pri čemu svaki korisnik čeka na uslugu, bez obzira na duljinu linije ili rep čekanja.
2. Dolasci korisnika su neovisni o prethodnim dolascima, ali prosječan broj dolazaka (stopa dolazaka) se ne mijenja tijekom vremena.
3. Dolasci korisnika su opisani Poissonovom distribucijom vjerojatnosti i dolaze iz beskonačne (ili vrlo velike) populacije.
4. Vremena usluga variraju od jednog do drugog korisnika i međusobno su neovisna, ali njihova prosječna stopa je poznata i slijedi negativnu eksponencijalnu distribuciju.
5. Stopa usluge je brža od stope dolazaka korisnika.

U tablici 19.2. prikazane su formule za promatrani model repova čekanja.

[629] Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 792.
[630] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 754-755.

***Tablica 19.2. Formule za model repova čekanja M/M/1 – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja***

| | |
|---|---|
| $\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$) | |
| $\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$) | |
| $P$ = broj poslužitelja | |
| Iskorištenost sustava:<br>$\rho = \frac{\lambda}{P^* \mu}$, $\rho < 1$ (sustav stabilan) | Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda}$ |
| Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$ | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$ |
| Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = \frac{\psi^2}{1-\psi}$ | Vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = 1 - \rho$ |
| Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + \psi$ | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno *n* korisnika:<br>$v_n = \psi^n * v_0$ |

U primjeru 19.1. prikazan je model *M*/*M*/1.

***Primjer 19.1. Model M/M/1 – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja***

U knjižnicu Fakulteta dolazi 15 studenata u sat vremena. Raspodjelu dolazaka moguće je opisati Poissonovom distribucijom s prosječnom vrijednošću od 15 dolazaka. Za jednog studenta potrebno je u prosjeku 3 minute da bude uslužen/a. To vrijeme se može opisati eksponencijalnom distribucijom sa srednjom vrijednošću od 3 minute. U bilo kojem trenutku moguće je uslužiti samo jednog studenta. U ovom primjeru potrebno je:

a) Odrediti prosječan broj studenata koji dolaze u sat vremena te prosječan broj studenata koji je uslužen u sat vremena.
b) Odrediti iskorištenost sustava.
c) Izračunati prosječan broj studenata koji se uslužuje.
d) Izračunati prosječan broj studenata koji čekaju u repu, prosječan broj studenata u sustavu (studenti koji čekaju u repu i koji se uslužuju), prosječno vrijeme koje studenti čekaju u repu i prosječno vrijeme koje je student proveo u sustavu.
e) Izračunati vjerojatnost da je sustav prazan.
f) Izračunati vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno 5 studenata.

RJEŠENJE:

a) Prosječan broj studenata koji dolaze u sat vremena te prosječan broj studenata koji je uslužen u sat vremena određen je u nastavku zadatka:
   i. Prosječan broj studenata koji dolazi u sat vremena je 15 ($\lambda = 15$)
   ii. Prosječan broj studenata koji je uslužen u sat vremena je 20 (Vrijeme trajanja usluge je 3 minute (1/μ = 3), odnosno 0,05 sati (3/60 sati)).

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{3/60} = 20 \text{ studenata}$$

b) Iskorištenost sustava je 75 %. Moguće je primijetiti da je $\rho < 1$ što znači da je sustav stabilan.

$$\rho = \frac{\lambda}{P * \mu} = \frac{15}{1 * 20} = 0,75,\ \rho < 1 \text{ (sustav stabilan)}$$

c) Prosječan broj studenata koji se uslužuje je 0,75.

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{15}{20} = 0,75 \text{ studenata}$$

d) Prosječan broj studenata koji čeka u repu, prosječan broj studenata u sustavu, prosječno vrijeme koje studenti čekaju u repu i prosječno vrijeme koje je student proveo u sustavu izračunato je u nastavku zadatka:
   i. Prosječan broj studenata u repu je 2,25

$$PK_r = \frac{\psi^2}{1-\psi} = \frac{0,75^2}{1-0,75} = 2,25 \text{ studenta}$$

   ii. Prosječan broj studenata u sustavu je 3 (prosječan broj studenata u sustavu je prosječan broj studenata u repu plus prosječan broj studenata koji se uslužuje)

$$PK_s = PK_r + \psi = 2,25 + 0,75 = 3 \text{ studenta}$$

   iii. Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,15 h, odnosno 9 minuta

$$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda} = \frac{2,25}{15} = 0,15 \text{ sata, odnosno } 0,15 * 60 = 9 \text{ minuta}$$

   iv. Prosječno vrijeme provedeno u sustavu je 0,20 h, odnosno 12 minuta (prosječno vrijeme provedeno u sustavu je prosječno vrijeme čekanja u repu plus vrijeme usluge)

$$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu} = 0,15 + 0,05 = 0,20 \text{ sata, odnosno } 0,20 * 60 = 12 \text{ minuta}$$

e) Vjerojatnost da je sustav prazan je 25 %.

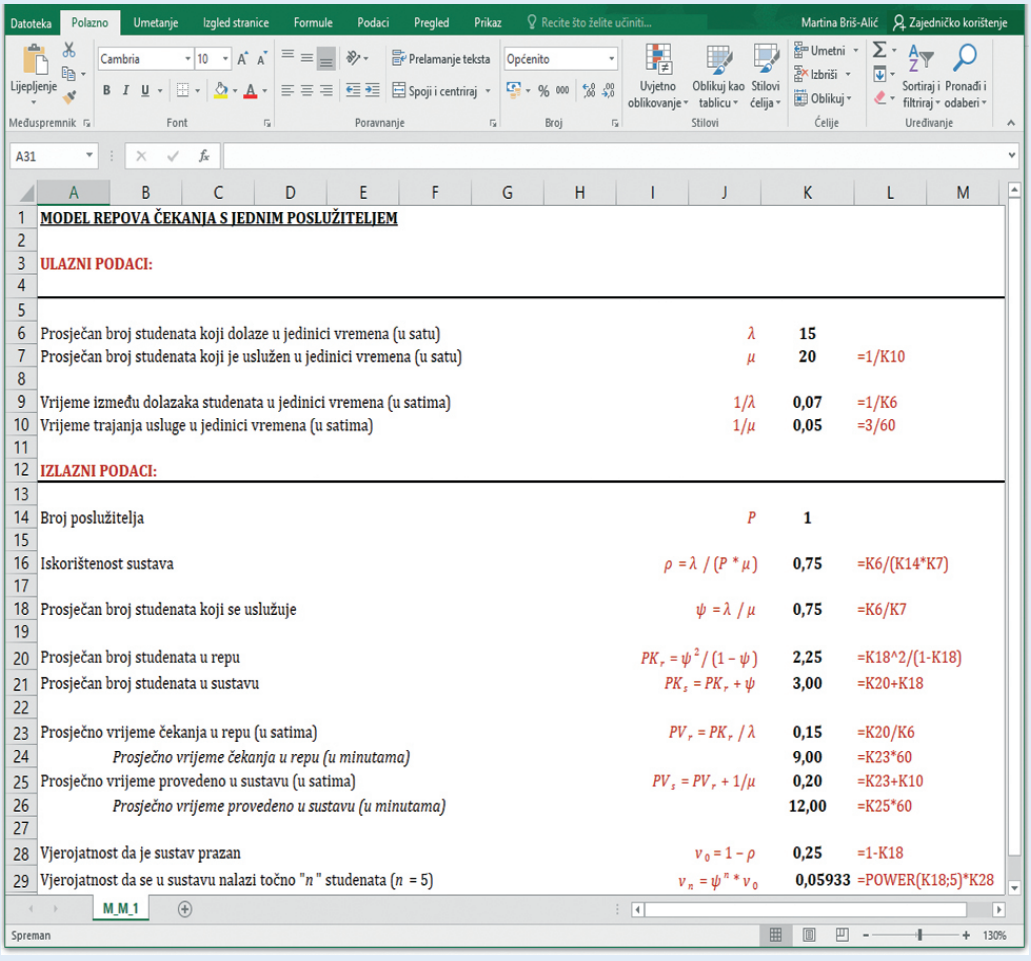
$$v_0 = 1 - \rho = 1 - 0,75 = 0,25$$

f) Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno 5 studenata je 0,05933, tj. oko 6 %.

$$v_n = \psi^n * v_0 = 0,75^5 * 0,25 = 0,05933$$

***Rješenje modela M/M/1 – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja pomoću Excela***

Analizu modela $M/M/1$ moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 19.1. data su na slici 19.5.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **MODEL REPOVA ČEKANJA S JEDNIM POSLUŽITELJEM** | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **ULAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Prosječan broj studenata koji dolaze u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\lambda$ | 15 | | | |
| 7 | Prosječan broj studenata koji je uslužen u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\mu$ | 20 | =1/K10 | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Vrijeme između dolazaka studenata u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\lambda$ | 0,07 | =1/K6 | | |
| 10 | Vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\mu$ | 0,05 | =3/60 | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | **IZLAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Broj poslužitelja | | | | | | | | $P$ | 1 | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Iskorištenost sustava | | | | | | | | $\rho = \lambda / (P * \mu)$ | 0,75 | =K6/(K14*K7) | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Prosječan broj studenata koji se uslužuje | | | | | | | | $\psi = \lambda / \mu$ | 0,75 | =K6/K7 | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Prosječan broj studenata u repu | | | | | | | | $PK_r = \psi^2 / (1 - \psi)$ | 2,25 | =K18^2/(1-K18) | | |
| 21 | Prosječan broj studenata u sustavu | | | | | | | | $PK_s = PK_r + \psi$ | 3,00 | =K20+K18 | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Prosječno vrijeme čekanja u repu (u satima) | | | | | | | | $PV_r = PK_r / \lambda$ | 0,15 | =K20/K6 | | |
| 24 | *Prosječno vrijeme čekanja u repu (u minutama)* | | | | | | | | | 9,00 | =K23*60 | | |
| 25 | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u satima) | | | | | | | | $PV_s = PV_r + 1/\mu$ | 0,20 | =K23+K10 | | |
| 26 | *Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u minutama)* | | | | | | | | | 12,00 | =K25*60 | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Vjerojatnost da je sustav prazan | | | | | | | | $v_0 = 1 - \rho$ | 0,25 | =1-K18 | | |
| 29 | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno "$n$" studenata ($n$ = 5) | | | | | | | | $v_n = \psi^n * v_0$ | 0,05933 | =POWER(K18;5)*K28 | | |

*Slika 19.5. Rješenje modela M/M/1 pomoću Excela*

## 19.4.1.2. Model **M/M/S**

Model repova čekanja s više mjesta usluge postoji kada su **dva ili više poslužitelja dostupna za obradu korisnika koji dolaze**. I dalje se pretpostavlja da korisnici usluga formiraju jedan rep čekanja, a zatim nastavljaju do prvog dostupnog poslužitelja.

Upotreba modela uključuje sljedeće **pretpostavke**:[631]

1. Dolasci korisnika slijede Poissonovu distribuciju vjerojatnosti, dok je vrijeme usluge negativno eksponencijalno distribuirano.

631 Prilagođeno prema: Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 757.

2. Pretpostavlja se da će svi poslužitelji raditi po istoj prosječnoj stopi.
3. Kupci formiraju jedan rep čekanja (po modelu tko je prvi došao, prvi će biti uslužen, *PDPP*).

Jednadžbe koje se koriste za model $M/M/S$ su složenije od onih koje se koriste u modelu s jednim poslužiteljem, posebno formule za $PK_r$ i $v_0$, no koriste se na isti način i pružaju isti tip informacija kao i kod prethodnog, jednostavnijeg modela.

U tablici 19.3. prikazane su formule za promatrani model repova čekanja.

***Tablica 19.3. Formule za model repova čekanja M/M/S – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja***

<table>
<tr><td colspan="2">$\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$)</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$)</td></tr>
<tr><td colspan="2">$P$ = broj poslužitelja</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$</td><td>Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = \frac{\psi^{P+1} * v_0}{(P-1)! * (P-\psi)^2}$</td></tr>
<tr><td>Iskorištenost sustava:<br>$\rho = \frac{\lambda}{P * \mu}$, $\rho < 1$ (sustav stabilan)</td><td>Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + \psi$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{P-1} \frac{\psi^n}{n!} + \frac{\psi^P}{P! * \left(1 - \frac{\psi}{P}\right)}}$</td><td>Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda}$</td></tr>
<tr><td>Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$</td></tr>
</table>

Kako se može primijeniti model $M/M/S$ vidjet će se u primjeru 19.2.

***Primjer 19.2. Model M/M/S – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja***

U studentsku referadu dolazi u prosjeku 45 studenata u sat vremena, dok je u sat vremena moguće obraditi samo 18 studenata. Raspodjelu dolazaka studenata moguće je opisati Poissonovom distribucijom, dok je vrijeme potrebno da student bude uslužen moguće opisati eksponencijalnom distribucijom. Kod ovog primjera potrebno je:

a) Izračunati iskorištenost sustava pri različitom broju zaposlenih referenata.
b) Utvrditi koliko bi referenata trebalo biti zaposleno u referadi kako bi sustav bio

stabilan. Koliko bi referenata trebalo biti zaposleno u referadi kako bi iskorištenost referenata bila minimalno 80 %?

c) Izračunati prosječan broj studenata koji se uslužuje.
d) Izračunati prosječnu nezaposlenost, tj. vjerojatnost da je sustav prazan.
e) Izračunati prosječan broj studenata koji čekaju u repu, prosječan broj studenata u sustavu (studenti koji čekaju u repu i koji se uslužuju), prosječno vrijeme koje studenti čekaju u repu i prosječno vrijeme koje je student proveo u sustavu.

RJEŠENJE:

a) Izračun iskorištenosti sustava pri različitom broju zaposlenih referenata moguće je vidjeti u nastavku zadatka:

U slučaju 1 zaposlenog referenta u referadi, iskorištenost sustava bi se izračunala na sljedeći način:

$$\rho = \frac{\lambda}{P^* \mu} = \frac{45}{1^*18} = 2,50$$

Moguće je primijetiti da u slučaju jednog zaposlenog referenta u referadi sustav neće biti stabilan budući da u sat vremena dolazi 2,50 puta više studenata nego što ih jedan referent može uslužiti.

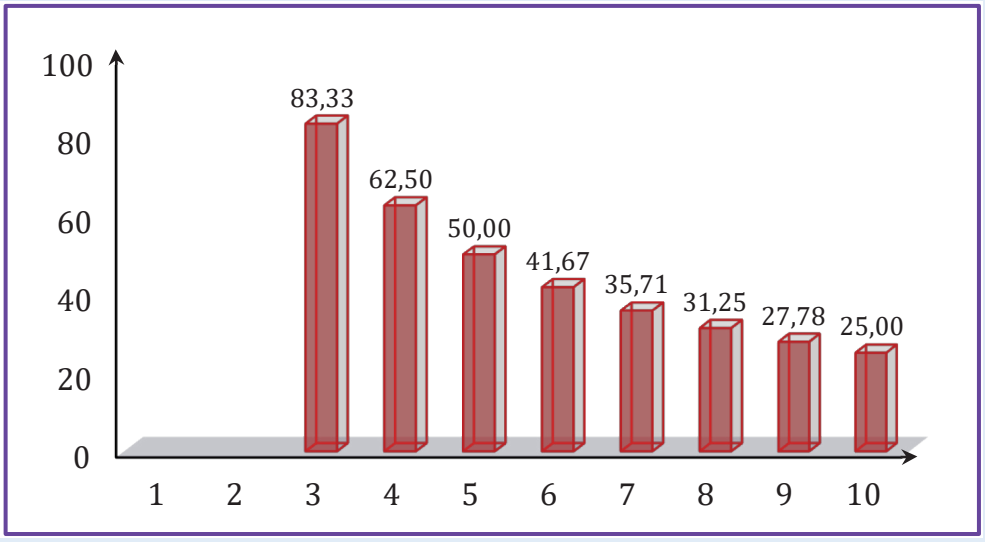
Izračun iskorištenosti sustava pri različitom broju zaposlenih referenata moguće je vidjeti u tablici 19.4.

***Tablica 19.4. Određivanje iskorištenosti sustava pri različitom broju zaposlenih referenata***

| *P* | *ρ* |
|---|---|
| 1 | 45 / (1 * 18) = 2,5000 |
| 2 | 45 / (2 * 18) = 1,2500 |
| 3 | 45 / (3 * 18) = 0,8333 |
| 4 | 45 / (4 * 18) = 0,6250 |
| 5 | 45 / (5 * 18) = 0,5000 |
| 6 | 45 / (6 * 18) = 0,4167 |
| 7 | 45 / (7 * 18) = 0,3571 |
| 8 | 45 / (8 * 18) = 0,3125 |
| 9 | 45 / (9 * 18) = 0,2778 |
| 10 | 45 / (10 * 18) = 0,2500 |

b) Kao što je u tablici 19.4. moguće vidjeti, potrebno je zaposliti 3 referenta kako bi sustav bio stabilan. Pri zapošljavanju tri referenta, iskorištenost referenata bi bila 83,33 %.

Iskorištenost referenata pri zapošljavanju različitog broja referenata moguće je vidjeti na slici 19.6, uz napomenu da je prikazana iskorištenost referenata samo u uvjetima stabilnog sustava.




***Slika 19.6. Iskorištenost sustava s obzirom na broj zaposlenih referenata u referadi***

c) Prosječan broj studenata koji se uslužuje je 2,50.

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{45}{18} = 2,50 \text{ studenta}$$

d) Vjerojatnost da je sustav prazan je 0,04494, tj. 4,5 %.

$$v_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{P-1} \frac{\psi^n}{n!} + \frac{\psi^P}{P! * \left(1 - \frac{\psi}{P}\right)}}$$

$$v_0 = \frac{1}{\frac{2,5^0}{0!} + \frac{2,5^1}{1!} + \frac{2,5^2}{2!} + \frac{2,5^3}{3! * \left(1 - \frac{2,5}{3}\right)}} = 0,04494$$

e) Prosječan broj studenata koji čekaju u repu, prosječan broj studenata u sustavu (studenti koji čekaju u repu i koji se uslužuju), prosječno vrijeme koje studenti čekaju u repu i prosječno vrijeme koje je student proveo u sustavu izračunato je u nastavku zadatka:

i. Prosječan broj studenata u repu je 3,51.

$$PK_r = \frac{\psi^{P+1} * v_0}{(P-1)! * (P-\psi)^2} = \frac{2,5^{3+1} * 0,04494}{(3-1)! * (3-2,5)^2} = 3,51 \text{ studenata}$$

ii. Prosječan broj studenata u sustavu je 6,01 (prosječan broj studenata u sustavu je prosječan broj studenata u repu plus prosječan broj studenata koji se uslužuje).

$$PK_s = PK_r + \psi = 3,51 + 2,5 = 6,01 \text{ studenata}$$

iii. Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,08 h, odnosno 4,68 minuta.

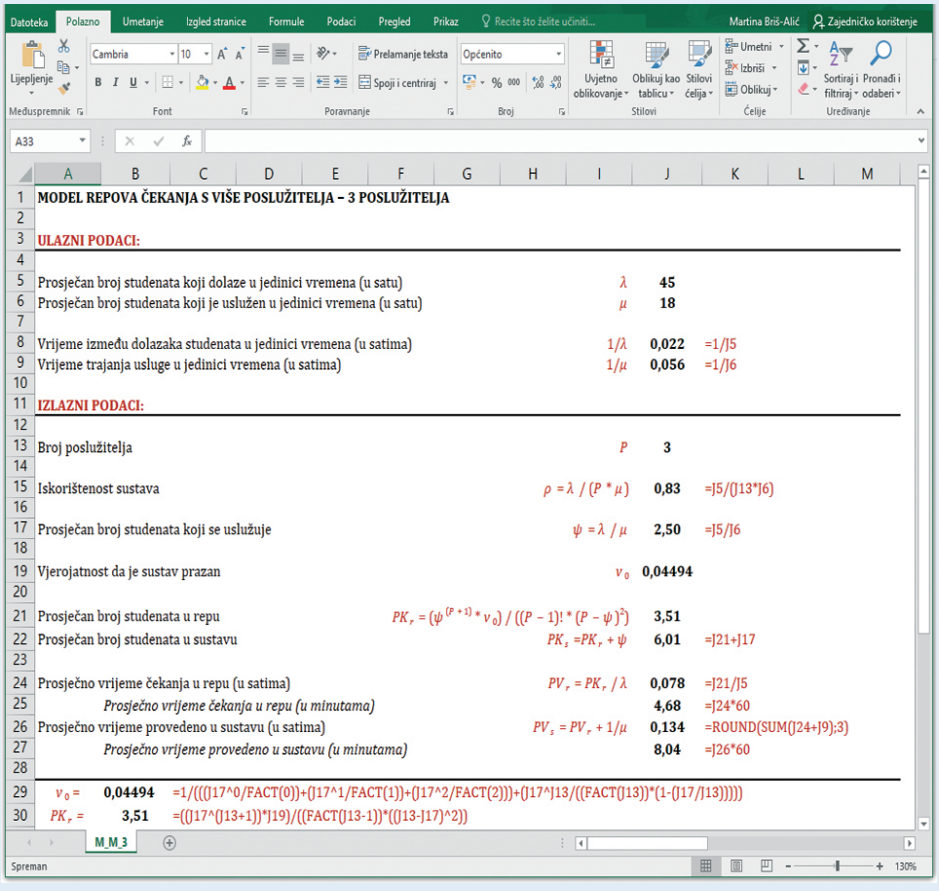
$$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda} = \frac{3,51}{45} = 0,078 \text{ sati, odnosno } 0,078 * 60 = 4,68 \text{ minuta}$$

iv. Prosječno vrijeme provedeno u sustavu je 0,134 h, odnosno 8,04 minuta (prosječno vrijeme čekanja u sustavu je prosječno vrijeme čekanja u repu plus vrijeme usluge).

$$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu} = 0,078 + 0,056 = 0,134 \text{ sati, odnosno } 0,134 * 60 = 8,04 \text{ minuta}$$

***Rješenje modela M/M/S – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja pomoću Excela***

Analizu modela *M/M/S* moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 19.2. data su na slici 19.7.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **MODEL REPOVA ČEKANJA S VIŠE POSLUŽITELJA – 3 POSLUŽITELJA** | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **ULAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Prosječan broj studenata koji dolaze u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\lambda$ | **45** | | | |
| 6 | Prosječan broj studenata koji je uslužen u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\mu$ | **18** | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Vrijeme između dolazaka studenata u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\lambda$ | **0,022** | =1/J5 | | |
| 9 | Vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\mu$ | **0,056** | =1/J6 | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | **IZLAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Broj poslužitelja | | | | | | | | $P$ | **3** | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Iskorištenost sustava | | | | | | | | $\rho = \lambda / (P * \mu)$ | **0,83** | =J5/(J13*J6) | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Prosječan broj studenata koji se uslužuje | | | | | | | | $\psi = \lambda / \mu$ | **2,50** | =J5/J6 | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Vjerojatnost da je sustav prazan | | | | | | | | $v_0$ | **0,04494** | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Prosječan broj studenata u repu | | | | | | | $PK_r = (\psi^{(P+1)} * v_0) / ((P-1)! * (P-\psi)^2)$ | | **3,51** | | | |
| 22 | Prosječan broj studenata u sustavu | | | | | | | | $PK_s = PK_r + \psi$ | **6,01** | =J21+J17 | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Prosječno vrijeme čekanja u repu (u satima) | | | | | | | | $PV_r = PK_r / \lambda$ | **0,078** | =J21/J5 | | |
| 25 | *Prosječno vrijeme čekanja u repu (u minutama)* | | | | | | | | | **4,68** | =J24*60 | | |
| 26 | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u satima) | | | | | | | | $PV_s = PV_r + 1/\mu$ | **0,134** | =ROUND(SUM(J24+J9);3) | | |
| 27 | *Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u minutama)* | | | | | | | | | **8,04** | =J26*60 | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | $v_0$ = | **0,04494** | =1/(((J17^0/FACT(0))+(J17^1/FACT(1))+(J17^2/FACT(2)))+(J17^J13/((FACT(J13))*(1-(J17/J13))))) | | | | | | | | | | |
| 30 | $PK_r$ = | **3,51** | =((J17^(J13+1))*J19)/((FACT(J13-1))*((J13-J17)^2)) | | | | | | | | | | |

*Slika 19.7. Rješenje modela M/M/S pomoću Excela*

### 19.4.1.3. Model **M/D/1**

U prethodno obrađenim modelima, repovi čekanja bili su posljedica različitih slučajnih, vrlo promjenjivih stopa dolazaka korisnika kao i vremena trajanja usluge. Ukoliko sustav može smanjiti ili otkloniti promjenjivost jedne od varijabli ili obje, moguće je osjetno skratiti repove čekanja.[632] Kod modela koji će se promotriti u nastavku **pretpostavlja se da je vrijeme usluge konstantno**. Upravo zbog te pretpostavke, vrijednosti za $PK_r$, $PV_r$, $PK_s$ i $PV_s$ uvijek su manje nego što su bile kod prvog promatranog modela ($M/M/1$). Zapravo, i prosječan broj klijenata u repu, kao i prosječno vrijeme čekanja u repu su prepolovljeni ovim modelom.[633]

U tablici 19.5. prikazane su formule za promatrani model repova čekanja.

***Tablica 19.5. Formule za model repova čekanja M/D/1 – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja***

| | |
|---|---|
| $\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$) | |
| $\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$) | |
| $P$ = broj poslužitelja | |
| Iskorištenost sustava:<br>$\rho = \frac{\lambda}{P * \mu}$, $\rho < 1$ (sustav stabilan) | Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda}$ |
| Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$ | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$ |
| Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = \frac{\lambda^2}{2 * \mu * (\mu - \lambda)}$ | Prosječna nezaposlenost, tj. vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = 1 - \psi$ |
| Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + \psi$ | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno $n$ korisnika:<br>$v_n = \psi^n * v_0$ |

Primjer rješavanja modela repova čekanja $M/D/1$ prikazuje se u nastavku (primjer 19.3).

***Primjer 19.3. Model M/D/1 – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja***

U automatsku autopraonicu dolaze 3 automobila u sat vremena. Raspodjelu dolazaka moguće je opisati Poissonovom distribucijom s prosječnom vrijednošću od 3. Za jedan automobil potrebno je 15 minuta kako bi bio opran. U bilo kojem trenutku moguće je prati samo jedan automobil. Potrebno je:

a) Odrediti prosječan broj automobila koji dolaze u sat vremena u automatsku autopraonicu te prosječan broj automobila koji je uslužen u sat vremena.

632 Stevenson, W. J. (2015). *op.cit.* str. 794.
633 Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 762.

b) Odrediti iskorištenost sustava.
c) Izračunati prosječan broj automobila koji se uslužuje.
d) Izračunati prosječan broj automobila koji čekaju u repu, prosječan broj automobila u sustavu (automobili koji čekaju u repu i koji se uslužuju), prosječno vrijeme koje automobili čekaju u repu i prosječno vrijeme koje automobili provedu u sustavu.
e) Izračunati vjerojatnost da je sustav prazan.
f) Izračunati vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 2 automobila.

RJEŠENJE:

a) Prosječan broj automobila koji dolaze u sat vremena u automatsku praonicu te prosječan broj automobila koji je uslužen u sat vremena određen je u nastavku zadatka:
   a. Prosječan broj automobila koji dolaze u sat vremena je 3 ($\lambda = 3$).
   b. Prosječan broj automobila koji je uslužen u sat vremena je 4 (Vrijeme trajanja usluge je 15 minuta ($1/\mu = 15$), odnosno 0,25 sati (15/60 sati)).

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{15/60} = 4 \text{ automobila}$$

b) Iskorištenost sustava je 75 %. Moguće je primijetiti da je $\rho < 1$ što znači da je sustav stabilan.

$$\rho = \frac{\lambda}{P*\mu} = \frac{3}{1*4} = 0,75,\ \rho < 1 \text{ (sustav stabilan)}$$

c) Prosječan broj automobila koji se uslužuje je 0,75.

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ automobila}$$

d) Prosječan broj automobila koji čekaju u repu, prosječan broj automobila u sustavu (automobili koji čekaju u repu i koji se uslužuju), prosječno vrijeme koje automobili čekaju u repu i prosječno vrijeme koje automobili provedu u sustavu izračunato je u nastavku primjera:

   i. Prosječan broj automobila u repu je 1,125.

$$PK_r = \frac{\lambda^2}{2*\mu*(\mu-\lambda)} = \frac{3^2}{2*4*(4-3)} = 1,125 \text{ autobomila}$$

   ii. Prosječan broj automobila u sustavu je 1,875 (prosječan broj automobila u sustavu je prosječan broj automobila u repu plus prosječan broj automobila koji se uslužuje).

$$PK_s = PK_r + \psi = 1,125 + 0,75 = 1,875 \text{ automobila}$$

   iii. Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,375 h, odnosno 22,50 minuta.

$$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda} = \frac{1,125}{3} = 0,375 \text{ sata, odnosno } 0,375*60 = 22,50 \text{ minuta}$$

iv. Prosječno vrijeme provedeno u sustavu je 0,625 h, odnosno 37,50 minuta (*prosječno vrijeme čekanja u sustavu je prosječno vrijeme čekanja u repu plus vrijeme usluge*).

$$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu} = 0,375 + 0,25 = 0,625 \text{ sata, odnosno } 0,625 * 66 = 37,50 \text{ minuta}$$

e) Vjerojatnost da je sustav prazan je 25 %

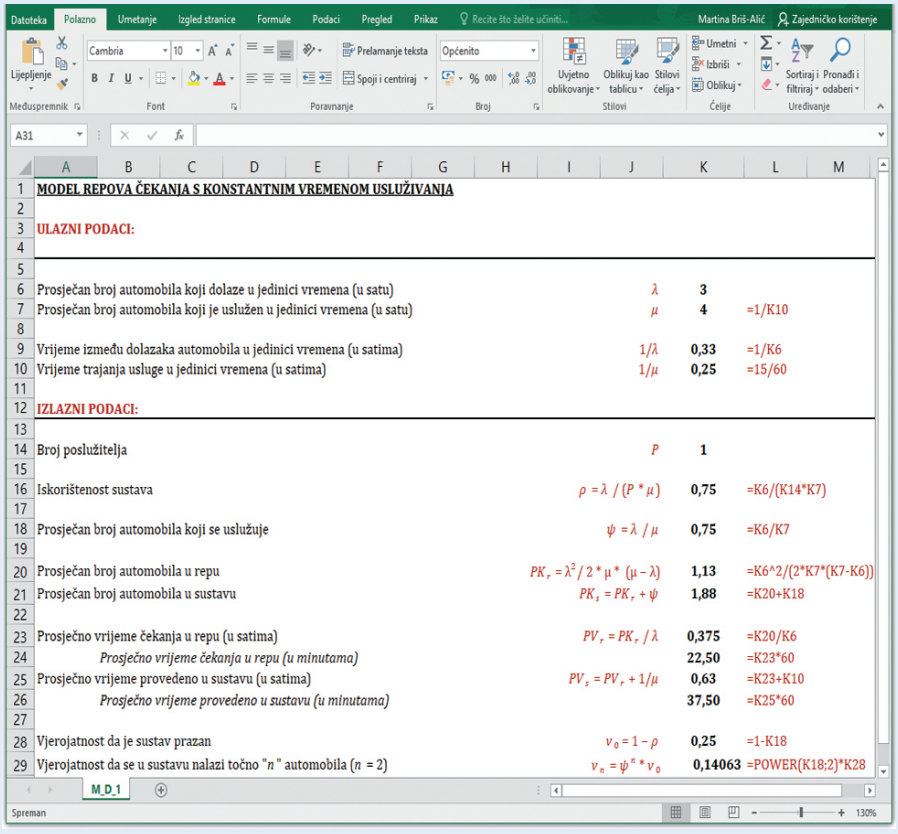
$$v_0 = 1 - \rho = 1 - 0,75 = 0,25$$

f) Vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 2 automobila je 0,14063, tj. oko 14,06 %.

$$v_n = \psi^n * v_0 = 0,75^2 * 0,25 = 0,14063$$

### *Rješenje modela M/D/1 – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja pomoću Excela*

Analizu modela $M/D/1$ moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 19.3. data su na slici 19.8.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **MODEL REPOVA ČEKANJA S KONSTANTNIM VREMENOM USLUŽIVANJA** | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **ULAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Prosječan broj automobila koji dolaze u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\lambda$ | 3 | | | |
| 7 | Prosječan broj automobila koji je uslužen u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\mu$ | 4 | =1/K10 | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Vrijeme između dolazaka automobila u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\lambda$ | 0,33 | =1/K6 | | |
| 10 | Vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\mu$ | 0,25 | =15/60 | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | **IZLAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Broj poslužitelja | | | | | | | | $P$ | 1 | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Iskorištenost sustava | | | | | | | | $\rho = \lambda / (P * \mu)$ | 0,75 | =K6/(K14*K7) | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Prosječan broj automobila koji se uslužuje | | | | | | | | $\psi = \lambda / \mu$ | 0,75 | =K6/K7 | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Prosječan broj automobila u repu | | | | | | | | $PK_r = \lambda^2 / 2 * \mu * (\mu - \lambda)$ | 1,13 | =K6^2/(2*K7*(K7-K6)) | | |
| 21 | Prosječan broj automobila u sustavu | | | | | | | | $PK_s = PK_r + \psi$ | 1,88 | =K20+K18 | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Prosječno vrijeme čekanja u repu (u satima) | | | | | | | | $PV_r = PK_r / \lambda$ | 0,375 | =K20/K6 | | |
| 24 | *Prosječno vrijeme čekanja u repu (u minutama)* | | | | | | | | | 22,50 | =K23*60 | | |
| 25 | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u satima) | | | | | | | | $PV_s = PV_r + 1/\mu$ | 0,63 | =K23+K10 | | |
| 26 | *Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u minutama)* | | | | | | | | | 37,50 | =K25*60 | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Vjerojatnost da je sustav prazan | | | | | | | | $v_0 = 1 - \rho$ | 0,25 | =1-K18 | | |
| 29 | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno "$n$" automobila ($n$ = 2) | | | | | | | | $v_n = \psi^n * v_0$ | 0,14063 | =POWER(K18;2)*K28 | | |

***Slika 19.8. Rješenje modela M/D/1 pomoću Excela***

## 19.4.2. Konačni ili ograničeni izvor – *M/M/1*

U slučajevima kada je populacija potencijalnih kupaca usluga ograničena ili konačna, mora se razmatrati drugačiji model repova čekanja. Ovaj se model razlikuje od ranijih modela repova čekanja, budući da **postoji ovisni odnos između dužine repa i brzine dolaska**. Nadalje, model je prikladan za slučajeve u kojima je populacija ograničena na relativno mali broj.

Model počiva na sljedećim **pretpostavkama**:[634]

1. Postoji samo jedan poslužitelj.
2. Populacija koja traži uslugu je konačna.
3. Dolasci slijede Poissonovu distribuciju, a vrijeme usluge je negativno eksponencijalno raspoređeno.
4. Kupci se uslužuju po principu tko prvi dođe, prvi bude uslužen, *PDPP*.

U tablici 19.6. prikazane su formule za promatrani model repova čekanja.

***Tablica 19.6. Formule za model repova čekanja M/M/1 – ograničena populacija (jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja)***

| | |
|---|---|
| $\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$) | |
| $\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$) | |
| $VP$ = veličina populacije | |
| Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$ | Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{(VP - PK_s) * \lambda}$ |
| Vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{VP} \frac{VP!}{(VP-n)!} * \psi^n}$ | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$ |
| Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = VP - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda}\right) * (1 - v_0)$ | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno $n$ korisnika:<br>$v_n = \frac{VP!}{(VP-n)!} * \psi^n * v_0 \quad \text{za} \quad n = 0,1,...,VP$ |
| Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + (1 - v_0)$ | |

Kroz primjer 19.4. prikazat će se primjena modela $M/M/1$ – ograničena populacija za upravljanje repovima čekanja.

[634] Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *op.cit.* str. 764.

***Primjer 19.4. Model M/M/1 – ograničena populacija (jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja)***

Jedna radionica ima 13 strojeva. U prosjeku, zastoj nastaje svakih 3 sata. Popravak traje u prosjeku 7 minuta. Raspodjelu zastoja strojeva moguće je opisati Poissonovom distribucijom, dok je vrijeme potrebno da stroj bude popravljen moguće opisati eksponencijalnom distribucijom. U ovom primjeru potrebno je:

a) Odrediti koliko strojeva u prosjeku zastane u sat vremena te koliko strojeva bude popravljeno u sat vremena?
b) Izračunati prosječan broj strojeva koji se popravljaju.
c) Izračunati vjerojatnost da je sustav prazan.
d) Izračunati prosječan broj strojeva koji čekaju u repu, prosječan broj strojeva u sustavu (strojevi koji čekaju u repu ili se popravljaju), prosječno vrijeme koje strojevi čekaju u repu i prosječno vrijeme koje strojevi provedu u sustavu.
e) Izračunati vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 3 stroja.

RJEŠENJE:

a) Prosječan broj strojeva koji zastanu te koji budu popravljeni u sat vremena određen je u nastavku primjera:
   i. Prosječan broj strojeva koji zastanu u sat vremena je 0,3333 (*Vrijeme između zastoja strojeva je 3 sata* (*1/λ = 3*)).

$$\lambda = \frac{1}{1/\lambda} = \frac{1}{3} = 0,3333 \text{ strojeva}$$

   ii. Prosječan broj strojeva koji je popravljen u sat vremena je 8,5714 (*Vrijeme trajanja usluge je 7 minuta* (*1/μ = 7*), *odnosno 0,12 sati* (*7/60 sati*)).

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{7/60} = 8,5714 \text{ strojeva}$$

b) Prosječan broj strojeva koji se popravljaju je 0,04.

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,3333}{8,5714} = 0,04 \text{ strojeva}$$

c) Vjerojatnost da je sustav prazan je 0,52599, odnosno 53 %.

$$v_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{VP} \frac{VP!}{(VP-n)!} * \psi^n} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{13} \frac{13!}{(13-n)!} * 0,04^n} = 0,52599$$

d) Prosječan broj strojeva koji čekaju u repu, prosječan broj strojeva u sustavu, prosječno vrijeme koje strojevi čekaju u repu i prosječno vrijeme koje strojevi provedu u sustavu izračunato je u nastavku primjera:
   i. Prosječan broj strojeva u repu je 0,34.

$$PK_r = VP - \left(\frac{\lambda+\mu}{\lambda}\right) * (1-v_0) = 13 - \left(\frac{0,3333+8,5714}{0,3333}\right) * (1-0,52599) = 0,34 \text{ strojeva}$$

ii. Prosječan broj strojeva u sustavu je 0,81.

$$PK_s = PK_r + (1 - v_0) = 0,34 + (1 - 0,52599) = 0,81 \text{ strojeva}$$

iii. Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,08 h, odnosno 4,80 minuta.

$$PV_r = \frac{PK_r}{(VP - PK_s) * \lambda} = \frac{0,34}{(13 - 0,81) * 0,33} = 0,08 \text{ sata, odnosno } 0,08 * 60 = 4,80 \text{ minuta}$$

iv. Prosječno vrijeme stroja u sustavu je 0,20 h, odnosno 12 minuta (*prosječno vrijeme čekanja u sustavu je prosječno vrijeme čekanja u repu plus vrijeme popravka*).

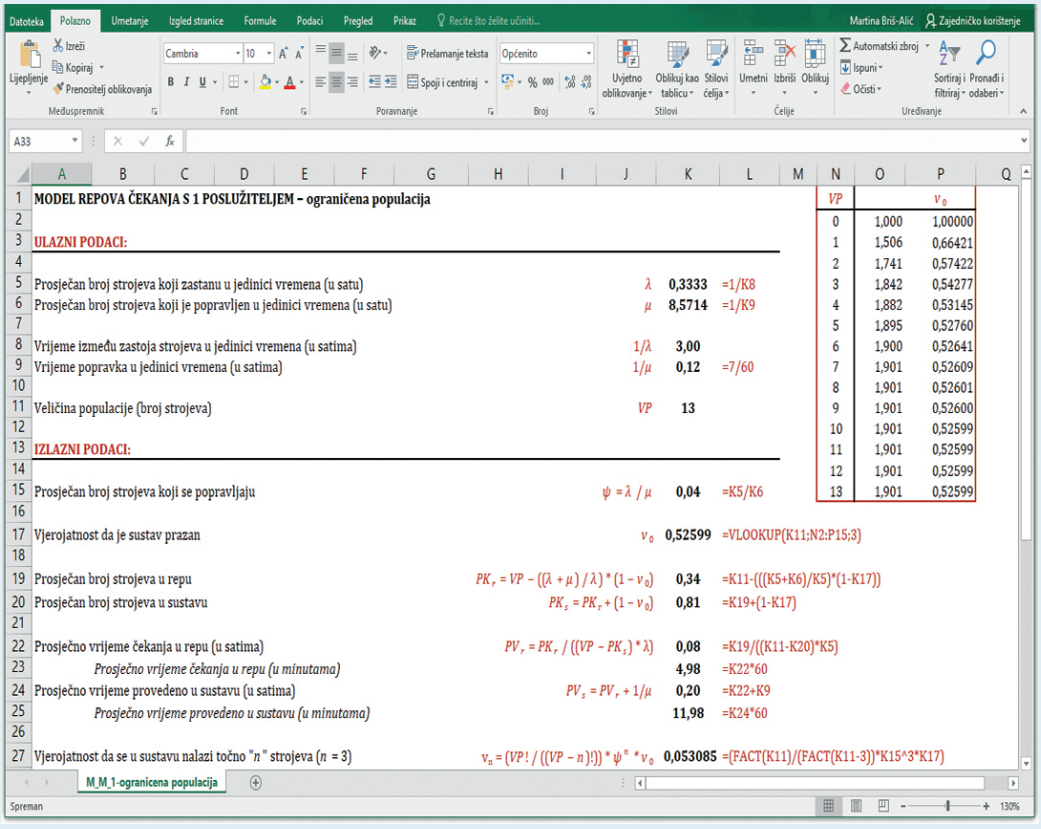
$$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu} = 0,08 + 0,12 = 0,20 \text{ sata, odnosno } 0,20 * 60 = 12,00 \text{ minuta}$$

e) Vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 3 stroja je 0,05, odnosno 5 %.

$$v_n = \frac{VP!}{(VP - n)!} * \psi^n * v_0 = \frac{13!}{(13-3)!} * 0,04^3 * 0,52599 = 0,05$$

***Rješenje modela M/M/1 – ograničena populacija (jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja) pomoću Excela***

Analizu modela $M/M/1$ - ograničena populacija - moguće je napraviti i pomoću Excela. Rješenja u Excelu za primjer 19.4. data su na slici 19.9.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **MODEL REPOVA ČEKANJA S 1 POSLUŽITELJEM – ograničena populacija** | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **ULAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Prosječan broj strojeva koji zastanu u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\lambda$ | **0,3333** | =1/K8 | |
| 6 | Prosječan broj strojeva koji je popravljen u jedinici vremena (u satu) | | | | | | | | $\mu$ | **8,5714** | =1/K9 | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Vrijeme između zastoja strojeva u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\lambda$ | **3,00** | | |
| 9 | Vrijeme popravka u jedinici vremena (u satima) | | | | | | | | $1/\mu$ | **0,12** | =7/60 | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Veličina populacije (broj strojeva) | | | | | | | | $VP$ | **13** | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | **IZLAZNI PODACI:** | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Prosječan broj strojeva koji se popravljaju | | | | | | | | $\psi = \lambda / \mu$ | **0,04** | =K5/K6 | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Vjerojatnost da je sustav prazan | | | | | | | | $v_0$ | **0,52599** | =VLOOKUP(K11;N2:P15;3) | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Prosječan broj strojeva u repu | | | | | | | | $PK_r = VP - ((\lambda + \mu)/\lambda) * (1 - v_0)$ | **0,34** | =K11-(((K5+K6)/K5)*(1-K17)) | |
| 20 | Prosječan broj strojeva u sustavu | | | | | | | | $PK_s = PK_r + (1 - v_0)$ | **0,81** | =K19+(1-K17) | |
| 21 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Prosječno vrijeme čekanja u repu (u satima) | | | | | | | | $PV_r = PK_r / ((VP - PK_s) * \lambda)$ | **0,08** | =K19/((K11-K20)*K5) | |
| 23 | *Prosječno vrijeme čekanja u repu (u minutama)* | | | | | | | | | **4,98** | =K22*60 | |
| 24 | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u satima) | | | | | | | | $PV_s = PV_r + 1/\mu$ | **0,20** | =K22+K9 | |
| 25 | *Prosječno vrijeme provedeno u sustavu (u minutama)* | | | | | | | | | **11,98** | =K24*60 | |
| 26 | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno "$n$" strojeva ($n$ = 3) | | | | | | | | $v_n = (VP! / ((VP - n)!)) * \psi^n * v_0$ | **0,053085** | =(FACT(K11)/(FACT(K11-3))*K15^3*K17) | |

| | N | O | P |
|---|---|---|---|
| | $VP$ | | $v_0$ |
| | 0 | 1,000 | 1,00000 |
| | 1 | 1,506 | 0,66421 |
| | 2 | 1,741 | 0,57422 |
| | 3 | 1,842 | 0,54277 |
| | 4 | 1,882 | 0,53145 |
| | 5 | 1,895 | 0,52760 |
| | 6 | 1,900 | 0,52641 |
| | 7 | 1,901 | 0,52609 |
| | 8 | 1,901 | 0,52601 |
| | 9 | 1,901 | 0,52600 |
| | 10 | 1,901 | 0,52599 |
| | 11 | 1,901 | 0,52599 |
| | 12 | 1,901 | 0,52599 |
| | 13 | 1,901 | 0,52599 |



***Slika 19.9. Rješenje modela M/M/1 – ograničena populacija pomoću Excela***

## 19.5. ZAKLJUČAK

Poznavanje repova čekanja važan je dio operacija i vrijedan alat za operacijski menadžment. Repovi čekanja ili problemi čekanja nastupaju uvijek kada jedinice koje treba uslužiti ili mjesta koja vrše tu uslugu „čekaju", odnosno kada se stvaraju vremena čekanja. Problemi čekanja nastaju vrlo često u svakodnevnom životu. Primjeri takvih problema čekanja su brojni: *čekanje u banci, kod liječnika, frizera; čekanje stroja na popravak, čekanje kamiona na utovar*. Cilj upravljanja repovima čekanja je minimalizirati ukupan trošak kojeg sačinjavaju troškovi povezani s čekanjem usluge te troškovi povezani s kapacitetima.

Osnovne karakteristike sustava repova čekanja obuhvaćaju karakteristike dolazaka, karakteristike repa čekanja i karakteristike uslužnog sustava. Kada se govori o karakteristikama dolazaka (dolascima ili ulazu u sustav), promatraju se: veličina dolazne populacije, način na koji korisnici dolaze u sustav (distribucija dolazaka) te ponašanje korisnika sustava (kako se ponašaju čekajući uslugu). Karakteristike repa čekanja su one koje objašnjavaju samu strukturu repa. Odnose se na dužinu i disciplinu repa. Karakteristike sustava posluživanja objašnjavaju na koji način i s kakvim resursima sustav uslužuje korisnike koji ulaze u sustav. Odnose se na oblikovanje uslužnog sustava i statističku distribuciju vremena usluge.

U operacijskom menadžmentu mogu biti primijenjeni brojni modeli repova čekanja. U ovom poglavlju su obrađeni najosnovniji i najkorišteniji modeli repova čekanja. Obrađena su tri modela repova čekanja koji imaju beskonačni ili neograničeni izvor korisnika (Model $M/M/1$ – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja; Model $M/M/S$ – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja; Model $M/D/1$ – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja), a nakon toga je obrađen model koji ima konačni ili ograničeni izvor korisnika Model $M/M/1$ – ograničena populacija (jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja).

## 19.6. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***B*** | |
| ***Beskonačna populacija*** | Potencijalni broj korisnika znatno premašuje kapacitet sustava. |
| ***Beskonačna dužina repa*** | Kapacitet uslužnog sustava nije ograničen. Pretpostavlja se da svaki korisnik koji dođe može biti i poslužen. |
| ***C*** | |
| ***Cilj upravljanja repovima čekanja*** | Uravnotežiti troškove pružanja dobre usluge, odnosno troškove kapaciteta i troškove čekanja. |
| ***D*** | |
| ***Distribucija dolazaka*** | Dolasci u sustav pružanja usluga u pravilu se ponašaju po nekoj distribuciji. Korisnici mogu dolaziti ravnomjernim redoslijedom te se tada govori o poznatom rasporedu dolazaka. S druge strane, korisnici mogu dolaziti neovisno jedan o drugome te se njihovi dolasci ne mogu unaprijed predvidjeti. Tada se govori o nasumičnim (slučajnim) dolascima. |

| | |
|---|---|
| ***Dužina repa*** | S obzirom na broj korisnika koji stoje u repu i žele biti usluženi, razlikuju se repovi konačne ili ograničene dužine te repovi beskonačne ili neograničene dužine. |
| ***Disciplina repa*** | Pravilo prioriteta ili skup pravila za utvrđivanje redoslijeda posluživanja korisnika koji čekaju u repu. |
| ***Distribucija usluživanja*** | Vrijeme koje korisnik provede s poslužiteljem od početka posluživanja do trenutka kada im usluga bude u potpunosti odrađena može se ponašati po nekoj distribuciji. U situaciji kada je svakom korisniku potrebno jednako vremena za realizaciju njegova zahtjeva, radi se o konstantnim i unaprijed određenim vremenima. Češći je slučaj da je vrijeme pružanja usluga nejednako ili slučajno. |
| ***I*** | |
| ***Iskorištenost sustava*** | Predstavlja omjer potražnje (mjerene dolaznom stopom) prema ponudi ili kapacitetu (mjereno kao umnožak broja poslužitelja i stope usluge). |
| ***K*** | |
| ***Karakteristike dolazaka*** | Tri glavne karakteristike dolazaka odnose se na veličinu dolazne populacije, način na koji korisnici dolaze u sustav (distribucija dolazaka) te ponašanje korisnika sustava (kako se ponašaju čekajući uslugu). |
| ***Konačna populacija*** | Veličina baze korisnika usluge je ograničena te postoji situacija s konačnim izvorom. |
| ***Karakteristike repa čekanja*** | Objašnjavaju samu strukturu repa te se odnose na dužinu i disciplinu repa. |
| ***Konačna dužina repa*** | Dužina koja se zakonski ili fizički ne može povećati do razine beskonačnog. |
| ***Karakteristike uslužnog sustava*** | Objašnjavaju na koji način i s kakvim resursima sustav uslužuje korisnike koji ulaze u sustav. Odnose se na oblikovanje uslužnog sustava i statističku distribuciju koja simulira uslugu. |
| ***N*** | |
| ***Neograničena populacija*** | Potencijalni broj korisnika znatno premašuje kapacitet sustava. |
| ***Neograničena dužina repa*** | Pretpostavlja se da svaki korisnik koji dođe može biti i poslužen. |
| ***O*** | |
| ***Ograničena populacija*** | Veličina baze korisnika usluge je ograničena te postoji situacija s konačnim izvorom. |
| ***Ograničena dužina repa*** | Rep koji se zakonski ili fizički ne može povećati do razine beskonačnog. |
| ***Oblikovanje uslužnog sustava*** | Određeno je brojem poslužitelja (brojem kanala) i brojem faza (brojem različitih usluga koje moraju biti obavljene kako bi konačna usluga bila napravljena). |
| ***P*** | |
| ***Poslužitelji*** | Pojedinačne stanice na kojima korisnici dobivaju uslugu. |
| ***R*** | |
| ***Rep čekanja*** | Linija korisnika koji zahtijevaju uslugu od jednog ili više poslužitelja |
| ***S*** | |
| ***Stopa dolazaka*** | Prosječan broj korisnika koji čekaju u repu |

| | |
|---|---|
| ***Stopa usluživanja*** | Prosječan broj korisnika u sustavu. Radi se o prosječnom broju korisnika koji čekaju u repu uključujući i korisnike koji se poslužuju. |
| ***Sustav repova čekanja*** | Sastoji se od tri glavne karakteristike. To su:<br>1. Dolasci ili ulaz u sustav<br>2. Dužina i disciplina u repu<br>3. Uslužni sustav |
| ***T*** | |
| ***Troškovi povezani s čekanjem usluge*** | • Ekonomski troškovi čekanja mogu se promatrati iz dvije perspektive:<br>○ Za poduzeće, to je trošak zaposlenika (internih korisnika) koji čekaju na mogućnost pružanja usluge. Ovaj trošak je moguće mjeriti neproduktivnim plaćama (isplaćenim plaćama iako dio vremena zaposlenik nije radio), primjerice, mehaničari koji čekaju alat, vozači kamiona koji čekaju utovar.<br>○ Za vanjske korisnike, to je vrijeme provedeno čekanjem u repu. Riječ je o oportunitetnom trošku, tj. o odbačenoj alternativnoj upotrebi vremena korisnika.<br>• Gubitak posla ili prihoda zbog prekomjernog čekanja ili čak očekivanja dugih čekanja, primjerice odustajanje od kupovine zbog dugog reda na blagajni supermarketa.<br>• Trošak osiguranja prostora za čekanje, koji se odnosi na, primjerice, veličinu čekaonice kod liječnika, dužinu trake u praonici automobila, gorivo koje je avion potrošio dok je čekao slijetanje. |
| ***Troškovi povezani s kapacitetima*** | Odnose se na troškove održavanja sposobnosti pružanja usluge, primjerice:<br>• broj kućica za pranje automobila<br>• broj blagajni u trgovinama<br>• broj servisera koji popravljaju opremu koja je u kvaru<br>• broj traka na autocestama.<br>Kada je uslužni objekt u stanju mirovanja, kapacitet je neiskorišten budući da se ne može pohraniti za neku buduću potrebu. |
| ***V*** | |
| ***Veličina populacije*** | Izvor korisnika usluge: beskonačna (neograničena) i konačna (ograničena) populacija |

## 19.7. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Na što se odnose repovi čekanja u tvorničkoj proizvodnji, a na što se odnose repovi čekanja u uslužnim djelatnostima?
2. Koje su uobičajene situacije stvaranja repova čekanja?
3. Što sve uzrokuje stvaranje repova čekanja?
4. Što je cilj upravljanja repovima čekanja?
5. Koje su osnovne kategorije troškova u sustavu repova čekanja?
6. Koji su troškovi povezani s čekanjem usluge?
7. Koji su troškovi povezani s kapacitetima?
8. Koje su tri glavne karakteristike sustava repova čekanja?
9. Koje se tri glavne karakteristike promatraju kada se govori o dolascima ili ulazu u sustav?
10. Koja je razlika između beskonačne i konačne populacije?
11. S koja dva gledišta je moguće promatrati nasumične dolaske?
12. Na koji način se dijele nestrpljivi korisnici?
13. Koje su temeljne karakteristike repa čekanja?
14. Koja su najčešća pravila prioriteta za utvrđivanje redoslijeda posluživanja korisnika koji čekaju u repu?
15. Koje su karakteristike uslužnog sustava?
16. Kako se oblikuje uslužni sustav s obzirom na broj poslužitelja (odnosno kanala) te s obzirom na broj faza?
17. Kako se klasificiraju repovi čekanja?
18. Koje su mjere učinaka čekanja u repu?
19. Koje pretpostavke modela se mogu analizirati u situaciji neograničene populacije?
20. Na kojim pretpostavkama se temelji model $M/M/1$ – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja?
21. Na kojim pretpostavkama se temelji model $M/M/S$ – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja?
22. Na kojim pretpostavkama se temelji model $M/D/1$ – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja?
23. Na kojim pretpostavkama se temelji model $M/M/1$ – ograničena populacija (jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja)?

## 19.8. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** U sustav s jednim repom i jednim uslužnim mjestom dolazi u satu 12 jedinica. Raspodjelu dolazaka moguće je opisati Poissonovom distribucijom s prosječnom vrijednošću od 12 dolazaka. U 15 minuta usluže se 4 jedinice. U ovom zadatku:

a) Odredite prosječan broj jedinica koji dolazi u sat vremena te prosječan broj jedinica koji je uslužen u sat vremena.
b) Odredite iskorištenost sustava.
c) Izračunajte prosječan broj jedinica koji se uslužuje.
d) Izračunajte prosječan broj jedinca koje čekaju u repu, prosječan broj jedinica u sustavu (jedinice koje čekaju u repu i koje se uslužuju), prosječno vrijeme koje jedinice čekaju u repu i

prosječno vrijeme koje je jedinica provela u sustavu.
e) Izračunajte vjerojatnost da je sustav prazan.
f) Izračunajte vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 3 jedinice.

RJEŠENJE:
a) Prosječan broj jedinica koji dolazi u sat vremena je 12, a prosječan broj jedinica koji je uslužen u sat vremena je 16.
b) Iskorištenost sustava je 75 %. Moguće je primijetiti da je $\rho < 1$ što znači da je sustav stabilan.
c) Prosječan broj jedinica koji se uslužuje je 0,75.
d) Prosječan broj jedinica u repu je 2,25.
Prosječan broj jedinica u sustavu je 3.
Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,19 h, odnosno 11,25 minuta.
Prosječno vrijeme provedeno u sustavu je 0,25 h, odnosno 15 minuta.
e) Vjerojatnost da je sustav prazan je 25 %.
f) Vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 3 jedinice je 0,1055, tj. oko 10,55 %.

**Zadatak 2.** Neka banka ima dvije blagajne. Prosječna stopa dolazaka klijenata na sat je 12, a vrijeme usluge je eksponencijalno sa stopom od 15 klijenata na sat na svakoj blagajni. U ovom zadatku:
a) Izračunajte iskorištenost sustava.
b) Izračunajte prosječan broj klijenata koji se uslužuje.
c) Izračunajte prosječnu nezaposlenost, tj. vjerojatnost da je sustav prazan.
d) Izračunajte prosječan broj klijenata koji čekaju u repu, prosječan broj klijenata u sustavu (klijenti koji čekaju u repu i koji se uslužuju), prosječno vrijeme koje klijenti čekaju u repu i prosječno vrijeme koje je klijent proveo u sustavu.

RJEŠENJE:
a) Iskorištenost sustava je 40 %.
b) Prosječan broj klijenata koji se uslužuje je 0,80. Moguće je primijetiti da je $\rho < 1$ što znači da je sustav stabilan.
c) Vjerojatnost da je sustav prazan je 0,37688, tj. 37,69 %.
d) Prosječan broj klijenata u repu je 0,13.
Prosječan broj klijenata u sustavu je 0,93.
Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,01 h, odnosno 0,60 minuta.
Prosječno vrijeme provedeno u sustavu je 0,08 h, odnosno 4,80 minuta.

**Zadatak 3.** Na samoposlužni aparat za kavu dolazi 13 osoba u sat vremena. Raspodjelu dolazaka moguće je opisati Poissonovom distribucijom s prosječnom vrijednošću od 13. Usluga je konstantna i traje 2 minute. Kod ovog zadatka:
a) Odredite prosječan broj osoba koje dolaze u sat vremena do samoposlužnog aparata za kavu te prosječan broj osoba koje su uslužene u sat vremena.
b) Odredite iskorištenost sustava.
c) Izračunajte prosječan broj osoba koje se uslužuju.
d) Izračunajte prosječan broj osoba koje čekaju u repu, prosječan broj osoba u sustavu (osobe koje čekaju u repu i koje se uslužuju), prosječno vrijeme čekanja osoba u repu i prosječno

vrijeme koje osobe provedu u sustavu.
e) Izračunajte vjerojatnost da je sustav prazan.
f) Izračunajte vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 4 osobe.

RJEŠENJE:
a) Prosječan broj osoba koje dolaze u sat vremena je 13.
b) Prosječan broj osoba koje su uslužene u sat vremena je 30.
c) Iskorištenost sustava je 43 %. Moguće je primijetiti da je $\rho < 1$ što znači da je sustav stabilan.
d) Prosječan broj osoba koje se uslužuju je 0,43.
e) Prosječan broj osoba koje čekaju u repu je 0,17.
f) Prosječan broj osoba u sustavu je 0,60.
g) Prosječno vrijeme čekanja osoba u repu je 0,01 h, odnosno 0,76 minuta.
h) Prosječno vrijeme koje osobe provedu u sustavu je 0,05 h, odnosno 2,76 minuta.
i) Vjerojatnost da je sustav prazan je 57 %.
j) Vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 4 osobe je 0,1064, tj. oko 10,64 %.

**Zadatak 4.** U jednoj privatnoj bolnici moguće je obraditi 15 pacijenata dnevno budući da se u njoj nalazi navedeni broj kreveta. U bolnicu u prosjeku dolazi 1 pacijent dnevno. U ovom zadatku:
a) Izračunajte prosječan broj pacijenata koji se obrađuju.
b) Izračunajte vjerojatnost da je sustav prazan.
c) Izračunajte prosječan broj pacijenata koji čekaju u repu, prosječan broj pacijenata u sustavu (k koji čekaju u repu ili se obrađuju), prosječno vrijeme koje pacijenti čekaju u repu i prosječno vrijeme koje pacijenti provedu u sustavu.
d) Izračunajte vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 3 pacijenta.

RJEŠENJE:
a) Prosječan broj pacijenata koji se obrađuju je 0,07.
b) Vjerojatnost da je sustav prazan je 0,18032, odnosno 18 %.
c) Prosječan broj pacijenata koji čekaju u repu je 1,89.
Prosječan broj pacijenata u sustavu je 2,70.
Prosječno vrijeme čekanja u repu je 0,15 dana, odnosno 3,68 sati.
Prosječno vrijeme pacijenta u sustavu je 0,22 dana, odnosno 5,28 sati.
d) Vjerojatnost da se u sustavu nalaze točno 3 pacijenta je 0,1459, odnosno 15 %.

## LITERATURA

1. Barković, D. (2011). *Uvod u operacijski menadžment*. Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera.
2. Barković, D. (2002). *Operacijska istraživanja*. Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera
3. Fitzsimmons, J. A. i Fitzsimmons, M. J. (2011). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin
4. Heizer, J., Render, B. i Munson, C. (2017). *Operations mangement: Sustainability and Supply Chain Management.* 12th edition. Pearson

5. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. 13. izdanje. Zagreb: Mate
6. Russel, R. S. i Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons
7. Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education

# V.
# Poboljšanja

*U petoj cjelini nalaze se dva poglavlja od kojih svako na svoj način govori o poboljšanjima. Dok se kroz poglavlje Poboljšanje operacija pokazuje kako operacijski menadžment koristi vlastita znanja o alatima poboljšanja, poglavlje Operacijsko savjetovanje prikazuje važnost korištenja vanjske usluge savjetovanja u cilju poboljšanja vlastite uspješnosti. Tako poglavlje dvadeset, Poboljšanje operacija, najprije uvodi čitatelja u važnost poboljšanja uspostavljenih sustava poslovanja te objašnjava faze poboljšanja. Nakon toga opisuju se najznačajniji pristupi poboljšanja, kao što su potpuno upravljanje kvalitetom, šest sigma, vitki menadžment, te reinženjering poslovnih procesa. Reinženjering poslovnih procesa razlikuje se od ostala tri pristupa po tome što umjesto nadogradnje postojećeg procesa značajnije mijenja tok poslovnih aktivnosti i time postiže značajniju racionalizaciju poslovanja. Nakon toga opisuju se tipični alati poboljšanja kao što su dijagram toka, dijagram rasipanja, analiza „zašto", dijagram uzrok-posljedica i Pareto analiza.*

*U dvadeset i prvom poglavlju, Operacijsko savjetovanje, definira se pojam operacijskog savjetovanja, ukazuje na trend njegova rasta, ali što je najvažnije, i na okolnosti koje potiču poduzetnike na traženje savjetodavnih usluga. Uočava se da je područje operacijskog savjetovanja vrlo široko, te da obuhvaća organizacijski ustroj, prodaju, lanac opskrbe, nabavu, financije, upravljanje poslovnim procesima, istraživanje i razvoj te eksternalizaciju. Objašnjene su faze procesa savjetovanja, te alati koji se koriste za operacijsko savjetovanje. Moguće je primijetiti da se mnogi ovdje spomenuti alati mogu koristi pri različitim analizama i u različitim fazama poslovanja poduzeća. U okviru ovog poglavlja objašnjeno je i kako je organizirano jedno savjetodavno poduzeće.*

# 20. POBOLJŠANJE OPERACIJA

## *Ciljevi/ishodi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *objasniti zašto je potrebno poboljšavati poslovne operacije*
- *navesti faze procesa poboljšanja*
- *razlikovati pristupe poboljšanju*
- *razlikovati alate poboljšanja*
- *razviti u određenoj poslovnoj situaciji odgovarajući alat poboljšanja.*

## 20.1. UVOD

Nakon što se kroz četiri cjeline ovog udžbenika, kroz 19 poglavlja, analizirao cijeli niz odluka operacijskog menadžmenta u funkciji oblikovanja, planiranja i kontroliranja poslovnih procesa i njihovih rezultata, u ovom poglavlju bit će riječi o poboljšanjima uspostavljenih procesa.

Poduzeća su u suvremenom poslovnom okruženju suočena s mnogobrojnim izazovima. Primjerice, kupci traže kvalitetnije proizvode i usluge bez povećanja cijene, uz brzu isporuku. Sve je manje ulaznih barijera za potencijalne konkurente, bilo domaće ili inozemne. Vlade nameću poštivanje brojnih zakona vezanih za sigurnost i zaštitu okoliša. Tehnologije brzo zastarijevaju... Sve navedeno, kao i brojni drugi razlozi doveli su do promjene fokusa operacijskog menadžmenta s postojećih procesa i načina rada, bez obzira na to koliko su uspješni, na područje poboljšanja, tj. unapređenja.

Poboljšanje operacija, u navedenom kontekstu, je daleko širi pojam od rješavanja (gorućih) problema. Štoviše, kada se rješavaju problemi, onda poboljšanje čeka, jer se poboljšavati mogu samo one operacije/procesi koji su stabilni. O tome je bilo riječi u poglavlju 11. Stoga poboljšanje nije metoda za „gašenje požara". Zapravo, poboljšanjem operacija trebalo bi izbjeći nastanak kriznih situacija u poduzećima. Riječ je o metodi prevencije kojom se sprječava da loša poslovna praksa eskalira do te mjere da ugrozi konkurentski položaj poduzeća.

Bit poboljšanja je traženje načina kako neki posao napraviti bolje. Razlog tome nije što se do sada radilo loše, nego što se želi raditi bolje od toga. Naravno, odmah se postavlja pitanje: Zašto? Zašto je potrebno popravljati ono što je do sada davalo zadovoljavajuće rezultate? Zbog čega poduzeće treba tražiti „probleme" u svojim poslovnim aktivnostima ako bilježi, primjerice, stabilne prihode od prodaje u zadnjih nekoliko kvartala? Jednostavan odgovor je u tome što konkurenti ne sjede prekriženih ruku. U borbi za svoj dio tržišnog kolača, oni ulažu napore kako bi preoteli kupce drugih poduzeća. Stoga svako poduzeće treba biti svjesno da se stečeni konkurentski položaj može lako izgubiti ukoliko se vodstvo zadovolji trenutnim uspjesima na tržištu.

S druge strane, nije svako poboljšanje dovoljno za zadržavanje dosadašnje razine konkurentnosti. Primjerice, neko je poduzeće uspjelo smanjiti troškove za 5 % i zahvaljujući tome može ponuditi nižu prodajnu cijenu. Hoće li to dati pozitivne rezultate ne ovisi samo o konkretnom poduzeću. Ako ostali konkurenti ne naprave ništa, mjera smanjenja troškova bi mogla imati pozitivan učinak na cjenovnu konkurentnost i porast prihoda od prodaje. Ako i konkurenti smanje troškove za 5 %, učinak za prvo poduzeće bit

će tek zadržavanje postojeće razine konkurentnosti, jer se relativno ništa nije promijenilo. Međutim, ako najveći konkurent smanji svoje troškove za 10 %, onda smanjenje troškova prvoga poduzeća od 5 % nije dovoljno niti za održanje dosadašnje konkurentnosti. Iz ovoga se može zaključiti da je, osim poboljšanja samog po sebi, važna i brzina poboljšanja. Ovo posebno vrijedi za tehnološki intenzivne industrije u kojima je brzina reakcije na promjene, kao i prognoziranje istih, od neizmjerne važnosti.

Imajući u vidu vremenski okvir, poboljšanja mogu biti kontinuirana i nekontinuirana. **Kontinuirana poboljšanja** podrazumijevaju neprekidno mjerenje učinkovitosti poslovnih procesa te sukladno tome planiranje i izvođenje programa poboljšanja. U pravilu su manjeg opsega, tj. mogu obuhvatiti tek jedan odjel u poduzeću. **Nekontinuirana poboljšanja** događaju se rjeđe, zahtjevnija su te obuhvaćaju više odjela ili pak cijelo poduzeće.

**Poboljšanje operacija je sustavni proces identifikacije, analize i preoblikovanja postojećeg poslovnog procesa** u poduzeću. Poticaj poboljšanju je nezadovoljstvo trenutnom situacijom u poduzeću ili njegovom dijelu, pa stoga ciljevi poduzeća mogu biti različiti: dostizanje viših standarda kvalitete, smanjenje troškova, zadovoljstvo kupaca, skraćenje proizvodnog ciklusa i slično. Proces poboljšanja provodi se kroz tri faze. To su:[635]

1. ***Upoznavanje s proizvodnim/uslužnim procesom***. U ovoj se fazi prikupljaju svi podaci ključni za razumijevanje procesa. U cilju boljeg razumijevanja, proces se dijeli na jednostavne dijelove, tj. korake. Za svaki korak treba odrediti sljedeće: inpute, outpute, izvođače, te odluke koje se moraju donijeti. S obzirom na to da su ljudi u pravilu vizualna bića, tj. bolje razumiju slikovni od tekstualnog prikaza, koriste se neki od alata vizualizacije, najčešće dijagrami toka.[636] Izabrani alat treba biti što detaljniji i sadržavati što je moguće više informacija o pojedinom koraku. Nadalje, u ovoj se fazi određuju mjerila kojima će se vrednovati uspješnost procesa poboljšanja, kao što su: prihodi, troškovi, dobit, razni gubici, proizvodnost, vrijeme trajanja pojedinog koraka, lojalnost kupaca i slično. Izbor mjerila usko je povezan s ciljem poboljšanja. Ako je cilj poboljšanja povećati zadovoljstvo kupaca, onda bi odgovarajuće mjerilo bila lojalnost kupaca mjerena brojem ponovljenih kupnji. Preporučljivo je odabrati više mjerila, a ne samo jedno, jer što je veći broj mjerila pozitivan, veća je vjerojatnost da je poboljšanje zaista ispunilo svoj cilj. U datom primjeru dodatno mjerilo bi moglo biti broj reklamacija koji bi s porastom zadovoljstva trebao padati.
2. ***Analiza procesa***. Na temelju podataka prikupljenih u prvoj fazi pokušava se utvrditi logičnost slijeda koraka u procesu te nedostatak nekog koraka ili pak dupliciranje nekog koraka. Potom se prelazi na analizu svakog koraka posebno. Ovdje se nastoje dobiti odgovori na pitanja, kao što su: može li se korak eliminirati, koliku dodanu vrijednost korak donosi procesu, ima li gubitaka i koji su to gubici, koliki troškovi nastaju i mogu li se smanjiti, može li se smanjiti vrijeme trajanja koraka, te mogu li se dva ili više koraka kombinirati. U ovoj fazi koriste se alati za traženje uzroka problema, kao što su: analiza uzrok-posljedica (dijagram riblje kosti), analiza „zašto", Pareto dijagram i drugi.
3. ***Preoblikovanje procesa***. Odgovori koji su dobiveni u drugoj fazi poslužit će kao podloga za kreiranje novoga (izmijenjenog) procesa. Manjkavosti pojedinog koraka bit će uklonjene ovisno o pristupu poboljšanja kojeg je uprava unaprijed odabrala. Kada se promjene (poboljšanja) implementiraju u proizvodni/uslužni proces, njihovi učinci pratit će se i vred-

[635] Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2014). *Operations Management*. 12th edition. McGraw Hill. str. 389.

[636] Mada je o dijagramu toka bilo riječi prilikom analize toka procesa (poglavlje 6) i oblikovanja posla (poglavlje 9), on ima jednako važnu ulogu i kao alat poboljšanja procesa.

novati mjerilima utvrđenim u prvoj fazi. Ako mjerila ne pokažu pozitivan, odnosno željeni učinak promjena, cijeli postupak kreće ispočetka.

## 20.2. PRISTUPI POBOLJŠANJU

Suvremena poslovna scena vrvi raznovrsnim pristupima poboljšanju. Konzultantske kuće natječu se u „izmišljanju" vlastitog pristupa koji je zapravo izvedenica nekog od postojećih pristupa ili njihova kombinacija. Tako je pristup **vitka sigma** (engl. *lean sigma*) nastao spajanjem dvaju pristupa: vitak (engl. *lean*) i šest sigma (engl. *six sigma*). **Kontinuirano poboljšanje** (kaizen) sastavni je dio pristupa potpuno upravljanje kvalitetom (PUK), šest sigma i vitak, međutim, neki ga smatraju neovisnim pristupom poboljšanju. **Kanban, upravo na vrijeme (UNV), 5S** i drugi također imaju dvojnu klasifikaciju - kao pristup ili dio pristupa poboljšanju. U želji da se ovaj udžbenik sačuva od klasifikacijskog nereda, u ovoj će se točki objasniti najpoznatiji pristupi poboljšanju: potpuno upravljanje kvalitetom (PUK), šest sigma, vitak, te reinženjering poslovnih procesa (tablica 20.1).[637]

***Tablica 20.1. Usporedba pristupa poboljšanju***

| | PUK | Šest sigma | Vitak | Reinženjering |
|---|---|---|---|---|
| **Cilj** | Kvaliteta procesa | Svesti greške na 3,4 greški/milijun | Povećati vrijednost u procesu | Radikalne promjene u poslovanju |
| **Metode** | Osvijestiti svim radnicima da su odgovorni za kvalitetu | Smanjiti odstupanja<br>Ukloniti nedostatke | Otkloniti gubitke<br>Reducirati aktivnosti koje ne dodaju vrijednost | Usvojiti nove i odbaciti dosadašnje koncepcije poslovanja |
| **Vrsta poboljšanja** | Kontinuirano | Kontinuirano | Kontinuirano | Diskontinuirano |
| **Kreatori poboljšanja** | Unutar poduzeća | Unutar poduzeća | Unutar poduzeća | Izvan poduzeća |
| **Odgovor na krizu** | Ne | Ne | Ne | Da |
| **Očekivani učinci** | Srednji i dugi rok | Srednji i dugi rok | Srednji i dugi rok | Kratki i srednji rok |
| **Rizik** | Umjeren | Umjeren | Umjeren | Visok |
| **Aktivnosti** | Planirati<br>Učiniti<br>Kontrolirati<br>Djelovati | Definirati<br>Izmjeriti<br>Analizirati<br>Unaprijediti/<br>Dizajnirati<br>Kontrolirati/<br>Verificirati | Ukloniti suvišnu opremu i materijal<br>Staviti sve na svoje mjesto<br>Radno mjesto održavati čistim<br>Standardizirati najbolja rješenja<br>Nema povratka na staro | Definirati<br>Analizirati<br>Detektirati loše operacije<br>Ukloniti loše operacije<br>Uvesti nove operacije |
| **Nedostaci** | Usredotočenost isključivo na kvalitetu | Ovisnost o velikim bazama podataka | Ovisnost o dobavljačima | Otpor radnika |

[637] Obrada autorice

## 20.2.1. Potpuno upravljanje kvalitetom

Pri tradicionalnom poimanju kvalitete naglasak se stavljao na krajnji proizvod ili uslugu. Takvo, može se reći, usko shvaćanje kvalitete prevladavalo je do sredine osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Naime, u to vrijeme, proizvođači automobila, elektronike i kućanskih aparata iz zemalja Dalekog istoka, ponajprije Japana, zatim Južne Koreje, Singapura, Tajvana i Hong Konga, počeli su ozbiljno ugrožavati dotadašnje liderske pozicije europskih poduzeća i poduzeća iz SAD-a plasirajući na tržište kvalitetnije i jeftinije proizvode. Tajna njihovog uspjeha bila je radikalno promijenjen odnos prema kvaliteti, poznat pod nazivom potpuno upravljanje kvalitetom. Smisao potpunog upravljanja kvalitetom bio je spriječiti pojavu loše kvalitete. Usporedba tradicionalnog pristupa i potpunog upravljanja kvalitetom (PUK-a) prikazana je u tablici 20.2.[638]

***Tablica 20.2. Tradicionalni pristup kvaliteti nasuprot PUK-u***

| Kategorija | Tradicionalni pristup | PUK |
|---|---|---|
| **Orijentacija** | na proizvod/uslugu | na proces |
| **Poslovi** | individualizam, specijalizacija | timski rad, širi opseg poslova |
| **Zahtjevi kupaca** | nisu prioritet | najviši prioritet |
| **Rješavanje problema** | nesistematično, pojedinačno | sistematično, timski |
| **Poboljšanja** | povremena, stihijska | kontinuirana |
| **Menadžment** | zatvoreni za ideje podređenih | otvoreni za ideje podređenih |
| **Temeljni cilj** | maksimalizacija dobiti | udovoljiti kupcima |

Prema Stevensonu potpuno upravljanje kvalitetom (PUK) počiva na tri filozofije. To su:[639]

1. *Uključivanje svih radnika u organizaciji* proizlazi od orijentacije na proces za razliku od dotadašnje orijentacije na proizvod, odnosno uslugu. To je moguće jedino ako se kvaliteta promatra kao sastavni dio cjelokupnog proizvodnog procesa počevši od nabave preko transformacije pa sve do plasmana krajnjem kupcu. Svi radnici uključeni u proizvodni proces suodgovorni su za dostignutu razinu kvalitete. Tim više, prema konceptu *PUK-a*, radnici se smatraju *unutarnjim kupcima* čija se mišljenja i ideje vezane za poboljšanje procesa izrazito slušaju i cijene. Unutarnji kupci zapravo ništa ne kupuju. Radnik koji radi u drugoj fazi procesa figurativno kupuje poluproizvod od radnika koji radi u prvoj fazi procesa. Radnik iz prve faze ima obvezu isporučiti poluproizvod besprijekorne kvalitete svojem internom kupcu-radniku iz druge fazi. Isto tako, radnik druge faze ima jednaku obvezu prema svom internom kupcu, a to je radnik u trećoj fazi i tako sve do kraja proizvodnog procesa.
2. *Kontinuirana poboljšanja* su neprekidna nastojanja da se poboljša proizvodni proces, a u to su uključeni ljudi, sirovine, oprema i procedure. Prema starom shvaćanju kvalitete, poboljšati se mora samo ono što je loše. Međutim, prema filozofiji PUK-a, poboljšati se može i mora sve, pa čak i ono što je dobro kako bi bilo još bolje. Često se pogrešno misli da kontinuirano poboljšanje dolazi iz Japana. Istina je nešto drugačija. Koncept kontinuiranog poboljšanja popularizirao je Edward Deming u SAD-u četrdesetih godina prošloga stoljeća, međutim njegove ideje nisu

638 Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 387.
639 Ibidem. str. 385.

naišle na plodno tlo kod tamošnjeg menadžmenta.[640] U to su vrijeme menadžeri bili uglavnom ekonomisti, a ekonomska znanost i praksa nisu se toliko oslanjale na matematičke i statističke metode kao danas. Upravo je poznavanje pojedinih statističkih metoda uvjet uspješne primjene kontinuiranih poboljšanja. Ekonomisti staroga kova nisu bili spremni na uvođenje radikalnih promjena u svakodnevno poslovanje niti su bili spremni učiti nove stvari. S druge strane, japanski menadžeri su vidjeli potencijal u kontinuiranom poboljšanju, te su ga prihvatili, doradili i primijenili u svojoj poslovnoj praksi. Japanski izraz za kontinuirano poboljšanje je *kaizen*.

3. *Zadovoljstvo kupaca* je prvi i najvažniji cilj poduzeća koja primjenjuju PUK. Stoga ova poduzeća jednaku važnost daju vanjskim i unutarnjim kupcima. Vanjski kupci su korisnici finalnog proizvoda ili usluge. Unutarnji kupci, kako je to ranije objašnjeno, su sve osobe uključene u proizvodni proces. Za utvrđivanje zadovoljstva kupaca poduzeća koriste nekoliko tehnika, kao što su: istraživanje tržišta (ankete i intervjui), fokus grupe i slično.

Slak, Brandon-Jones i Johnson[641] ističu da pristup PUK-a naglašava kvalitetu i poboljšanje općenito kao bit svake promjene, pri čemu se pristup temelji na sljedećem:

1. Proizvesti proizvod ili uslugu koji će zadovoljiti ili čak premašiti želje i potrebe kupaca.
2. U aktivnosti poboljšanja uključiti sve dijelove organizacije. Kao što je već istaknuto, radi se o cjelovitom pristupu kvaliteti.
3. U aktivnosti poboljšanja uključiti sve zaposlene. Radnici su ovlašteni uvoditi poboljšanja na svom radnom mjestu. Uprava ih ohrabruje i motivira na kreativno razmišljanje u pronalaženju najboljeg načina za izvršavanje svojih zadataka.
4. Voditi računa o troškovima kvalitete. Iako su kupci prioritet, *PUK* nije opravdanje za poslovanje s gubitkom. Kvaliteta nije besplatna te iziskuje veća ili manja ulaganja. Svako ulaganje u poboljšanje mora biti dugoročno isplativo, tj. mora biti prepoznato od strane kupaca.
5. Dobro obaviti posao prvi put. Pokušati spriječiti pojavu greške. Ako se greška ipak dogodi, potrebno je otkriti slabu točku u procesu i osigurati da se takva greška ne ponovi.
6. Razvijati sustave i procedure za potporu poboljšanju.

Ovih šest točaka ne mogu do kraja opisati svu važnost PUK-a. Stevenson[642] tako navodi deset elemenata kojima objašnjava ideju PUK-a:

1. *Kontinuirano poboljšanje*. O ovom konceptu je već bilo riječi pa ga ne treba dodatno obrazlagati.
2. *Konkurentsko uspoređivanje (benchmarking)*. Riječ je o konceptu identifikacije drugih poduzeća koja su najbolja u nečemu, te proučavanju kako ta poduzeća to postižu i kako bi temeljem toga vlastito poduzeće moglo unaprijediti svoje poslovanje.
3. *Davanje odgovornosti radnicima*. Motiviranost radnika se povećava ako im se omogući veća odgovornost za poboljšavanje i daju ovlasti za promjene. Ovim se neke odluke stavljaju u ruke onih koji su najbliže određenim poslovima pa su u mogućnosti lakše rješavati probleme.
4. *Timski pristup*. Ako se u rješavanju problema koriste timovi, ljudi se uključuju u probleme, promiče se duh suradnje i dijele se zajedničke vrijednosti.
5. *Odluke na temelju činjenica*, a ne mišljenja. Menadžeri trebaju prikupiti i analizirati podatke kako bi donosili odluke.

---

640 Hadadas et al. (2014). *Continuous Improvement – Development with Time*. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). vol. 108. br. 8. str. 35.

641 Slack, N. Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2011). *Operation Management*. 7th edition. Pearson. str. 588-589.

642 Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 385-386.

6. *Poznavanje alata*. Radnici i menadžeri trebaju znati koristiti alate kvalitete.
7. *Kvaliteta dobavljača*. Dobavljači trebaju biti uključeni u napore za osiguranje i poboljšanje kvalitete, tako da su njihovi procesi sposobni pravovremeno isporučiti kvalitetne dijelove ili materijale.
8. *Šampion*. Riječ je o PUK šampionu kvalitete čiji je posao promicati vrijednosti i važnost PUK principa u poduzeću.
9. *Kvaliteta na izvoru*. Polazi se od toga da je svaki radnik odgovoran za ono što radi. Time se potiče izrada proizvoda u skladu sa specifikacijama, kao i pronalaženje i ispravljanje grešaka. Tako radnici postaju kontrolori kvalitete svog dijela posla, a istodobno "potvrđuju" sljedećem sudioniku u procesu da je njihova operacija napravljena u skladu sa standardom. Prednosti ovakvog pristupa su sljedeće: a) odgovornost za kvalitetu spuštena je na razinu neposrednog izvršitelja, b) uklanja se suparništvo koje često postoji između kontrolora kvalitete i proizvodnih radnika, c) kroz davanje kontrole nad njihovim radom radnici se motiviraju i postaju ponosni.
10. *Dobavljači su partneri* u procesu te ih se ohrabruje na dugoročni odnos. To daje dobavljačima vitalnu ulogu u osiguranju kvalitete proizvoda i usluga. Na ovaj način se smanjuje ili uklanja potreba kontrole isporuke od dobavljača, jer se očekuje da će je oni osigurati kroz svoj proces.

Potrebno je naglasiti da PUK nije puki popis elemenata, već je sastavni dio organizacijske kulture. Stoga uspješno provođenje ovoga pristupa zahtijeva mnogo više od uključenja navedenih elemenata u poslovanje. Ključnu ulogu pri tome ima menadžment. On daje početni impuls promjenama. Od njega se traži dugoročna predanost, jasna vizija, te strateško planiranje aktivnosti poboljšanja kvalitete. PUK neće zaživjeti ako radnici ne vide smisao uvođenja promjena u poslovanje te ako strahuju za gubitak stečenih privilegija. Dobra priprema svih radnika u poduzeću iznimno je važna. Radnicima treba objasniti što se želi postići uvođenjem PUK-a, kakve se promjene uvode te što su njihove obveze u budućnosti.

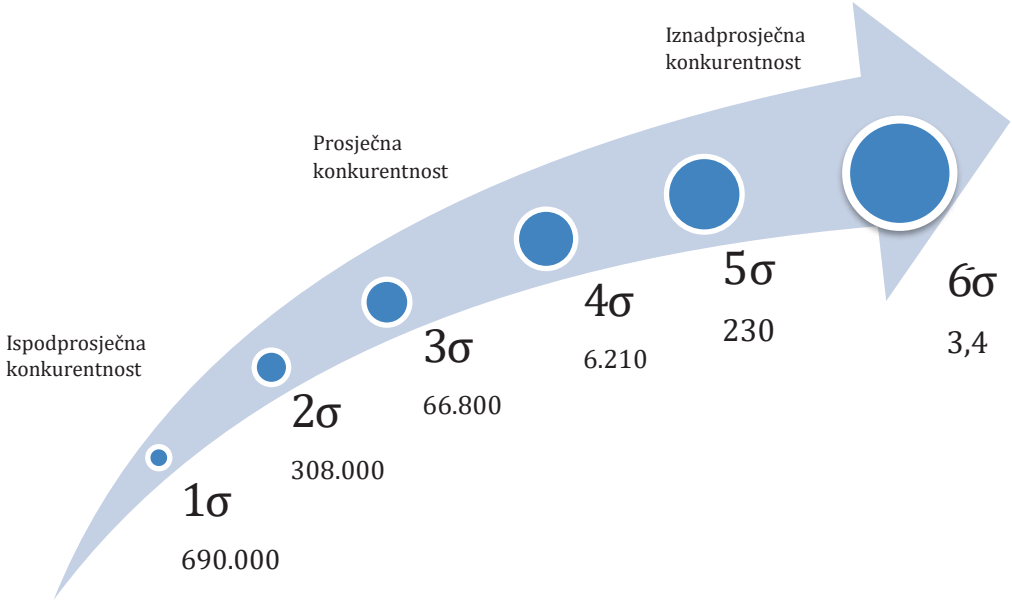
Premda su mnoga poduzeća profitirala od primjene PUK-a, ne bi trebalo propustiti spomenuti najčešće kritike ovoga pristupa. To su:

- Kvaliteta je važan čimbenik konkurentnosti, ali nije jedini. PUK se fokusira na kvalitetu, a zanemaruje važne stvari, poput brze reakcije na poteze konkurenata.
- Pretjerivanje (neumjerenost) u kvaliteti, kao, primjerice, ugrađivanje preskupih materijala u proizvod, može povećati troškove proizvodnje do te mjere da proizvod postane cjenovno nekonkurentan.
- Što se tiče kontinuiranog poboljšanja, postoje dileme je li to samostalan pristup ili sastavni dio PUK-a. Kritičari PUK-a smatraju da je kontinuirano poboljšanje samostalan i neovisan pristup te da se njime mogu postići mnogi ciljevi PUK-a.[643]
- Kontinuirano poboljšanje može biti pogrešan izbor u situaciji kad je nužna radikalna promjena.

[643] Gallagher, M., Austin, S. i Caffyn, S. (1997). *Continuous Improvement in Action: The Journey of Eight Companies*. London: Kogan Page; Caffyn, S. (1999). Development of a continuous improvement self- assessment tools. *International Journal of Operations & Production Management*. vol. 19. br. 11. str. 1138-1153.

## 20.2.2. Šest sigma

Šest sigma nije novi pristup, već kombinacija rezultata rada ranije spomenutih gurua kvalitete (o njihovim idejama podsjetite se u poglavlju 10) kroz implementaciju provjerenih načela i metoda upravljanja kvalitetom. Odakle naziv šest sigma? Sigma ($\sigma$) je slovo grčke abecede, a u statistici se koristi za označavanje odstupanja (standardne devijacije). Statistička kontrola procesa proizvodnje mjeri određeni broj sigmi, odnosno broj proizvoda s greškom čije karakteristike odstupaju od zacrtanih specifikacija. Uobičajeno toleriranje odstupanja je $3\sigma$, rjeđe $4\sigma$ uzimajući u obzir da takvi procesi generiraju od 62.000 do 67.000 grešaka na milijun proizvoda (slika 20.1).[644] Međutim, prema shvaćanju zagovornika šest sigme, taj broj grešaka je nedopustivo velik. Računajući na povećane zahtjeve kupaca, prihvatljivi standard je samo 3,4 grešaka na milijun proizvoda, a to odgovara odstupanju od ± $6\sigma$.

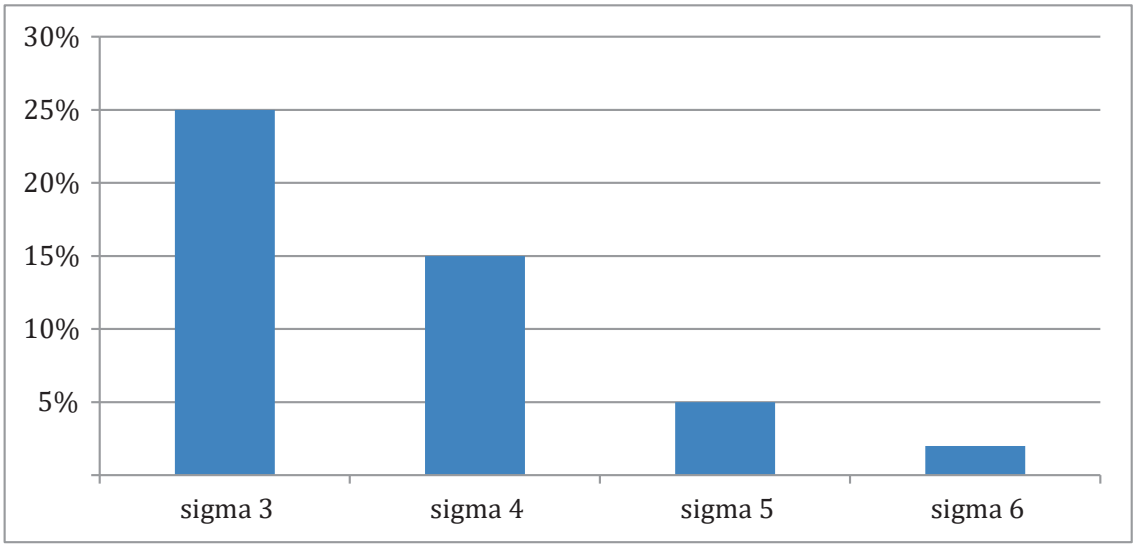



***Slika 20.1. Odnos broja sigmi, grešaka na milijun i konkurentnosti***

Ovaj, danas vrlo atraktivan pristup poboljšanju osmišljen je u Motoroli, proizvođaču elektronike iz SAD-a koji je sredinom 1970-ih prešao u vlasništvo japanske kompanije Matsushita. Japanski menadžment je odmah započeo s drastičnim promjenama u načinu rada i za relativno kratko vrijeme smanjio je broj grešaka za 95 %.[645] Očekivano, naišao je na otpor američkih kolega koji su navikli raditi drugačije. Tek kad su se počeli vidjeti rezultati primjene šest sigma metodologije, američki menadžment je prihvatio promjene. Trebalo je desetak godina da se unutar Motorole do kraja razradi sustav šest sigma i Motorola postane lider u kvaliteti. Kada je Motorola 1988. godine dobila nagradu za kvalitetu Malcom Baldridge, šest sigma je postala zaštitni znak Motorole te se polako počela usvajati i primjenjivati i u drugim poduzećima.

644 Obrada autorice
645 Pyzdek, T. i Keller, P. (2014). *Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill. 4th edition. str. 5.

Pogrešno bi bilo pretpostaviti da je šest sigma orijentirana na kvalitetu u klasičnom smislu ispunjenja unutarnjih normi poduzeća. Glavna misija šest sigme je omogućiti poduzeću veću zaradu kroz povećanje vrijednosti za kupca.[646] Stoga se kvaliteta definira i kao dodana vrijednost kroz povećanu proizvodnost, a dijeli se na potencijalnu i sadašnju. Potencijalna kvaliteta je ona koja rezultira najvećom mogućom dodanom vrijednosti po jedinici inputa. Sadašnja kvaliteta je dostignuta razina dodane vrijednosti po jedinici inputa. Razlika između potencijalne i sadašnje kvalitete je gubitak. Cilj šest sigme je smanjiti gubitke i pomoći poduzećima da proizvode bolje proizvode i usluge uz niže troškove. Kvaliteta i troškovi su uzročno posljedično povezani. Bezobzirno rezanje troškova može smanjiti kvalitetu. S druge strane, težnja ka kvaliteti stvara dodatne troškove. Troškovi se mogu smanjiti kroz prevenciju grešaka na proizvodima, prilagođavanje zahtjevima kupaca te skraćenje ciklusa proizvodnje. Za poduzeća koja posluju prema tri sigme, troškovi su vrlo visoki (slika 20.2).[647] Budući da toleriraju oko 66.800 grešaka na milijun, moraju potrošiti 25 % prihoda na popravljanje grešaka. Nasuprot njima, poduzeća koja posluju prema konceptu šest sigma toleriraju mnogo manje grešaka, oko tri na milijun, pa su im i troškovi popravaka značajno niži, manji od 5 % prihoda. Ti troškovi se nazivaju troškovima loše kvalitete (o njima je bilo riječi u poglavlju 10).




***Slika 20.2. Troškovi loše kvalitete u ovisnosti o vrijednosti sigme***

Na početku je već rečeno da šest sigma počiva na primjeni znanstvenih metoda koje omogućavaju radnicima da proizvedu najveću moguću vrijednost za kupce i vlasnike. Šest sigmu karakteriziraju sljedeći elementi: orijentiranost na kupca, korištenje statističkih metoda, krugovi poboljšanja, kontrola procesa i sustavna edukacija radnika - timova.

Da bi se mogla procijeniti učinkovitost proizvodnje ili pružanja usluga, šest sigma koristi cijeli niz pokazatelja, od kojih se ovdje navode tri tipična:

$$PG_{\%} = \frac{PG_{br}}{K} * 100 \qquad (20.1)$$

646 Ibidem.
647 Prilagođeno prema: Ibidem.

gdje su:

$PG_{\%}$ = udio proizvoda s greškom
$PG_{br}$ = broj proizvoda s greškom
$K$ = ukupan broj proizvoda

$$G_{br/j} = \frac{G_{br}}{K} \tag{20.2}$$

gdje su:

$G_{br/j}$ = broj grešaka po jedinici
$G_{br}$ = broj grešaka

$$G_{br/m} = \frac{G_{br}}{K * MG_{br}} \tag{20.3}$$

gdje su:

$G_{br/m}$ = broj grešaka po mogućnosti
$MG_{br}$ = broj mogućnosti za grešku

Pod ***greškom*** se podrazumijeva propust u ispunjenju potrošačevih zahtjeva. ***Proizvod ili usluga s greškom*** pretpostavlja da jedan proizvod ili usluga može imati jednu ili više grešaka. ***Mogućnosti greške*** su zbroj svih mogućih načina da proizvod ili usluga ne ispune zahtjeve kupaca. U primjeru 20.1. prikazat će se izračun navedenih pokazatelja jednog catering poduzeća.

***Primjer 20.1. Pokazatelji učinkovitosti usluge***

Jedno catering poduzeće je prošli mjesec ostvarilo 250 isporuka. Međutim, stigle su i reklamacije korisnika. Od ukupno 25 reklamacija pet njih se odnosilo na kašnjenje, sedam na ohlađena jela, deset na sporost konobara, te tri na kašnjenje i ohlađena jela.

PRISTUP: Reklamacije su u ovom slučaju usluge s greškom. Korisnici su imali tri zahtjeva: točnost, da je jelo toplo i spretnost konobara. Navedeni zahtjevi su u ovom primjeru mogućnosti za grešku. S obzirom na to da su tri isporuke imale dva propusta, broj grešaka je veći od broja reklamacija. U ovom slučaju broj reklamacija je 25, a broj grešaka 28.

RJEŠENJE: Broj grešaka računa se kako slijedi:

$$G_{br} = 5+7+10+(3*2) = 28$$

Udio proizvoda s greškom dobije se kad se broj proizvoda s greškom podijeli s ukupnim brojem proizvoda. Proizvodi s greškom za catering poduzeće su reklamacije (25), a ukupan broj isporuka je ukupan broj proizvoda (250). Udio proizvoda s greškom je 10 %.

$$PG_{\%} = \frac{PG_{br}}{K} * 100 = \frac{25}{250} * 100 = 10$$

Broj grešaka po jedinici je nešto veći od udjela proizvoda s greškom zato što je broj grešaka (28) veći od broja reklamacija (25). Stoga je broj grešaka po jedinici 11 %.

$$G_{br/j} = \frac{G_{br}}{K} = \frac{28}{250} = 0,11$$

Broj grešaka se, po mogućnosti, izračuna tako da ih se stavi u odnos s ukupnim mogućnostima za grešku. Kada bi pri svakoj isporuci klijenti imali sve tri reklamacije, to bi bilo maksimalnih 750 grešaka. Drugim riječima, prethodnoga mjeseca catering poduzeće moglo je napravit 750 mogućih grešaka.

$$G_{br/m} = \frac{G_{br}}{K*MG_{br}} = \frac{28}{250*3} = 0,037$$

Iz ovoga se jednostavno može izračunati broj grešaka na milijun mogućnosti tako da se gornji rezultat pomnoži s milijun. Ovim se dobiva 37.000 mogućih pogrešaka, što odgovara otprilike 3,3 sigme (vidjeti tablicu za preračunavanje grešaka u sigme u *Prilogu 4*[648]).

### *20.2.2.1. Šest sigma timovi*

Ovaj, kao i svi drugi pristupi koji su proizašli iz japanske kulture, zahtijevaju suradnju većeg broja radnika. Međutim, u šest sigma konceptu radnici su grupirani u timove. Tim za poboljšanje operacija pomno se bira, a njegovi članovi hijerarhijski su raspoređeni po uzoru na borilačke vještine. S obzirom na znanja i ovlasti koje posjeduju, članovi tima dijele se u tri skupine: majstorski crni pojas, crni pojas i zeleni pojas.[649]

*Majstorski crni pojasevi* su najviše rangirani eksperti u području planiranja i provođenja promjena. Biraju se iz redova certificiranih crnih pojaseva. Zaduženi su za edukaciju crnih i zelenih pojaseva. Osim nužnog poznavanja naprednih metoda statističke analize, moraju imati komunikacijske vještine, poznavati administrativne poslove te imati znanja iz upravljanja projektima. S obzirom na široki opseg odgovornosti, zaposleni su na puno radno vrijeme na poslovima poboljšanja.

*Crni pojasevi* su posebno obučeni radnici koji su se prethodno dokazali aktivnim sudjelovanjem u procesima promjene u poduzeću te su cijenjeni od strane kolega. Poželjno je da imaju visokoškolsko obrazovanje tehničkog smjera, iz matematike ili statistike, te da vladaju softverima za statističku analizu podataka. Crni pojasevi moraju proći napredne tečajeve kako bi dobili certifikat. Tečajevi traju tri tjedna za usluge, administrativne poslove i financije, četiri tjedna za proizvodnju, te šest tjedana za istraživanje i razvoj.[650] Crni pojasevi su zaposleni na puno radno vrijeme, na razdoblje od dvije do tri godine. Nakon toga se vraćaju svojim starim aktivnostima. Oni najbolji dobivaju majstorski crni pojas. Oni također moraju imati dobre komunikacijske vještine te sposobnost rada u manjim timovima. Predvode provedbu projekta poboljšanja unutar svoga područja djelovanja, te educiraju zelene pojaseve.

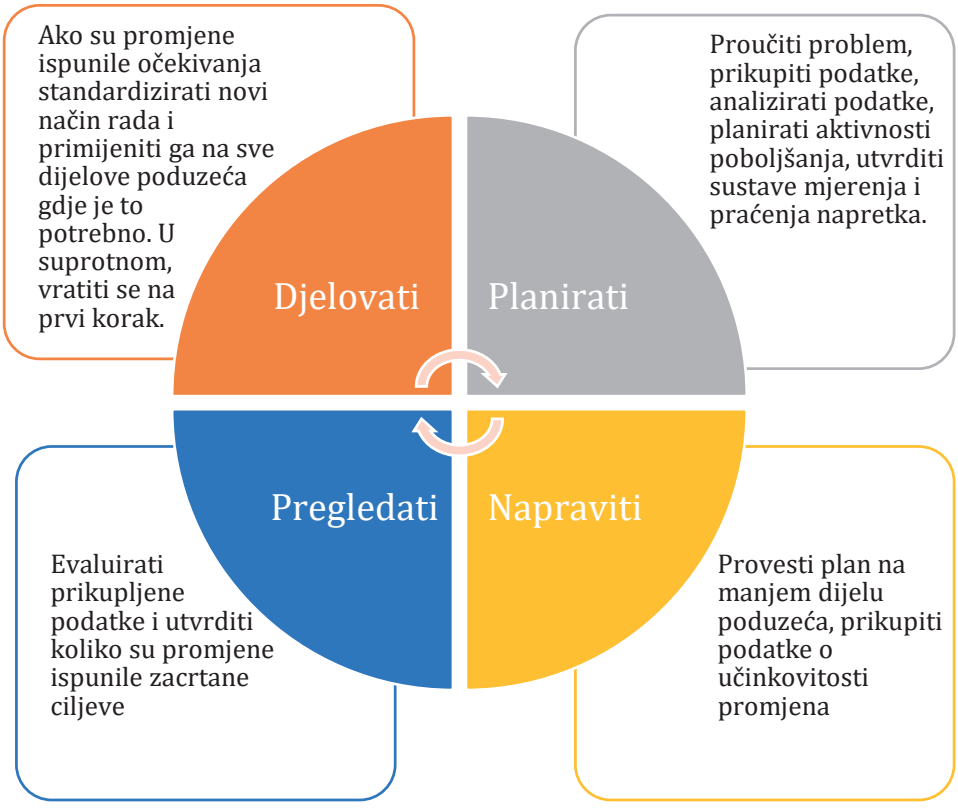
*Zeleni pojasevi* su na čelu tima za provedbu procesa promjene u poduzeću. Prolaze tečajeve obuke, ali ne toliko zahtjevne kao crni pojasevi. Rade samo dio radnog vremena, minimalno

[648] www.moresteam.com/toolbox/six-sigma-conversion-table.cfm, pristup: 05.06.2019.
[649] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2011). *op.cit.* str. 594.
[650] Pyzdek, T. i Keller, P. (2014). *op.cit.* str. 28.

20 % na projektima šest sigme, a ostalo vrijeme obavljaju svoje osnovne zadatke. Da bi zadržali status zelenog pojasa, moraju uspješno završiti barem jedan projekt svakih 12 mjeseci.

### 20.2.2.2. Krugovi poboljšanja

Kontinuirana su poboljšanja, kao što im samo ime govori, procesi koji ne završavaju već se neprestano obnavljaju. Stoga ih se simbolički prikazuje u obliku kruga. Najpoznatiji je krug poboljšanja kvalitete Edvarda Deminga koji je proces poboljšanja opisao u četiri faze: *planirati, napraviti, pregledati i djelovati*, *PNPD* (engl. *Plan, Do, Check i Act, PDCA*) (slika 20.3).




***Slika 20.3. Demingov krug kvalitete***

U prvoj fazi tim za poboljšanje procjenjuje situaciju u poduzeću i traži prostor za poboljšanja. Pritom treba imati u vidu ne samo vlastite stavove, već i stavove kupaca. Na temelju prikupljenih podataka iz vlastitog poduzeća i s tržišta, kreira se plan poboljšanja. Svaki plan u sebi mora imati jasan cilj. Cilj projekta poboljšanja je proizvodnja takvog proizvoda ili usluge koji će se maksimalno približiti želji kupaca. S obzirom na to da ciljevi moraju biti mjerljivi, nužno je utvrditi načine mjerenja i praćenja učinaka projekta poboljšanja. Poboljšanja se zapravo svode na određene promjene u poslovanju i mogu se realizirati na različite načine, od najsloženijih, kao što je uvođenje nove tehnologije, edukacija radnika, upotreba novih materijala pa do sasvim jednostavnih, kao što je reorganizacija radne jedinice. Sve navedene aktivnosti trebale bi rezultirati željenim outputom.

U drugoj fazi dolazi do implementacije svih planiranih promjena. Najčešće se promjene primijene na nekom užem području. Tijekom tog razdoblja prikupljaju se podaci koji će se koristiti u sljedećoj fazi.

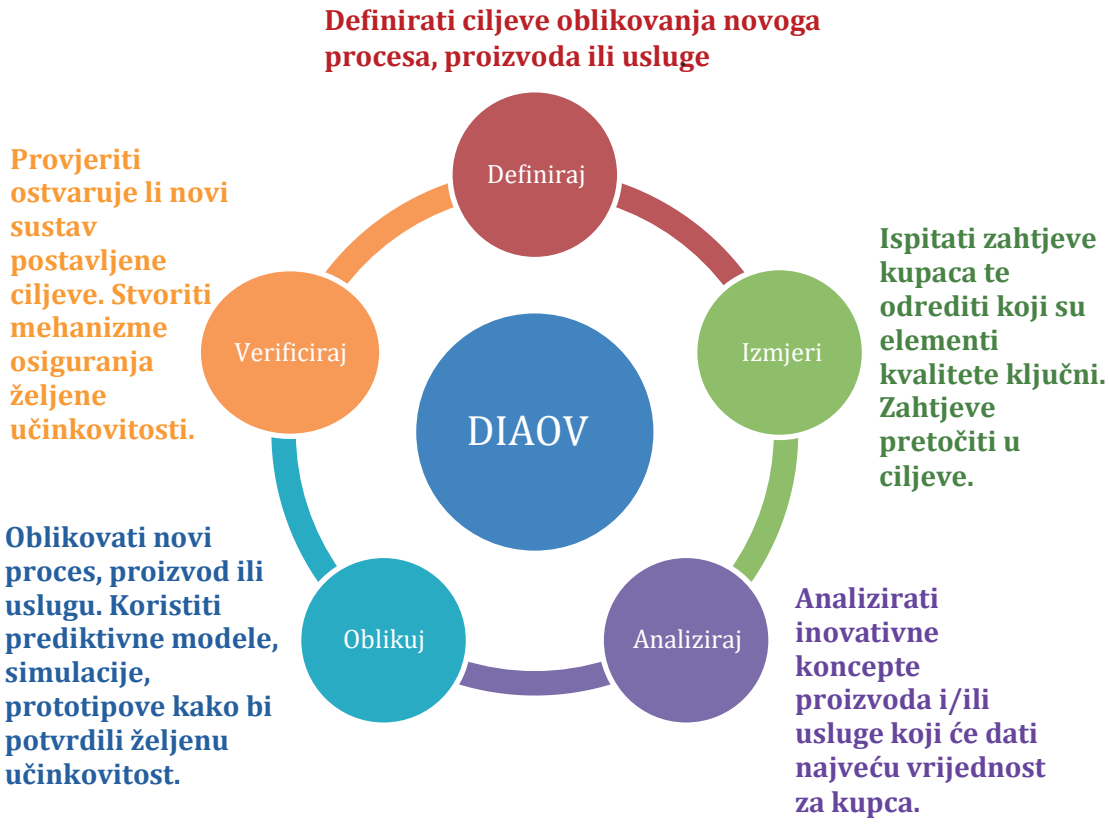
U trećoj fazi prikupljeni podaci se obrađuju i na temelju dobivenih rezultata donosi se zaključak u kojoj mjeri promjene ispunjavaju zacrtane ciljeve. Ako se uvelo više promjena, onda se uspoređuje koje promjene donose bolji učinak. Ukoliko promjene dovode do planiranog poboljšanja, onda one postaju standard poslovanja. To je sadržaj zadnje faze. U suprotnom, proces se vraća u prvu fazu i razrađuje novi plan poboljšanja. Ponekad novi standardi zahtijevaju edukaciju radnika kako bi se promjene uspješno inkorporirale u svakodnevno poslovanje.

Po uzoru na Demingov krug kvalitete eksperti šest sigme razvili su vlastiti krug poboljšanja. Radi se zapravo o dva slična kruga, ali s različitim namjenama. Prvi krug je: definiraj - izmjeri - analiziraj - unaprijedi - kontroliraj (DIAUK) (engl. *define - measure - analyse - improve – control, DMAIC*). Koristi se za postojeće procese, proizvode ili usluge koji ne zadovoljavaju zahtjeve kupaca i treba ih promijeniti, odnosno unaprijediti (slika 20.4).[651]

***Slika 20.4. DIAUK***

S druge strane, krug definiraj - izmjeri – analiziraj - oblikuj - verificiraj (DIAOV) (engl. *define - measure - analyse - design - verify, DMADV*) koristi se u dva slučaja. Prvi, kada se razvijaju novi procesi, proizvodi i usluge. Drugi, kada postojeći procesi, proizvodi ili usluge ne ispunjavaju očekivanja kupaca, a DIAUK nije polučio željene rezultate (slika 20.5).[652]

[651] Obrada autorice
[652] Obrada autorice




***Slika 20.5. DIAOV***

## 20.2.3. Vitki menadžment

U knjigama na hrvatskom jeziku se za pojam lean sve češće koristi prevedeni termin *vitak*, pa se tako govori o vitkom upravljanju, vitkoj proizvodnji i slično. Sukladno želji da se pojmovi koriste na hrvatskom jeziku, u ovom udžbeniku će se koristiti hrvatski prijevod *vitak*. Vitki menadžment je u početku bio osmišljen za proizvodna poduzeća. Međutim, u novije vrijeme, on se sve više uspješno primjenjuje i u uslužnim poduzećima, naročito u segmentu eliminacije gubitaka. Neki od osnovnih elemenata vitkog menadžmenta su:

- uklanjanje gubitaka
- radne/proizvodne ćelije
- proizvodnja prema potražnji
- proizvodnja u malim serijama
- minimalne zalihe
- fleksibilnost u proizvodnji
- vizualna kontrola
- stalna poboljšanja
- vitka kultura

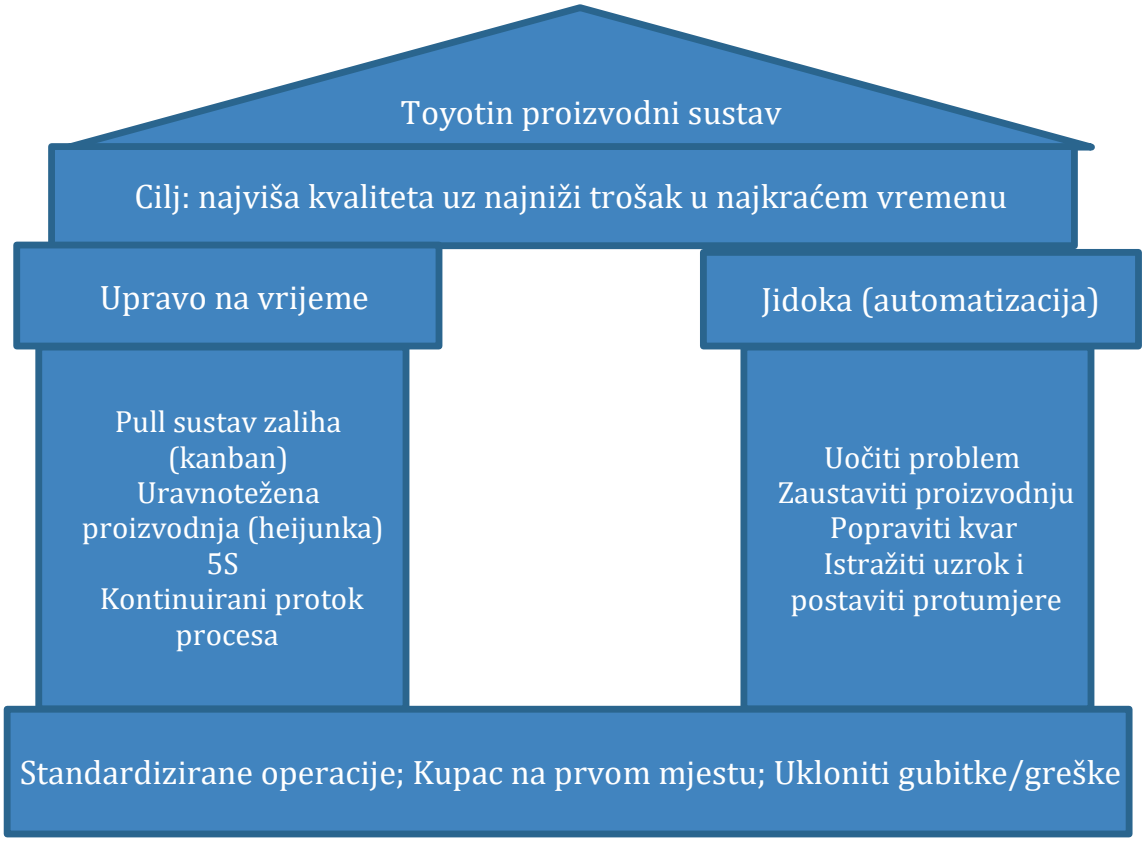
### *20.2.3.1. Nastanak vitkog menadžmenta*

Da bi se što bolje shvatila filozofija vitkog, potrebno se vratiti na početak stvaranja ovakvog načina poslovanja. Kolijevka vitkog menadžmenta, preciznije vitke proizvodnje, je u japanskom poduzeću Toyota. Postoji razlog zašto je ovaj pojam nastao baš u Japanu. Ako se zna da vitko predstavlja perfekcionizam, netoleranciju pogrešaka, uštede na svakom koraku, odbacivanje svega suvišnog i opterećujućeg u poslovanju, onda je potpuno razumljivo da je Japan bio pogodna sredina za razvoj ovakve poslovne filozofije jer ona odražava japanski način života. *Lean* je angloamerički termin i Japanci ga ne koriste, već koriste izraz *Toyotin proizvodni sustav*.[653]

Danas je Toyota lider u proizvodnji svih vrsta automobila, od gradskih do luksuznih, prepoznata i cijenjena zbog visoke kvalitete i pristupačnih cijena. Premda je riječ o globalnom poduzeću, Toyota je istovremeno i obiteljsko poduzeće. Svoj rast i razvoj duguje obitelji Toyoda koja je kroz nekoliko generacija preobrazila malu tvornicu razboja u ono što danas poznajemo. Članovi obitelji Toyoda su bili vizionari, lideri, inovatori i što je najvažnije nikad nisu prestajali učiti. Svaki nasljednik bi nadopunio i nadogradio svog prethodnika. To traje do danas. Obitelj je u naslijeđe ostavila svoj pečat u kulturi poduzeća tako da više i nije važno tko je na čelu kompanije jer se menadžeri koji nisu članovi obitelji ponašaju poput članova.

Njihova priča počinje krajem 19. stoljeća, točnije, 1894. godine, kada Saikichi Toyoda započinje proizvodnju razboja (tkalačkih strojeva). U to vrijeme razboji su bili pokretani ručno pa je Toyoda razmišljao kako žene poštedjeti mukotrpnog rada. Osmislio je motor na parni pogon eksperimentirajući i učeći iz grešaka (jap. *genchi genbutsu*) čime je postavio temelje Toyotinom sustavu proizvodnje. Budući da je inovacija bila prihvaćena, 1926. godine otvara tvornicu za proizvodnju automatiziranih razboja koja postoji i danas kao dio Toyotinog konglomerata (*keiretsu*). Najpoznatija od njegovih brojnih inovacija je mehanizam koji automatski zaustavlja razboj čim nit pukne. Taj je izum evoluirao u puno širi sustav, jedan od dva stupa Toyotinog proizvodnog sustava, *jidoka,* što znači automatizacija uz ljudsku asistenciju (slika 20.6). Ipak, najveći doprinos Saikichia Toyode je filozofija kontinuiranog poboljšanja (*kaizen*). Njegov sin, Kiichiro Toyoda, pokrenuo je proizvodnju automobila nakon Drugog svjetskoga rata. Tvrtku je izgrađivao i vodio na temeljima očevog naslijeđa i dodao drugi stup Toyotinom proizvodnom sustavu, *upravo na vrijeme* i *kanban*. Eiji Toyoda, Kiichirov rođak, 1950. godine je otputovao u SAD na studijsko putovanje. Želio je dobiti uvid u najbolju poslovnu praksu tamošnjih proizvođača automobila, naročito kompanije Ford. Međutim, vrlo se neugodno iznenadio kad je shvatio da se proces proizvodnje nije nimalo promijenio od njegovog prethodnog posjeta prije 20 godina. Zatekao je hiperprodukciju, gomile sirovina i poluproizvoda koje su tjednima čekale da budu obrađene. Tradicionalna masovna proizvodnja temeljila se na postizanju ekonomije obujma, smanjenju prosječnoga troška i maksimalnom iskorištenju svih raspoloživih kapaciteta. Na temelju tih iskustava, tadašnji direktor proizvodnje Taiichi Ohno razvija *sustav povlačenja* (*pull sustav*) koji spriječava prekomjernu proizvodnju i gomilanje zaliha. Ideju je dobio promatrajući trgovine u kojima se police pune tek kad se isprazne do neke minimalne količine.

[653] O Toyotinom proizvodnom sustavu bilo je riječi u poglavlju 18.




***Slika 20.6. Toyotin proizvodni sustav***

Edward Deming, američki stručnjak za kvalitetu, imao je značajnu ulogu u formiranju Toyotinog proizvodnog sustava. Održao je brojne seminare o važnosti zadovoljenja potreba kupaca diljem Japana. Njegova ideja o zadovoljstvu kupca kao misiji svakoga radnika naišla je na prihvaćanje u mnogim japanskim poduzećima. Nadalje, Deming je proširio pojam kupca na vanjskog i unutarnjeg. Unutarnji kupci su svi oni koji sudjeluju u proizvodnom procesu te i njihove potrebe trebaju biti zadovoljene. Drugim riječima, treba im osigurati prave sirovine i materijal u pravo vrijeme, a to se postiže sustavom upravo na vrijeme. Na temelju Demingovoga sustavnog pristupa rješavanju problema, poznatom kao PNPD krug, Toyota je izradila vlastiti sustav kontinuiranih malih poboljšanja (kaizen).

Tijekom 1960-ih Toyota počinje svoj proizvodni sustav širiti i na dobavljače. S vremenom se vitki sustav počeo primjenjivati u cijelom distribucijskom lancu što je multipliciralo pozitivne učinke ove poslovne filozofije.

Toyotin se proizvodni sustav, prema Likeru, može prikazati modelom 4P (tablica 20.3).[654] Naziv 4P dolazi od engleskih riječi *philosophy* = filozofija, *process* = proces, *people and partners* = radnici i partneri, te *problem solving* = rješavanje problema.

[654] Prilagođeno prema: Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. McGraw-Hill. str. 6.

***Tablica 20.3. 4P model Toyotinog proizvodnog sustava***

| Kategorije | Načela |
|---|---|
| Filozofija<br>(dugoročno promišljanje) | • Temeljiti odluke na dugoročnoj filozofiji, čak ako to ugrožava kratkoročnu dobit |
| Proces<br>(eliminacija gubitaka) | • Stvoriti nesmetani tok procesa<br>• Koristiti pull sustav da se izbjegne hiperprodukcija<br>• Uravnotežiti radna opterećenja (heijunka)<br>• Zaustaviti proizvodnju kad se uoči problem (jidoka)<br>• Standardizirati postupak kontinuiranog poboljšanja<br>• Tražiti probleme vizualnom kontrolom<br>• Koristiti samo provjerenu i testiranu tehnologiju |
| Radnici i partneri<br>(poštovanje, izazov i rast) | • Osposobiti vođe koji će primjenjivati filozofiju<br>• Poštovati, razvijati i inspirirati radnike i timove<br>• Poštovati, inspirirati i pomoći dobavljačima |
| Rješavanje problema<br>(kontinuirano poboljšanje i učenje) | • Kontinuirano organizacijsko učenje kroz kaizen<br>• Pogledati i steći uvid u situaciju (genchi genbutsu)<br>• Donositi odluke polako, sagledavajući sve mogućnosti i uz konsenzus, a primijeniti ih brzo |

Zadivljeni Toyotinim uspjehom, menadžment mnogih poduzeća pokušava implementirati vitki sustav. Vrlo malo njih u tome uspijeva. Zašto? Prije svega, previđaju činjenicu da je Toyota koncept vitkog stvarala desetljećima. To je bio dugotrajan i mukotrpan proces, pun eksperimenata, pokušaja i pogreški, a trajat će dok traje poduzeće. Menadžeri izvan Japana misle da je dovoljno pročitati knjigu i primijeniti nekoliko metoda vitkog, najčešće iz procesa, drugog elementa *4P* modela. To čak i može imati pozitivne učinke, ali tek privremeno. Da bi primjena koncepta vitkog bila istinski uspješna, treba razmišljati na način vitkog. Organizacije moraju proći transformaciju i usvojiti kulturu učenja i stalnih promjena, što nije posao od nekoliko tjedana ili mjeseci. Zašto su potrebne stalne promjene? Zato što se zahtjevi kupaca stalno mijenjaju i postaju sve složeniji, a pokretač svih aktivnosti u sustavu vitkog je zadovoljenje potreba kupca. Jedan je direktor iz Toyote rekao: *"Ne proizvodimo samo automobile, već proizvodimo i ljude."*[655] Time je želio naglasiti koliko je važno da svi radnici razumiju potrebu stalnog poboljšavanja. Na menadžmentu je zahtjevan zadatak - educirati svoje radnike, osloboditi ih straha od neuspjeha i poticati kreativnost.

### *20.2.3.2. Eliminacija gubitaka i 3M*

Suština filozofije vitke proizvodnje jest riješiti se svega što ne stvara vrijednost: zalihe sirovina, zalihe gotovih proizvoda, proizvoda s greškom, besposlenih radnika, besposlenih strojeva i sličnog. Kada se želi razlučiti koje to poslovne aktivnosti pridonose stvaranju dodane vrijednosti proizvoda ili usluge, treba se zapitati na koji način kupci percipiraju vrijednost. Na temelju tako formirane definicije vrijednosti, mogu se razdvojiti aktivnosti koje povećavaju vrijednost od aktivnosti koje ih ne povećavaju.

Uzmimo za primjer poduzeće koje proizvodi kompjuterske igrice i uz njih nudi besplatnu korisničku podršku 24 sata dnevno svih sedam dana u tjednu. To znači da poduzeće ima zaposlene

655 Liker, J. K. (2004). *op.cit.* str. 6.

tri osobe koje su po osam sati dnevno korisnicima na raspolaganju. U isto vrijeme konkurentsko poduzeće koje prodaje također kompjuterske igrice, ima dosta skromniju korisničku podršku. Ono obećava odgovor na elektronski upit u roku od 48 sati. Cijena igrica drugog poduzeća je prosječno niža za 10 % u odnosu na prvo poduzeće. Posljedica toga je da je prvo poduzeće izgubilo nekoliko važnih klijenata. U čemu je problem? Problem je u tome što kupci veću vrijednost pridaju cijeni, nego korisničkoj podršci. Proizlazi da operateri dostupni 24 sata ne dodaju vrijednost računalnim igricama te bi stoga njihova radna mjesta trebalo ukinuti.

Navedeno se odnosi podjednako na vanjske i unutarnje kupce. Portir u poslovnoj zgradi ne pridodaje nikakvu vrijednost u percepciji vanjskih kupaca. Međutim, unutarnji kupci, u ovom slučaju ostali radnici u zgradi, imaju koristi od portira. Prije svega, brine se za sigurnost i čuva imovinu poduzeća. Također, provjerava identitet posjetitelja i usmjerava ih na određeni odjel.

U okviru aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, treba razlikovati potrebne i nepotrebne. Nepotrebne aktivnosti svakako treba ukloniti. Potrebne aktivnosti, primjerice ispunjavanje obrazaca za samoprocjenu, ne smiju se ukloniti, ali se može nastojati smanjiti vrijeme potrebno za njihovo obavljanje.

Nažalost, samo manji dio poslovnih aktivnosti zaista dodaje vrijednost proizvodu ili usluzi, a veći dio aktivnosti predstavlja gubitak. Toyota je detektirala tri uzroka gubitaka, u literaturi poznatih kao 3*M*: muda, muri i mura.[656]

**Muda** (aktivnosti bez vrijednosti) objedinjuje osam potencijalnih gubitaka koji će se navesti u nastavku teksta. Radi se o nepotrebnim aktivnostima koje produžuju vrijeme proizvodnje, čekanje ili suvišno hodanje po alat ili materijal.

**Muri** (preopterećenje radnika i opreme) je suprotnost u odnosu na muda. Muri je tjeranje radnika ili strojeva preko granica izdržljivosti. Preopterećenje radnika rezultira zamorom i pogoršanjem kvalitete, a preopterećenje strojeva uzrokuje kvarove i zastoje u proizvodnji.

**Mura** (neujednačenost proizvodnje) se može promatrati kao kombinaciju dva spomenuta *M*-a. U klasičnim proizvodnim sustavima ima razdoblja kada su radnici i strojevi preopterećeni, a ima i razdoblja kad se radi znatno manje od optimuma. Neujednačenost proizvodnje posljedica je nepravilnih proizvodnih rasporeda ili internih poteškoća, kao što je, primjerice, nestašica potrebnog materijala. Mura često utječe na pojavu muda u raznim oblicima. Ukoliko postoji neujednačena proizvodnja, a vodstvo odabere raditi po ujednačenom planu, u pojedinim razdobljima dolazit će do izražaja višak radnika, opreme i materijala.

Kako je ranije rečeno, uzroci muda gubitaka su one aktivnosti koje ne dodaju nikakve vrijednosti u procesu. Mogući uzroci tih gubitaka su sljedeći:[657]

- *Prevelika proizvodnja*. Proizvodi nemaju kupca te se moraju skladištiti. Povećavaju se troškovi čuvanja zaliha.
- *Čekanje*. Radnici troše vrijeme na čekanje materijala ili sljedeće faze u proizvodnji. Zbog nestašice zaliha sirovina ili uskog grla stoje besposleni u pogonu.

656 Liker, J. K. (2004). *op.cit*. str. 114.
657 Ibidem. str. 89.

- *Presloženi proizvodni procesi*. Proizvodni procesi se sastoje od nepotrebnih koraka. Proces je neefikasan zbog korištenja neodgovarajućeg alata ili lošeg dizajna što uzrokuje suvišno kretanje i greške. Gubitak nastaje i kad se proizvede suviše kvalitetan proizvod.
- *Prevelike zalihe*. Prevelike količine sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda povećavaju troškove skladištenja i transporta. Veća je vjerojatnost usporavanja proizvodnog procesa i grešaka na proizvodu. Povećane zalihe mogu biti posljedica zakašnjelih isporuka od strane dobavljača ili zastarjele opreme.
- *Suvišan transport*. Prevelike udaljenosti između proizvodnih jedinica ili između proizvodnih jedinica i skladišta zahtijevaju prekomjeran transport materijala s jednoga mjesta na drugo.
- *Nepotrebna kretanja*. Hodanje i pokreti radnika također mogu biti gubitak. Zbog neodgovarajućeg rasporeda strojeva, alata i materijala, radnici moraju trošiti dosta vremena na traženje, posezanje, pričvršćivanje, odvajanje alata, materijala i drugoga.
- *Greške u proizvodnji*. Proizvodnja proizvoda s greškom, nadoknada škart proizvoda, ponovna proizvodnja i kontrola predstavljaju nepotrebne radnje koje ne donose vrijednost.
- *Neiskorišteni potencijal radnika* (dodano naknadno). Organizacije koje nemaju kulturu učenja i poboljšanja ne uključuju svoje radnike u traženje novih rješenja. Ovo je gubitak propuštene prilike da se iskoriste sva znanja i vještine koje radnik posjeduje.

U praksi se često zanemaruju muri i mura uzroci gubitaka. Inzistira se na eliminaciji muda gubitaka jer su oni vidljivi i promjene na tom području je najlakše provesti. Međutim, bez uravnoteženja proizvodnje teško da će učinci eliminacije gubitaka potrajati. Tim više, balansiranje proizvodnog rasporeda samo po sebi uklanja neke gubitke, posebice zalihe i hiperprodukciju.[658]

### 20.2.3.3. Vitka proizvodnja

Kao što je spomenuto, vitka proizvodnja nastala je kao rezultat suočavanja s izazovima japanskog proizvođača automobila. Japan je iz Drugog svjetskoga rata izašao porušen i gospodarski iscrpljen. Životni standard i kupovna moć stanovništva bili su niski, a poduzeća koja su opstala bila su uglavnom mala i srednja. Imajući u vidu ograničeno tržište, ali i ograničene kapacitete, razumljivo je zašto Toyota nije krenula u masovnu proizvodnju. Tablica 20.4.[659] prikazuje razlike između masovne i vitke proizvodnje.

***Tablica 20.4. Razlike između masovne i vitke proizvodnje***

| Masovna proizvodnja | Vitka proizvodnja |
|---|---|
| Velike serije | Male serije |
| Male varijacije | Velike varijacije |
| Velike zalihe | Bez zaliha ili minimalne zalihe |
| Ekonomija obujma | Ekonomija vremena |
| Pokretna traka | Proizvodna ćelija |
| Jedan radnik jedan zadatak | Jedan radnik više zadataka |

658 Liker, J. K. (2004). *op.cit.* str. 115.
659 Prilagođeno prema: Stevenson, W. J. (2014). *op.cit.* str. 626.

| | |
|---|---|
| Specijalizirana oprema | Fleksibilna oprema |
| Neredovite promjene u proizvodnji | Kontinuirane promjene u proizvodnji |
| Upravljanje kvalitetom kroz popravke | Upravljanje kvalitetom kroz prevenciju |
| Guranje proizvoda prema kupcima (push) | Povlačenje narudžbi od kupaca (pull) |
| Veliki broj dobavljača | Mali broj dobavljača |
| Česta promjena dobavljača (niža cijena) | Dugoročan odnos s dobavljačima |
| Individualna proizvodnost | Timska proizvodnost |

Kao što se vidi iz tablice 20.4. proizvodnja u malim serijama nosi mnoge prednosti. Kao prvo, potreba za zalihama je znatno manja u usporedbi s velikim serijama. To smanjuje troškove skladištenja i transporta, ali i natrpanost radnih prostorija. Skladišni prostori se mogu iskoristiti mnogo efikasnije. Mogu poslužiti, primjerice, za proširenje kapaciteta. Nadalje, nadzor je jednostavniji jer je lakše na vrijeme uočiti problem. Male serije nude fleksibilnost u proizvodnji, tj. omogućuju proizvodnju više vrsta proizvoda uz česte izmjene. Kod masovne proizvodnje varijacije proizvodnje su manje, a prijelazi s jednog proizvoda na drugi su otežani i rijetki. Tablica 20.5.[660] prikazuje usporedbu proizvodnje tri vrste proizvoda A, B i C u velikim i malim serijama.

***Tablica 20.5. Prijelaz s jednog proizvoda na drugi u velikim i malim serijama***

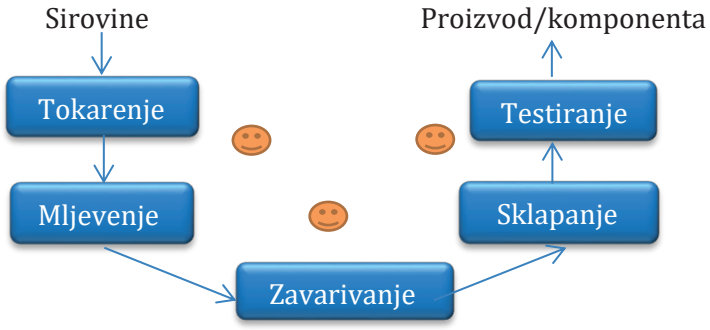
| Dan | Velike serije | Male serije |
|---|---|---|
| 1 | AAAAAAAAAAA | AAABBBCC |
| 2 | AAAAAAAAAAA | AAABBBCC |
| 3 | BBBBBBBBBBB | AAABBBCC |
| 4 | BBBBBBBBBBB | AAABBBCC |
| 5 | CCCCCCCCCCC | AAABBBCC |

Prema tablici 20.5. može se primijetiti da se pri proizvodnji velikih serija prijelaz na proizvodnju novog proizvoda događa svaki treći dan. S druge strane, u malim serijama prijelaz se događa više puta u jednom danu. Kod prijelaza s jednog proizvoda na drugi važna je brzina prilagodbe strojeva, o čemu je već bilo riječi u poglavlju 6 i poglavlju 7. Zato se radnici posebno educiraju da bi prilagodbe vršili što brže, a u tome im pomaže sustav SMED (engl. *Single Minute Exchange Die*), osmišljen upravo za ubrzavanje prilagođavanja strojeva i opreme. Smisao SMED-a je da se razdvoje eksterne od internih aktivnosti prilagođavanja strojeva. Eksterne aktivnosti su one koje se mogu napraviti dok stroj radi, a interne one koje se mogu napraviti samo dok stroj miruje. Budući da interne aktivnosti produljuju vrijeme prilagodbe, cilj je što više internih aktivnosti pretvoriti u eksterne. Standardizacija i jednostavnost mogu pridonijeti brzini prijelaza s jednog proizvoda na drugi. Ako se koriste multifunkcionalni strojevi, univerzalni alati i komponente, vrijeme prijelaza s jednoga na drugi proizvod značajno se skraćuje.

Za vitku proizvodnju su karakteristične proizvodne ćelije. To je organizacija proizvodnje koja okuplja strojeve slične namjene. Svrha im je olakšati protok proizvoda i ubrzati prijelaz s proizvoda na proizvod. Proizvodne su ćelije alternativa tradicionalnoj organizaciji po poslovnim

[660] Prilagođeno prema: Stevenson, J. W. (2014). *op.cit.* str. 612.

funkcijama. Prilagođene su proizvodnji u malim serijama ili onome što je ideal u vitkom, a to je protok jednoga komada (engl. *single piece flow*). Protok jednoga komada znači da komad, odnosno proizvod, neometano prelazi iz faze u fazu bez zaustavljanja ili skladištenja. Cijeli proizvodni proces od sirovine do gotovog proizvoda odvija se u ćeliji, vodeći računa o vremenu takta. U ćelijama su ljudi, strojevi i alat raspoređeni tako da im je sve na dohvat ruke i nema gubitaka u pokretima. Najčešći oblik ćelije je U oblik (slika 20.7).[661]




***Slika 20.7. Proizvodna ćelija u obliku slova U***

Kao što je vidljivo na slici 20.7. smjer kretanja proizvoda prikazan je strelicom. Ovakva organizacija proizvodnje značajno pridonosi poboljšanju kvalitete procesa. Protok jednog komada povećava kvalitetu za deset puta u odnosu na klasični proces.[662] Kada u klasičnoj funkcionalnoj organizaciji nešto pođe po zlu, to je vidljivo tek kad je proizvod spreman za sastavljanje. Tad je šteta već nastala. Osim toga, gotovo je nemoguće odrediti točan uzrok problema; koji odjel, koja smjena, koji radnik i koji stroj. U ćelijskoj proizvodnji se točno zna tko radi, što radi i s kojim sirovinama radi.

### *20.2.3.4. Proizvodnja bez zaliha*

U duhu filozofije *vitkog* zalihe se smatraju gubitkom. Zalihe su nepoželjne jer maskiraju prisutnost problema, odnosno čine ih manje važnima. Zalihe imaju funkciju amortizera koji ublažava negativne posljedice nepravilnosti u poslovanju. Tako se neredovite isporuke dobavljača nadoknađuju zalihama. Umjesto da se postavi pitanje zašto dobavljač kasni s isporukom, poduzeće se orijentira na gomilanje zaliha. Zalihama se rješavaju problemi kvara stroja, zastoja u proizvodnji ili loše kvalitete sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda. S druge strane, zalihe su i veliki financijski teret za poduzeće.

Da bi se moglo nesmetano poslovati bez zaliha, trebalo bi ispuniti neke preduvjete. Oni se odnose na:[663]

- vrijeme takta
- protok jednog proizvoda
- sustav povlačenja
- odnos s dobavljačima

**Vrijeme takta** je toliko važno da ga zovu srčanim ritmom vitke proizvodnje. Predstavlja ritam potražnje i „prisiljava“ sve angažirane u proizvodnji da se usmjere na kupce. Vrijeme takta ot-

661 Obrada autorice
662 Byrne, A. (2013). *The lean turnaround*. McGraw Hill. str. 41.
663 Byrne, A. (2013). *op.cit.* str. 35.

kriva koliko treba raditi na određeni dan da bi se zadovoljila potražnja. Pored toga, vrijeme takta ukazuje menadžmentu na uska grla u sustavu koja bi možda ostala neprimijećena.

Važnost utvrđivanja vremena takta može se vidjeti na sljedećem primjeru.[664] Pretpostavimo da smjena traje 8 sati. Pola sata traje odmor i ostaje na raspolaganju 7,5 sati. Ako se sati preračunaju u minute, dobit će se 450 minuta. Pod pretpostavkom da su kupci naručili 450 jedinica proizvoda, jednostavno se može utvrditi da je vrijeme takta jedna minuta. Ako bi potražnja porasla na 900 jedinica proizvoda, vrijeme takta bi se prepolovilo na pola minute. Tada menadžment može donijeti odluku da doda jednog radnika u ćeliju kako bi se udvostručio broj raspoloživih sati. Međutim, samo vrijeme takta nije dovoljno. Potrebno ga je usporediti s trajanjem ciklusa. Ciklus proizvodnje je ukupno vrijeme potrebno da se proizvede neki proizvod. Izračunava se tako da se zbroje pojedinačna vremena svih proizvodnih faza. Obično se napravi nekoliko mjerenja trajanja proizvodnih faza i onda se izabere najkraće vrijeme. Uvjet da se zadovolji potražnja je poklapanje vremena takta i vremena ciklusa. Trajanje ciklusa ne smije biti dulje od vremena takta jer bi to značilo da poduzeće, konkretnije ćelija, nije u stanju proizvesti traženu količinu proizvoda. U tom slučaju ćeliji se pridruži potreban broj radnika i/ili strojeva. Ako je pak vrijeme takta dulje od ciklusa, radnici će neko vrijeme biti slobodni. Međutim, oni neće ni u kojem slučaju proizvesti više od tražene količine jer bi tako stvorili zalihe neprodanih proizvoda. Radije će se pristupiti preustroju ćelija kako bi se vrijeme takta izjednačilo s ciklusom proizvodnje. Primjerice, ako ciklus proizvodnje nekog proizvoda traje 175 sekundi, a vrijeme takta iznosi 60 sekundi po zaposlenom, može se izračunati broj potrebnih radnika u ćeliji. Bila bi potrebna tri radnika (175 s / 60 s = 2,9).[665]

Proizlazi da su u ćeliji potrebna tri radnika uz napomenu da će treći radnik imati pet sekundi nerada. Na ovaj način se izbjegava preveliki ili premali broj radnika. Vrijeme takta izračunava se za svaku ćeliju posebno i može se prikazati na displeju zvanom andon kako bi bila vidljiva stopa zadovoljenja kupaca u realnom vremenu (slika 20.8).[666]

***Slika 20.8. Andon ploča***

[664] Prilagođeno prema: Byrne, A. (2013). *op.cit*. str. 36-38.

[665] Obratite pažnju da je ovdje riječ o postupku identičnom onom u poglavlju 7 kada se izračunavao minimalni broj radnih postaja ili radnika uzduž linije (formula 7.2).

[666] https://www.exportersindia.com/axis-technologies-company3538774/andon-display-board-pune-india-1885736.htm, pristup: 21.06.2019.

**Protok jednog proizvoda** je objašnjen u dijelu 20.2.3.3.

**Sustav povlačenja** ili *pull sustav* predstavlja srž sustava UNV. Mada je ovaj sustav objašnjen u poglavlju 18, ovdje će se navesti kako njegova primjena može dovesti do poboljšanja. Ishodišna točka sustava povlačenja su kupci, odnosno potražnja, a temelji se na proizvodnji u ritmu potražnje. Kad potražnja naraste, za toliko se poveća proizvodnja i obrnuto. Tražena količina proizvoda za sobom povlači određenu količinu komponenti (poluproizvoda), a tražena količina komponenti povlači određenu količinu sirovina. Sustav povlačenja kreće se obrnutim smjerom od toka proizvoda. Da bi sustav funkcionirao, potrebna je komunikacija između ćelija duž proizvodnog toka, čemu služi *kanban* (slika 20.9)[667] ili *planiranje potreba za materijalom* (Kanban i PPM se međusobno ne isključuju i mogu se koristiti kao nadopuna jedan drugome).

***Slika 20.9. Kanban***

Proizvodnju bez zaliha je nemoguće realizirati bez pouzdanih **dobavljača**. Od dobavljača se očekuje da isporučuju tražene količine na vrijeme i da pošiljke budu određene kvalitete. Kašnjenje isporuke će prouzročiti zastoj u proizvodnji zato što naručitelji nemaju zalihe kojima bi amortizirali izostanak sirovina i dijelova. Bilo bi idealno kada bi dobavljač usvojio vitki sustav koji bi se uskladio s proizvođačevim sustavom. U praksi je to teško izvedivo jer dobavljač posluje s većim brojem poduzeća-kupaca. Drugi je problem kvaliteta proizvoda. Budući da je kontrola kvalitete aktivnost koja ne dodaje vrijednost proizvodu, vitka poduzeća je ne primjenjuju, nego se uzdaju u dobavljače. Vitka poduzeća posluju s malim brojem dobavljača. S njima imaju dugoročnu i blisku suradnju. Njihova suradnja prelazi dnevne isporuke. Nerijetko dobavljač i kupac zajedno osmišljavaju programe poboljšanja. S obzirom na to da su potrebne česte isporuke, poduzeća biraju dobavljače koji su im fizički blizu.

## 20.2.4. Reinženjering poslovnih procesa

Koncepti poboljšanja koji su se do sada elaborirali dijele zajedničku orijentaciju ka kontinuiranim, malim poboljšanjima koja ne moraju zahvatiti cijelo poduzeće. Međutim, reinženjering poslovnih procesa je nešto upravo suprotno. On preispituje aktualne poslovne procese, načela i procedure. Glavni smisao ovog koncepta je **temeljito i radikalno preoblikovanje postojećih poslovnih procesa** kako bi se ostvarila dramatična poboljšanja mjerljiva suvremenim pokazateljima učinkovitosti po pitanju troškova, kvalitete, usluge i brzine.[668]

[667] https://www.schrauben-gross.com/fileadmin/_processed_/csm_DSC2795_e2905cce9e.jpg, pristup: 20.06.2019.
[668] Slack, N., Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2013). *op.cit.* str. 590.

Ovaj koncept poboljšanja popularizirali su Hammer i Champy 1993.[669] godine, ističući potrebu eliminacije onih aktivnosti koje ne pridonose stvaranju dodane vrijednosti. Zato je prije procesa reinženjeringa nužno napraviti analizu radnih mjesta i ustanoviti koja radna mjesta stvaraju dodanu vrijednost za kupca, a koja ne. Nakon toga bi mogla uslijediti i eliminacija radnih mjesta.

U pravilu, reinženjering poslovnih procesa popraćen je brojnim otpuštanjima radnika. Kritičari ovoga pristupa tvrde da se radi o mlađem bratu znanstvenog menadžmenta zato što u prvi plan stavlja poslovne aktivnosti, a ne radnike. Često vodstvo poduzeća koristi upravo reinženjering poslovnih procesa kao izliku za otpuštanje.

Za uspješno provođenje reinženjeringa poslovnih procesa potrebno je imati dobar informacijski sustav jer se jedino uz pomoć njega mogu razlučiti radne aktivnosti koje stvaraju, od onih koje ne stvaraju dodanu vrijednost.

## 20.3. ALATI ZA POBOLJŠANJE PERFORMANSI

Poboljšanja je u nekoj organizaciji moguće raditi svakodnevno i od strane svih radnika, ili povremeno, od strane izabrane grupe radnika. Vidjelo se iz dosadašnjeg izlaganja da rezultati mogu biti mali pomaci na bolje, a mogu biti i velike, revolucionarne promjene za neku organizaciju. Neovisno o tome kada i tko provodi poboljšanja, postoji cijeli niz alata koji pomažu radnicima da što bolje spoznaju određeni problem i pronađu način za njegovo rješavanje. U praksi se navodi preko 100 alata kvalitete, ali u ovom će se dijelu obraditi samo neki od njih: dijagram toka, dijagram rasipanja (korelacije), analiza 'zašto', dijagram uzrok-posljedica i Pareto analiza.

### 20.3.1. Dijagram toka

Dijagram toka ima široku primjenu u aktivnostima poboljšanja. Omogućuje brz uvid u organizaciju i funkcioniranje svih procesa u poduzeću i otkrivanje nedostataka i slabosti u tokovima poslovnih operacija. Također spriječava dupliranje ciljeva u projektima poboljšanja. Upravo se zbog njegove učestalosti korištenja kao alata poboljšanja, ukratko ponovo navodi i u okviru ove točke.

Riječ je o jednostavnom grafičkom alatu kojim se dokumentira tok procesa. Dijagram toka prikazuje proces kao niz odluka i aktivnosti koji rezultiraju realizacijom procesnog zadatka. Svaki korak u procesu obilježava se određenim simbolom kako je objašnjeno u poglavlju 6. Dijagram toka prikladan je za upotrebu u svim fazama poboljšanja. Najčešće se koristi u fazi planiranja i definiranja ciljeva poboljšanja kada se želi upoznati sa svim koracima nekoga procesa. Detaljni dijagrami toka izrađuju se u fazi mjerenja i analize, kao što je praksa u pristupu šest sigma. U završnoj fazi procesa poboljšanja izrađuje se revidirani dijagram toka s detaljnim prikazom novoga, poboljšanoga procesa. Kako je do sada dijagram toka već prikazan kroz dva poglavlja (poglavlje 6 i poglavlje 9), to nije nužno ponovo davati njegov grafički prikaz.

669 Hammer, M. i Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business.

## 20.3.2. Dijagram rasipanja

Dijagramom rasipanja se na brz i jednostavan način može utvrditi postojanje veze (korelacije) između dviju varijabli (slika 20.10).[670] Jedna se varijabla naziva nezavisna i prikazuje se na osi *x* koordinatnog sustava. Druga varijabla je zavisna i prikazuje se na osi *y*.

***Slika 20.10. Vrste dijagrama rasipanja***

Prema slici 20.10, ukoliko ne postoji povezanost između varijabli onda su točke nasumično razbacane po koordinatnom sustavu. Povezanost među varijablama može biti slaba ili jaka, pozitivna ili negativna. Slaba povezanost prikazana je u obliku točaka koje su raspoređene oko zamišljenog pravca koji je rastući u slučaju pozitivne veze, odnosno opadajući u slučaju negativne veze. Jaka povezanost prikazana je kao skup točaka koje gotovo leže na zamišljenom pravcu. Pozitivna veza među varijablama znači da kad se poveća jedna varijabla, istovremeno se poveća i druga. *Primjerice, s povećanjem broja radnika, raste trošak plaće*. Negativna veza je ona u kojoj jedna varijabla raste, a druga pada. *Primjerice, s porastom godina radnog staža radnika skraćuje se vrijeme potrebno za obavljanje nekog zadatka*.

Pri razradi plana poboljšanja vrlo je važno utvrditi povezanost jedne varijable s drugom. Pretpostavka je da promjena vrijednosti nezavisne varijable utječe na promjenu vrijednosti zavisne varijable. Dijagram rasipanja uvijek pokazuje sadašnje odnose između dviju varijabli, te se ne može koristiti za prognozu budućih događanja. Njime se može odgovoriti na pitanje poput sljedećega: Postoji li i kakva je veza između dužine trajanja obuke radnika i količine proizvoda s greškom? Ali njime ne možemo dobiti odgovor na pitanje: Za koliko će se smanjiti broj proizvoda s greškom, ako se poveća dužina trajanja obuke za 20 %?

## 20.3.3. Analiza „zašto“

„Zašto“ analiza započinje pitanjem: Zašto je nastao problem? Kada se dobiju odgovori na postavljeno pitanje, ponovo se pita: Zašto su nastale takve okolnosti? Odgovori se ponovo podvrgavaju pitanju: Zašto? Postupak se ponavlja sve do trenutka kad odgovori postanu sami po sebi jasni, odnosno kada sljedeće pitanje više ne može generirati niti jedan odgovor. Primjer ove metode poboljšanja vidi se u nastavku.

[670] Izradila autorica

***Primjer 20.2.[671] Primjena metode „Zašto"?***

PROBLEM: Kupci su nezadovoljni jer im je isporučen proizvod lošijih karakteristika kvalitete od onoga koji su naručili.

PITANJA I UOČENO:

1. **Zašto** su kupci dobili lošiji proizvod?
*Zato što je proizvodnja izradila proizvod po specifikaciji koja se razlikuje od onoga što je kupac zahtijevao, tj. dogovorio s prodajnim osobljem.*

2. **Zašto** se razlikuju specifikacije u proizvodnji i prodaji?
*Zato što je prodajno osoblje zvalo direktora proizvodnje da započne s radom kako bi ubrzalo proizvodnju, pri čemu je došlo do pogreške u prijenosu specifikacije.*

3. **Zašto** je prodaja zvala izravno direktora proizvodnje da započne s radom, umjesto da je slijedila utvrđenu proceduru?
*Prema propisanoj proceduri proizvodnja počinje tek nakon što direktor prodaje pregleda i odobri narudžbu. Direktor prodaje bio je odsutan, i narudžba je bila na čekanju. Prodajno osoblje je preskočilo direktora prodaje da uštedi na vremenu i skrati rok isporuke.*

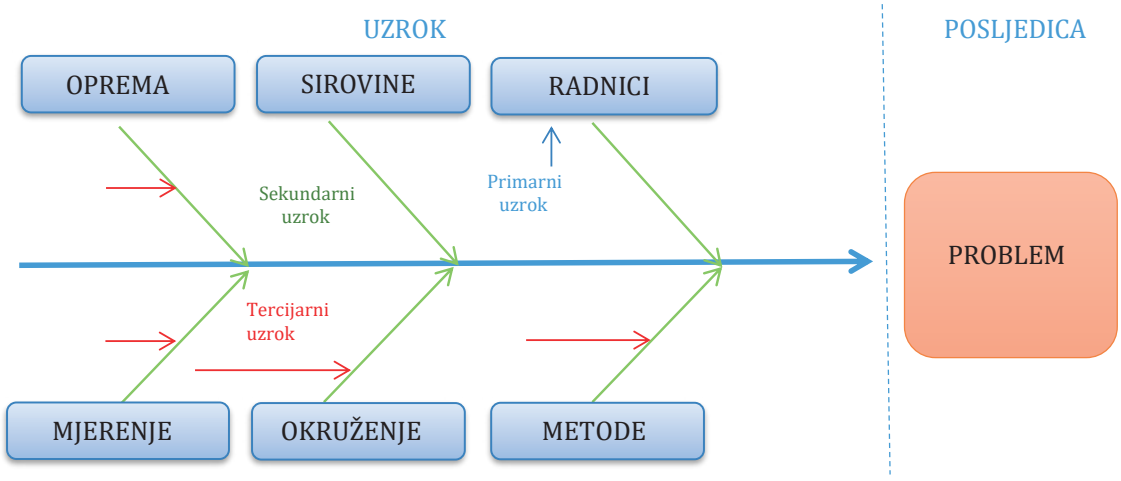
4. **Zašto** je potrebno odobrenje direktora prodaje?
*Zato što direktor prodaje treba u svakom trenutku imati ažurno stanje prodaje koje usuglašava s glavnim direktorom.*

## 20.3.4. Dijagram uzrok-posljedica

Dijagram uzrok-posljedica je široko primjenjivan alat u pronalaženju uzroka problema. Naziva se još i Ishikawa dijagram po tvorcu Kaoru Ishikawi ili dijagram riblje kosti zbog karakterističnog izgleda koji podsjeća na riblju kost (slika 20.11).



[671] www. Isigma.com/tools-templates/cause-effect/determine-root-cause-5-whys/, pristup: 10.06.2019.




***Slika 20.11. Dijagram uzrok-posljedica***

Kako se vidi iz slike 20.11, dijagram omogućuje grafički prikaz svih mogućih uzroka problema na jednostavan i pregledan način. Broj mogućih uzroka problema može biti različit, a najčešće se u proizvodnim poduzećima identificiraju četiri grupe uzroka; materijali, strojevi, ljudi i metode, dok je u uslužnim poduzećima taj broj veći; uključuje, primjerice, još procedure, politike, rukovodstvo, okolinu i slično. Do mogućih uzroka problema dolazi se najčešće na brainstorming sastancima.

Crtanje dijagrama uzrok-posljedica odvija se na sljedeći način:

- Na velikom papiru ili ploči, u sredini, skroz desno, nacrta se kvadrat. U kvadrat se upiše problem koji se želi riješiti.
- Po sredini papira ili ploče s lijevoga kraja pa sve do kvadrata povuče se horizontalna crta.
- Diskusijom u grupi (oluja mozgova) dogovore se kategorije u kojima se potencijalno kriju uzroci problema. Te se kategorije nadopišu s gornje i donje strane horizontalne crte i tvore glavne grane, tj. uzroke problema (primarni uzroci). Ishikawa je ponudio sljedeće kategorije uzroka problema: metode, oprema, ljudi, materijali, mjerenje i okruženje. Međutim, kategorije mogu biti i druge, ovisno o vrsti problema.
- Svaka kategorija uzroka problema razrađuje se na nekoliko podrazina, tako da se za svaku podrazinu razmatraju njihovi mogući uzroci. Zbog razumljivosti je preporučljivo da se raščlanjivanje uzroka odvija na dvije podrazine (sekundarnu i tercijarnu), jer bi se daljnjim raščlanjivanjem izgubila preglednost.

Mada je preporuka da se dijagram uzroka i posljedice ne raščlanjuje previše u dubinu, što je dijagram razgranatiji, to je kvalitetniji i bolji. Ako dijagram nema dovoljno grana i grančica, to upućuje da je razumijevanje problema površno. U ovakvim situacijama poželjno je dovesti novoga člana u grupu oluje mozgova ne bi li njegovo znanje dalo novi uvid u potencijalne uzroke problema.[672]

Razlikuju se tri tipa dijagrama uzrok-posljedica: analiza disperzije, popisivanje uzroka i analiza procesa proizvodnje.[673]

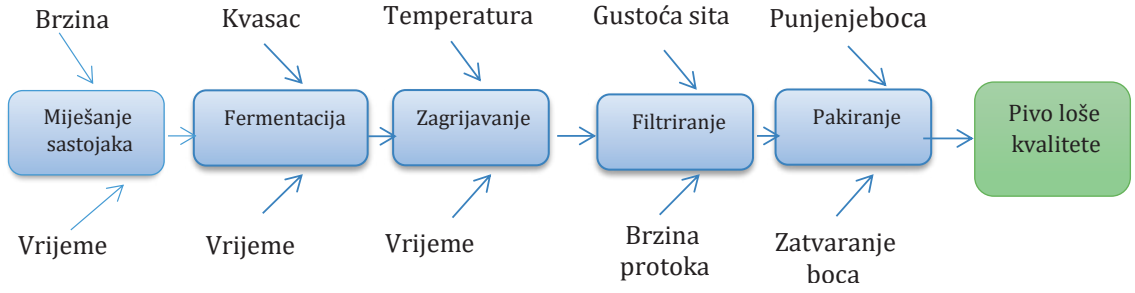
[672] Pyzdek, T. i Keller, P. (2014). *op.cit.* str. 438.

[673] www.hci.com.au/cause-and-effect-diagrams/, pristup: 29.01.2018. Prema Kaoru Ishikawa (1991). Guide to Quality Control, Asian Productivity Organisation

**Analiza disperzije** je već opisana. To je postepeno raščlanjivanje kategorija uzroka problema. Primjerice, ako je prva kategorija uzroka problema vezana za ljude (primarni uzrok), odnosno radnike, pokušava se doći do uzroka problema vezanih za tu kategoriju. Jedan od uzroka problema vezanih za ljude može biti nedovoljna educiranost radnika, a drugi nezadovoljstvo radnika (sekundarni uzroci). Za prvi poduzrok postavlja se pitanje: Što je uzrok nedovoljne educiranosti radnika? Uzrok može biti nedostatak novca za obuku (tercijarni uzrok). Za drugi poduzrok postavlja se pitanje: Što je uzrok nezadovoljstvu radnika? Uzrok može biti loš odnos s kolegom iz ureda (tercijarni uzrok). Kad se iscrpe sva pitanja, prelazi se na sljedeću kategoriju.

**Popisivanje uzroka** razlikuje se od analize disperzije samo po metodologiji, ali rezultira dijagramom jednakog izgleda. U ovom slučaju svaki član grupe iznosi sve moguće uzroke problema kojih se može sjetiti odjednom, a zatim se zajednički odlučuje kojoj kategoriji pripada koji uzrok i je li glavni ili sporedni, ide li na veću ili manju granu.

**Analiza procesa proizvodnje**, odnosno proizvodni ili procesni dijagram, izgledom je drugačiji od prethodna dva dijagrama. U njemu su kategorije, zapravo faze proizvodnje posložene jedna pored druge duž horizontalne crte. Uzroci problema se traže unutar proizvodnih faza. Na slici 20.12.[674] prikazan je procesni dijagram u svrhu traženja uzroka loše kvalitete piva. Kao što se može vidjeti, glavne kategorije problema su faze u procesu proizvodnje piva.



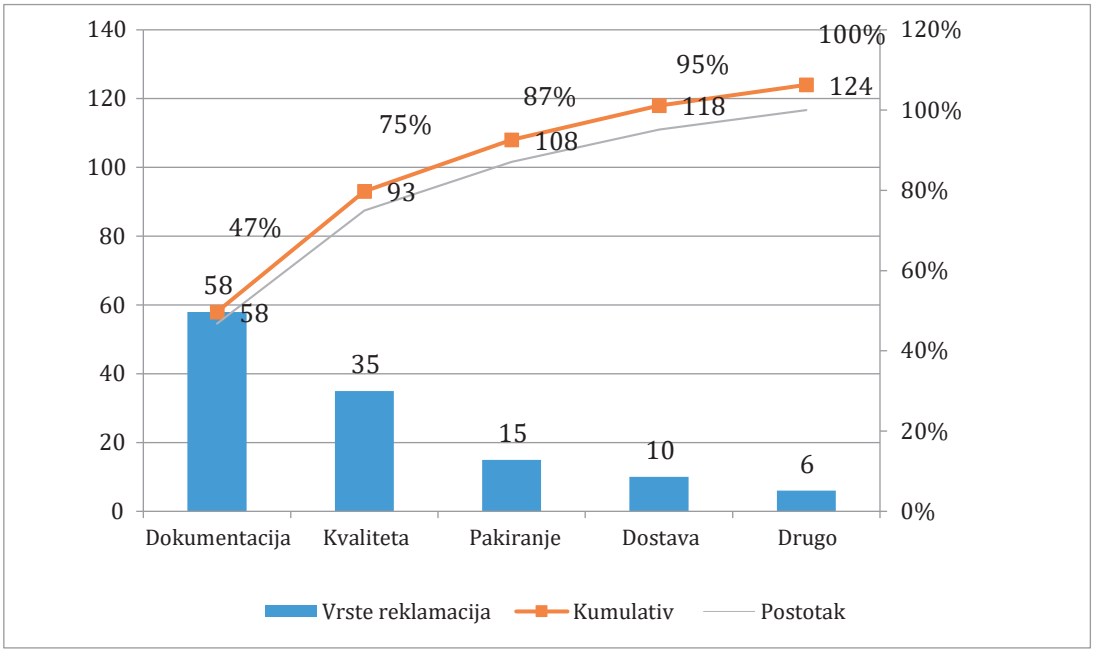

***Slika 20.12. Procesni dijagram uzrok-posljedica***

## 20.3.5. Pareto analiza

Iz dijagrama uzrok-posljedica vidjelo se da jedan problem može imati više uzroka. Svi do sada opisani alati pomažu detektirati moguće uzroke problema, bez dovoljnog objašnjenja koji je uzrok najznačajniji. Stoga je razumljivo da se postavlja pitanje kojem uzroku treba dati prioritet. Ili, jesu li svi uzroci jednako važni? Često se događa da se stanje bitno popravi ako se riješi samo jedan ključan uzrok problema. Pareto analiza ili Pareto dijagram je upravo onaj alat koji pomaže razlučiti najvažnije uzroke problema, odnosno odvojiti nekoliko značajnih od mnogo beznačajnih uzroka. Pareto analiza temelji se na Paretovom pravilu 80:20. Primjena ovog pravila je vrlo široka. Njome se pokazuje, primjerice, da 80 % grešaka u proizvodima dolazi od 20 % uzroka. Ili, da neko poduzeće 80 % prihoda ostvaruje od 20 % kupaca. U slučaju poboljšanja, to bi značilo da 20 % uzroka generira 80 % problema. Naravno, ovaj omjer se ne smije uzimati zdravo za gotovo. Treba ga shvatiti kao smjernicu ka traženju dominirajućeg uzroka problema,

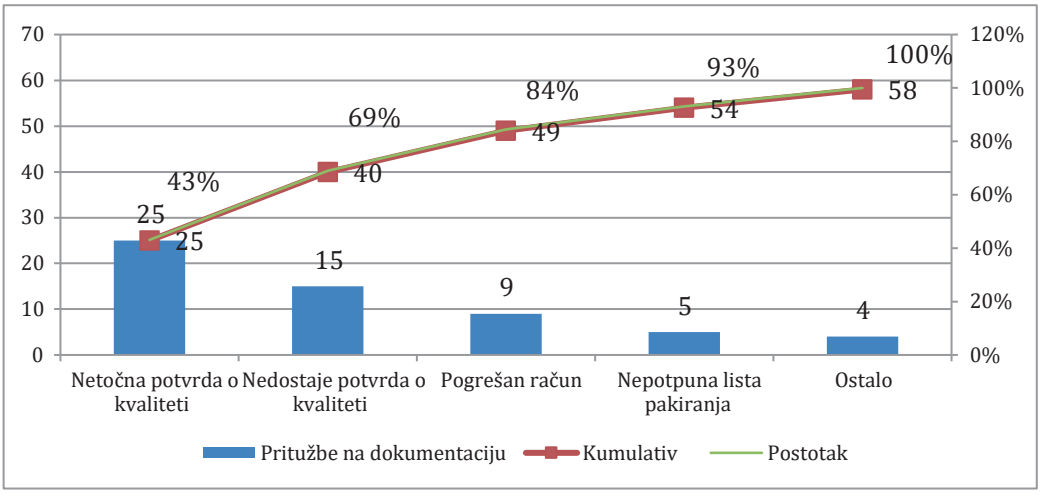
[674] Prilagođeno prema: http://ytchannelembed.info/watch/hUHiDPKXcw4#.Wh_zxtKnGUl, pristup: 12.11.2018.

a omjer će varirati od slučaja do slučaja. Slike 20.13.[675] i 20.14.[676] prikazuju Pareto dijagram poduzeća koje istražuje razloge reklamacija svojih klijenata.




***Slika 20.13. Pareto dijagram uzroka reklamacija***

Na slici 20.13. vidljivo je da je najveći broj reklamacija vezan za probleme s dokumentacijom (oko 47 %). Uprava se odlučila za početak pozabaviti prevladavajućim uzrokom nezadovoljstva kupaca, pa je krenula u dublju analizu. Korištenjem Pareto dijagrama uprava je tako došla do glavnih uzroka problema vezanih za dokumentaciju (slika 20.14).




***Slika 20.14. Pareto dijagram uzroka vezanih za dokumentaciju***

675 Prilagođeno prema: Tague, N. R. (2005). *The Quality Toolbox*. 2nd edition. ASQ Quality Press. str. 376-378.
676 Ibidem.

Iz slike 20.14. članovi uprave su zaključili da su se kupci najviše žalili na netočne potvrde o kvaliteti proizvoda (43 %; 25/58). Drugi uzrok problema u dokumentaciji bio je nedostatak potvrde o kvaliteti (26 %; 15/58). Kumulativ dva najveća problema vezana za dokumentaciju iznosi 69 %. Logična pretpostavka je da bi pažljivija manipulacija potvrdama o kvaliteti uvelike smanjila ukupan broj pritužbi klijenata, za gotovo trećinu, odnosno 32 % od ukupnog broja reklamacija (40 od 124). Ako pak to nije dovoljno učinkovito, uprava može proanalizirati drugi izvor reklamacija kupaca, kvalitetu proizvoda. Naime, kumulativ dvaju dominantnih razloga reklamacije, a to su dokumentacija i kvaliteta, iznosi 75 % (slika 20.13). Stoga bi se uz rješavanje problema dokumentacije, rješavanje i pitanja nezadovoljavajuće kvalitete značajno odrazilo na smanjenje ukupnog broja reklamacija kupaca.

## 20.4. ZAKLJUČAK

Poboljšanje operacija je neophodna aktivnost svakoga poduzeća koje želi opstati na tržištu. Da bi proces poboljšanja bio učinkovit, potrebno je precizno definirati problem te postaviti jasne ciljeve. Menadžmentu, odnosno timovima za provođenje projekta poboljšanja operacija, na raspolaganju stoje raznovrsni pristupi poboljšanja. Neki od najpoznatijih su: potpuno upravljanje kvalitetom (PUK), šest sigma, vitki menadžment/proizvodnja te reinženjering poslovnih procesa.

Spomenuti pristupi imaju dosta sličnosti i preklapanja s obzirom na aktivnosti koje se provode tijekom procesa poboljšanja.

Kontinuirano poboljšanje zajedničko je svim pristupima, osim reinženjeringu poslovnih procesa. Povezano s time, PUK i šest sigma imaju svoje krugove poboljšanja, a vitki sustav ima jidoku, odnosno kvalitetu ugrađenu u proces.

Orijentiranost na kupca još je jedna značajka svih pristupa poboljšanju. Prema PUK-u glavni motiv poboljšanja je ponuditi proizvod ili uslugu koji kvalitetom zadovoljava kupca. U okviru šest sigme, kupac zaslužuje takav proizvod ili uslugu koji će mu pružiti dodanu vrijednost. Zadovoljstvo kupca temelj je vitkog sustava zato što se cjelokupan proizvodni proces prilagođava ritmu potražnje.

Timski rad također je ključan za sve pristupe poboljšanju. Tim više se u PUK-u i vitkom sustavu teži uključivanju svih radnika u procese poboljšanja.

Reinženjering poslovnih procesa se razlikuje od ostala tri pristupa po tome što umjesto nadogradnje (popravka) postojećeg procesa značajnije mijenja tok poslovnih aktivnosti i time postiže značajniju racionalizaciju poslovanja. Ovdje se ne radi o manjim kontinuiranim poboljšanjima, već o jednoj radikalnijoj promjeni čiji su učinci vidljivi u kratkom roku, ali istovremeno uzrokuju otpor radnika.

Alati poboljšanja olakšavaju razumijevanje proizvodnog ili uslužnog procesa. Dijagram toka služi boljoj vizualizaciji procesa i koristi se uglavnom u fazi planiranja poboljšanja. Dijagram rasipanja otkriva ima li povezanosti između dvije pojave. Za detekciju uzroka problema koriste se razni alati. Dijagram uzrok-posljedica sa specifičnim grafičkim prikazom mogućih uzroka

i poduzroka problema čest je alat timova oluje mozgova. Analiza „zašto“ dubinski propituje uzroke problema, postavljajući uvijek iznova pitanje „zašto“, sve dok se ne dođe do odgovora koji je sam po sebi razumljiv. Pareto dijagramom izdvajaju se najznačajniji (najkritičniji) uzroci problema od onih manje značajnih.

## 20.5. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Andon*** | Displej na kojem je vidljivo vrijeme takta pojedine proizvodne ćelije. |
| ***C*** | |
| ***Crni pojasevi*** (engl. *black belts*) | Predvodnici tima za poboljšanje u sklopu šest sigme. |
| ***D*** | |
| ***Dijagram rasipanja*** | Alat poboljšanja kojim se utvrđuje povezanost dviju varijabli. |
| ***Dijagram toka*** | Alat poboljšanja kojim se olakšava vizualizacija proizvodnog / uslužnog procesa. |
| ***Dijagram uzrok-posljedica*** | Alat poboljšanja kojim se utvrđuje uzrok grešaka u poslovnom procesu. |
| ***DIAOV*** | Krug poboljšanja novih proizvoda/usluga u okviru šest sigme (definiraj, izmjeri, analiziraj, oblikuj, verificiraj). |
| ***DIAUK*** | Krug poboljšanja postojećih proizvoda/usluga u okviru šest sigme (definiraj, izmjeri, analiziraj, unaprijedi, kontroliraj). |
| ***K*** | |
| ***Kanban*** | Sustav upravljanja protokom materijala i sirovina kroz proizvodni proces. |
| ***M*** | |
| ***Majstorski crni pojasevi*** | Najviše rangirani članovi tima za poboljšanja u okviru šest sigme, a bave se planiranjem aktivnosti poboljšanja. |
| ***Muda*** | Aktivnosti bez nove (dodane) vrijednosti. |
| ***Mura*** | Gubici zbog neujednačenosti proizvodnje. |
| ***Muri*** | Gubici zbog preopterećenja radnika i opreme. |
| ***P*** | |
| ***Pareto analiza*** | Alat poboljšanja kojim se utvrđuje relativna zastupljenost grešaka, te identificira vitalnih malo uzroka koji generiraju glavninu problema. |
| ***PUK*** (engl. *total quality management*) | Potpuno upravljanje kvalitetom je sustav kvalitete koji počiva na tri filozofije: uključenosti svih radnika, kontinuiranom poboljšanju i zadovoljstvu kupaca. |
| ***R*** | |
| ***Radna ćelija*** | Raspored radnika i opreme u vitkoj proizvodnji, takav da nema gubitaka u pokretima. |
| ***Reinženjering poslovnih procesa*** | Sveobuhvatne i korjenite promjene u poduzeću. |

| | |
|---|---|
| ***S*** | |
| ***Šest sigma*** | Proizvodnja proizvoda/usluga uz toleranciju 3,4 grešaka na milijun proizvoda. |
| ***Sustav povlačenja*** (engl. *pull system*) | Planiranje proizvodnje prema dnevnoj potražnji. |
| ***V*** | |
| ***Vitki sustav*** (engl. *lean*) | Proizvodnja proizvoda/usluga najviše kvalitete uz najniže troškove. |
| ***Vrijeme takta*** | Omjer raspoloživog radnog vremena i dnevne potražnje. |
| ***Z*** | |
| ***Zeleni pojasevi*** | Niže rangirani članovi tima za poboljšanje u šest sigmi, a bave se prikupljanjem i obradom podataka. |

## 20.6. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Koje su osnovne karakteristike najpoznatijih pristupa poboljšanja?
2. U čemu se razlikuju tradicionalni pristup kvaliteti u odnosu na PUK?
3. Kako se objašnjava kvaliteta prema konceptu šest sigma?
4. Po čemu se razlikuju DIAOV i DIAUK poboljšanja?
5. Koja je razlika između masovne proizvodnje i vitke proizvodnje?
6. Što je suština vitke proizvodnje?
7. Koji su preduvjeti za uspješnu implementaciju poslovanja bez zaliha?
8. Što je vrijeme takta i zašto je važno?
9. Koji alati se najčešće koriste za poboljšanja i koje su temeljne razlike između njih?
10. Kako se koristi dijagram toka u projektima poboljšanja?
11. Koja je svrha upotrebe Pareto analize?
12. Koje kategorije uzroka treba uzeti u obzir pri konstrukciji dijagrama uzroka i posljedica?
13. Zašto se dijagram rasipanja ne može koristiti za prognoziranje budućih odnosa između dvije varijable?

## 20.7. ZADACI ZA PROVJERU ZNANJA

**Zadatak 1.** Ana svaki dan putuje na posao automobilom. Iz dana u dan proživljava isto: zbog nesnosne prometne gužve treba joj najmanje 45 minuta da prijeđe udaljenost od 18 km. S obzirom da joj poslodavac, a i priroda posla dopuštaju korištenje blagodati kliznog radnog vremena, odlučila je napraviti mali eksperiment. Budući da ne mora doći na posao u točno određeni sat, svako jutro je mijenjala vrijeme polaska od kuće, neki put ranije, neki kasnije. Istovremeno je svakog dana bilježila vrijeme polaska i duljinu putovanja. Tako je nastala tablica 20.6.

***Tablica 20.6. Obilježja dolaska na posao***

| *Dan* | *Vrijeme polaska* | *Trajanje putovanja (min)* | *Dan* | *Vrijeme polaska* | *Trajanje putovanja (min)* | *Dan* | *Vrijeme polaska* | *Trajanje putovanja (min)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7:15 | 19 | 6 | 8:45 | 40 | 11 | 8:35 | 46 |
| 2 | 8:15 | 40 | 7 | 8:55 | 32 | 12 | 8:40 | 45 |
| 3 | 7:30 | 25 | 8 | 7:55 | 31 | 13 | 8:20 | 47 |
| 4 | 7:20 | 19 | 9 | 7:74 | 22 | 14 | 8:00 | 34 |
| 5 | 8:40 | 46 | 10 | 8:30 | 49 | 15 | 7:45 | 27 |

Kod ovog zadatka potrebno je:
a) Nacrtati dijagram raspršivanja.
b) Pokušati pomoću njega odrediti najbolje vrijeme polaska od kuće.

**Zadatak 2.** Proizvođač printera „Laser plus“ ponosan je na svoj imidž visoke kvalitete proizvoda i usluga. Stoga ne čudi činjenica što je uprava poduzeća zabrinuta zbog povećanog broja vraćenih neispravnih tonera u zadnjem tromjesečju. Služba za korisnike zabilježila je mjesečno više od 2.000 zahtjeva za zamjenom tonera. Ipak, postoji sumnja da nisu svi vraćeni toneri neispravni. Kako bi se došlo do istine, uprava je odlučila detaljno istražiti problem. Identificirana su tri veća uzroka vraćanja tonera. Prvi: neki korisnici nisu znali pravilno staviti toner u printer pa su pogrešno zaključili da je toner neispravan. Drugi: neki zastupnici nisu znali odgovoriti na upite korisnika vezano za umetanje tonera u printer niti ih uputiti kako riješiti eventualni manji tehnički problem. Treći: došlo je do zloupotrebe politike „vraćanja proizvoda bez pitanja“ gdje su kupci mogli vratiti toner bez objašnjenja i zamijeniti ga za novi. Od ostalih uzroka identificirani su sljedeći: prazni toneri su se punili u neovlaštenim punionicama za nižu cijenu; neki su se toneri punili preko pet puta te nakon nekog vremena istrošili.
a) Nacrtajte dijagram uzroka i posljedice s glavnim skupinama uzroka problema. Zatim razradite glavne uzroke na poduzroke.
b) U nacrtanom dijagramu istaknite spomenute uzroke problema iz zadatka, te zaključite koje bi još, po vašem mišljenju, potencijalne uzroke vrijedilo istražiti?
c) Je li poduzeće pogriješilo s politikom „vraćanja proizvoda bez pitanja“?

**Zadatak 3.** Na primjeru poslovanja uslužne tvrtke koju poznajete (restoran, banka, knjižnica i slično) definirajte nedostatke lošeg poslovanja, a zatim Paretovim dijagramom identificirajte najznačajnije nedostatke lošeg poslovanja i predložite kako kvaliteta usluge može biti poboljšana.

**Zadatak 4.** Na primjeru proizvodnje i dostave pizze na kućnu adresu razvijte dijagram uzroka i posljedice, te identificirajte uzroke loše kvalitete ovog procesa.

**Zadatak 5.** Aviokompanija je zaprimila povećan broj pritužbi korisnika zbog izgubljene prtljage. Pokušaje pronaći uzrok primjenom analize “zašto“.

## LITERATURA

1. Byrne, A. (2013). *The lean turnaround*. McGraw Hill
2. Caffyn, S. (1999). *Development of a continuous improvement self-assessment tools*. International Journal of Operations & Production Management. vol. 19. br. 11.
3. Gallagher, M., Austin, S. i Caffyn, S. (1997). *Continuous Improvement in Action: The Journey of Eight Companies*. London: Kogan Page
4. Hadadas et al. (2014). *Continuous Improvement - Development with Time.* International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). vol. 108. br. 8.
5. Hammer, M. i Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business.
6. Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. McGraw-Hill
7. Pyzdek, T. i Keller, P. (2014). *Six Sigma Handbook*. 4th edition. McGraw-Hill
8. Slack, N. Brandon-Jones, A. i Johnston, R. (2011). *Operation Management*. 7th edition. Pearson
9. Stevenson, W. J. (2014). *Operations Management*. 12th edition. McGraw Hill
10. Tague, N. R. (2005). *The Quality Toolbox*. 7th edition. ASQ Quality Press

## Internet izvori

1. www.moresteam.com/toolbox/šest-sigma-conversion-table.cfm
2. https://www.exportersindia.com/axis-technologies-company3538774/andon-display-board-pune-india-1885736.htm
3. https://www.schrauben-gross.com/fileadmin/_processed_/csm__DSC2795_e2905cce9e.jpg
4. www. Isigma.com/tools-templates/cause-effect/determine-root-cause-5-whys/
5. www.hci.com.au/cause-and-effect-diagrams/ Prema Kaoru Ishikawa (1991). Guide to Quality Control, Asian Productivity Organisation
6. http://ytchannelembed.info/watch/hUHiDPKXcw4#.Wh_zxtKnGUl

# 21. OPERACIJSKO SAVJETOVANJE

## *Ciljevi poglavlja*

Nakon završetka učenja ovog poglavlja studenti bi trebali biti u mogućnosti:

- *definirati što je to operacijsko savjetovanje*
- *opisati vrste savjetovanja i na što se svako od njih odnosi*
- *opisati kako funkcionira savjetničko poduzeće i kako pripravnici napreduju do vrha savjetodavnog poduzeća*
- *prepoznati kada koji alat operacijskog savjetovanja koristiti pri analizi i postavljanju problema*
- *pomoću smjernica i pravila biti u mogućnosti dati preporuke za poboljšanje operativnih poslovanja poduzeća.*

## 21.1. UVOD I DEFINICIJA OPERACIJSKOG SAVJETOVANJA

**Operacijsko savjetovanje** definira se kao pružanje savjetodavne i/ili implementacijske usluge kojom se poboljšava unutarnje poslovanje poduzeća i rad u lancu vrijednosti. Projekti savjetovanja doprinose učinkovitijem poslovanju korisnika usluge (klijenta) i pomažu u implementaciji promjena funkcionalnih poslovnih procesa, sustava upravljanja, kulture i ostalih elemenata u lancu vrijednosti.[677] Savjetovanje su aktivnosti koje doprinose poboljšanju procesa, bez obzira na fokus, a rezultiraju usklađivanjem strategije i procesa u svrhu poboljšanja performansi klijenta.[678]

Klijenti angažiraju operacijske savjetnike da bi im oni pomogli u poboljšanju učinkovitosti njihovog lanca vrijednosti. Usluge operacijskog savjetovanja uključuju razvoj i primjenu ciljanih operacijskih modela/modela pružanja usluga, izvršavanje programa smanjenja troškova i optimalizaciju poslovnih procesa. Nadalje, uključuju jačanje korisničkog iskustva (prodaja, marketing), poboljšanje učinkovitosti logistike (lanac opskrbe), preoblikovanje načina nabave sirovina (nabava) i druge inicijative razdiobe na prednje i stražnje urede. U mnogim slučajevima poboljšana tehnologija igra veliku ulogu, pa projekti poboljšanja uključuju usku suradnju s digitalnim i IT savjetnicima.[679]

### 21.1.1. Tržište operacijskog savjetovanja

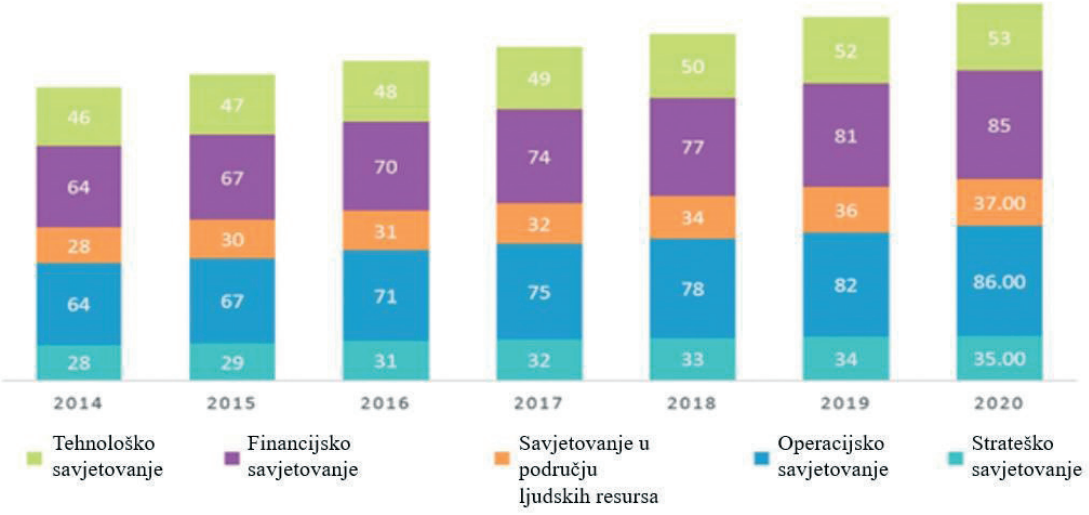
U razdoblju od 2014 – 2020. godine tržište savjetovanja je bilježilo stalni rast s prosječnim rastom od 5 %. Ključni pokretači potražnje za savjetodavnim uslugama bili su želja za povećanjem prihoda ili smanjenjem troškova, osobito tijekom kriznih godina i neposredno nakon kriza, zatim poboljšanje performansi, kao i potrebe za transformacijama u funkcionalnim područjima, kao što su ljudski potencijali, financije, prodaja i marketing, lanci opskrbe i pravna

677 Global consultancy.org (2020). https://www.consultancy.org/consulting-industry/operations-consulting, pristup: 30.03.2020.

678 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Operations management for competitive advantage*. Boston: Mc-Graw Hill. str. 672.

679 Global consultancy.org (2020). https://www.consultancy.org/consulting-industry/operations-consulting, pristup: 30.03.2020.

podrška. U Hrvatskoj, prema Consultancy.org, postoji samo jedno konzultantsko poduzeće koje zapošljava preko 50 radnika, i to s vrlo malim prometom u odnosu na ostale istočnoeuropske zemlje.[680] Procjenjuje se da globalno operacijsko savjetovanje bilježi udio od 30 % u odnosu na ostala savjetovanja,[681] što se jasno vidi na slici 21.2,[682] dok je na slici 21.1.[683] prikazan globalni rast industrije konzaltinga izražen u milijardama $.




***Slika 21.1. Globalno tržište savjetovanja u milijardama $, 2014-2020***

***Slika 21.2. Udio savjetničkih usluga prema sektorima gospodarstva za 2020. godinu***

680 https://www.consultancy.eu/news/2612/croatian-consultancy-firm-sense-consulting-rebrands-as-apsolon
681 https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/management-consulting-services-market
682 Autorica na temelju https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/management-consulting-services-market
683 https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/management-consulting-services-market

Ključna karakteristika tržišta operacijskog savjetovanja je da je potražnja za savjetodavnim uslugama otpornija na utjecaj cikličnih promjena u odnosu na ostale segmente savjetodavnih usluga. Primjerice, potražnja za strateškim savjetovanjem traži se u vremenima ekonomskog rasta kada je fokus na brzom širenju poduzeća, često kroz akvizicije i spajanja. Pored savjetovanja vezanih za akvizicije i spajanje, kada ekonomija raste, traži se i savjetovanje vezano za financije, sve u cilju brzog stjecanja resursa. Ulaganje u informatičku tehnologiju (IT savjetovanje) također ovisi o ekonomskim uvjetima jer zahtijeva kapitalna ulaganja. Operacijsko savjetovanje je s druge strane traženo i u pozitivnim i u negativnim ekonomskim ciklusima. Poboljšanje operacijskog poslovanja može unaprijediti performanse poduzeća pod povoljnim i nepovoljnim tržišnim uvjetima, bilo omogućavanjem planova rasta prihoda ili optimaliziranjem rada. Razlozi rasta industrije savjetovanja su u tržišnim pritiscima na klijente kako bi preoblikovali svoje temeljne procese i uklonili nepotrebne procese, zatim u globalizaciji, potrebi za boljim upravljanjem informacijskom tehnologijom i sličnim. Consultancy.org prognozira da će tržište savjetodavnih usluga pasti za 19 % u odnosu na 2019.godinu zbog COVID-19 virusa, pri čemu će operacijsko savjetovanje bilježiti najmanji pad. Naime, poduzeća koja žele prebroditi ovu krizu morat će uvoditi novu tehnologiju za koju će im trebati pomoć savjetnika.[684]

## 21.1.2. Vrste operacijskog savjetovanja

Područje operacijskog savjetovanja je dosta široko. Ono uglavnom obuhvaća: organizacijski ustroj, prodaju, lanac opskrbe, nabavu, financije, upravljanje poslovnim procesima, istraživanje i razvoj i eksternalizaciju (engl. *outsourcing*).

**Savjetovanje o organizacijskom ustroju** fokusira se na poboljšanje performansi reorganizacijom poduzeća, definiranjem ustrojbenih jedinica (radnih mjesta, odjela i sl.) i njihovih međusobnih veza. Ono podrazumijeva oblikovanje organizacije i oblikovanje upravljačkih procesa i mehanizma koordinacije. Ipak, najčešće situacije kada klijenti zovu u pomoć savjetnike su one kada se želi dodati vrijednost njihovom portfelju. Riječ je o novim mogućnostima rasta, uključivanju nove tehnologije za koju poduzeće trenutno nema dovoljno znanja ili smanjivanju troškova vezanih uz operacijsko poslovanje u poduzeću, ali i s dobavljačima i kupcima.[685]

**Prodajno savjetovanje** bavi se poboljšanjem prodajnih operacija, uključujući jačanje upravljanja kanalima distribucije, profesionaliziranje razine korisničke podrške (od pozivnih centara do specijaliziranih službi za pomoć korisnicima) i poboljšanje odnosa s klijentima, nazvanim *upravljanje odnosima s klijentima* (engl. *customer relationship management, CRM*). Druga područja, koja također spadaju u prodajno savjetovanje, uključuju optimalizaciju upravljanja naplatom, planiranje prodaje i poboljšanje učinkovitosti radne snage. Marketing obuhvaća, između ostalog, istraživanje kupaca i tržišta, marketinšku inteligenciju, oblikovanje proizvoda i inženjering, upravljanje kategorijama te korisničko iskustvo i lojalnost.

Savjetnici za **upravljanje lancem opskrbe** (engl. *supply chain management, SCM*) usmjereni su na pojednostavljivanje poslovnih aktivnosti opskrbe kroz cijeli lanac vrijednosti, od proi-

[684] Consultancy.org (2020). The impact of the Coronavirus on the global consulting industry. https://www.consultancy.org/news/162/the-impact-of-the-coronavirus-on-the-global-consulting-industry, pristup: 04.05.2020.

[685] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 674.

zvodnje do logistike (ulazni i izlazni transport), ili od skladištenja do isporuke kupcima. Ključne ponude uključuju optimalizaciju ponude za planiranje prodaje i operacija, poboljšanje točnosti planiranja (primjerice, prognoziranja), poboljšanje proizvodnih operacija, optimalizaciju logistike (primjerice, oblikovanje mreže, načina prijevoza), upravljanje zalihama i upravljanje operativnim rizikom. Operativni rizik između ostalog obuhvaća i probleme izazvane neplaćanjem od strane kupaca (što je sastavni dio financijskog savjetovanja), a cilj upravljanja njime je minimalizirati rizik od problema u lancu opskrbe. Naime, rizik neplaćanja je jedan od većih rizika za nesmetan tok dobara. Ključne aktivnosti vezane za operativni rizik uključuju procjenu bruto operacijskog rizika, razvoj planova za ublažavanje operacijskog rizika, modeliranje scenarija i razvoj okvira za automatizaciju reakcija na prekide u radu.

Jedno od glavnih područja rasta savjetovanja za upravljanje lancima opskrbe je ***održivost***. U svjetlu rastuće vrijednosti korporativne društvene odgovornosti, poduzeća ulažu značajno u jačanje ekološke slike svoga poslovanja. Savjetnici za opskrbni lanac obično pomažu u razvoju proizvoda, marketingu, prodaji, pa sve do aktivnosti nakon prodaje (primjerice u službi za korisnike), sve u cilju pojačanja održivosti tzv. zelenog lanca opskrbe (engl. *green supply chain management*). Prema konzultantskoj kući Standard chartered, upravo trenutnu krizu uvjetovanu virusom COVID-19 treba iskoristiti za poboljšanje lanaca dobave u zelenom smjeru.[686]

Upravljanje operativnim segmentima **nabave** razmatra sve aktivnosti nabave usmjerene na pronalaženje, ocjenu i angažiranje dobavljača za nabavu dobara i usluga. Operacijski savjetnici mogu, primjerice, smanjiti troškove nabave sirovina ili komponenata proizvoda/usluga, poboljšati ugovorene uvjete s dobavljačima i upravljati interakcijom s dobavljačima (što je poznato kao *upravljanje odnosima s dobavljačima*). Ključne ponude savjetovanja uključuju provođenje analize nabave kako bi se pronašle sinergije, poboljšavajući izravne i neizravne operacije nabave, te prelazak na zelenije dobavljače.

Usluge **financijskog savjetovanja** usredotočene su na poboljšanje performansi jednoga ili grupe financijskih pokazatelja, poput naplate, naloga za plaćanje, upravljanja gotovinom, obrtnim kapitalom i procesom financijskog izvještavanja. Financijsko savjetovanje se odnosi i na podršku odlučivanju, a konzultanti su često angažirani kako bi poboljšali protok relevantnih informacija odgovarajućim dionicima (izvještavanje uprave), primjerice upravljanjem podacima, poslovnom inteligencijom i financijskim nadzornim pločama. Financijsko savjetovanje predstavlja najveći savjetodavni segment.

**Upravljanje poslovnim procesima** (engl. *business process management, BPM*) fokusira se na poboljšanje operativnih performansi optimalizacijom poslovnih procesa poduzeća. Upravljanje poslovnim procesima sastoji se od više tokova, poput oblikovanja poslovnih procesa koje ima za cilj definirati situaciju „kakva bi trebala biti" i redefiniranja cijeloga toka procesnog ciklusa radi smanjenja njegove neučinkovitosti, složenosti ili neučinkovitosti naslijeđenih načina rada. Metode kontinuiranog poboljšanja usmjerene na sustavno uklanjanje otpada iz procesa, poput vitke proizvodnje ili šest sigme, čine važan dio upravljanja poslovnim procesima, mada su nastale i dugo se koriste u proizvodnji, posebno u automobilskoj industriji. U današnje vrijeme sve više poduzeća traži savjetodavne usluge iz područja vitkog načina poslovanja (engl. *lean*

[686] https://www.sc.com/en/feature/accelerating-the-energy-transition-the-next-wave/

*principles*), a savjetnici se često angažiraju kako bi olakšali prijelaze na takav način poslovanja, ne samo u proizvodnji nego i u uslugama.

Pored navedene sistematizacije operacijskog savjetovanja postoji i ona koju zastupaju Jacobs i suradnici, a prema kojoj se definira pet najčešćih strateških i taktičkih područja za koja poduzeća obično traže operacijsko savjetovanje. Tih pet područja su tvornica (engl. *plants*), dijelovi (engl. *parts*), procesi (engl. *processes*), ljudi (engl. *people*) i planiranje i kontroliranje (engl. *planning and control*), pa je ovo savjetovanje poznato kao *5 P* operacijsko savjetovanje.[687] Primjeri mogućeg savjetovanja u pojedinom području bili bi sljedeći:

Za tvornicu (engl. ***p****lant*):
- dodavanje i odabir lokacija novih tvornica
- proširenje ili smanjenje kapaciteta tvornice

Za dijelove (engl. ***p****arts*):
- odluke o tome da li raditi sam ili eksternalizirati dio proizvodnje/usluge
- odluke o odabiru dobavljača

Za procese (engl. ***p****rocess*):
- procjena tehnologije
- poboljšanje procesa i reinženjering

Za ljude (engl. ***p****eople*):
- poboljšanje kvalitete
- postavljanje/revizija radnih procedura
- analiza krivulja učenja

Za planiranje i kontrolni sustav (engl. ***p****lanning and control systems*):
- upravljanje lancem opskrbe
- planiranje resursa poduzeća (PRP) i nove digitalne tehnologije
- kontrola na operacijskoj razini
- skladištenje i distribucija.

Očigledno je da su mnoga od ovih područja međusobno povezana, što zahtijeva cjelovita rješenja. Primjeri uobičajenih problema u proizvodnji vezani su za: strategiju, projektiranje i implementaciju UNV sustava, dilemu - implementirati PRP vlastite izrade ili kupiti softver poput SAP-a, integrirati sustav koji uključuje tehnologiju klijent – poslužitelj i slično. Tipična pitanja koja se pri tome postavljaju su: Kako smanjiti vrijeme isporuke? Kako smanjiti zalihe? Kako poboljšati operativnu kontrolu na najnižoj razini? Teme koje se pri tome problematiziraju odnose se na savjetovanje u vezi s proizvodnom strategijom, dobavljačima, lancem opskrbe, upravljanjem i globalnim proizvodnim mrežama. Na taktičkoj razini postoji veliko tržište za savjetovanje u e-operacijama, razvoju proizvoda, ISO 9000 certificiranju, šest sigmi, osposobljavanju i osmišljavanju novih metoda rada te primjeni decentraliziranih sustava kontrole proizvodnje.

[687] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 674. 5 P je akronim od riječi područja za koje se vrši operacijsko savjetovanje.

Kod **usluga**, savjetovanje u poslovanju obično ima jak industrijski ili sektorski fokus. Uobičajena područja savjetovanja su sljedeća:[688]

- financijske usluge (osoblje, automatizacija, kontrola kvalitete)
- zdravstvena zaštita (osoblje, naplata, uredski postupci, odgovaranje na telefon, izgled)
- prijevoz (određivanje ruta za prijevoz robe, rezervacijski sustavi i rukovanje prtljagom za zrakoplovna poduzeća)
- gostoljubivost (rezervacije, osoblje, ograničavanje troškova, programi kvalitete).

Glavno područje operacijskog savjetovanja u većini uslužnih poduzeća je poboljšanje procesa, posebno u upravljanju pozivnim centrima. Poduzeća obično traže savjetnike za poslovanje kada su suočena s velikim investicijskim odlukama ili kada vjeruju da ne postižu maksimalnu učinkovitost od svojih proizvodnih/uslužnih kapaciteta.[689]

## 21.1.3. Razlozi traženja savjetodavnih usluga

Svako je poduzeće jedinstveno i ima svoje izazove s kojima se suočava, no praksa je pokazala koji su to glavni problemi zbog kojih se traže savjetodavne usluge. Riječ je o sljedećim problemima:[690]

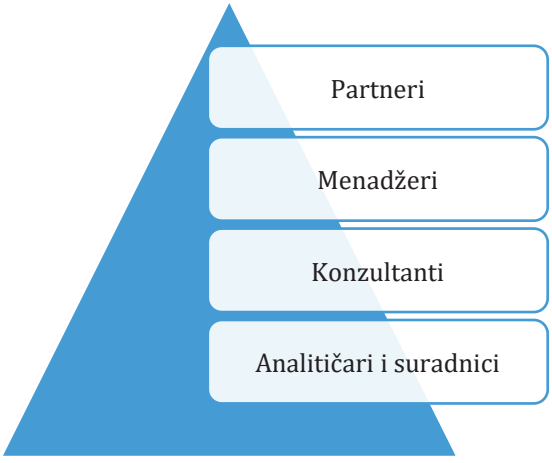
1. **Nedostupnost informacija**. Problem vezan za nedostupnost informacija može se prikazati sljedećim situacijama: informacije su blokirane u pojedinim odjelima poduzeća, informacije se ne razmjenjuju, raspršene su ili ih uopće nema. Da bi bile korisne, informacije se moraju uređivati. U tom postupku pretjerana upotreba Excela može biti neprikladna jer zbog brzine unosa podataka izvještaji mogu biti netočni. Još gora situacija je ako se podaci uopće ne skupljaju, jer menadžment ne zna koje informacije treba skupljati (nedostatak vizije). Također je vrlo problematično ako među odjelima nema dijeljenja informacija pa se informacije ne oplemenjuju za donošenje dobrih poslovnih odluka.
2. **Odjeli su „u silosima“**.[691] Kod ovog problema primjećuje se sljedeće: radnici često rade ono što misle da je ispravno za njihovo područje, ali nije uvijek ispravno za cijelo poduzeće, ne postoji dobra suradnja među odjelima, ponekad se inicijative jednog odjela sukobljavaju s interesima drugog. U svim tim situacijama pomoć vanjskog savjetnika je dobro došla jer je moguće da, iako dobronamjerni, radnici ne znaju drugačije.
3. **Problemi s dostizanjem planiranih ciljeva**. Očiti pokazatelj kada treba zatražiti pomoć savjetnika je kada se postavljeni ciljevi ne uspijevaju ostvariti. Primjerice, prekoračuju se rokovi narudžbi i/ili budžet, ključni pokazatelji uspješnosti daju rezultate suprotne postavljenim ciljevima, postoje problemi s isporukom, projekti kasne, postavlja se previše prioriteta koji se ne mogu postići.
4. **Procesi u poduzeću imaju previše manualnih komponenti i prečica kako nešto napraviti**. Ako dio radnika provodi većinu svoga vremena radeći na papirologiji, onda nešto nije u redu. Također, ako informatički i proizvodni sustavi ne podržavaju proizvodnju, to zahtijeva česte manualne prepravke, te probleme u interakciji s klijentima.

688 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit*. str. 675.
689 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit*. str. 675.
690 Operational Excellence Consulting (2018). https://www.excellenceinops.com/pain-points, pristup: 30.03.2020.
691 Silos je funkcija ili odjeljenje u poduzeću čiji radnici gotovo ne komuniciraju s drugim odjeljenjima. Zato se često o takvim jedinicama govori kao o silosima, jer bilo što teško ulazi i izlazi iz silosa.

5. **Radnici na izdisaju snaga.** Čak i rutinski svakodnevni poslovi nekima izgledaju stresno, što rezultira time da radnici neće dobro obavljati svoj posao. Vanjski savjetnik može ukazati na izvor stresa te predložiti način za njegovo uklanjanje. Jak otpor promjenama može poništiti cijeli proces poboljšanja koji se želi postići operacijskim savjetovanjem. Primjerice, nedostaje edukacija i komunikacija zbog čega se ne usvajaju u potpunosti novi procesi i zadani alati. Bez prave komunikacije može doći do previše sukoba među radnicima što može dovesti do usporenja transformacijskog procesa, za što savjetnik mora naći rješenja.

## 21.2. ORGANIZACIJA SAVJETNIČKE DJELATNOSTI

Veća savjetodavna poduzeća organizirana su slično kao pravni uredi, s partnerima na vrhu organizacijske piramide (slika 21.3).[692]




***Slika 21.3. Organizacija savjetničke djelatnosti***

Kako se vidi iz slike 21.3. postoje četiri razine savjetnika unutar savjetničke organizacije. Od najniže prema najvišoj to su: analitičari i suradnici, konzultanti, menadžeri i na kraju partneri.

**Analitičari i suradnici** (engl. *graduate & entry-level roles*). Analitičari i suradnici najčešće su diplomirani novaci. Oni još nemaju nikakvih radnih iskustava u proizvodnji ili uslugama. Odabire ih se po procjeni koliko bi kvalitetno mogli raditi, po radoznalosti, poslovnom smislu i potencijalu rješavanja problema. Analitičarima se dodjeljuju dijelovi projekta pod nadzorom iskusnijeg savjetnika. Za te dijelove projekta analitičari preuzimaju odgovornost i utvrđuje im se doprinos cjelokupnom rješavanju problema.

Analitičari i suradnici provode svoje vrijeme istražujući i analizirajući podatke, često se družeći s drugim dionicima na projektu ili stručnjacima iz industrije kako bi prikupili potrebne informacije. Analitičari sastavljaju prezentacije za klijenta, ali je sama prezentacija klijentu odgovornost partnera ili iskusnijeg savjetnika.

[692] Turk, B. (2020). Who's who in a consulting firm. https://gradaustralia.com.au/career-planning/whos-who-in-a-consulting-firm, pristup: 30.03.2020.

Od analitičara se očekuje diploma, ali općenito se podrazumijeva da će se većina treninga odvijati na poslu. Neka poduzeća, posebno veća svjetska poduzeća, formalnu obuku organiziraju izvan mjesta rada. U pravilu se stariji mentori dodjeljuju novim radnicima, nadgledaju njihovu izobrazbu i razvoj. Mentori trebaju pružiti povratne informacije, podršku i konstruktivnu kritiku te dodijeliti projekte koji kontinuirano povećavaju sposobnost analitičara.

**Konzultanti** (engl. *mid-level roles*). Na ovoj će se razini većina radnika nazivati savjetnicima, mlađim savjetnicima, a ponekad i suradnicima. Riječ je o radnicima koji su napredovali s početničkog položaja na položaj srednje razine. U svakodnevnim zadacima često nema velike razlike s onima na početnoj razini, ali razlika je u sve većoj odgovornosti. Očekuje se da će savjetnici na ovoj razini riješiti značajnije dijelove projekta, upravljati svojim radom s manje uputa i preuzeti mentorsku ulogu u radu s mlađim radnicima. Oni će također sve više preuzimati uloge u kojima se upravlja odnosima s klijentima.

**Menadžeri** (engl. *management roles*). Oni koji se nalaze u upravljačkim ulogama obično se nazivaju voditeljima projekata, menadžerima ili rukovoditeljima. Te se uloge uglavnom sastoje od nadgledanja rada na projektu. Voditelji projekata upravljaju timom analitičara i savjetnika, usmjeravajući "tko što radi" na projektu. Oni nisu u svakodnevnom radu na slučajevima, ali upravljaju osobljem, rješavaju probleme i uspostavljaju vezu s klijentima. Njihov je cilj izgraditi snažan odnos s klijentom, izvještavati o napretku i prezentirati nalaze. U stalnoj su vezi s klijentima i svojim nadređenima. Napredujući od voditelja projekta, menadžer/izvršni direktor dobiva sve više projekata kojima treba upravljati istodobno. Kako počinje izravno surađivati s klijentima, složenost posla se povećava s razinom odgovornosti. Menadžeri umrežavaju i grade odnose s postojećim i budućim klijentima. Oni bi trebali donijeti više posla za poduzeće, a pozicija na kojoj jesu može im biti od vitalnog značaja za napredak u karijeri, tj. za prijelaz na višu razinu, razinu partnerstva.

**Partneri i direktori** (engl. *partners and directors*). Partneri i direktori su na vrhu konzultantskog poduzeća. Partneri se fokusiraju na širu sliku i dugoročnu strategiju; kako naći više posla, kako privući najbolje talente za savjetovanje i povećati intelektualni kapital poduzeća. Oni će odlučiti kako dodijeliti resurse poduzeća za postizanje rezultata te će se oslanjati na svoje veliko iskustvo kako bi usmjerili timove za rješavanje problema klijenta. Partneri pokazuju elitne menadžerske sposobnosti, neumoljivi su i kreativni u pristupu rješavanja problema klijenata, kao i poboljšanja poduzeća. Većina konzultantskih poduzeća su partnerstva. Njima se upravlja na različite načine uključujući partnere koji imaju kapital i primaju dividendu od poduzeća. Često konzultantska poduzeća ostvaruju ogroman financijski dobitak koji dolazi od partnera, pa je visoka i njihova naknada. Visinom naknade nadoknađuju se ogromna odgovornost i stres koje sobom donosi uloga partnera.[693]

Profitabilnost konzultantskog poduzeća ovisi s jedne strane o pribavljanju klijenata, a s druge strane o sposobnosti obučavanja mlađih savjetnika. Cilj je početnike uključiti u projekte i osigurati im vidljivost kako bi mogli pokazati svoje sposobnosti i vještine. Poduzeća poput Accenture i McKinsey & Company razvila su posebne pristupe savjetovanju koji su dijelom socijalne vještine, a dijelom uhodana procedura. Veliki dio uspjeha savjetovanja je angažiranje sposobnih konzultanata, ne samo u analitičkim alatima nego i za upravljanje ljudima. Većina projekta

[693] Modificirano prema: Turk, B. (2020). Who's who in a consulting firm. https://gradaustralia.com.au/career-planning/whos-who-in-a-consulting-firm, pristup: 30.03.2020.

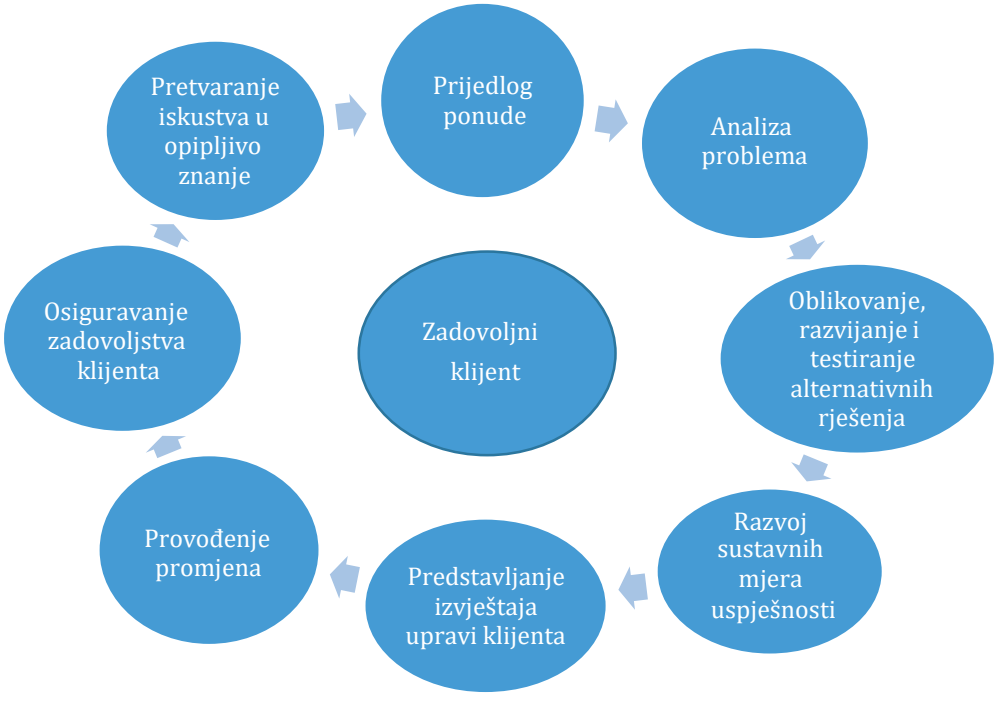
poboljšanja zahtijeva promjenu kulture, za što je iznimno bitna komunikacija i dobro vladanje socijalnim vještinama.

## 21.3. FAZE U PROCESU OPERACIJSKOG SAVJETOVANJA

Osnovni koraci u postupku savjetovanja (slika 21.4) otprilike su isti za bilo koju vrstu savjetovanja. Postoje razlike u prirodi problema koji se analizira i vrsti analitičkih metoda koje se koriste. Poput općeg menadžerskog savjetovanja, operacijsko savjetovanje može se usredotočiti na stratešku ili taktičku razinu, a sam proces općenito zahtijeva opsežno intervjuiranje radnika, menadžera, a često i kupaca poduzeća klijenta kojeg se savjetuje. Ako postoji razlika u viđenjima menadžmenta, radnika i krajnjih kupaca, to će utjecati na vrijeme potrebno za promjene u fizičkim ili informacijskim procesima čiji su rezultati mjerljivi odmah ili tek u dužem razdoblju.

Proces savjetovanja sadržava sljedećih osam koraka:[694]

1. prijedlog ponude i razvoja savjetodavnog problema
2. analizu problema
3. oblikovanje, razvijanje i testiranje alternativnih rješenja
4. razvijanje sustavnih mjera uspješnosti
5. predstavljanje izvještaja upravi klijenta
6. provođenje promjena
7. osiguravanje zadovoljstva klijenta (konzultanti se biraju po preporuci pa je iznimno bitno da klijent bude zadovoljan)
8. pretvaranje naučenog iskustva u opipljivo znanje za buduće projekte.




***Slika 21.4. Proces savjetovanja***

[694] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 676.

Općenito, savjetovanje o procesima i upravljanje operacijama daje relativno brzo dobre rezultate, zbog čega neka konzultantska poduzeća sada pružaju podršku i preko interneta.

U izdvojenom okviru u nastavku teksta prikazuju se neke smjernice kako provoditi savjetovanje.

Knjiga Ethana M. Rasiela o pristupu McKinsey & Company pri savjetovanju nudi nekoliko praktičnih smjernica za provođenje projekata savjetovanja. Riječ je o sljedećim smjernicama:[695]

- Pazite što obećavate klijentu. Bolje ponudite manje, a isporučite više.
- Sastavite pravi tim za dotični projekt. Ne mogu se jednostavno nasumično odabrati četiri osobe i očekivati da one riješe problem. Treba dobro promisliti koje vrste vještina i osobnosti najbolje odgovaraju za taj projekt.
- Pravilo 80-20 je istina o upravljanju. 80 % prihoda potječe od 20 % efikasnog rada; 80 % uspjeha dolazi od samo 20 % rezultata.
- Ne idite preširoko. Ne pokušavajte sve analizirati - treba biti selektivan i to istraživati.
- Koristite test dizala. Ako se rješenje problema može klijentu objasniti jasno i precizno u vožnji dizalom u trajanju od 30 sekundi, onda je vjerojatno da će klijent prihvatiti uslugu savjetovanja.
- Svaki projekt je kompleksan, ali ako se može odmah nešto poboljšati, iako usred projekta, treba to učiniti. To jača moral i daje vjerodostojnost u analizi.
- Svakodnevno pravite grafikone. Crtajući i skicirajući bolje se pamti, a nacrtano služi i za kasniju upotrebu.
- Idite jednu po jednu stvar. Ne može se sve odjednom, pa to ne treba niti pokušavati.
- Ne prihvaćajte "ne znam" od klijenata. Klijenti i njihovi radnici uvijek nešto znaju, pa iz njih treba izvući barem neke podatke.
- Uključite klijenta u postupak promjena. Ako vas klijent ne podržava, projekt će stati. Klijenti moraju biti angažirani da projekt uspije.
- Apsolutno treba uključiti sve zaposlene u rješavanju problema klijenta. Ako rješenje treba imati trajan utjecaj na klijenta, mora se dobiti podrška za to u cijeloj organizaciji.
- Budite strogi u provedbi. Poticanje promjena u organizaciji traži puno posla. Savjetnik treba biti strog i temeljit najviše prema upravi jer je ona mjerodavna za izdavanje zahtjeva prema radnicima. Savjetnik daje prijedloge za pridjeljivanje odgovornosti za dovršenje posla, a na upravi je da to provede u djelo.

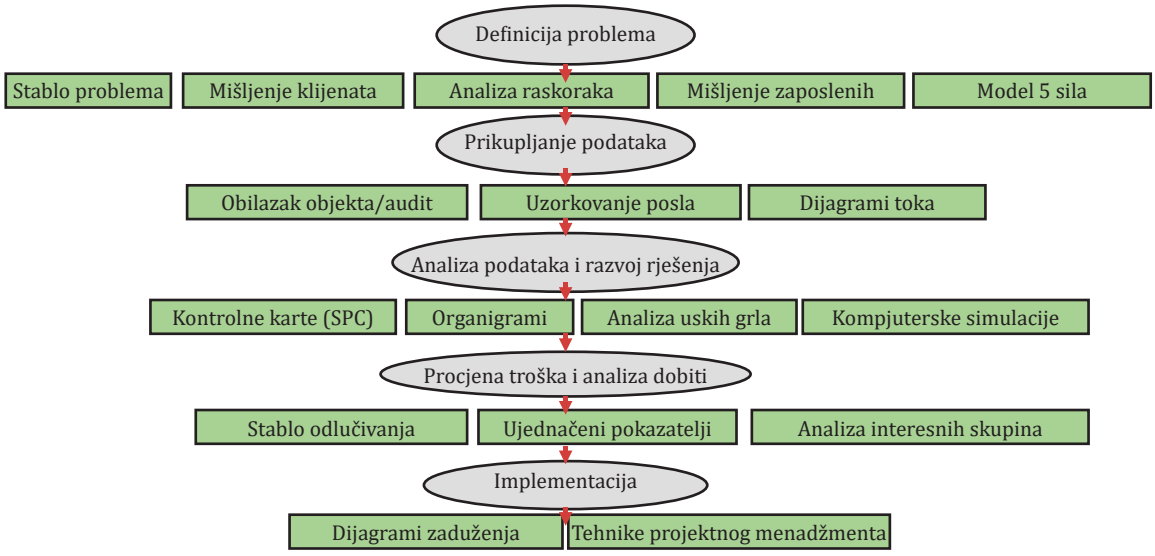
## 21.4. ALATI ZA PROVEDBU SAVJETOVANJA

Alati koji se koriste u provedbi savjetovanja[696] se mogu svrstati u alate za utvrđivanje problema, alate za prikupljanje podataka, alate za analizu podataka i razvoj rješenja, alate za procjenu troška i analize dobiti, te alate za implementaciju. Ovi alati zajedno s nekim alatima iz strateškog menadžmenta, marketinga i informacijskih sustava zajednički se koriste u operacijskom savjetovanju, a prikazani su na slici 21.5.[697] Navedeni alati kratko će se opisati u nastavku. Neki od njih koriste se u više faza projekta.

[695] Rasielthe, E. M. (1999). McKinsey Way: Using the Techniques of the World's Top Strategic Consultants to Help You and Your Business. https://www.mobt3ath.com/uplode/book/book-21316.pdf

[696] Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 677.

[697] Modificirano prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 677.




***Slika 21.5. Alati za operacijsko savjetovanje***

Za **identificiranje problema** najčešće se koriste sljedeći alati: stablo problema, mišljenje klijenata, analiza raskoraka, mišljenje radnika, te model 5 sila.

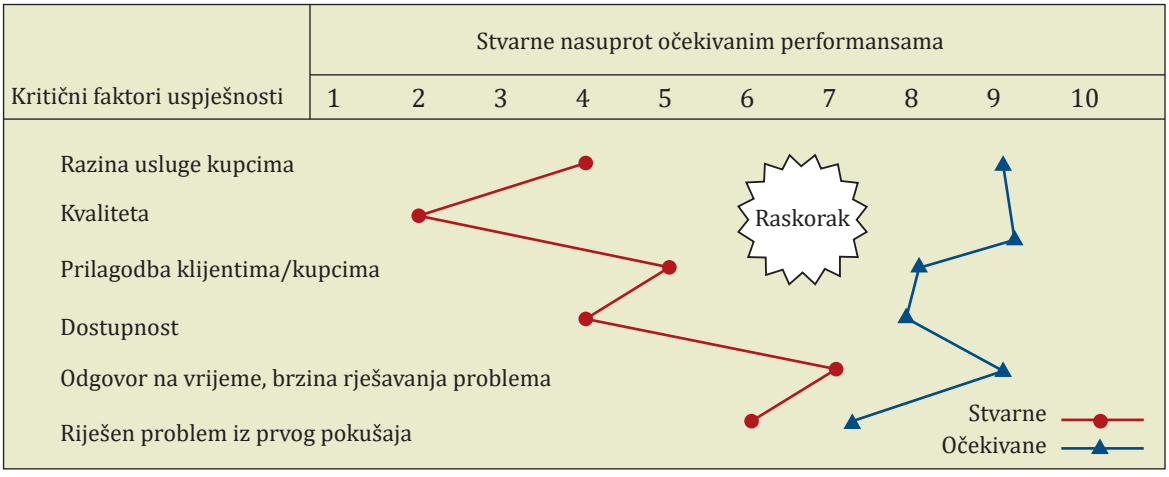
***Stablo problema*** McKinsey koristi za strukturiranje ključnih problema i istraživanje, kako bi mogao pružiti početnu radnu hipotezu o mogućem rješenju problema. Kao što se može vidjeti na slici 21.6,[698] započinje se s općim problemom (želi se povećati prodaja proizvoda) i ide se na niže razine sve do otkrivanja potencijalnih izvora problema. Nakon što se stablo posloži, raspravlja se o odnosima i predlaže se moguće rješenje. Ujedno se time specificira i projektni plan.

***Slika 21.6. Stablo problema***

[698] Modificirano prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 678.

***Mišljenje kupaca.*** Često se pozivaju savjetnici iz područja operacijskog menadžmenta za rješavanje problema identificiranih u anketama kupaca koje provodi marketinško osoblje poduzeća. Događa se, međutim, da su podaci zastarjeli ili su u obliku koji ne odvaja probleme procesa od oglašavanja ili drugih marketinških problema. Čak i kada su ankete u dobrom obliku, poželjno je kontaktirati kupce i tražiti njihova iskustva s poduzećem koje se savjetuje. Na taj će se način bolje stvoriti slika o radu poduzeća. Korist od rezultata anketiranja kupaca je zapravo analiza lojalnosti kupaca, mada u stvarnosti kupci nisu toliko "lojalni". Lojalnost treba „zaraditi" kroz efektivno poslovanje i odnos s kupcima. Ipak, pojam lojalnosti pokazuje koliko je organizacija dobra prema tri kritične tržišne mjere: zadržavanju kupca, profitabilnosti kupca i osjetljivosti kupca na cijene u odnosu na cijene konkurenata. Takvi podaci pomažu savjetnicima iz područja operacijskog menadžmenta steći detaljan pregled poduzeća kako bi pronašli koji su operativni čimbenici izravno povezani sa zadržavanjem kupaca. Iako studije lojalnosti obično provode marketinške grupe, savjetnici iz područja operacijskog menadžmenta trebaju biti svjesni njihove važnosti.

***Analiza raskoraka*** (engl. *gap analysis*) koristi se za procjenu performansi klijenta (poduzeće koje se savjetuje) u odnosu na očekivanja kupaca tog poduzeća, ili u odnosu na performanse konkurentskih poduzeća klijenta kojeg se savjetuje. Primjer je prikazan na slici 21.7.[699] Drugi oblik analize raskoraka je usporedba određenih procesa poduzeća klijenta sa sličnim primjerima koji čak ne moraju biti iz iste industrije. Primjerice, klijent je zainteresiran za točnost procesa naplate i rješavanje problema. U njegovom slučaju preporučuju mu se aktivnosti kakve se provode u bankama koje su sinonim za točnost. Ili, ako bi se htjelo popraviti način rada u hrvatskim željeznicama, onda bi bilo dobro kao primjere dobrih praksi koristiti načine rada njemačke željeznice, iako su najpreciznije japanske željeznice.




***Slika 21.7. Primjer analize raskoraka***

***Anketiranje zaposlenih.*** Ovaj se alat temelji na dvjema vrstama anketa koje se provode među zaposlenicima. Prvom se mjeri zadovoljstvo radnika, jer je poznato da nezadovoljan radnik ne radi dobro. Drugom se pita radnike što bi trebalo popraviti. Ključno je znati da ako se koristi

[699] Modificirano prema: Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 679.

ovaj alat, odnosno ako se radnike pita za prijedloge poboljšanja, onda se informacije dobivene od radnika moraju pažljivo ocijeniti i provesti mjere za poboljšanja. Konzultanti u pravilu provjeravaju kako se uprava dotičnog poduzeća ponašala prema prijedlozima radnika. Prije nekoliko godina Singapore Airlines poslao je upitnik osoblju leta vezan za njihove prijedloge za poboljšanja. Međutim, menadžment nije napravio ništa kako bi se identificirani problemi riješili, ili počeli rješavati. Kao rezultat toga, radnici su bili još više ljuti na upravu poduzeća, a poduzeće do danas ne koristi ovaj oblik anketiranja. Dakle, ako se ispituje i traži mišljenje radnika, onda njihove primjedbe treba uvažiti i djelovati u svrhu poboljšanja.

***Model pet sila.*** Ovo je jedan od poznatijih pristupa ocjenjivanju konkurentskog položaja poduzeća unutar vlastite industrije. Pet sila koje se analiziraju su: moć kupca, nove pridošlice, moć dobavljača, supstituti i industrijski konkurenti. Konzultant u svom ocjenjivanju razmatra navedenih pet sila. Primjerice, klijent može biti u jakoj konkurentskoj prednosti kada kupci imaju ograničene informacije, kada postoje velike prepreke ulasku novih potencijalnih konkurenata, kada postoji puno alternativnih dobavljača, a malo je zamjenskih proizvoda (supstituta) i malo je industrijskih konkurenata. Često se uz Porterov model pet sila koristi i Porterov lanac vrijednosti. Lanac vrijednosti pruža strukturu za hvatanje veze organizacijskih aktivnosti koje stvaraju vrijednost za kupca i dobit poduzeća. Lanac vrijednosti je posebno koristan da se shvate glavne operacije i ostale popratne aktivnosti koje moraju funkcionirati među različitim funkcijama u poduzeću kako bi poduzeće djelovalo optimalno (i izbjeglo problem funkcijskih silosa). Alat sličan modelu pet sila je SSPP analiza (snage - slabosti - prilike - prijetnje) (engl. *strengths - weaknesses - opportunies - threats, SWOT*). To je donekle općenitiji način ocjenjivanja poduzeća. Njegova prednost je u tome što ga je lako izraditi jer se temelji na identificiranju snaga i slabosti klijenta, te prilika i prijetnji od konkurenata ili gospodarskog i tržišnog okruženja.

Za **prikupljanje podataka** koriste se sljedeći alati: obilazak objekta, uzorkovanje posla i dijagram toka.

Alati za obilaske mogu biti ***alati za obilaske/revizije proizvodnje i alati za obilaske/revizije uslužnih objekata***. Revizija proizvodnje uključuje mjerenje svih aspekata proizvodnog pogona i procesa, kao i pomoćnih aktivnosti poput održavanja i zaliha. Obično je za reviziju potrebno nekoliko tjedana, pri čemu se izričito koriste kontrolni popisi za industriju klijenta. Kontrolni popisi su svojevrsna vrsta upitnika koji operacijski savjetnik popunjava na licu mjesta, a razvijeni su posebno za svaku industriju. Obilasci poduzeća, s druge strane, obično su mnogo manje detaljni i mogu biti obavljeni za pola dana. Svrha obilaska je steći opće razumijevanje proizvodnog postupka prije fokusiranja na određeno problematično područje. Za obilaske se koriste generički popisi ili općenita pitanja. *Brza procjena postrojenja*, *BPP* (engl. *rapid plant assesment, RPA*) osmišljena je kako bi se omogućilo istraživačkom timu da utvrdi „vitkost" poduzeća u samo 30 minuta. Pristup koristi upitnik s 20 pitanja i listu za ocjenjivanje 11 kategorija (tablice 21.1.[700] i 21.2.[701]). Tijekom obilaska, članovi tima razgovaraju s radnicima i rukovoditeljima i traže dokaze o najboljoj praksi. R. Eugene Goodson, BPP-ov dizajner, predlaže da se svaki član tima usredotoči na nekoliko kategorija i ne vodi bilješke, jer to ometa razgovore s radnicima

[700] Goodson, R. E. (2002). *Read a Plant—Fast.* Harvard Business Review. R0205H: 7.
[701] Goodson, R. E. (2002). *Read a Plant—Fast.* Harvard Business Review. R0205H: 6.

i uočavanje znakova neverbalnog ponašanja. Na kraju obilaska bi članovi trebali raspraviti o svojim dojmovima i ispuniti radne listove.

Što je više pozitivnih odgovora na postavljena pitanja, poduzeće je vitkije. Prilikom odgovaranja na pitanja potvrdni odgovor treba dati samo u onim slučajevima kada se poduzeće očito pridržava principa koje podrazumijeva postavljeno pitanje. U slučaju dvojbe, treba odgovoriti s *ne*.

***Tablica 21.1. BPP upitnik i radni list***

| Pitanje | DA | NE |
|---|---|---|
| 1. Jesu li savjetnici dobrodošli i jesu li dobili pristup informacijama, prostornom rasporedu postrojenja, radnoj snazi, kupcima i proizvodima? | | |
| 2. Jesu li ocjene zadovoljstva kupaca/klijenata i kontrolne karte izvješene na vidljivom mjestu? | | |
| 3. Je li objekt siguran, čist, uredan i dobro osvijetljen? Je li kvaliteta zraka dobra i je li razina buke niska? | | |
| 4. Vidi li se sustav vizualnog označavanja za brzo lociranje zaliha, alata, procesa i protoka? | | |
| 5. Ima li sve svoje mjesto i je li sve spremljeno na svoje mjesto? | | |
| 6. Jesu li ažurirani operativni ciljevi i mjere uspješnosti tih ciljeva? | | |
| 7. Dovoze li se proizvodni materijali direktno na proizvodnu liniju, a ne u zasebno skladište? | | |
| 8. Jesu li radne upute i specifikacije kvalitete proizvoda vidljive na svim radnim područjima? | | |
| 9. Jesu li ažurirani grafikoni o proizvodnosti, kvaliteti, sigurnosti i rješavanju problema vidljivi u svim radnim prostorima? | | |
| 10. Može li se trenutno stanje operacija vidjeti iz središnje kontrolne sobe, na statusnoj ploči, ili na zaslonu računala? | | |
| 11. Balansiraju/terminiraju li se proizvodne linije adekvatnim postupkom s odgovarajućim razinama zaliha za svaku fazu? | | |
| 12. Premješta li se materijal samo jednom i na kraće udaljenosti što je više moguće? Premješta li se materijal učinkovito u odgovarajućim sanducima? | | |
| 13. Je li proizvodnja linijskog tipa s neprekidnim protokom proizvoda, ili radioničkog tipa? | | |
| 14. Jesu li osposobljeni radni timovi, osnaženi i uključeni u rješavanje problema za stalna poboljšanja? | | |
| 15. Jesu li djelatnici posvećeni stalnom poboljšanju? | | |
| 16. Je li izvješen raspored za preventivno održavanje opreme, poboljšavanje alata i procesa? | | |
| 17. Postoji li učinkovit projektni menadžment proces, s troškovima i vremenskim ciljevima, za pokretanje novih proizvoda? | | |
| 18. Je li izvješen postupak certifikacije dobavljača - s mjerama za kvalitetu, isporuku? | | |
| 19. Jesu li identificirane ključne karakteristike proizvoda i metode zaštite od grešaka kako bi se spriječilo širenje grešaka i škarta? | | |
| 20. Biste li kupili proizvode ovog poduzeća? | | |
| UKUPNO | | |

BPP ocjenjivački list koriste članovi tima za ocjenu poduzeća kroz 11 kategorija. Ocjene se kreću na skali od "loše" (1) do "izvrsno" (9), odnosno do "najbolje u industriji" (11). Ukupni rezultat za sve kategorije bit će između 11 (loši u svim kategorijama) i 121 (najbolji na svijetu

u svim kategorijama), s prosječnom ocjenom 55. BPP ocjenjivački list također vodi članove tima na pitanja u BPP upitnik (tablica 21.1) koja se odnose posebno na svaku kategoriju. Kada se poduzeće ocjenjuje svake godine, ocjene se uglavnom poboljšavaju. Ocjene dobivene ovom analizom predočuju se upravi poduzeća koju se savjetuje. Motivirani menadžeri poboljšavaju svoje pogone u kategorijama za koje su dobili najniže ocjene.

***Tablica 21.2. BPP ocjenjivački list***

| **Ocjenjivački list**<br>**Datum obilaska:**<br>**Ocijenio:** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kategorije** | **Povezana pitanja u RPA Upitniku** | **Ocjene** | | | | | | |
| | | **Loše (1)** | **Ispod prosjeka (3)** | **Prosjek (5)** | **Iznad prosjeka (7)** | **Izvrsno (9)** | **Najbolje u klasi (11)** | **Ocjena rezultata** |
| 1. Zadovoljstvo kupaca | 1, 2, 20 | | | | | | | |
| 2. Sigurnost, okoliš, čistoća i red | 3-5, 20 | | | | | | | |
| 3. Vizualni sustav upravljanja | 2, 4, 6-10, 20 | | | | | | | |
| 4. Sustav raspoređivanja | 11, 20 | | | | | | | |
| 5. Uporaba prostora, kretanje materijala i protok linije proizvoda | 7, 12, 13, 20 | | | | | | | |
| 6. Razine zaliha i procesa u tijeku | 7, 11, 20 | | | | | | | |
| 7. Timski rad i motivacija | 6, 9, 14, 15, 20 | | | | | | | |
| 8. Stanje i održavanje opreme i alata | 16, 20 | | | | | | | |
| 9. Upravljanje složenošću i varijabilnošću | 8, 17, 20 | | | | | | | |
| 10. Integracija opskrbnog lanca | 18, 20 | | | | | | | |
| 11. Posvećenost kvaliteti | 15, 17, 19, 20 | | | | | | | |
| Ukupna ocjena | | | | | | | | |

Obilazak uslužnih objekata često se može učiniti kroz tajne kupce gdje savjetnik zapravo sudjeluje u usluzi i bilježi svoja iskustva.

***Uzorkovanje rada*** podrazumijeva nasumično promatranje radnih aktivnosti, a osmišljeno je tako da daje statistički valjanu sliku kako radnik provodi vrijeme i kolika je iskorištenost opreme. Prikupljanje podataka o aktivnostima radnika i strojeva moguće je napraviti i pomoću dnevnika. Dnevnici služe konzultantima za opis i razumijevanje vrlo specifičnih zadataka koje obavljaju radnici. Radnik jednostavno zapisuje u dnevnik aktivnosti koje se obavljaju tijekom tjedna odmah nakon što su se one dogodile. Time se izbjegava problem koji izaziva strah kod radnika kada ih analitičari promatraju u cilju prikupljanja podataka o radu.

***Dijagrami toka*** mogu biti korisni u proizvodnji i uslugama za praćenje protoka materijala, informacija i ljudi. Dijagrami toka koji se koriste u uslugama slični su onima u proizvodnji, s time da im se dodaje linija vidljivosti kako bi se jasno razlikovale aktivnosti koje se odvijaju u prisustvu klijenta, u odnosu na one radnje koje se obavljaju bez prisutnosti klijenta (aktivnosti u stražnjem uredu). Savjetodavna poduzeća često ne koriste sav potencijal dijagrama toka zbog nedostatne obuke.

Alati za **analizu podataka i razvoj rješenja** su: kontrolne karte, organigrami, analiza uskih grla te kompjutorske simulacije.

***Kontrolne karte***, zajedno s Pareto analizom, dijagramom riblje kosti, histogramom i dijagramom rasipanja, temeljni su alati u gotovo svakom projektu kontinuiranog poboljšanja. Kontrolne karte izrađuju se kako bi se utvrdilo je li proces unutar kontrolnih granica. Ako nije, to je jasan pokazatelj da treba tražiti uzrok problema i naći rješenje za problem koji uzrokuje da mjerenja izlaze izvan kontrolnih granica. Pareto analiza je još uvijek standardno polazište konzultanata za kontrolu proizvodnje i ispitivanje problema upravljanja zalihama identificiranjem ključnih uzroka problema. Dijagram riblje kosti (ili dijagram uzroka i posljedica) je odličan način traženja i otkrivanja uzroka nekog problema. Konzultanti trebaju znati koristiti navedene alate i od njih se očekuje da znaju, prilikom savjetovanja o operacijama, objasniti rezultate prikazane na tim dijagramima ili kartama.

***Organigrami*** su često podložni promjenama pa se mora paziti na to tko stvarno koga izvještava. Neka poduzeća nerado dijele organigrame (organizacijske dijagrame) smatrajući to poslovnom tajnom. Organigrami služe da se vidi tko kome odgovara i općenito kako je organizacija strukturirana. Izrada organigrama podrazumijeva oblikovanje organizacije, kao i oblikovanje upravljačkih procesa i mehanizma koordinacije. Rezultat je grafički prikaz strukture poduzeća.

***Analiza uskih grla.*** Uska grla pojavljuju se u većini projekata operacijskog savjetovanja. Konzultant mora znati utvrditi odnos raspoloživog i potrebnog kapaciteta pri proizvodnji nekog proizvoda ili usluge, kako bi prepoznao usko grlo, te dao preporuke za njegovo otklanjanje. Identificiranje uskog grla nije uvijek očigledno, pa su potrebne logičke analize.

***Statistički alati.*** Korelacijska i regresijska analiza očekivane su vještine za savjetovanje u operacijama. Testiranje hipoteza i hi-kvadrat test često se koriste za potvrđivanje valjanosti rješenja na temelju analiziranih podataka. Dvije druge široko korištene statističke analize su teorija repova i prognoziranje. Savjetnici često koriste teoriju repova za proračunavanje broja potrebnih radnika u pozivnim centrima. Prognoziranje se također često javlja u operacijskom savjetovanju (primjerice, prognoziranje dolaznih poziva u pozivni centar).

Za **analizu troškova i procjenu dobiti** najčešće se koriste sljedeći alati: stablo odlučivanja, ujednačeni pokazatelji, nadzorne ploče i analiza interesnih skupina.

***Stablo odlučivanja*** predstavlja temeljni alat za analizu rizika. Ovaj alat se široko koristi u ispitivanju ulaganja u postrojenja i opremu te u istraživanje i razvoj. Stablo odlučivanja ugrađeno je u različite softverske pakete koji pored stabla odlučivanja sadrže i simulaciju predloženog rješenja.

***Analiza dionika.*** Većina savjetovanja na određeni način utječe na svakog od mogućih dionika: kupce, dioničare, radnike, dobavljače i zajednicu. Važnost razmatranja interesa svih dionika ogleda se u izjavama misije gotovo svakog poduzeća i, kao takve, daju smjernice konzultantima u formuliranju njihove preporuke.

***Uravnoteženi pokazatelji*** pokušavaju balansirati potrebe svake od grupa dionika u sustavu mjerenja uspješnosti. Ravnoteža se odnosi na činjenicu da se na listićima uravnoteženih pokazatelja vidi samo jedna ili dvije mjere uspješnosti, ali na način da cijeli sustav funkcionira uzimajući u obzir zahtjeve svih dionika. Ključna značajka ovog sustava je da je prilagođen višem i srednjem menadžmentu u provedbi kontrole.

***Nadzorne ploče.*** Za razliku od uravnoteženih pokazatelja, koji su usredotočeni na širi organizacijski aspekt i podatke o performansama, nadzorne ploče procesa pokazuju performanse određenih procesa u realnom vremenu. Nadzorne ploče sadržavaju izabranu metriku, u grafičkom obliku, u različitim bojama, linijama, alarmima, s ciljem signaliziranja da se ključni pokazatelji približavaju razini koja može biti problem.

Na kraju, od alata **implementacije**, najčešće se koriste: dijagrami zaduženja i metode upravljanja projektima.

***Dijagrami zaduženja*** koriste se za planiranje zadataka i odgovornosti na projektu. Obično imaju oblik matrice sa zadacima navedenima na vrhu, dok su članovi projektnog tima navedeni sa strane. Cilj je osigurati da za svaki zadatak postoji osoba dodijeljena tom zadatku.

***Metode upravljanja projektima.*** Konzultantska poduzeća koriste metode upravljanja projektima, kao što su CPM, PERT i gantogrami, za planiranje i praćenje cijelog portfelja projekta savjetovanja poduzeća, kao i za svaki pojedinačni savjetodavni projekt. Microsoft Project i Primavera Project Planer su primjeri najčešće korištenih softvera za upravljanje projektima. Treba naglasiti da su navedeni alati za planiranje od iznimne važnosti, ali sporedni u odnosu na sposobnost upravljanja ljudima za uspješno izvršavanje projekta savjetovanja. Ova napomena jednako je bitna i za sve alate o kojima se govorilo u ovoj točki.

## 21.5. SMJERNICE ZA PROVEDBU SAVJETODAVNIH PROJEKATA

Svaki projekt poboljšanja temelji se na zajedničkoj platformi i inovativnoj upotrebi informacijskih tehnologija. Stvaranje novog procesa i poboljšanje postojećeg zahtijeva više nego kreativnu primjenu informacijske tehnologije. Istraživanje na 765 američkih bolnica[702] rezultiralo je smjernicama upravljanja koje se odnose na gotovo svaku organizaciju koja razmišlja o poboljšanju svoga poslovanja. Riječ je o sljedećim smjernicama:

1. Savjetodavni projekt utječe na promjenu na razini cijele organizacije. To je složen proces i implementacija može potrajati. Srednji menadžment često je zadužen provoditi značajne dijelove prijedloga konzultanata. Pri tome su mu potrebne jasne smjernice za dosljednu i učinkovitu provedbu. Budući da menadžment provodi sugerirane promjene, savjetnici mu

[702] Piatt, J. (2013). 8 Steps to Proper Operational Process Change. https://www.industryweek.com/operations/quality/article/22008156/8-steps-to-proper-operational-process-change, pristup: 30.03.2020.

trebaju pomoći u nalaženju kreativnih načina rješenja za provedbu cjelokupnog projekta poboljšanja. Naime, da je menadžment bio u stanju sam provesti promjene, savjetnici mu ne bi ni trebali, pa je stoga aktivna uloga savjetnika bitna.

2. Jasni ciljevi i dosljedne povratne informacije. Ciljevi i očekivanja moraju biti jasno postavljeni, podaci se trebaju prikupljati svakodnevno, te se radnicima trebaju dati povratne informacije. Bez jasnih povratnih informacija radnici često postaju nezadovoljni i njihova percepcija uspjeha može biti posve različita od stvarnih rezultata. Primjerice, nakon projekta poboljšanja u bolnicama, istraživači su pratili 10 bolnica detaljnim proučavanjem stavova radnika. U četiri bolnice radnici su smatrali da se poboljšanjem malo toga promijenilo, iako su im troškovi stvarno pali 12 % u odnosu na konkurente. S druge strane, u četiri bolnice u kojima je većina mislila da su projektom poboljšanja smanjeni troškovi, došlo je do povećanja relativnih troškova i pogoršanja njihovog troškovnog položaja. Zbog toga je jasno zašto je često izvještavanje radnika nužno.
3. Visoka uključenost vrhovnog vodstva u promjene. Vrhovni menadžment mora svakodnevno i aktivno biti uključen u projekt poboljšanja, jer niti jedan projekt poboljšanja ne ide glatko, posebno stoga što su moguće konfliktne situacije. Bez pokazivanja vlastitog angažmana svaki projekt poboljšanja apsolutno pada u vodu, što su pokazale brojne studije.[703]

Unutar smjernica za provedbu projekata operativnog savjetovanja proizašla su i neka korisna pravila. Riječ je o pet pravila koja su opisana u nastavku teksta.[704]

**Pravilo 1.** Treba se organizirati oko rezultata, a ne zadataka. To znači da zadatke koje su prethodno obavljali različiti ljudi treba organizirati u jedan posao. To može napraviti jedna osoba ili tim ljudi koji su radili na tim zadacima. Preoblikovani posao trebao bi uključivati sve korake u procesu koji stvara dobro definiran ishod posla koji se preoblikuje. Organizacija oko ishoda uklanja potrebe za dupliciranjem poslova, što rezultira većom brzinom, većom proizvodnošću i bržom dostavom kupcu/klijentu. Takav način omogućava da se brže identificiraju zahtjevi kupaca.

**Pravilo 2.** Oni koji koriste rezultate procesa trebaju raditi i sam proces. U prethodnom pravilu spomenuto je da treba preoblikovati poslove na način da se ostvari očekivani ishod toga posla. Rečeno je također da su najbolji kandidati za prijedlog poboljšanja upravo ljudi koji rade taj posao. Ako radnik treba ishod svoga posla za obavljanje sljedećeg zadatka, onda je poželjno da taj radnik ili ti radnici budu uključeni i u sve procese koji doprinose potrebnom ishodu. Drugim riječima, treba raditi promjene tamo gdje za to ima najviše smisla. To rezultira time da će oni koji rade na procesu bolje raditi, čak i ako proces prolazi različite organizacijske granice.

**Pravilo 3.** Treba spojiti rad na obradi informacija s radnicima na procesu koji informacije proizvodi. To znači da bi ljudi koji prikupljaju informacije također trebali biti odgovorni za njihovu obradu. Minimalizira se potreba da druga skupina radnika uskladi i obradi te informacije, što uvelike može smanjiti pogreške smanjivanjem broja vanjskih kontaktnih točaka.

703 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 685.
704 Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *op.cit.* str. 685.

**Pravilo 4.** Treba tretirati geografski raspodijeljene resurse kao da su centralizirani. Informacijska tehnologija putem interneta sada omogućava da su svi umreženi, bez obzira na kojem kraju svijeta se nalaze. To se danas naziva hibridno centralizirano/decentralizirano poslovanje. Suvremena informacijska tehnologija omogućuje paralelnu obradu posla u odvojenim organizacijskim jedinicama koje obavljaju isti posao, ali istodobno poboljšavajući ukupnu kontrolu poduzeća. Primjerice, centralizirane baze podataka i telekomunikacijske mreže sada omogućuju poduzećima da se povežu s odvojenim jedinicama ili pojedinim terenskim osobljem, pružajući im ekonomiju obujma uz održavanje njihove individualne fleksibilnosti i brže usluge kupcima.

**Pravilo 5.** Treba povezati paralelne aktivnosti umjesto da se integriraju njihovi rezultati. Koncept integriranja samo ishoda paralelnih aktivnosti koje se na kraju moraju složiti u glavni proizvod/uslugu, je razlog za sporost, velike troškove i kašnjenja u konačnom ishodu cjelokupnog procesa. Takve paralelne aktivnosti treba kontinuirano povezivati i koordinirati tijekom procesa.

Držeći se gore opisanih smjernica i pravila, operacijski savjetnik, nakon što je pomoću alata definirao problem, bit će u mogućnosti predložiti poboljšanja te ih i provesti u djelo.

## 21.6. ZAKLJUČAK

Postoje velike mogućnosti savjetovanja za pojedince sa znanjima i vještinama operacijskog menadžmenta. To vrijedi ne samo za velika konzultantska poduzeća već i za manja savjetodavna poduzeća. Trenutno su posebno tražena ona konzultantska poduzeća s iskustvima u upravljanju lancem opskrbe i internetskim aplikacijama. U ovom poglavlju definirao se pojam operacijskog savjetovanja (engl. *operational consulting*) i pokazalo se da je to dosta profitabilan posao s tendencijom rasta od 5 % godišnje. Drugim riječima, sve više poduzeća angažira nezavisne operacijske savjetnike da im pomognu u poboljšanju njihovih operacijskih aktivnosti. Dat je pregled vrsta savjetovanja, posebno 5 P operacijsko savjetovanje. Prikazana je organizacijska struktura savjetodavne organizacije s naglaskom da je organizirana slično odvjetničkom uredu. Prikazane su faze operacijskog savjetovanja i alati za savjetovanje o operacijama. Također, date su smjernice za provedbu savjetodavnih projekata.

## 21.7. KLJUČNI POJMOVI

| | |
|---|---|
| ***A*** | |
| ***Alati operativnog savjetovanja -*** | Alati za analizu u provedbi savjetovanja mogu se svrstati u alate za utvrđivanje problema, prikupljanje podataka, analizu podataka i razvoj rješenja, procjenu troška i analizu dobiti te implementaciju. To su: stablo problema, mišljenje kupaca, analiza raskoraka, anketiranje zaposlenih, model pet sila, brzi obilasci tvornice ili uslužnog objekta itd. |
| ***F*** | |
| ***Faze operacijskog savjetovanja*** | Najčešće faze u projektu savjetovanja općenito, a to vrijedi i za operacijsko savjetovanje, su: 1. Prijedlog ponude i razvoja savjetodavnog problema, 2. Analiza problema, 3. Dizajniranje, razvijanje i testiranje alternativnih rješenja, 4. Razvijanje sustavnih mjera uspješnosti, 5. Predstavljanje izvještaja upravi klijenta, 6. Provođenje promjena, 7. Osiguravanje zadovoljstva klijenta (konzultanti se biraju po preporuci pa je iznimno bitno da klijent bude zadovoljan), 8. Pretvaranje naučenog iskustva u opipljivo znanje za buduće projekte. |
| ***H*** | |
| ***Hijerarhija unutar konzultantske organizacije*** | Veća savjetodavna poduzeća koja su organizirana kao pravni uredi, s partnerima na vrhu, savjetnicima, menadžerima, do analitičara i suradnika na dnu. |
| ***O*** | |
| ***Operacijsko savjetovanje*** | Pomoć klijentima u razvoju operacijskih strategija i poboljšanju proizvodnih procesa. |
| ***P*** | |
| ***5 P operacijskog savjetovanja*** | U proizvodnji se često operacijsko savjetovanje provodi pomoću tzv. 5 P područja koje čine tvornica, ljudi, procesi, dijelovi, planiranje i kontrola. |

## 21.8. PITANJA ZA PROVJERU ZNANJA

1. Što je to operacijsko savjetovanje?
2. Koje vrste savjetovanja poznajete? Koje su njihove karakteristike?
3. Na što se odnosi savjetovanje u području upravljanja lancem opskrbe, a na što savjetovanje u području upravljanja poslovnim procesima?
4. Što je 5 P operacijsko savjetovanje?
5. Koji su najčešći razlozi traženja savjetodavnih usluga?
6. Kako funkcionira savjetničko poduzeće i kako pripravnici napreduju do vrha savjetodavnog poduzeća?
7. Od kojih osam koraka se sastoji proces savjetovanja?
8. Koje su praktične smjernice za provođenje projekata savjetovanja prema McKinsey & Company?
9. Koji alati se koriste za analizu provedenog savjetovanja?
10. S kojom namjerom je razvijen alat „Brza procjena postrojenja“ (engl. *rapid plant assesment, RPA*) i kada je on koristan?
11. Kada bi i koji alat operacijskog savjetovanja trebalo koristiti pri analizi i postavljanju problema?
12. Koje su smjernice i pravila za davanje preporuka za poboljšanje operativnog poslovanja poduzeća?

## 21.9. ZADATAK ZA PROVJERU ZNANJA

Grupa studenata neka ode u bilo koje uslužno poduzeće i provede analizu stanja pomoću BPP upitnika. Temeljem odgovora u upitniku, treba donijeti konačnu ocjenu o stanju poduzeća i dati prijedloge što bi se moglo poboljšati.

## LITERATURA:

1. Goodson, R. E. (2002). “Read a Plant-Fast”. *Harvard Business Review.* R0205H: 6.
2. Jacobs, F. R. i Chase, R. B. (2018). *Operations management for competitive advantage*. Boston: Mc-Graw Hill

### Internet izvori

1. Global consultancy.org (2020). https://www.consultancy.org/consulting-industry/operations-consulting
2. Operational Excellence Consulting (2018). https://www.excellenceinops.com/pain-points
3. Piatt, J. (2013). *8 Steps to Proper Operational Process Change*. https://www.industryweek.com/operations/quality/article/22008156/8-steps-to-proper-operational-process-change
4. Rasielthe, E. M. (1999). *McKinsey Way: Using the Techniques of the World’s Top Strategic Consultants to Help You and Your Business*. https://www.mobt3ath.com/uplode/book/book-21316.pdf
5. Turk, B. (2020). *Who’s who in a consulting firm*, https://gradaustralia.com.au/career-planning/whos-who-in-a-consulting-firm

# Prilozi

## PRILOG 1. PREGLED FORMULA PO POGLAVLJIMA

### Poglavlje 1. Operacijski menadžment – pojam, razvoj i značaj

| | | |
|---|---|---|
| Efikasnost | $E_{fik} = \frac{UP}{VAR}$<br>$E_{fik} = \frac{K}{RK} * 100$ | $E_{fik}$ = efikasnost<br>$UP$ = ukupni prihod (vrijednost proizvedenih proizvoda i usluga)<br>$VAR$ = vrijednost angažiranih resursa<br>$K$ = ostvarena/proizvedena količina<br>$RK$ = efektivno raspoloživi kapacitet |
| Proizvodnost | $P_{izv} = \frac{K}{KR}$ | $P_{izv}$ = proizvodnost<br>$KR$ = količina korištenih resursa |

### Poglavlje 4. Dizajn novih proizvoda i usluga

| | | |
|---|---|---|
| Pouzdanost sustava | $P_S = P_1 * P_2 * \ldots * P_n$ | $P_{s=}$ pouzdanost sustava<br>$P_{n=}$ pouzdanost n-te komponente |
| Raspoloživost sustava | $R_S = \frac{SVIK}{SVIK + SVP}$ | $SVIK$ = srednje vrijeme između kvarova<br>$SVP$ = srednje vrijeme popravka |

### Poglavlje 6. Analiza toka procesa

| | | |
|---|---|---|
| Vrijeme operacije | $VO = V_R + V_{PP}$ | $VO$ = vrijeme operacije<br>$V_R$ = vrijeme rada(vrijeme potrebno za proizvodnju serije dijelova)<br>$V_{PP}$ = vrijeme pripreme proizvodnje (vrijeme potrebno za pripremu stroja za proizvodnju određenog proizvoda) |
| Raspoloživi kapacitet jednog resursa | $RK = \frac{1}{VO}$ | $RK$ = raspoloživi kapacitet |
| Raspoloživi kapacitet više resursa | $RK = \frac{m}{VO}$ | $m$ = broj poslužitelja ili radnih stanica |

| | | |
|---|---|---|
| Vrijeme ciklusa | $VC = \frac{1}{BP}$<br><br>$VC = \frac{URV}{K}$ | *VC = vrijeme ciklusa (maksimalno vrijeme dopušteno za jedan resurs)*<br>*BP = brzina protoka*<br><br>*URV = ukupno raspoloživo vrijeme – ukupan broj minuta rada u smjeni ili u danu (primjerice, u smjeni od 8 h raspoloživo vrijeme je 480 minuta)*<br>*K = raspoloživa (željena) količina proizvodnje* |
| Brzina protoka | $BP = \frac{1}{VC}$ | |
| Ukupno vrijeme obrade | $UVO = K * VC$ | *UVO = ukupno vrijeme obrade (vrijeme protoka)*<br>*K = broj jedinica (proizvodi ili klijenti)* |
| Potrebni kapacitet | $PK = \frac{UVO}{VC}$ | *PK = potrebni kapacitet* |
| Stupanj iskorištenosti kapaciteta | $IK_{\%} = \frac{BP}{RK} * 100\%$ | $IK_{\%}$ *= stupanj iskorištenosti kapaciteta* |

## Poglavlje 7. Prostorni raspored sredstava za rad

| | | |
|---|---|---|
| Formule za *VC* i $RP_{min}$ date su u formulama za poglavlje 6. | | |
| Efikasnost balansa | $EB = \frac{UVO}{RP_{\min} * VC}$ | *EF = efikasnost balansa*<br>$RP_{min}$ *= broj radnih postaja uzduž linije (ili, potreban kapacitet)* |

## Poglavlje 9. Oblikovanje posla

| | | |
|---|---|---|
| Broj uzoraka za mjerenje štopericom (tolerancija izražena u postotku) | $n=\left(\frac{z\sigma}{a\bar{x}}\right)^2$ | *n = veličina uzorka*<br>*z = broj standardnih devijacija za odabranu razinu pouzdanosti*<br>*σ = standardna devijacija uzorka*<br>*a = dozvoljeno odstupanje izraženo u %*<br>$\bar{x}$ *= aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti* |
| Broj uzoraka za mjerenje štopericom (tolerancija izražena u vremenu)<br>Standardna devijacija preliminarnog uzorka | $n=\left(\frac{z\sigma}{e}\right)^2$<br>$\sigma=\sqrt{\frac{\sum(x_i-\bar{x})}{n-1}}$ | *e = najveće dozvoljeno vremensko odstupanje (prihvatljiva greška)*<br>$x_i$ *= svako izmjereno vrijeme od 1 do n mjerenja* |
| Prosječno vrijeme | $\bar{x}=\frac{\sum x_i}{n}$ | |
| Normalno vrijeme | $V_n=\sum\bar{x}_i * ČU$ | $V_n$ *= normalno vrijeme*<br>*ČU = čimbenik (ocjena) učinkovitosti radnika* |
| Normalno vrijeme zadatka | $V_n=\sum(X_{ij} * ČU_j)$ | $X_{ij}$ *= normalno vrijeme svakog elementa i u zadatku j*<br>$ČU_j$ *= čimbenik učinkovitosti radnika svakog elementa u zadatku j* |
| Standardno vrijeme | $V_s=NV*ČT$ | $V_s$ *= standardno vrijeme*<br>*ČT = čimbenik tolerancije* |
| Čimbenik tolerancije baziran na vremenu potrebnom da se odradi zadatak | $ČT_{posao}=1+T_{\%p}$ | $T_{\%p}$ *= postotak tolerancije na temelju vremena posla* |
| Čimbenik tolerancije temeljen na radnom vremenu | $ČT_{dan}=\frac{1}{1-T_{\%d}}$ | $T_{\%d}$ *= postotak tolerancije na temelju radnog dana* |
| Veličina uzorka za uzorkovanje rada | $n=\frac{z^2p(1-p)}{e^2}$ | *p = procijenjena vrijednost udjela vremena u kojima radnik radi ili miruje* |

# Poglavlje 11. Kontrola kvalitete

| | | |
|---|---|---|
| **Sposobnost procesa** | | |
| Sposobnost procesa | $SP = \pm 3\sigma$ | *SP = sposobnost procesa*<br>*σ = standardna odstupanje* |
| Usporedba sposobnosti procesa i zadane tolerancije | $ZT \geq 6\sigma$ | *ZT = zadana tolerancija* |
| Indeks sposobnosti procesa | $S_p = \frac{GGT - DGT}{6\sigma}$ | *$S_p$ = indeks sposobnosti procesa*<br>*GGT = gornja granica tolerancije*<br>*DGT = donja granica tolerancije* |
| **Kontrolne granice za varijabilne karakteristike kvalitete $\bar{x}$R – kontrolne karte** | | |
| Aritmetička sredina aritmetičkih sredina promatranog obilježja | $\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \bar{x}_j}{k}$ | *$\bar{\bar{x}}$ = aritmetička sredina aritmetičkih sredina*<br>*$\bar{x}$ = srednja vrijednost uzorka*<br>*k = broj uzoraka koji imaju isti broj komada (n)* |
| Raspon uzorka | $R = x_{max} - x_{min}$ | *R = raspon uzorka*<br>*x = karakteristika koja se kontrolira* |
| Srednja vrijednost raspona uzorka | $\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^{k} R_j}{k}$ | *$\bar{R}$ = srednja vrijednost raspona* |
| Odnos srednje vrijednosti raspona i standardne devijacije osnovnog skupa | $\sigma_0 = \frac{\bar{R}}{d_2}$ | *$d_2$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| Kontrolne granice rasipanja srednjih vrijednosti uzoraka (iz snimljenih podataka) | $GKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R}$<br>$DKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R}$ | *$A_2$ = parametar koji ovisi o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| Kontrolne granice rasipanja raspona uzoraka (iz snimljenih podataka) | $GKG_R = D_4 * \bar{R}$<br>$DKG_R = D_3 * \bar{R}$ | *$D_3$ i $D_4$ = parametri koji ovise o veličini uzorka (Prilog 3)* |

| | | |
|---|---|---|
| Kontrolne granice za srednje vrijednosti uzoraka (neposredno iz tolerancije)<br><br>Srednja vrijednost tolerancije | $GKG_{\bar{x}}=x_0+A'*ZT$<br>$DKG_{\bar{x}}=x_0-A'*ZT$<br>$x_0=\frac{ZT_g+ZT_d}{2}$ | *A' = parametar koji ovisi o veličini uzorka (Prilog 3)*<br>$x_0$ *= srednja vrijednost tolerancije* |
| Kontrolne granice za raspone (neposredno iz tolerancije) | $GKG_R=D_2'*ZT$<br>$DKG_R=D_1'*ZT$ | $D'_2$ *i* $D'_1$ *= parametri koji ovise o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| **Kontrolne granice za varijabilne karakteristike kvalitete<br>$\bar{x}\sigma$ – kontrolne karte** | | |
| Srednja vrijednost standardnih devijacija uzorka | $\bar{\sigma}_{\bar{x}}=\frac{\sum_{j=1}^{k}\sigma_{\bar{x}}}{k}$ | $\bar{\sigma}_{\bar{x}}$ *= srednja vrijednost standardnih devijacija uzoraka* |
| Kontrolne granice za srednje vrijednosti uzorka (praćenjem procesa) | $GKG_{\bar{x}}=\bar{\bar{x}}+A_1*\bar{\sigma}_{\bar{x}}$<br>$DKG_{\bar{x}}=\bar{\bar{x}}-A_1*\bar{\sigma}_{\bar{x}}$ | $A_1$ *= parametar koji ovisi o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| Kontrolne granice za standardne devijacije (praćenjem procesa) | $GKG_{\sigma_{\bar{x}}}=B_4*\bar{\sigma}_{\bar{x}}$<br>$DKG_{\sigma_{\bar{x}}}=B_3*\bar{\sigma}_{\bar{x}}$ | $B_4$ *i* $B_3$ *- parametri koji ovise o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| Kontrolne granice za standardne devijacije (iz tolerancije) | $GKG_{\hat{\sigma}}=B_2'*ZT$<br>$DKG_{\hat{\sigma}}=B_1'*ZT$ | $B'_1$ *i* $B'_2$ *- parametri koji ovise o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| Odnos srednje vrijednosti standardne devijacije uzorka i standardne devijacije osnovnog skupa | $\sigma_0=\frac{1}{C_2}*\bar{\sigma}_{\bar{x}}$ | $C_2$ *- parametar koji ovisi o veličini uzorka (Prilog 3)* |
| **Kontrolne granice za atributivne karakteristike kvalitete<br>*p* – kontrolne karte** | | |
| Srednja vrijednost postotka loših komada | $\bar{p}=\frac{n_1p_1+n_2p_2+\ldots+n_kp_k}{n_1+n_2+\ldots+n_k}=\frac{\sum_{j=1}^{k}n_ip_i}{\sum_{j=1}^{k}n_i}$ | $n_i$ *= broj komada u j-tom uzorku*<br>$p_i$ *= postotak loših komada u j-tom uzorku*<br>*np = broj loših komada u uzorku* |
| Kontrolne granice postotka loših komada | $KG=\bar{p}\pm3*\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ | |

| | | |
|---|---|---|
| Kontrolne granice postotka loših komada kada je $\bar{p} \leq 0{,}1$ | $KG = \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}}{n}}$ | |
| **Kontrolne granice za atributivne karakteristike kvalitete *np* – kontrolne karte** | | |
| Srednja vrijednost broja loših komada | $n\bar{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \ldots + n_k p_k}{k} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i p_i}{k}$ | |
| Kontrolne granice broja loših komada | $KG = n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$ | |
| **Kontrolne granice za atributivne karakteristike kvalitete *u* – kontrolne karte** | | |
| Srednja vrijednost broja grešaka po jedinici proizvoda | $\bar{u} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_i u_i}{\sum_{j=1}^{k} n_i}$ | *u = broj grešaka na svim komadima jednog uzorka*<br>$\bar{u}$*= prosječan broj grešaka po jednom komadu*<br>$\sum n_i$ *= ukupan broj komada u svim uzorcima* |
| Kontrolne granice broja grešaka po jedinici proizvoda | $KG = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ | |
| **Kontrolne granice za atributivne karakteristike kvalitete *c* – kontrolne karte** | | |
| Srednja vrijednost grešaka brojem grešaka na proizvodu | $\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^{k} c_i}{k}$ | *c = broj grešaka u pojedinom uzorku*<br>$\bar{c}$ *= prosječan broj grešaka po uzorku*<br>$\sum c_i$ *= ukupan broj grešaka u svim uzorcima*<br>*k = ukupan broj uzoraka* |
| Kontrolne granice grešaka brojem grešaka na proizvodu | $KG = \bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$ | |

## Poglavlje 12. Prognoziranje

| | | |
|---|---|---|
| Točnost prognoze | $PP_r = SV_r - P_r$ | *$PP_r$ = prognostička pogreška za razdoblje r*<br>*$SV_r$ = stvarna vrijednost (potražnja) u razdoblju r*<br>*$P_r$ = prognoza za razdoblje r* |
| | $KPP = \sum_{r=1}^{R} SV_r - P_r$ | *KPP = kumulativ prognostičkih pogrešaka*<br>*R = broj promatranih razdoblja* |
| | $PAOP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \lvert SV_r - P_r \rvert}{R}$ | *PAOP = prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja* |
| | $PKP = \frac{\sum_{r=1}^{R} (SV_r - P_r)^2}{R}$ | *PKP – prosječna kvadrirana pogreška* |
| | $PAPP = \frac{\sum_{r=1}^{R} \frac{\lvert SV_r - P_r \rvert}{SV_r} * 100}{R}$ | *PAPP = prosječni apsolutni postotak pogrešaka* |
| | $PS = \frac{\sum_{r=1}^{R} SV_r - P_r}{PAOP_r}$ | *PS = prateći signal* |
| **Modeli vremenskih serija** | | |
| Naivna metoda | $P_r = SV_{r-1}$ | *$SV_{r-1}$ = stvarna vrijednost (potražnja) u razdoblju r–1* |
| Metoda pomičnog prosjeka | $P_r = \frac{\sum_{i=1}^{R} SV_{r-i}}{R}$ | *$SV_{r-i}$ = stvarna vrijednost (potražnja) u razdoblju r–i* |
| Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka | $P_r = \sum_{i=1}^{R} T_{r-i} * SV_{r-i}$ | *$T_{r-i}$ = težina/ponder u razdoblju r – i* |
| Eksponencijalno izglađivanje | $P_r = P_{r-1} + \alpha * (SV_{r-1} - P_{r-1})$ | *$P_{r-1}$ = prognoza za razdoblje r – 1*<br>*$\alpha$ = konstanta izglađivanja ($0 \leq \alpha \leq 1$)* |

| | | |
|---|---|---|
| Metoda projekcije trenda | $P_r = a + b * r$ | $P_r$ = *vrijednost varijable koju treba prognozirati – zavisna varijabla*<br>*a = sjecište s osi y*<br>*b = nagib pravca*<br>*r = nezavisna varijabla (u ovom slučaju razdoblje)* |
| | $b = \frac{\sum r * y - R * \overline{r} * \overline{y}}{\sum r^2 - R * (\overline{r})^2}$ | *b = nagib pravca*<br>*r = poznate vrijednosti nezavisne varijable*<br>*y = poznate vrijednosti zavisne varijable*<br>$\overline{r}$ *= prosjek svih r vrijednosti*<br>$\overline{y}$ = prosjek svih y vrijednosti<br>R = broj promatranih razdoblja |
| | $a = \overline{y} - b * \overline{r}$ | |
| Učinci trenda i eksponencijalno izglađivanje | $PUT_r = EP_r + ET_r$ | $PUT_r$ *= prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje r*<br>$EP_r$ *= eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje r*<br>$ET_r$ *= eksponencijalno izglađen trend za razdoblje r* |
| | $EP_r = \alpha * (SV_{r-1}) + (1 - \alpha) * (EP_{r-1} + ET_{r-1})$<br>ili<br>$EP_r = PUT_{r-1} + \alpha * (SV_{r-1} - PUT_{r-1})$ | *α = konstanta izglađivanja za prosjek (0 ≤ α ≤ 1)*<br>$EP_{r-1}$ *= eksponencijalno izglađeno prognoziranje za razdoblje r – 1*<br>$ET_{r-1}$ *= eksponencijalno izglađen trend za razdoblje r – 1*<br>$PUT_{r-1}$ *= prognoziranje koje uključuje trend za razdoblje r – 1* |
| | $ET_r = \beta * (EP_r - EP_{r-1}) + (1 - \beta) * ET_{r-1}$<br>ili<br>$ET_r = ET_{r-1} + \beta * (EP_r - PUT_{r-1})$ | *β = konstanta izglađivanja za trend (0 ≤ β ≤ 1)* |

| **Asocijativni modeli** | | |
|---|---|---|
| Metoda linearne regresije | Koriste se iste formule koje su već bile promatrane | *Nezavisna varijabla više ne mora biti razdoblje/vrijeme te će se označiti s x* |
| Metoda višestruke regresije | $P_x = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2$ | $P_x$ *= vrijednost varijable koju treba prognozirati – zavisna varijabla*<br>*a = sjecište s osi y*<br>$x_1$ *i* $x_2$ *= vrijednosti nezavisnih varijabli*<br>$b_1$ *i* $b_2$ *= koeficijenti nezavisnih varijabli* |

## Poglavlje 13. Planiranje kapaciteta

| | | |
|---|---|---|
| Uspješnost korištenja opreme | $E_{fik} = \frac{SU}{E_{fek}} * 100$ | $E_{fik}$ = efikasnost kapaciteta<br>$SU$ = stvarni učinak<br>$E_{fek}$ = efektivnost kapaciteta |
| | $IK_{\%} = \frac{SU}{DK} * 100$ | $IK_{\%}$ =stupanj iskorištenosti kapaciteta<br>$DK$ = dizajnirani kapacitet |
| Lokacijska analiza troškova i količine | $UVT = PVT * K$ | $UVT$ = ukupni varijabilni trošak<br>$PVT$ = prosječni varijabilni trošak<br>$K$ = količina outputa |
| | $UT = UFT + UVT = UFT + PVT * K$ | $UFT$ = ukupni fiksni trošak |

| | | |
|---|---|---|
| Metoda centra gravitacije | $\bar{x}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}x_i$<br>$\bar{y}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}y_i$ | $\bar{x}$ = aritmetička sredina svih apscisa promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske dužine<br>$\bar{y}$ = aritmetička sredina svih ordinata promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske širine<br>$x_i, y_i$ = koordinate promatranih lokacija<br>$m$ = broj promatranih lokacija |
| | $\bar{x}=\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{m}t_i x_i,\ T=\sum_{i=1}^{m}t_i$<br>$\bar{y}=\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{m}t_i y_i,\ T=\sum_{i=1}^{m}t_i$ | $\bar{x}$ = težinska aritmetička sredina svih apscisa promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske dužine<br>$\bar{y}$ = težinska aritmetička sredina svih ordinata promatranih lokacija koje predstavljaju njihove geografske širine<br>$t_i$ = težina dodijeljena pojedinoj lokaciji (*primjerice količina transportiranih jedinica*)<br>$T$ = zbroj ukupnih težina lokacija (*primjerice ukupna količina transportiranih jedinica svim lokacijama*) |

## Poglavlje 14. Agregatno planiranje

| | | |
|---|---|---|
| Funkcija cilja | $\max/\min F(x)=c_1x_1+c_2x_2+\ldots+c_nx_n$<br>$F(x)=\sum_{j=1}^{n}c_jx_j$ | $c_j$ = *zadani koeficijent funkcije cilja uz varijable odlučivanja*<br>$x_j$ = *varijable odlučivanja koje treba odrediti* |
| Ograničenja | $a_{11}x_1+a_{12}x_2+\ldots+a_{1n}x_n \leq = \geq b_1$<br>$a_{21}x_1+a_{22}x_2+\ldots+a_{2n}x_n \leq = \geq b_2$<br>$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$<br>$a_{m1}x_1+a_{m2}x_2+\ldots+a_{mn}x_n \leq = \geq b_m$<br>$\sum_{j=1}^{n}a_{ij}x_j \leq = \geq b_i, i=1,\ldots,m$ | $a_{ij}$ = *količina i-tog ograničenja za j-tu varijablu odlučivanja*<br>$b_i$ = *veličina ograničavajućeg čimbenika* |
| Uvjet nenegativnosti | $x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0$<br>$x_j \geq 0, j=1,\ldots,n$ | |

## Poglavlje 15. Terminiranje

| | | |
|---|---|---|
| Ekonomična količina proizvodnje | $EKP = \sqrt{\frac{2 * K * TPP}{TDZ}} * \sqrt{\frac{p_{pro}}{p_{pro} - i}}$ | *K = količina potražnje*<br>*TDZ = trošak držanja zaliha*<br>*TPP = trošak postavljanja proizvodnje*<br>*$p_{pro}$ = prosječna proizvodnja u jedinici vremena*<br>*i = stopa iskorištenosti zaliha* |

## Poglavlje 16. Upravljanje projektima

| | | |
|---|---|---|
| Očekivano vrijeme trajanja aktivnosti | $V_o = \frac{a + 4m + b}{6}$ | *$V_o$ = očekivano vrijeme*<br>*a = optimistično vrijeme*<br>*b = pesimistično vrijeme*<br>*m = realno vrijeme* |
| Varijanca trajanja | $\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$ | *$s^2$ = varijanca trajanja aktivnosti* |
| Vjerojatnost da će projekt biti završen do određenog roka | $z_i = \frac{V_{pl} - UV_o}{\sqrt{\sum \sigma^2_{kp}}}$ | *$z_i$ = vjerojatnost završetka projekta*<br>*$V_{pl}$ = planirano/postavljeno vrijeme*<br>*$UV_o$ = ukupno očekivano vrijeme*<br>*$\sum \sigma^2_{kp}$ = zbroj varijanci na kritičnom putu* |
| Prirast troškova | $PT = \frac{T_u - T_n}{V_n - V_u}$ | *PT = prirast troškova*<br>*$T_u$ = usiljeni trošak*<br>*$T_n$ = normalni trošak*<br>*$V_u$ = usiljeno trajanje*<br>*$V_n$ = normalno trajanje* |

## Poglavlje 17. Upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji

| | | |
|---|---|---|
| Ekonomična količina narudžbe | $EKN=\sqrt{\frac{2*K*TNZ}{TDZ}}$ | *EKN* = ekonomična količina narudžbe (količina koja se naručuje)<br>*K* = količina godišnje potražnje<br>•$K_m$ = *količina mjesečne potražnje*<br>•$K_t$ = *količina tjedne potražnje*<br>•$K_d$ = *količina dnevne potražnje*<br>*TDZ* = trošak držanja zaliha (po jedinici proizvoda u jedinici vremena)<br>•$TDZ_m$ = *mjesečni trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda*<br>•$TDZ_t$ = *tjedni trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda*<br>•$TDZ_d$ = *dnevni trošak držanja zaliha po jedinici proizvoda*<br>*TNZ* = trošak naručivanja (po jednoj narudžbi)<br>*RD* = broj radnih dana u godini |
| | $UGTZ=GTDZ+GTNZ$ | *UGTZ* = ukupni godišnji trošak zaliha<br>*GTDZ* = godišnji trošak držanja zaliha<br>*GTNZ* = godišnji trošak naručivanja zaliha |
| | $GTDZ=\frac{EKN}{2}*TDZ=Z_{pro}*TDZ$<br>$Z_{pro}=\frac{EKN}{2}$ | $Z_{pro}$ = *prosječne zalihe* |
| | $GTNZ=\frac{K}{EKN}*TNZ=N_{br}*TNZ$<br>$N_{br}=\frac{K}{EKN}$ | $N_{br}$ = *broj narudžbi u jedinici vremena* |
| | $V=\frac{EKN}{K}$ | *V = vrijeme između narudžbi u jedinici vremena:*<br>•$V_m$ = *vrijeme između narudžbi izraženo u mjesecima*<br>•$V_t$ = *vrijeme između narudžbi izraženo u tjednima*<br>•$V_d$ = *vrijeme između narudžbi izraženo u danima* |

| | | |
|---|---|---|
| Ekonomična količina proizvodnje | $EKP = \sqrt{\frac{2*K*TPP}{TDZ}} * \sqrt{\frac{p_{pro}}{p_{pro} - i}}$<br>$i = \frac{K}{RD}$ | *EKP = Ekonomična količina proizvodnje*<br>*TPP = Trošak postavljanja proizvodnje (po proizvodnji)*<br>*$p_{pro}$ = Prosječna proizvodnja u jedinici vremena*<br>*i = Stopa iskorištenosti zaliha* |
| | $UGTZ = GTDZ + GTPP$ | *GTPP = godišnji trošak postavljanja proizvodnje* |
| | $GTDZ = \frac{Z_{\max}}{2} * TDZ = Z_{pro} * TDZ$<br>$Z_{pro} = \frac{Z_{\max}}{2}$<br>$Z_{\max} = V_p * (p_{pro} - i)$<br>$V_p = \frac{EKP}{p_{pro}}$ | *$Z_{max}$ = maksimalne zalihe*<br>*$V_p$ = vrijeme proizvodnje* |
| | $GTPP = \frac{K}{EKP} * TPP = CP_{br} * TPP$<br>$CP_{br} = \frac{K}{EKP}$ | *$CP_{br}$ = broj ciklusa proizvodnji u jedinici vremena* |
| | $V_i = \frac{EKP}{i}$ | *$V_i$ = optimalno vrijeme između proizvodnji u jedinici vremena* |
| Popusti na količinu | $UGTZ = \left(\frac{KN}{2} * TDZ\right) + \left(\frac{K}{KN} * TNZ\right) + GTK$<br>$GTK = K * C$ | *KN = količina narudžbe*<br>*C = cijena jedinice proizvoda*<br>*GTK = godišnji trošak kupnje* |

| | | |
|---|---|---|
| Točka ponovne narudžbe<br><br>• Konstantna potražnja i vrijeme isporuke | $TPN = k * VI$ | *k = Stopa potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena isporuke)*<br>*VI = Vrijeme isporuke (u jedinici vremena)*<br><br>$Z_{sig}$ *= Sigurnosne zalihe* |
| | $TPN = k * VI + Z_{sig}$<br>$U = 100\% - RNZ$ | *U = razina usluge*<br>*RNZ = rizik nestašice zaliha* |
| | $TPN = OKPVI + Z_{sig}$<br>$Z_{sig} = z * \sigma_{kVI}$ | *OKPVI = Očekivana količina potražnje tijekom vremena isporuke*<br>*z = Standardna devijacija koja odgovara vjerojatnosti da neće doći do nestašice zaliha*<br>$\sigma_{kVI}$ *= Standardna devijacija potražnje tijekom vremena isporuke* |
| • Promjenjiva potražnja | $TPN = \overline{k} * VI + z^*(\sigma_k^* \sqrt{VI})$ | $\overline{k}$ *= Prosječna stopa potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena isporuke)*<br>$\overline{VI}$ *= Prosječno vrijeme isporuke (u jedinici vremena)*<br>$\sigma_k$ *= Standardna devijacija potražnje (u jedinicama proizvoda u jedinici vremena isporuke)*<br>$\sigma_{VI}$ = Standardna devijacija isporuke (u jedinici vremena) |
| • Promjenjivo vrijeme isporuke | $TPN = k * \overline{VI} + z^*(k * \sigma_{VI})$ | |
| • Promjenjiva potražnja i vrijeme isporuke | $TPN = \overline{k} * \overline{VI} + z * \left(\sqrt{\overline{VI} * \sigma_k^2 + \overline{k}^2 * \sigma_{VI}^2}\right)$ | |
| Sustav periodičnog nadgledanja zaliha | $KN = OKPVI + Z_{sig} - Z_{dn}$<br>$KN = \overline{k}\left(FP + VI\right) + z\,\sigma_k \sqrt{FP + VI} - Z_{dn}$ | *FP = Fiksni period između dva nadgledanja*<br>$Z_{dn}$ *= Stanje zaliha na dan nadgledanja* |

## Poglavlje 18. Upravljanje zalihama u zavisnoj potražnji

| | | |
|---|---|---|
| Broj kanbana/kontejnera | $KB = \frac{K \cdot PV_Z (1+X)}{ZK}$ | *KB = broj kanbana*<br>*K = planirana količina korištenja radne jedinice*<br>*$PV_Z$ = prosječno vrijeme čekanja na dopunu zaliha uvećano za prosječno vrijeme proizvodnje*<br>*X = koeficijent neefikasnosti procijenjen od menadžmenta (0-1)*<br>*ZK = zapremina kontejnera* |

## Poglavlje 19. Upravljanje repovima čekanja

| **Beskonačni ili neograničeni izvor** | |
|---|---|
| ***Model repova čekanja M/M/1 – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja*** | |
| $\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$)<br>$\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$)<br>$P$ = broj poslužitelja | |
| Iskorištenost sustava:<br>$\rho = \frac{\lambda}{P*\mu}$, $\rho < 1$ (sustav stabilan) | Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda}$ |
| Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$ | Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$ |
| Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = \frac{\psi^2}{1-\psi}$ | Vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = 1 - \rho$ |
| Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + \psi$ | Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno *n* korisnika:<br>$v_n = \psi^n * v_0$ |

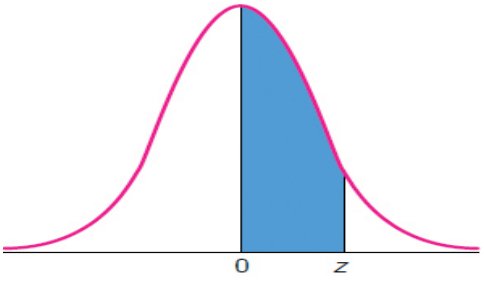
<table>
<tr><th colspan="2">Model repova čekanja M/M/S – više poslužitelja,<br>eksponencijalna distribucija vremena usluživanja</th></tr>
<tr><td colspan="2">$\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$)<br>$\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$)<br>$P$ = broj poslužitelja</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$</td><td>Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = \frac{\psi^{P+1} * v_0}{(P-1)! * (P-\psi)^2}$</td></tr>
<tr><td>Iskorištenost sustava:<br>$\rho = \frac{\lambda}{P * \mu}$, $\rho < 1$ (sustav stabilan)</td><td>Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + \psi$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{P-1} \frac{\psi^n}{n!} + \frac{\psi^P}{P! * \left(1 - \frac{\psi}{P}\right)}}$</td><td>Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda}$</td></tr>
<tr><td>Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$</td></tr>
<tr><th colspan="2">Model repova čekanja M/D/1 – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja</th></tr>
<tr><td colspan="2">$\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$)<br>$\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$)<br>$P$ = broj poslužitelja</td></tr>
<tr><td>Iskorištenost sustava:<br>$\rho = \frac{\lambda}{P * \mu}$, $\rho < 1$ (sustav stabilan)</td><td>Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{\lambda}$</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$</td><td>Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = \frac{\lambda^2}{2 * \mu * (\mu - \lambda)}$</td><td>Prosječna nezaposlenost, tj. vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = 1 - \psi$</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + \psi$</td><td>Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno $n$ korisnika:<br>$v_n = \psi^n * v_0$</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">Konačni ili ograničeni izvor</th></tr>
<tr><td colspan="2">Model repova čekanja M/M/1 – ograničena populacija<br>(jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja)</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\lambda$ = prosječan broj korisnika koji dolazi u jedinici vremena<br>$1/\lambda$ = vrijeme između dolazaka korisnika u jedinici vremena ($\lambda = 1 / (1/\lambda)$)<br>$\mu$ = prosječan broj korisnika koji je uslužen u jedinici vremena<br>$1/\mu$ = vrijeme trajanja usluge u jedinici vremena ($\mu = 1 / (1/\mu)$)<br>$VP$ = veličina populacije</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika koji se uslužuje:<br>$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$</td><td>Prosječno vrijeme čekanja u repu:<br>$PV_r = \frac{PK_r}{(VP - PK_s) * \lambda}$</td></tr>
<tr><td>Vjerojatnost da je sustav prazan:<br>$v_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{VP} \frac{VP!}{(VP-n)!} * \psi^n}$</td><td>Prosječno vrijeme provedeno u sustavu:<br>$PV_s = PV_r + \frac{1}{\mu}$</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika u repu:<br>$PK_r = VP - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda}\right) * (1 - v_0)$</td><td rowspan="2">Vjerojatnost da se u sustavu nalazi točno $n$ korisnika:<br>$v_n = \frac{VP!}{(VP-n)!} * \psi^n * v_0$<br>za $n = 0,1,\ldots,VP$</td></tr>
<tr><td>Prosječan broj korisnika u sustavu:<br>$PK_s = PK_r + (1 - v_0)$</td></tr>
</table>

## Poglavlje 20. Poboljšanje operacija

| | | |
|---|---|---|
| Učinkovitost kod šest sigma metodologije | $PG_{\%} = \frac{PG_{br}}{K} * 100$ | $PG_{\%}$ = *udio proizvoda s greškom*<br>$PG_{br}$ = *broj proizvoda s greškom*<br>$K$ = *ukupan broj proizvoda* |
| | $G_{br/j} = \frac{G_{br}}{K}$ | $G_{br/j}$ = *broj grešaka po jedinici*<br>$G_{br}$ = *broj grešaka* |
| | $G_{br/m} = \frac{G_{br}}{K * MG_{br}}$ | $G_{br/m}$ = *broj grešaka po mogućnosti*<br>$MG_{br}$ = *broj mogućnosti za grešku* |

# PRILOG 2. POVRŠINE ISPOD NORMALNE KRIVULJE




| z | .00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | .0000 | .0040 | .0080 | .0120 | .0160 | .0199 | .0239 | .0279 | .0319 | .0359 |
| 0.1 | .0398 | .0438 | .0478 | .0517 | .0557 | .0596 | .0636 | .0675 | .0714 | .0753 |
| 0.2 | .0793 | .0832 | .0871 | .0910 | .0948 | .0987 | .1026 | .1064 | .1103 | .1141 |
| 0.3 | .1179 | .1217 | .1255 | .1293 | .1331 | .1368 | .1406 | .1443 | .1480 | .1517 |
| 0.4 | .1554 | .1591 | .1628 | .1664 | .1700 | .1736 | .1772 | .1808 | .1844 | .1879 |
| 0.5 | .1915 | .1950 | .1985 | .2019 | .2054 | .2088 | .2123 | .2157 | .2190 | .2224 |
| 0.6 | .2257 | .2291 | .2324 | .2357 | .2389 | .2422 | .2454 | .2486 | .2517 | .2549 |
| 0.7 | .2580 | .2611 | .2642 | .2673 | .2704 | .2734 | .2764 | .2794 | .2823 | .2852 |
| 0.8 | .2881 | .2910 | .2939 | .2967 | .2995 | .3023 | .3051 | .3078 | .3106 | .3133 |
| 0.9 | .3159 | .3186 | .3212 | .3238 | .3264 | .3289 | .3315 | .3340 | .3365 | .3389 |
| 1.0 | .3413 | .3438 | .3461 | .3485 | .3508 | .3531 | .3554 | .3577 | .3599 | .3621 |
| 1.1 | .3643 | .3665 | .3686 | .3708 | .3729 | .3749 | .3770 | .3790 | .3810 | .3830 |
| 1.2 | .3849 | .3869 | .3888 | .3907 | .3925 | .3944 | .3962 | .3980 | .3997 | .4015 |
| 1.3 | .4032 | .4049 | .4066 | .4082 | .4099 | .4115 | .4131 | .4147 | .4162 | .4177 |
| 1.4 | .4192 | .4207 | .4222 | .4236 | .4251 | .4265 | .4279 | .4292 | .4306 | .4319 |
| 1.5 | .4332 | .4345 | .4357 | .4370 | .4382 | .4394 | .4406 | .4418 | .4429 | .4441 |
| 1.6 | .4452 | .4463 | .4474 | .4484 | .4495 | .4505 | .4515 | .4525 | .4535 | .4545 |
| 1.7 | .4554 | .4564 | .4573 | .4582 | .4591 | .4599 | .4608 | .4616 | .4625 | .4633 |
| 1.8 | .4641 | .4649 | .4656 | .4664 | .4671 | .4678 | .4686 | .4693 | .4699 | .4706 |
| 1.9 | .4713 | .4719 | .4726 | .4732 | .4738 | .4744 | .4750 | .4756 | .4761 | .4767 |
| 2.0 | .4772 | .4778 | .4783 | .4788 | .4793 | .4798 | .4803 | .4808 | .4812 | .4817 |
| 2.1 | .4821 | .4826 | .4830 | .4834 | .4838 | .4842 | .4846 | .4850 | .4854 | .4857 |
| 2.2 | .4861 | .4864 | .4868 | .4871 | .4875 | .4878 | .4881 | .4884 | .4887 | .4890 |
| 2.3 | .4893 | .4896 | .4898 | .4901 | .4904 | .4906 | .4909 | .4911 | .4913 | .4916 |
| 2.4 | .4918 | .4920 | .4922 | .4925 | .4927 | .4929 | .4931 | .4932 | .4934 | .4936 |
| 2.5 | .4938 | .4940 | .4941 | .4943 | .4945 | .4946 | .4948 | .4949 | .4951 | .4952 |
| 2.6 | .4953 | .4955 | .4956 | .4957 | .4959 | .4960 | .4961 | .4962 | .4963 | .4964 |
| 2.7 | .4965 | .4966 | .4967 | .4968 | .4969 | .4970 | .4971 | .4972 | .4973 | .4974 |
| 2.8 | .4974 | .4975 | .4976 | .4977 | .4977 | .4978 | .4979 | .4979 | .4980 | .4981 |
| 2.9 | .4981 | .4982 | .4982 | .4983 | .4984 | .4984 | .4985 | .4985 | .4986 | .4986 |
| 3.0 | .4987 | .4987 | .4987 | .4988 | .4988 | .4989 | .4989 | .4989 | .4990 | .4990 |
| 3.1 | .4990 | .4991 | .4991 | .4991 | .4992 | .4992 | .4992 | .4992 | .4993 | .4993 |
| 3.2 | .4993 | .4993 | .4994 | .4994 | .4994 | .4994 | .4994 | .4995 | .4995 | .4995 |
| 3.3 | .4995 | .4995 | .4995 | .4996 | .4996 | .4996 | .4996 | .4996 | .4996 | .4997 |
| 3.4 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4998 |
| 3.5 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 |
| 3.6 | .4998 | .4998 | .4998 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 |

# PRILOG 3. KOEFICIJENTI ZA IZRAČUN KONTROLNIH KARATA

***Tablica 1. Koeficijenti $\bar{x}R$ - kontrolne karte***

| Veličina uzorka (n) | Vrijednosti koeficijenata prilikom izračunavanja iz | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | prošlih podataka | | | | tolerancije | | | | praćenja procesa | | |
| | A | $D_1$ | $D_2$ | $d_2$ | A' | $D_1$' | $D_2$' | $d_2$' | $A_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
| *2* | 2,121 | 0 | 3,686 | 1,128 | 0,354 | 0 | 0,614 | 0,188 | 1,880 | 0 | 3,267 |
| 3 | 1,732 | 0 | 4,358 | 1,693 | 0,289 | 0 | 0,726 | 0,282 | 1,023 | 0 | 2,575 |
| 4 | 1,500 | 0 | 4,698 | 2,059 | 0,250 | 0 | 0,783 | 0,343 | 0,729 | 0 | 2,282 |
| 5 | 1,342 | 0 | 4,918 | 2,326 | 0,224 | 0 | 0,820 | 0,388 | 0,577 | 0 | 2,115 |
| 6 | 1,225 | 0 | 5,078 | 2,534 | 0,204 | 0 | 0,846 | 0,422 | 0,483 | 0 | 2,004 |
| 7 | 1,134 | 0,205 | 5,203 | 2,704 | 0,189 | 0,034 | 0,867 | 0,451 | 0,419 | 0,419 | 1,924 |
| 8 | 1,061 | 0,387 | 5,307 | 2,847 | 0,177 | 0,065 | 0,885 | 0,475 | 0,373 | 0,136 | 1,864 |
| 9 | 1,000 | 0,546 | 5,394 | 2,970 | 0,167 | 0,091 | 0,899 | 0,495 | 0,337 | 0,184 | 1,816 |
| 10 | 0,949 | 0,687 | 5,469 | 3,078 | 0,158 | 0,115 | 0,912 | 0,513 | 0,308 | 0,223 | 1,777 |
| 11 | 0,905 | 0,812 | 5,534 | 3,173 | 0,151 | 0,135 | 0,922 | 0,529 | 0,285 | 0,256 | 1,744 |
| 12 | 0,866 | 0,924 | 5,592 | 3,258 | 0,144 | 0,154 | 0,932 | 0,543 | 0,266 | 0,284 | 1,716 |
| 13 | 0,832 | 1,026 | 5,646 | 3,336 | 0,139 | 0,171 | 0,941 | 0 556 | 0,249 | 0,306 | 1,692 |
| 14 | 0,802 | 1,121 | 5,693 | 3,407 | 0,134 | 0,187 | 0,949 | 0,568 | 0,235 | 0,329 | 1,671 |
| 15 | 0,775 | 1,207 | 5,737 | 3,472 | 0,129 | 0,201 | 0,956 | 0,579 | 0,223 | 0,348 | 1,652 |
| 16 | 0,750 | 1,285 | 5,779 | 3,532 | 0,125 | 0,214 | 0,963 | 0,589 | 0,212 | 0,364 | 1,636 |
| 17 | 0,728 | 1,359 | 5,817 | 3,588 | 0,121 | 0,227 | 0,970 | 0,598 | 0,203 | 0,379 | 1,621 |
| 18 | 0,707 | 1,426 | 5,854 | 3,640 | 0,118 | 0,238 | 0,976 | 0,607 | 0,194 | 0,392 | 1,608 |
| 19 | 0,688 | 1,490 | 5,888 | 3,689 | 0,115 | 0,248 | 0,981 | 0,615 | 0,187 | 0,404 | 1,596 |
| 20 | 0,671 | 1,548 | 5,922 | 3,735 | 0,112 | 0,258 | 0,987 | 0,623 | 0,180 | 0,414 | 1,586 |
| 21 | 0,655 | 1,606 | 5,950 | 3,778 | 0,109 | 0,268 | 0,992 | 0,630 | 0,173 | 0,425 | 1,575 |
| 22 | 0,640 | 1,659 | 5,979 | 3,819 | 0,107 | 0,277 | 0,997 | 0,637 | 0,167 | 0,434 | 1,566 |
| 23 | 0,626 | 1,710 | 6,006 | 3,858 | 0,104 | 0,285 | 1,001 | 0,643 | 0,162 | 0,443 | 1,557 |
| 24 | 0,612 | 1,759 | 6,013 | 3,895 | 0,102 | 0,293 | 1,005 | 0,649 | 0,157 | 0,452 | 1,548 |
| 25 | 0,600 | 1,804 | 6,058 | 3,931 | 0,100 | 0,301 | 1,010 | 0,655 | 0,153 | 0,459 | 1,541 |

### *Tablica 2. Koeficijenti $\bar{x}\sigma$ - kontrolne karte*

| Veličina uzorka (n) | Vrijednosti koeficijenata prilikom izračunavanja iz | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | prošlih podataka | | | | tolerancije | | | | praćenja procesa | | |
| | A | $B_1$ | $B_2$ | $C_2$ | A' | $B_1'$ | $B_2'$ | $C_2'$ | $A_1$ | $B_3$ | $B_4$ |
| *2* | 2,121 | 0 | 1,843 | 0,5642 | 0,354 | 0 | 0,307 | 0,094 | 3,760 | 0 | 3,267 |
| 3 | 1,732 | 0 | 1,858 | 0,7236 | 0,289 | 0 | 0,310 | 0,121 | 2,394 | 0 | 2,568 |
| 4 | 1,500 | 0 | 1,808 | 0,7979 | 0,250 | 0 | 0,301 | 0,133 | 1,880 | 0 | 2,266 |
| 5 | 1,342 | 0 | 1,756 | 0,8407 | 0,224 | 0 | 0,293 | 0,140 | 1,596 | 0 | 2,089 |
| 6 | 1,225 | 0,026 | 1,711 | 0,8686 | 0,204 | 0,004 | 0,285 | 0,145 | 1,410 | 0,030 | 1,970 |
| 7 | 1,134 | 0,105 | 1,672 | 0,8882 | 0,189 | 0,018 | 0,279 | 0,143 | 1,277 | 0,118 | 1,882 |
| 8 | 1,061 | 0,167 | 1,638 | 0,9027 | 0,177 | 0,028 | 0,273 | 0,150 | 1,175 | 0,185 | 1,815 |
| 9 | 1,000 | 0,219 | 1,609 | 0,9139 | 0,167 | 0,037 | 0,268 | 0,152 | 1,094 | 0,239 | 1,761 |
| 10 | 0,949 | 0,262 | 1,584 | 0,9227 | 0,158 | 0,044 | 0,264 | 0,154 | 1,028 | 0,284 | 1,716 |
| 11 | 0,905 | 0,299 | 1,561 | 0,9300 | 0,151 | 0,050 | 0,260 | 0,155 | 0,973 | 0,321 | 1,679 |
| 12 | 0,866 | 0,331 | 1,541 | 0,9359 | 0,144 | 0,055 | 0,257 | 0,156 | 0,925 | 0,354 | 1,646 |
| 13 | 0,832 | 0,359 | 1,523 | 0,9410 | 0,139 | 0,060 | 0,254 | 0,157 | 0,884 | 0,382 | 1,618 |
| 14 | 0,802 | 0,384 | 1,507 | 0 9453 | 0,134 | 0,064 | 0,251 | 0,158 | 0,848 | 0,406 | 1,594 |
| 15 | 0,775 | 0,406 | 1,492 | 0,9490 | 0,129 | 0,068 | 0,249 | 0,158 | 0,816 | 0,428 | 1,572 |
| 16 | 0,750 | 0,427 | 1,478 | 0,9523 | 0,125 | 0,071 | 0,246 | 0,159 | 0,788 | 0,448 | 1,552 |
| 17 | 0,728 | 0,445 | 1,465 | 0,9551 | 0,121 | 0,074 | 0,244 | 0,159 | 0,762 | 0,466 | 1,534 |
| 18 | 0,707 | 0,461 | 1,454 | 0,9576 | 0,118 | 0,077 | 0,242 | 0,160 | 0,738 | 0,482 | 1,518 |
| 19 | 0,688 | 0,477 | 1,443 | 0,9599 | 0,115 | 0,080 | 0,241 | 0,160 | 0,717 | 0,497 | 1,503 |
| 20 | 0,671 | 0,491 | 1,433 | 0,9619 | 0,112 | 0,082 | 0,239 | 0,160 | 0,697 | 0,510 | 1,490 |
| 21 | 0,655 | 0,504 | 1,424 | 0,9638 | 0,109 | 0,084 | 0,237 | 0,160 | 0,679 | 0,523 | 1,477 |
| 22 | 0,640 | 0,516 | 1,415 | 0,9655 | 0,107 | 0,086 | 0,236 | 0,161 | 0,662 | 0,534 | 1,466 |
| 23 | 0,626 | 0,527 | 1,407 | 0,9670 | 0,104 | 0,088 | 0,235 | 0,161 | 0,647 | 0,545 | 1,455 |
| 24 | 0,612 | 0,538 | 1,399 | 0,9684 | 0,102 | 0,090 | 0,233 | 0,161 | 0,632 | 0,555 | 1,445 |
| 25 | 0,600 | 0,548 | 1,392 | 0,9696 | 0,100 | 0,091 | 0,232 | 0,162 | 0,619 | 0,565 | 1,435 |

# PRILOG 4. TABLICA ZA PRERAČUNAVANJE GREŠAKA NA MILIJUN KOMADA U SIGME

## Sigma Conversion Table

| Defects per Million Opportunities | Sigma Level (with 1.5 Sigma Shift)* | CPK (Sigma Level/3) with 1.5 Sigma Shift* |
|---|---|---|
| 933193 | 0.000 | 0.000 |
| 915434 | 0.125 | 0.042 |
| 894350 | 0.250 | 0.083 |
| 869705 | 0.375 | 0.125 |
| 841345 | 0.500 | 0.167 |
| 809213 | 0.625 | 0.208 |
| 773373 | 0.750 | 0.250 |
| 734014 | 0.875 | 0.292 |
| 691462 | 1.000 | 0.333 |
| 646170 | 1.125 | 0.375 |
| 598706 | 1.250 | 0.417 |
| 549738 | 1.375 | 0.458 |
| 500000 | 1.500 | 0.500 |
| 450262 | 1.625 | 0.542 |
| 401294 | 1.750 | 0.583 |
| 353830 | 1.875 | 0.625 |
| 308538 | 2.000 | 0.667 |
| 265986 | 2.125 | 0.708 |
| 226627 | 2.250 | 0.750 |
| 190787 | 2.375 | 0.792 |
| 158655 | 2.500 | 0.833 |
| 130295 | 2.625 | 0.875 |
| 105650 | 2.750 | 0.917 |
| 84566 | 2.875 | 0.958 |
| 66807 | 3.000 | 1.000 |
| 52081 | 3.125 | 1.042 |
| 40059 | 3.250 | 1.083 |
| 30396 | 3.375 | 1.125 |
| 22750 | 3.500 | 1.167 |
| 16793 | 3.625 | 1.208 |
| 12224 | 3.750 | 1.250 |
| 8774 | 3.875 | 1.292 |
| 6210 | 4.000 | 1.333 |
| 4332 | 4.125 | 1.375 |
| 2980 | 4.250 | 1.417 |
| 2020 | 4.375 | 1.458 |
| 1350 | 4.500 | 1.500 |
| 889 | 4.625 | 1.542 |
| 577 | 4.750 | 1.583 |
| 369 | 4.875 | 1.625 |
| 233 | 5.000 | 1.667 |
| 144 | 5.125 | 1.708 |
| 88 | 5.250 | 1.750 |
| 53 | 5.375 | 1.792 |
| 32 | 5.500 | 1.833 |
| 19 | 5.625 | 1.875 |
| 11 | 5.750 | 1.917 |
| 6 | 5.875 | 1.958 |
| 3 | 6.000 | 2.000 |
| 2 | 6.125 | 2.042 |
| 1 | 6.250 | 2.083 |
| 0.5 | 6.375 | 2.125 |
| 0.3 | 6.500 | 2.167 |
| 0.15 | 6.625 | 2.208 |
| 0.08 | 6.750 | 2.250 |
| 0.04 | 6.875 | 2.292 |

# Popis slika


Slika 1.1. Odnos operacijske funkcije s ostalim temeljnim funkcijama i funkcijama podrške ..... 7
Slika 1.2. Proizvodni kapacitet dva različito organizirana tijeka procesa ..... 11
Slika 1.3. Prividni viškovi kapaciteta u modelu B ..... 12
Slika 2.1. Odnos operacijske strategije i konkurentnosti poslovnog sustava ..... 33
Slika 2.2. Usporedba ciljeva poslovnih subjekata u dvije različite djelatnosti ..... 38
Slika 2.3. Pravci razvoja proizvodno-uslužnog sustava ..... 39
Slika 3.1. Holistički pogled na oblikovanje obitelji proizvoda ..... 64
Slika 4.1. Faze razvoja novog proizvoda ..... 76
Slika 4.2. Kuća kvalitete ..... 88
Slika 4.3. Oblikovanje za okoliš ..... 90
Slika 4.4. Nacrt usluge jednog restorana ..... 94
Slika 4.5. Matrica usluga ..... 95
Slika 5.1. Tok radioničkog procesa ..... 109
Slika 5.2. Proces proizvodnje u serijama ..... 110
Slika 5.3. Ponavljajući tip procesa u proizvodnji ..... 111
Slika 5.4. Ponavljajući tip procesa restorana sa samoposluživanjem ..... 111
Slika 5.5. Projektni tok operacija ..... 113
Slika 5.6. Izbor tipa procesa u ovisnosti o životnom ciklusu proizvoda ..... 117
Slika 5.7. RFID oznake osuvremenjuju upravljanje farmama ..... 120
Slika 5.8. Sortirni centar HP-a ..... 123
Slika 5.9. Autonomni robot u sortirnici HP-a ..... 123
Slika 6.1. Hipotetski proces s trajanjem rada i čekanjem ..... 127
Slika 6.2. Osnovni simboli za crtanje dijagrama toka ..... 127
Slika 6.3. Dijagram toka procesa izrade i prodaje sendviča ..... 128
Slika 6.4. Dijagram toka izrade hamburgera ..... 129
Slika 6.5. Dijagram toka putovanja avionom ..... 130
Slika 6.6. Dijagram toka procesa igranja na aparatu u kockarnici ..... 131
Slika 6.7. Dijagram toka izrade vozačke dozvole ..... 140
Slika 6.8. Od ideje o projektu poboljšanja do njegove realizacije ..... 144
Slika 6.9. Promocija na Ekonomskom fakultetu ..... 149
Slika 6.10. Putanje pri podjeli diploma ..... 150
Slika 6.11. Početni dijagram toka izrade sendviča ..... 150
Slika 6.12. Novi dijagram toka izrade sendviča ..... 154
Slika 7.1. Raspored sredstava za rad Kliničkog bolničkog centra Rijeka na lokaciji Rijeka ..... 163
Slika 7.2. Raspored sredstava za rad u AB Produktu ..... 164
Slika 7.3. Mogući raspored u pogonima sa 2, 3 i 4 radionice ..... 165
Slika 7.4. Raspored polica u skladištu sa i bez dodatnog prolaza ..... 167
Slika 7.5. Trokutasta mreža rasporeda radionica ..... 171
Slika 7.6. Prikaz proizvodnje linijskog toka ..... 174
Slika 7.7. Linijski tok proizvodnje s uravnoteženom brzinom ..... 176
Slika 7.8. Redoslijed sklapanja ..... 178
Slika 7.9. Varijabilnost i obujam proizvodnje kod različitih oblika prostornog rasporeda sredstava za rad ..... 182

Slika 7.10. Tlocrt studentskog restorana ..... 185
Slika 7.11. Trokutasta mreža ..... 187
Slika 7.12. Redoslijed sklapanja ..... 188
Slika 8.1. Drvene igračke iz proizvodnog asortimana Linit designa ..... 194
Slika 8.2. Cijene i troškovi izabranih automobila ..... 198
Slika 8.3. Usporedba troškova benzinske i dizel tehnologije kod dva izabrana modela ..... 198
Slika 8.4. Vrste održavanja ..... 207
Slika 8.5. Učestalost kvarova i starost opreme ..... 209
Slika 9.1. Model obogaćivanja poslova ..... 228
Slika 9.2. Razine glasnoće nekih svakodnevnih zvukova (dB) ..... 230
Slika 9.3. Tok procesa u laboratoriju ..... 234
Slika 9.4. Karta radnik-stroj ..... 235
Slika 9.5. Simboli elementarnih pokreta ..... 238
Slika 10.1. Značenje kvalitete ..... 258
Slika 10.2. Demingova lančana reakcija ..... 267
Slika 10.3. Troškovi kvalitete ..... 271
Slika 11. 1. Kontrolna karta ..... 295
Slika 11.2. $\overline{x}$ - kontrolna karta ..... 301
Slika 11.3. R - kontrolna karta ..... 301
Slika 11.4. $\overline{x}$ - kontrolna karta ..... 305
Slika 11.5. $\sigma$- kontrolna karta ..... 305
Slika 11.6. p - kontrolna karta ..... 308
Slika 11.7. np - kontrolna karta ..... 310
Slika 11.8. u - kontrolna karta za iste veličine uzorka ..... 312
Slika 11.9. u - kontrolna karta za različite veličine uzoraka ..... 314
Slika 11.10. c - kontrolna karta ..... 316
Slika 12.1. Upotreba prognoziranja u poslovanju ..... 332
Slika 12.2. Prognozirane vrijednosti potražnje naivnom metodom ..... 342
Slika 12.3. Naivna metoda pomoću Excela ..... 346
Slika 12.4. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka ..... 349
Slika 12.5. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka (R = 3, R = 5 i R = 7) ..... 350
Slika 12.6. Metoda pomičnog prosjeka pomoću Excela ..... 351
Slika 12.7. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom ponderiranog pomičnog prosjeka ..... 354
Slika 12.8. Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka pomoću Excela ..... 355
Slika 12.9. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja ..... 358
Slika 12.10. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja (α = 0,10; α = 0,30 i α = 0,40) ..... 359
Slika 12.11. Metoda eksponencijalnog izglađivanja pomoću Excela ..... 360
Slika 12.12. Projekcija potražnje linearnim trendom ..... 364
Slika 12.13. Projekcija potražnje linearnim trendom pomoću Excela ..... 365
Slika 12.14. Prognoza pomoću eksponencijalnog izglađivanja koje uključuje trend ..... 369
Slika 12.15. Stvarna i eksponencijalno izglađena prognoza ..... 370
Slika 12.16. Usporedba rezultata dobivenih pomoću tri metode prognoziranja ..... 370
Slika 12.17. Rješenje sezonske prognoze pomoću Excela ..... 375
Slika 12.18. Sastavnice potražnje ..... 382
Slika 12.19. Rješenje sezonske prognoze pomoću Excela ..... 382
Slika 13.1. Opcije planiranja kapaciteta u vremenu ..... 400
Slika 13.2. Strategije proširenja kapaciteta ..... 401
Slika 13.3. Prednosti i nedostaci globalizacije poslovanja ..... 408
Slika 13.4. Kriteriji za izbor lokacije u stranoj zemlji ..... 409

Slika 13.5. Kriteriji za izbor lokacije u nacionalnoj ekonomiji ..... 409
Slika 13.6. Prikaz ukupnih fiksnih i ukupnih troškova za svaku lokaciju ..... 415
Slika 13.7. Određivanje lokacije koja daje najniži ukupni trošak pri zadanom outputu ..... 415
Slika 13.8. Prikaz superiornosti svake lokacije s obzirom na promatrani output ..... 416
Slika 13.9. Prikaz koordinata ($x_i$, $y_i$) lokacija u koordinatnom sustavu ..... 419
Slika 13.10. Koordinate promatranih lokacija te centar gravitacije ..... 422
Slika 13.11. Koordinate promatranih lokacija, centar gravitacije te težinski centar gravitacije ..... 423
Slika 14.1. Strategija prilagođavanja tržišnoj potražnji uz pomoć zaliha ..... 445
Slika 14.2 Strategije kapacitiranja proizvodnje ispod i iznad prosječnih razina tržišnih potreba ..... 445
Slika 14.4. Kretanje potražnje i proizvodnje po mjesecima (strategija 1) ..... 451
Slika 14.5. Kretanje potražnje, proizvodnje i zaliha po mjesecima (strategija 2) ..... 453
Slika 14.6. Grafički prikaz ograničenja resursa za proizvodnju proizvoda A i B ..... 462
Slika 14.7. Grafički prikaz ograničenja za proizvodnju proizvoda A i B s dodanim ograničenjem za preuzete narudžbe proizvoda A ..... 464
Slika 14.8. Grafički prikaz ograničenja za proizvodnju proizvoda A i B s dodanim ograničenjima za proizvodnju i prodaju proizvoda B ..... 465
Slika 14.9. Primjer unošenja funkcije cilja i polja za ispis rješenja ..... 469
Slika 14.10. Primjer analitičke tablice i zadavanja ograničenja ..... 470
Slika 15.1. Redoslijed aktivnosti planiranja i položaj terminiranja ..... 482
Slika 15.2. Beskonačno i konačno opterećivanje ..... 484
Slika 15.3. Grafički prikaz input – output kontrole ..... 488
Slika 15.4. Prikaz ekrana raspoređivanja Lekin ..... 490
Slika 15.5 Prikaz gantograma u sofveru Lekin ..... 491
Slika 15.6. Grafički prikaz toka proizvodnje za pravilo PDPP ..... 494
Slika 15.7. Grafički prikaz toka proizvodnje za pravilo NVO ..... 494
Slika 15.8. Grafički prikaz toka proizvodnje za prva dva pravila: PDPP i NVO ..... 495
Slika 15.9. Grafički prikaz rasporeda poslova na tri stroja – komponente za sastavljanje proizvoda A ..... 498
Slika 16.1. Faze projekta ..... 524
Slika 16.2. Primjer gantograma u MS Projectu ..... 526
Slika 16.3 Popis aktivnosti ..... 527
Slika 16.4. Ganttov dijagram ..... 528
Slika 16.5. MD orijentiran aktivnostima i MD orijentiran događajima ..... 528
Slika 16.6. Primjer mrežnog dijagrama u MS Projectu ..... 529
Slika 16.7. Ekran za unos procjena vremena aktivnosti za PERT analizu ..... 529
Slika 16.8. Jednostavni mrežni dijagram ..... 531
Slika 16.9. Detaljni mrežni dijagram ..... 531
Slika 16.10. Mrežni dijagram prema CPM metodi ..... 533
Slika 16.11. Rezultat unosa triju vremena za PERT metodu ..... 534
Slika 16.12. Mrežni dijagrami prema PERT metodi ..... 535
Slika 16.13. Projekt „Z“ prema PERT-COST metodi ..... 538
Slika 16.14. Praćenje statusa izvršenja pojedine aktivnosti ..... 541
Slika 16.15. Ganttov dijagram za otvaranje podružnice ..... 545
Slika 16.16. Popis aktivnosti i njihovo trajanje u MS Projectu ..... 549
Slika 16.17. Ganttov dijagram studentskog vjenčanja ..... 549
Slika 16.18. Mrežni dijagram studentskog vjenčanja ..... 550
Slika 17.1. Klasifikacija zaliha ..... 562
Slika 17.2. Troškovi zaliha ..... 566
Slika 17.3. A – B – C klasifikacija ..... 569
Slika 17.4. A–B–C klasifikacija zaliha u Excelu ..... 570
Slika 17.5. Kretanje palete kroz opskrbni lanac ..... 572

Slika 17.6. Troškovi kao funkcija količine narudžbe....573
Slika 17.7. Model ekonomične količine narudžbe....574
Slika 17.8. Prikaz troška držanja zaliha, troška naručivanja i ukupnog troška....577
Slika 17.9. Rješenje modela ekonomične količine narudžbe pomoću Excela....578
Slika 17.10. Model ekonomične količine proizvodnje....579
Slika 17.11. Rješenje modela ekonomične količine proizvodnje pomoću Excela....582
Slika 17.12. Model ekonomične količine narudžbe s popustima na količinu....585
Slika 17.13. Rješenje modela popusti na količinu pomoću Excela....586
Slika 17.14. EKN model sa sigurnosnom zalihom....587
Slika 17.15. Razina željene usluge kupcima i rizik nestašice zaliha....588
Slika 17.16. Rješenje modela točka ponovne narudžbe pomoću Excela....591
Slika 17.17. Periodično popunjavanje zaliha....592
Slika 17.18. Rješenje modela periodičnog nadgledanja zaliha....594
Slika 18.1. Sustav PPM sa zatvorenom petljom....604
Slika 18.2. Sastavni dijelovi stolice....606
Slika 18.3. Dijagram stablo sastavnice stolice....607
Slika 18.4. Dijagram sastavnica proizvoda....610
Slika 18.5. Utjecaj zaliha na poduzeće....615
Slika 18.6. Usporedba tradicionalnog i UNV odnosa prema dobavljačima....617
Slika 18.7. Primjer kanban kartice....617
Slika 18.8. Primopredajni i proizvodni kanban....618
Slika 19.1. Troškovi kapaciteta i troškovi čekanja....629
Slika 19.2. Dimenzije oblikovanja sustava repova čekanja....633
Slika 19.3. Četiri osnovne strukture sustava repova čekanja....635
Slika 19.4. Klasifikacija modela repova čekanja....637
Slika 19.5. Rješenje modela M/M/1 pomoću Excela.....641
Slika 19.6. Iskorištenost sustava s obzirom na broj zaposlenih referenata u referadi....644
Slika 19.7. Rješenje modela M/M/S pomoću Excela....645
Slika 19.8. Rješenje modela M/D/1 pomoću Excela....648
Slika 19.9. Rješenje modela M/M/1 – ograničena populacija pomoću Excela....651
Slika 20.1. Odnos broja sigmi, grešaka na milijun i konkurentnosti....667
Slika 20.2. Troškovi loše kvalitete u ovisnosti o vrijednosti sigme....668
Slika 20.3. Demingov krug kvalitete....671
Slika 20.4. DIAUK....672
Slika 20.5. DIAOV....673
Slika 20.6. Toyotin proizvodni sustav....675
Slika 20.7. Proizvodna ćelija u obliku slova U....680
Slika 20.8. Andon ploča....682
Slika 20.9. Kanban....682
Slika 20.10. Vrste dijagrama rasipanja....684
Slika 20.11. Dijagram uzrok-posljedica....686
Slika 20.12. Procesni dijagram uzrok-posljedica....687
Slika 20.13. Pareto dijagram uzorka reklamacija....688
Slika 20.14. Pareto dijagram uzroka vezanih za dokumentaciju....688
Slika 21.1. Globalno tržište savjetovanja u milijardama $, 2014-2020....696
Slika 21.2. Udio savjetničkih usluga prema sektorima gospodarstva za 2020 godinu....696
Slika 21.3. Organizacija savjetničke djelatnosti....701
Slika 21.4. Proces savjetovanja....703
Slika 21.5. Alati za operacijsko savjetovanje....705
Slika 21.6. Stablo problema....705
Slika 21.7. Primjer analize raskoraka....706

# Popis tablica


Tablica 1.1. Usporedba odrednica strateškog i operacijskog menadžmenta ..... 5
Tablica 1.2. Usporedba financijskih pokazatelja dva proizvodna sustava ..... 13
Tablica 1.3. Razvoj operacijskog menadžmenta u posljednjih stotinjak godina ..... 15
Tablica 1.4. Usporedba uslužnog i proizvodnog poslovnog sustava ..... 17
Tablica 1.5. Usporedba proizvodnih sustava poduzeća „SVEPOPLANU“ i „LAKOĆEMO“ ..... 22
Tablica 1.6. Usporedba operativne izvrsnosti i potrošačevog/korisnikovog iskustva ..... 23
Tablica 1.7. Usporedba proizvoda i usluga ..... 25
Tablica 2.1. Svojstva operacijskih sustava ..... 36
Tablica 2.2. Razrada temeljnih operacijskih ciljeva definiranjem pripadajućih provedbenih ciljeva ..... 42
Tablica 3.1. Sažeti prikaz učinaka proizvodnih sustava u veliko serijskoj proizvodnji ..... 59
Tablica 3.2. Usporedba postignuća aktivnosti razvoja proizvoda po regionalnim proizvođačima sredinom 1980-tih ..... 61
Tablica 4.1. Razlike između proizvoda i usluge ..... 92
Tablica 5.1. Prednosti i nedostaci tipova procesa ..... 114
Tablica. 5.2. Utjecaj tipa procesa na aktivnosti poduzeća ..... 115
Tablica 5.3. Tipovi procesa s obzirom na volumen i raznolikosti u proizvodnji ..... 116
Tablica 6.1. Proračuni raspoloživog kapaciteta iz vremena operacija ..... 135
Tablica 6.2. Trajanje aktivnosti za jednu košulju ..... 136
Tablica 6.3. Raspoloživi kapaciteti u procesu šivanja košulja ..... 136
Tablica 6.4. Trajanje aktivnosti po košulji, raspoloživi kapaciteti i iskorištenost kapaciteta ..... 137
Tablica 6.5. Trajanje aktivnosti po košulji, raspoloživi kapacitet i stupanj iskorištenosti kapaciteta s preraspodjelom posla ..... 137
Tablica 6.6. Karakteristike procesa šivanja ako se uračuna vrijeme pripreme stroja ..... 139
Tablica 6.7. Raspoloživi kapacitet ..... 140
Tablica 6.8. Raspoloživi kapacitet restorana ..... 151
Tablica 6.9. Raspoloživi kapacitet i brzina protoka ..... 151
Tablica 6.10. Raspoloživi kapacitet pojedine aktivnosti ..... 153
Tablica 6.11. Iskorištenost raspoloživog kapaciteta ..... 153
Tablica 7.1. Polazna matrica transportnih intenziteta (TI) ..... 169
Tablica 7.2. Matrica ukupnih transportnih intenziteta (UTI) ..... 170
Tablica 7.3. Redoslijed lociranja ..... 170
Tablica 7.4. Kapacitet radnih postaja ..... 175
Tablica 7.5. Operacije i njihova vremena trajanja ..... 178
Tablica 7.6. Operacije sastavljanja prema najmanjem broju prethodnika ..... 179
Tablica 7.7. Uravnoteženje linije prema kriteriju najmanjeg broja prethodnika ..... 179
Tablica 7.8. Polazna matrica transportnih intenziteta (TI) ..... 185
Tablica 7.9. Matrica ukupnih transportnih intenziteta (UTI) ..... 186
Tablica 7.10. Redoslijed lociranja ..... 186
Tablica 7.11. Radne operacije i trajanja ..... 187
Tablica 7.12. Operacije sastavljanja prema najmanjem broju prethodnika ..... 188
Tablica 7.13. Uravnoteženje linije prema kriteriju minimalnog broja prethodnika ..... 189
Tablica 8.1. Troškovi vezani uz vožnju automobila na plin ..... 214
Tablica 8.2. Troškovi bez prelaska na plin ..... 215
Tablica 8.3. Usporedba razlika u godišnjim troškovima za oba automobila za prve dvije godine od ugradnje ..... 215

Tablica 9.1. Popis i značenje elementarnih pokreta F. Gilbretha ... 215
Tablica 9.2. Stopa pouzdanosti i "z" vrijednosti ... 239
Tablica 9.3. Fragment tablice nasumičnih brojeva ... 245
Tablica 9.4. Vremena i učinkovitost ... 250
Tablica 10.1. Značajke kvalitete za automobil, bankovni kredit i putovanje zrakoplovom ... 260
Tablica 10.2. Varijabilne i atributivne mjere za značajke kvalitete ... 261
Tablica 10.3. Kvaliteta nekada i danas ... 265
Tablica 11.1. Standardne devijacije strojeva ... 294
Tablica 11.2. Izračun indeksa sposobnosti ... 294
Tablica 11.3. Dužine patentnih zatvarača u uzorcima ... 299
Tablica 11.4. Srednje vrijednosti i rasponi patentnih zatvarača ... 300
Tablica 11.5. Srednje vrijednosti i standardne devijacije uzoraka ... 303
Tablica 11.6. Postotak loših izvješća ... 307
Tablica 11.7. Broj loših izvješća ... 309
Tablica 11.8. Broj grešaka na vrtnom crijevu za zalijevanje ... 311
Tablica 11.9. Broj grešaka na trakama različite dužine ... 312
Tablica 11.10. Broj grešaka po torbi ... 315
Tablica 12.1. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu ... 340
Tablica 12.2. Prognozirane vrijednosti potražnje naivnom metodom ... 341
Tablica 12.3. Prognostičke pogreške ... 341
Tablica 12.4. Vrijednosti prosječnih apsolutnih odstupanja pogrešaka po razdobljima ... 343
Tablica 12.5. Vrijednosti prosječnih kvadriranih pogrešaka po razdobljima ... 343
Tablica 12.6. Vrijednosti apsolutnih postotnih pogrešaka po razdobljima ... 344
Tablica 12.7. Vrijednosti prosječnih apsolutnih postotnih pogrešaka po razdobljima ... 345
Tablica 12.8. Vrijednosti pratećeg signala po razdobljima ... 345
Tablica 12.9. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu ... 347
Tablica 12.10. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka ... 348
Tablica 12.11. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom pomičnog prosjeka (R = 3, R = 5 i R = 7) ... 349
Tablica 12.12. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu ... 352
Tablica 12.13. Težine/ponderi po razdobljima ... 353
Tablica 12.14. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom ponderiranog pomičnog prosjeka ... 353
Tablica 12.15. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu ... 357
Tablica 12.16. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja ... 358
Tablica 12.17. Prognozirane vrijednosti potražnje metodom eksponencijalnog izglađivanja ($\alpha = 0{,}10$; $\alpha = 0{,}30$ i $\alpha = 0{,}40$) ... 359
Tablica 12.18. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu ... 362
Tablica 12.19. Podaci potrebni za izračun jednadžbe linearnog trenda ... 362
Tablica 12.20. Projekcija linearnog trenda ... 364
Tablica 12.21. Podaci mjesečne potražnje za prethodnu godinu ... 367
Tablica 12.22. Eksponencijalno izglađena prognoza koja uključuje trend ... 369
Tablica 12.23. Obrasci sezonskih oscilacija ... 371
Tablica 12.24. Podaci mjesečne potražnje za prethodne tri godine ... 372
Tablica 12.25. Prosječna potražnja po sezoni ... 373
Tablica 12.26. Sezonski indeks po sezoni ... 374
Tablica 12.27. Sezonska prognoza za sljedeću godinu ... 374
Tablica 12.28. Podaci kvartalne potražnje za prethodne tri godine ... 377
Tablica 12.29. Prosječna potražnja po sezoni ... 377
Tablica 12.30. Sezonski indeksi po sezoni ... 378
Tablica 12.31. Desezonirana potražnja ... 378
Tablica 12.32. Podaci potrebni za izračun desezonirane jednadžbe linearnog trenda ... 379
Tablica 12.33. Desezonirana jednadžba linearnog trenda ... 380

Tablica 12.34. Prognozirana desezonirana potražnja budućih sezona ..... 381
Tablica 12.35. Prognozirana sezonirana potražnja budućih sezona ..... 381
Tablica 13.1. Mjerenje kapaciteta inputom ili outputom za različite operacije ..... 397
Tablica 13.2. Strategije izbora lokacije kod proizvodnih i uslužnih poduzeća ..... 406
Tablica 13.3. Ukupni fiksni i prosječni varijabilni troškovi za svaku promatranu lokaciju, u kn ..... 413
Tablica 13.4. Varijabilni i ukupni troškovi pri različitim količinama za svaku lokaciju, do očekivanog outputa od 15.000 jedinica ..... 414
Tablica 13.5. Popis promatranih čimbenika te dodijeljene težine ..... 418
Tablica 13.6. Ocjene važnosti svake promatrane lokacije s obzirom na pojedine čimbenike ..... 418
Tablica 13.7. Težinski rezultati ..... 419
Tablica 13.8. Geografska dužina i širina promatranih lokacija izraženo u stupnjevima ..... 421
Tablica 13.9. Težine promatranih lokacija izražene u broju transportiranih jedinica ..... 421
Tablica 13.10. Potrebni koraci za izračun koordinata težinskog centra gravitacije ..... 423
Tablica 14.1. Glavni plan proizvodnje piva po tjednima (planska jedinica = broj sanduka) ..... 435
Tablica 14.2. Pristupi usklađivanju proizvodnje i potražnje ..... 443
Tablica 14.3. Usporedba metoda agregatnog planiranja ..... 448
Tablica 14.4. Jedinični troškovi za proizvodnju jedne palete peleta, u kn ..... 450
Tablica 14.5. Kalkulacija troškova u slučaju proizvodnje bez držanja zaliha (u 000 kn) ..... 450
Tablica 14.6. Plan proizvodnje za strategiju s držanjem zaliha ..... 452
Tablica 14.7. Izračun troškova za strategiju s držanjem zaliha (u 000 kn) ..... 433
Tablica 14.8. Moguće točke rješenja i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja uz uvažavanje resursnih ograničenja ..... 463
Tablica 14.9. Moguće točke rješenja i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja uz uvažavanje resursnih ograničenja i ograničenja postojećih narudžbi ..... 464
Tablica 14.10. Moguće točke rješenja i odgovarajuće vrijednosti funkcija cilja uz uvažavanje resursnih ograničenja, ograničenja postojećih narudžbi i ograničenja potražnje ..... 466
Tablica 14.11. Resursi i troškovi potrebni za proizvodnju jedinice proizvoda ..... 468
Tablica 14.12. Poduzeće Špina d.d. (primjer dobivenih rezultata) ..... 471
Tablica 14.13. Kalkulacija troškova proizvodnje s ranijim početkom proizvodnje, isključivo u redovnom vremenu, s držanjem zaliha i odgodom isporuke ..... 478
Tablica 14.14. Agregatni plan – optimizacija plana proizvodnje u slučaju povećanja prodajne cijene slavina za kade ..... 479
Tablica 15.1. Tipični tipovi procesa proizvodnje i tipično terminiranje ..... 485
Tablica 15.2. Input-output kontrola jednog radnog centra ..... 489
Tablica 15.3. Trajanje i rokovi poslova ..... 493
Tablica 15.4. Raspored poslova prema pravilu PDPP ..... 493
Tablica 15.5. Raspored poslova prema pravilu NVO ..... 494
Tablica 15.6. Trajanje i rokovi posla te težina posla ..... 496
Tablica 15.7. Raspored poslova prema pravilu PNVO ..... 496
Tablica 15.8. Raspored poslova prema pravilu PKR ..... 497
Tablica 15.9. Poslovi na tri stroja – komponente za sastavljanje proizvoda A ..... 498
Tablica 15.10. Potražnja za radnicima ..... 501
Tablica 15.11. Terminiranje radnika ..... 501
Tablica 15.12. Potreban broj sestara po danima ..... 502
Tablica 15.13. Slobodni dani Sestre 1 ..... 502
Tablica 15.14. Slobodni dani Sestre 2 ..... 502
Tablica 15.15. Slobodni dani Sestre 3 ..... 503
Tablica 15.16. Slobodni dani svih sestara ..... 503
Tablica 15.17. Proizvodi TEP-a ..... 508
Tablica 15.18. Raspoređivanje proizvoda na strojeve ..... 509
Tablica 15.19. Osnovni podaci za raspored redoslijeda slijetanja ..... 511
Tablica 15.20. Ukupni troškovi po zrakoplovu ..... 512

Tablica 15.21. Redoslijed slijetanja prema trošku kruženja (od najvećeg do najmanjeg troška) ..... 512
Tablica 15.22. Redoslijed slijetanja prema najkraćem vremenu na pisti ..... 513
Tablica 15.23. Redoslijed slijetanja prema najkraćem preostalom vremenu ..... 514
Tablica 15.24. Dogovoreni rokovi i penali s naručiteljem ..... 515
Tablica 15.25. Proračun prihoda, penala i zarade prema pravilu PDPP ..... 515
Tablica 15.26. Poslovi poredani prema pravilu najkraćeg vremena obrade (trajanja) ..... 516
Tablica 15.27. Poslovi poredani po rokovima od danas ..... 516
Tablica 15.28. Početni podaci za tiskaru ..... 517
Tablica 15.29. Poslovi poredani kako su pristizali, pravilo PDPP ..... 518
Tablica 15.30. Raspored poslova prema pravilu NVO ..... 518
Tablica 15.31. Raspored poslova prema pravilu PKR ..... 519
Tablica 15.32. Prosječna vremena rada brokera ..... 520
Tablica 15.33. Tablica 15.32 s redukcijom redova ..... 520
Tablica 15.34. Tablica 15.33 s linijama koje prekrivaju nule ..... 521
Tablica 15.35. Tablica 15.34: Tamo gdje su nule broker se dodjeljuje tom klijentu ..... 521
Tablica 15.36. Finalno pridijeljeni klijenti brokerima ..... 521
Tablica 16.1 Primjer razrade strukture projekta ..... 525
Tablica 16.2. Vremena i troškovi aktivnosti projekta X ..... 538
Tablica 16.3. Popis aktivnosti za otvaranje nove podružnice ..... 544
Tablica 16.4. Nalaženje kritičnog puta ..... 545
Tablica 16.5. Popis aktivnosti, vremena trajanja i prethodne aktivnosti ..... 548
Tablica 16.6. Aktivnosti s mogućim skraćenjima i troškovima u € ..... 551
Tablica 17.1. Ulazni podaci za kategorizaciju A–B–C pristupom ..... 567
Tablica 17.2. Sortirani proizvodi od najveće do najmanje godišnje vrijednosti zaliha ..... 568
Tablica 17.3. Sortirani proizvodi od najmanje do najveće godišnje vrijednosti zaliha ..... 568
Tablica 17.4. Grupiranje proizvoda u tri kategorije ..... 569
Tablica 17.5. Količine i cijene s popustom ..... 584
Tablica 18.1. Glavni proizvodni plan za proizvod „A“ ..... 606
Tablica 18.2. Sastavnica proizvoda za stolicu ..... 606
Tablica 18.3. Primjer modula automobila ..... 608
Tablica 18.4. Glavni proizvodni plan ..... 610
Tablica 18.5. Plan potreba materijala (lot for lot naručivanje) ..... 611
Tablica 18.6. Plan potreba materijala (lot size naručivanje) ..... 612
Tablica 19.1. Situacije stvaranja repova čekanja ..... 627
Tablica 19.2. Formule za model repova čekanja M/M/1 – jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja ..... 639
Tablica 19.3. Formule za model repova čekanja M/M/S – više poslužitelja, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja ..... 642
Tablica 19.4. Određivanje iskorištenosti sustava pri različitom broju zaposlenih referenata ..... 643
Tablica 19.5. Formule za model repova čekanja M/D/1 – jedan poslužitelj, konstantno vrijeme usluživanja ..... 646
Tablica 19.6. Formule za model repova čekanja M/M/1 – ograničena populacija (jedan poslužitelj, eksponencijalna distribucija vremena usluživanja) ..... 649
Tablica 20.1. Usporedba pristupa poboljšanju ..... 663
Tablica 20.2. Tradicionalni pristup kvaliteti nasuprot PUK-u ..... 664
Tablica 20.3. 4P model Toyotinog proizvodnog sustava ..... 676
Tablica 20.4. Razlike između masovne i vitke proizvodnje ..... 678
Tablica 20.5. Prijelaz s jednog proizvoda na drugi u velikim i malim serijama ..... 679
Tablica 20.6. Obilježja dolaska na posao ..... 692
Tablica 21.1. BPP upitnik i radni list ..... 708
Tablica 21.2. BPP ocjenjivački list ..... 709

# Indeks


## A

A–B–C pristup 566
A–B–C pristup klasifikacije zaliha 595, 605
AB Produkt 163
Aditivni model sezonalnosti 376
Agregatni plan 482
Agregatni plan proizvodnje 475
Agregatno planiranje 328, 433, 475
Agresivna tržišna strategija 475
Airbnb 201
Airbus a380 101
Air traffic controller school 511
Aktivnost ili operacija 147
Alati kvalitete 279
Alati operativnog savjetovanja 714
Alati za operacijsko savjetovanje 705
Analiza dionika 711
Analiza okruženja 222
Analiza podataka 710
Analiza procesa 662
Analiza proizvodne kompatibilnosti 78
Analiza radnika 222
Analiza raskoraka 706
Analiza troškova 710
Analiza tržišta 78
Analiza uskih grla 710
Analiza vrijednosti (engl. Value analysis) 85, 86, 98
Analiza zadataka 222
Andon 690
Anketiranje zaposlenih 706
Asocijativni modeli 338, 383, 386
Atributivna karakteristika kvalitete 260, 279, 296, 317
Automatizacija 96

## B

Balansiranje 147
Balansiranje linije 177
Baldrige nagrada za kvalitetu (engl. Malcolm baldrige national quality award) 279
Benchmarking 98
Beskonačna dužina repa 652
Beskonačna populacija 631, 652
Beskonačnog opterećivanja (engl. Infinite loading) 484, 506
Bezkontaktno plaćanje 119
Bihevioralni pristup oblikovanju posla 248
Blokiranje 147
BPP ocjenjivački list 709
BPP upitnik i radni list 708
Broja ciklusa 580
Broj narudžbi u jedinici vremena 575
Broj poslužitelja 633
Bruto potrebe (engl. Gross requirements) 609, 621
Brza procjena postrojenja, bpp (engl. Rapid plant assesment, rpa) 707
Brzina (pro)toka (engl. Flow rate) 132, 147
Buka 230

## C

CAD/CAM 15, 84
Centar gravitacije 420
Cijena kvalitete 279
Ciklično terminiranje 501
Ciklusi 339
Ciklus usluge 92
Ciljevi agregatnog planiranja 475
Ciljevi vezani uz ishode/resurse 40
Ciljna vrijednost 317
Cilj prognoziranja 332, 386
Cilj upravljanja repovima čekanja 652
Cilj upravljanja zalihama 595
CIM 15
c - kontrolne karte 314
CNC (engl. computer numerical control) 84, 183, 195
CPM (engl. critical path method) 529, 543, 711
CRM 15
Crni pojasevi (engl. Black belts) 690
Crosby B. Philip 279
Crtanje dijagrama toka procesa 127

## Ć

Ćelijski raspored sredstava za rad 180, 183

## Č

4. industrijska revolucija 67, 68
4P model Toyotinog proizvodnog sustava 676
4V 35
Čimbenik tolerancije 242

## D

Defanzivna tržišna strategija 475
Delphi metoda 384, 386
Deming 279
Demingova nagrada za kvalitetu (engl. Deming prize) 274, 279
Demingov ciklus 279
Deming W. Edwards 279
DIAOV 690
DIAUK 690
Digitalne platforme 192
Dijagram toka 233, 279, 690, 710
Dijagram zaduženja 711
Dijagram rasipanja (korelacije) 279, 690
Dijagram uzroka ili posljedice 279, 690
Dinamičnost djelatnosti 438
Dinamičnost tehnološkog razvoja 28
Disciplina repa 632, 653
Diskontinuirane vrijednosti karakteristika 305
Disruptivne tehnologije 199, 213
Distribucija dolazaka 631, 652
Distribucija usluživanja 636, 653
Dizagregiranje 434
Dizajnirani kapacitet 396, 424
Djelotvornost 20
Dodatni (menadžerskih) alati kvalitete 273
Društvena odgovornost 66
Društveno odgovorno poslovanje 68
Dugoročne prognoze 386
Dugoročno planiranje kapaciteta 399, 400
Dugoročno upravljanje 27
Dužina repa 632, 653

## E

Economies of scope 35
Efektivni kapacitet 396, 424
Efektivno i efikasno upravljanje resursima 28
Efektivno raspoloživi kapacitet 9
Efektivnost 8
Efikasan razmjer aktivnosti (engl. Minimum efficient scale, mes) 191
Efikasnost 8, 9, 434
Efikasnost kapaciteta 396, 424
Efikasnost opreme 396
Efikasno upravljanje zalihama 595
Ekološka održivost 66
Ekološko oblikovanje (engl. Ecodesign) 66, 68, 98
Ekonomična količina narudžbe (engl. Economic order quantity, eoq) 559, 573, 574, 595
Ekonomična količina proizvodnje 486, 578
Ekonomije dijeljena 46
Ekonomske odrednice agregatnog planiranja 441
Eksponencijalna distribucija 636
Eksponencijalno izglađivanje 356
Eksterna priprema 142
Eksterni troškovi loše kvalitete 272
Ekvivalentna jedinica proizvoda 475
Elementarni pokreti f. Gilbretha 237
Elementi dobre prognoze 386
Eliminacija gubitaka 676
Eliminacija duplih poslova 142
Europska nagrada za kvalitetu (engl. European quality aword) 275, 279
Evidencijska lista 279

## F

Fantomske sastavnice 621
Faza rasta 76
Faza zrelosti 76
Faze operacijskog savjetovanja 714
Faze razvoja novog proizvoda 76
Feigenbaum v. Armand 279
Fiksna automatizacija 120
Fiksna lokacija 183
Fiktivna aktivnost 556
Financijska analiza 78
Fizički kapaciteti proizvodnje 436
Fleksibilizacija 19
Fleksibilna automatizacija 120
Fleksibilni proizvodni sustavi 37, 46
Fleksibilnost ponude 60
Fokusiranje proizvodnog/uslužnog programa 46
FPS 37
Funkcija cilja 475
Funkcionalni raspored sredstava za rad 160, 161, 183
Funkcionalno oblikovanje proizvoda (engl. Functional design) 98
Funkcionalnost 79

## G

Ganttov dijagram (gantogram) 526, 543, 711
Gladovanje 147
Glavni plan (engl. Master plan) 434, 475, 621
Glavni proizvodni raspored 483

Globalno praćenje loše kvalitete 306
Godišnji trošak držanja zaliha 575, 580
Godišnji trošak naručivanja zaliha 575
Godišnji trošak postavljanja proizvodnje 580
Grafička metoda 475
Granice procesa 126
Granice rasipanja 296
Gruba provjera kapaciteta 483
Grupni raspored sredstava za rad 180, 181
Grupno oblikovanje 68

## H

Higijenski ili ekstrinzični čimbenici 248
Hijerarhija unutar konzultantske organizacije 714
Histogram 280

## I

Implicitna operacijska strategija 46
Indeks sposobnosti procesa (engl. Potential capability) 293, 317
Industrijska revolucija 14
Industrijski robot 68
Industrijsko oblikovanje 54, 68
Industry 4.0 67
Informacije (varijable) u agregatnom planiranju 440
Informacijski zahtjevi 438
Input-output kontrola 488, 506
Integralna proizvodnost 9
Interna priprema 142
Interni troškovi loše kvalitete 272
Intuitivne (vizualne) metode 449
Investicijsko održavanje 207
Inženjering vrijednosti (engl. Value engineering) 85, 98
Ishikawa dijagram ili riblja kost ili dijagram uzroka i posljedice 280
Ishikawa kaoru 280
Iskorištenost 147
Iskorištenost kapaciteta 424
Iskorištenost opreme 13
Iskorištenost sustava 653
ISO 9000 certificiranju 699
Ispravljanje uzroka loše kvalitete 262
Istodobni inženjering (engl. Concurrent engineering) 78, 83, 98
Istovjetnost komponenti (engl. Component commonalitiy) 83, 98
Istraživanje i razvoj 68, 77
Istraživanje i razvoj proizvoda 53
Istraživanje tržišta 385, 386
Izbor jedinice mjere 288
Izbor lokacije maloprodaje 411
Izbor lokacije uslužnih poduzeća 411
Izbor mjerila karakteristika kvalitete 289
Izbor predmeta kontrole 288
Izbor procesa 126
Izbor procesa u uslužnim djelatnostima 117
Izbor proizvoda 78, 98
Izbor senzora 288
Izbor tipa procesa 116
Izrada prototipa 85, 98
Izvedivost (engl. Feasibility) 434
Izvor konkurentskih prednosti 55

## J

Jedan poslužitelj – jedna faza 634
Jedan poslužitelj – više faza 634
Jedinica 126
Jedinica ekvivalentnog proizvoda/usluge 439
JIT 15
Johnsonovo pravilo. 490
Juran M. Joseph 280

## K

Kanban 617 , 621, 663, 690
Kapacitet 10, 20, 395, 424
Kapacitet najslabije karike 12
Kapital 9
Karakteristike dolazaka 630, 653
Karakteristike prognoze 386
Karakteristike repa čekanja 632, 653
Karakteristike uslužnog sustava 653
Karta radnik-stroj 235
Kašnjenje 506
Kastomizacija 15
Ključni pokazatelji ishoda (kpi) 37, 43, 46
Kompenzacija 248
Komponente vremenske serije 339
Konačna dužina repa 653
Konačna populacija 653
Konačni ili ograničeni izvor – m/m/1 649
Konačni raspored 483
Konačno opterećenje (engl. Finite loading), 484, 506
Konačno oblikovanje 85
Konačno oblikovanje proizvoda 98
Konstante izglađivanja α 366
Konstantno vrijeme usluživanja 636
Konstanta izglađivanja beta (β) 366
Konstrukcijska priprema 58, 69

Kontinuirana poboljšanja 662
Kontinuirana proizvodnja (engl. Continous process) 122
Kontinuirani sustav zaliha 571, 573, 595
Kontinuirani tip procesa 112
Kontinuirano poboljšanje (kaizen) 280, 663
Kontrola kvalitete 261, 287, 317
Kontrola kvalitete uzorkovanjem 280
Kontrola projekta 541, 543
Kontrolne granice 317
Kontrolne karte 280, 295, 317, 710
Konzistentnost 27
Koraci u procesu prognoziranja 334, 387
Korektivno održavanje 207, 213
Kratkoročne prognoze 386
Kratkoročno planiranje kapaciteta 399, 402
Kriteriji za izbor lokacije 407
Kritične aktivnosti 524
Kritične točke 289
Kritični omjer 492
Kritični put (engl. Critical path) 524, 537, 543
Krug kvalitete 280
K-sastavnice 621
Kuća kvalitete (engl. House of quality) 98
Kumulativna vrijednost pogrešaka 387
Kvalitativni pristup prognoziranju 387
Kvaliteta procesa 280
Kvaliteta proizvoda/usluge 280
Kvaliteta sa stajališta potrošača 256
Kvaliteta sa stajališta proizvođača 256
Kvantitativni pristup prognoziranju 387

## L

Lancôme 3D pisač 78
La Roche-Posay 78
lean-menadžment 58
Lekin® 490
Linearni odnos 475
Linearno programiranje 475, 476
Linijski model 34
Linijski sustav 36, 46
Linijski tok 122
Lokacija poduzeća 404, 425
Lokacijska analiza troškova i količine 412
L'Oréal 78

## M

Majstorski crni pojas 690
Maksimalne zalihe 580, 592
Malcolm Baldrige nagrada za kvalitetu 274
Masovne usluge 119
Masovno prilagođavanje (engl. Mass customization) 122
Matrica usluga 95
Mc Donalds 500
Metoda centra gravitacije 419, 425
Metoda eksponencijalnog izglađivanja 387
Metoda linearne regresije 383, 388
Metoda lokacijske analize troškova i količine (obujma) 425
Metoda najmanjih kvadrata 388
Metoda ocjene čimbenika 417, 425
Metoda optimizacije 455
Metoda pomičnog prosjeka 347, 387
Metoda ponderiranog pomičnog prosjeka 387
Metoda projekcije trenda 361, 387
Metoda redukcije 490
Metoda unaprijed određenih vremena 248
Metoda višestruke regresije 383, 388
Metode agregatnog planiranja 476
Metode mjerenja vremena (engl. Methods time measurement association, mtm) 243
Metode mrežnog planiranja 528, 543
Metode razvoja proizvoda 86
Metode sezonalnosti 371
Metode terminiranja projekata 526
Metoda najmanjih kvadrata 361
Microsoft project 711
Mišljenje kupaca 706
Mišljenje stručnjaka 384, 388
Mjerenje kapaciteta 396
Mjerenje performansi procesa 131
Mjerenje štopericom 239
Mjerenje stvarnog ispunjavanja funkcije 288
Mjere točnosti prognoze 387
Model ekonomične količine narudžbe 596
Model ekonomične količine proizvodnje 596
Modeli upravljanja 595
Modeli upravljanja zalihama 559
Modeli vremenskih serija 338, 387
Model kontinuiranog nadzora zaliha (engl. Continuous review, Q system) 559
Model M/D/1 646
Model M/M/1 638
Model M/M/S 641
Model pet sila 707
Model popusti na količinu 596
Model povremenog nadzora zaliha (engl. periodic review, P system), 559
Model proizvodnje 475
Modularizacija 96

Modularne sastavnice 607, 621
Modularno oblikovanje (engl. modular design) 69, 82, 98
Motivatori ili intrinzični čimbenici 248
Motorola 667
Mrežni dijagram (engl. network diagram) 524, 543
Mrežni dijagram orijentiran aktivnostima 528
Mrežni dijagram orijentiran događajima 528
MRP II 15
Mrtvo vrijeme 176
MS Project 542
Muda 677, 690
Multiplikativni model sezonalnosti 376
Mura 677, 690
Muri 677, 690

## N

Načelo „čekaj i vidi“ 208
Načelo održavanja prema stanju 208
Načelo oportunističkog održavanja 208
Načelo predviđenog održavanja 208
Načelo preventivnog održavanja 208
Načelo (princip) racionalnosti 20
Načelo protoka 20
Načelo stalnog (kontinuiranog) poboljšanja 69
Načelo ujednačavanje (standardizacije) 46
Nacrt usluge 93, 98
Nadzorne ploče 711
Nagrade za kvalitetu 274
Nagrađivanje (kompenzacija) 232
Naivna metoda 339, 388
Najkasnije vrijeme događaja 532
Najkraće preostalo vrijeme 492
Najkraće preostalo vrijeme po operaciji 492
Najkraće vrijeme obrade 483, 492
Najkraći rok završetka (nrz) 483
Najmanji broj prethodnika 178
Najranije vrijeme događaja (vr) 532
Nasumice (engl. Random) 506
Nasumični (slučajni) dolasci 631
Natprosječna kvaliteta 30
Nedostaci držanja zaliha 563
Neiskorišteni kapacitet 12
Nekontinuirana poboljšanja 662
Neograničena dužina repa 653
Neograničena populacija 653
Nepovratni troškovi (engl. Sunk costs) 213
Nepravilne varijacije 339
Neto potrebe (engl. net requirements) 609, 621
Nike ID 112
Niska razina zaliha (engl. understocking) 563
Normalno vrijeme 241
Nove tehnologije 77
np - kontrolne karte 308

## O

Oblikovanje 53, 69, 73, 79
Oblikovanje lanca opskrbe 64, 69
Oblikovanje forme proizvoda (engl. form design) 99
Oblikovanje posla 221, 248
Oblikovanje proizvoda ili usluge 99
Oblikovanje proizvoda i procesa 15
Oblikovanje proizvodnje 82
Oblikovanje sustava kontrole kvalitete 289
Oblikovanje u operacijskom menadžmentu 53
Oblikovanje usluge 91
Oblikovanje uslužnog procesa 99
Oblikovanje uslužnog sustava 653
Oblikovanje za proizvodnju (engl. Design for manufacture) 83, 99
Obogaćenje posla 248
Obrnuti inženjering (engl. Reverse engineering) 99
Obuhvat agregatnog planiranja 435
Očekivana potražnja 332, 388
Očekivano vrijeme 530
Odgoda prilagodbe 96
Odluka o opsegu kontrole kvalitete 290
Odluka o tome tko obavlja kontrolu kvalitete 290
Odluke o alokaciji resursa 32
Odluke o izboru tehnoloških procesa i tehnologije 32
Odluke o veličini, lokaciji i rasporedu kapaciteta 32
Određivanje redoslijeda poslova 491, 506
Održavanje 191, 213
Održavanje sredstava i opreme 201
Održavanje sredstava za rad 204
Održavanje usmjereno na pouzdanost (engl. reliability-centered maintenance, RCM) 210
Ograničena dužina repa 653
Ograničena populacija 631, 653
Oluja mozgova 280
Opcija ne raditi ništa 426
Opcija otvaranja nove lokacije uz zadržavanje stare 426
Opcija proširenja postojećeg pogona 425
Opcija zatvaranja trenutne lokacije i preseljenja na novu 426
Opći (operacijski) cilj 46
Opći postupak razvoja novog proizvoda 76
Operacijska izvrsnost 14

Operacijska strategija 27, 28, 47
Operacijski menadžment 20
Operacijski plan 43
Operacijski proces 3, 20
Operacijski sustav 20
Operacijsko savjetovanje 695, 714
Operacionalizacija 40
Operacionalizacija operacijske strategije 46
Operativna priprema 58, 69
Opterećivanje 483, 506
Opterećivanje poslovima 490
Optimalna razina proizvodnje 456
Optimalno rješenje problema 476
Optimalno vrijeme proizvodnje 580
Optimistično vrijeme (a) 530
Optimizacija korištenja raspoloživih resursa 436
Organigrami 710
Organizacijsko oblikovanje 69
Osnovni alati kvalitete 273
Osnovni simboli za crtanje dijagrama toka 127
Osvijetljenost 230

## P

5 P operacijsko savjetovanje 699, 714
5S 663
Paket pod-usluga 18
PAPP 337
Parcijalna proizvodnost 9
Pareto dijagram 280, 687, 690
Periodični sustav 571
PERT-COST 536
PERT (engl. program evaluation and review technique) 529, 543, 711
Pesimistično vrijeme (b) 530
p - kontrolne karte 306, 317
PKP 337
Plaćanje po satu 232
Plaćanje po učinku 232
Planirane lansirane narudžbe (engl. Planned-order releases) 609, 621
Planirani primitak narudžbe (engl. Plenned-order receipt) 609, 621
Planiranje 18, 426
Planiranje kapaciteta 328, 395, 426, 483
Planiranje potreba materijala 15
Planiranje projekta 524, 543
Planiranje resursa poduzeća, PRP (engl. Enterprise resource planning, ERP) 481
Plan potjere potražnje 403
Plan razine kapaciteta 402
PNPD krug 675
Poboljšanje operacija 661
Poboljšanje procesa 141
Početni kvarovi 213
Podkapacitiranost 10
Područje dozvoljenih rješenja 476
Podugovaranje 404
Pogodnost za održavanje (održivost) (engl. Maintainability) 80, 99, 203, 213
Pohrana podataka u oblaku (engl. Cloud storrage) 192
Poissonova distribucija 636
Pojednostavljenje (engl. Simplification) 82, 99
Politika asortimana 448
Politike zaliha 15
Ponašanje korisnika sustava 631
Ponavljajuća proizvodnja (engl. Repetitive process) 122
Ponderirani pomični prosjek 352
Ponderirano najkraće vrijeme obrade 492
Popis aktivnosti 527
Popusti na količinu 583
Poslovna strategija 47
Poslovno usmjereno održavanje (engl. Business centered maintenance, BCM) 210, 211
Poslužitelji 653
Postavljanje cilja za predmet kontrole 288
Postupak razvoja i oblikovanja novog proizvoda 76
Postupak skraćivanja 539
Potpuno proizvodno održavanje (engl. Total productive maintenance, TPM) 210, 211
Potpuno upravljanje kvalitetom (engl. Total quality management, TQM) 211, 663, 664
Potrebni kapacitet (PK) 133, 147
Pouzdanost (engl. reliability) 79, 99, 202, 213
Pouzdanost sustava 80
Povećanje posla 248
Povijesna metoda 249
Prateći signal (PS) 337, 388
Pravac najmanjih kvadrata 361, 388
Pravila crtanja mrežnog dijagrama 556
Pravila prioriteta 492, 506
Pravila za pružanje usluge 632
Pravilo kritični omjer, KO (engl. critical ratio, CR) 507
Pravilo najkraće preostalo vrijeme, NOV (engl. slack time remaining, STR) 506
Pravilo najkraće preostalo vrijeme po operaciji, NOV/O 506
Pravilo najkraće vrijeme obrade, NVO 506
Pravilo ponderirano najkraće vrijeme obrade, PNVO

506
Pravilo prvi došao prvi poslužen, PDPP 483, 492, 506
Pravilo prvi krajnji rok, PKR (engl. earliest due date, EDD) 492, 506
Pravilo redukcije 520
Pravilo zadnji došao prvi poslužen, ZDPP (engl. last come, first served, LCFS) 492, 507
Prednosti držanja zaliha 563
Predodređeno održavanje 207, 213
Prekidani tok 122
Prekomjerne zalihe (engl. overstocking) 564
Prekovremeno radno vrijeme 403
Preoblikovanje postojećih poslova 233
Preoblikovanje procesa 662
Preporuke za poboljšanje 141
Prethodno oblikovanje proizvoda 78, 99
Prethodno oblikovanje proizvodnje (engl. production design) 99
Preventivno održavanje 207, 213
Prihodi 442
Prikladnost za upotrebu (engl. Fit for use) 257
Prikupljanje podataka 707
Primarna izvješća 614
Primavera Project Planer 711
Primopredajni kanban 621
Princip ekonomije razmjera aktivnosti 35
Princip protoka 10
Princip racionalnosti 8
Prioritetno planiranje 483
Prirodna varijacija 317
Prirodni uzrok varijacije 291
Pristupi održavanju 210
Privremena radna snaga 403
Proces 147
Procesna proizvodnja 112
Proces oblikovanja 55
Proces pod kontrolom 317
Proces pretvorbe 3
Proces savjetovanja 703
Proces van kontrole 317
Procjena dobiti 710
Procjena održivosti i životnog ciklusa (engl. sustainability and life cycle assessment) 85, 99
Production service sistem, PSS 39
Profesionalne usluge 119
Prognostička pogreška 335, 388
Prognoza prodaje 384, 388
Prognoziranje 328, 331
Prognoziranje prodaje 15
Programibilna automatizacija 120
Proizvodni kanban 621
Proizvodni plan 483
Proizvodni poslovni sustav 17
Proizvodni sustav 21
Proizvodnja linijskog toka 174
Proizvodnja po narudžbi 15
Proizvodnja u serijama (engl. batch process) 122
Proizvodno orijentirani raspored sredstava za rad 171
Proizvodno orijentirani sustav 183
Proizvodnost 8, 9, 20
Proizvodno-uslužni sustavi 19
Projektiranje 54
Projektni tip procesa 113
Proširenje posla 228
Prosječna kvadrirana pogreška (PKP) 337
Prosječni apsolutni postotak pogrešaka (PAPP) 337
Prosječne zalihe 580
Prosječno apsolutno odstupanje pogrešaka prognoziranja, PAOP 336
Prosječno vrijeme funkcioniranja proizvoda od jednog do drugog kvara 80
Prostorni raspored 159
Prostorni raspored opreme 54
Prouzrokovani kvarovi 213
Provedbeni cilj 47
PS 337
Put 524

## R

Računalno oblikovanje 54
Računalom podržano oblikovanje/računalom podržana proizvodnja, RPO/RPP 84
Računalom upravljani strojevi 84
Radionički proces (engl. job shop process) 122
Radionički sustav 47
Radna ćelija 690
Radna dokumentacija 58
Radne zalihe 126
Radni uvjeti 230, 249
Radno intenzivni procesi 507
Radno vrijeme 231
Raspoloživa količina proizvodnje 132, 177
Raspoloživi kapacitet 132, 147
Raspoloživost 99, 203, 213
Raspored proizvodnje s fiksnom lokacijom 181
Raspoređivanje unaprijed 507
Raspoređivanje unatrag 507
Raspored sredstava za rad u maloprodaji, 167
Ravnoteža operacijskih i poslovnih ciljeva 39

Razina usluge 588
Razine efikasnosti 8
Razumijevanje procesa 125
Razvoj novog proizvoda 53
Razvoj funkcije kvalitete (engl. quality function development, QFD) 86
Razvoj nove usluge 93
Razvoj novih poslova 233
Razvoj novog proizvoda 53
Razvoj operacijskog sustava 27
Razvoj rješenja 710
Reakcija na tržišne promjene 30
Realno vrijeme (m) 530
Recikliranje 91
Reinženjering poslovnih procesa 663, 690
Rep čekanja 653
RFID (engl. radio-frequency identification) 119, 573
Roba na skladištu i u dolasku (engl. projected on hand) 609, 621
Robusno oblikovanje (engl. robust design) 83, 99
Rotacija poslova 229, 249
RPO/RPP alati 69

## S

SAP 699
Sardina d.o.o 318
Sastavnica proizvoda 621
SCM 15
Senzor 317
Sezonalnost 339
Sezonske varijacije 388
Sezonski indeks 371, 388
Shewhart A. Walter 280
Shingo Shigeo 280
Sigurnosne zalihe 587
Sigurnost radnika 231
Simultano oblikovanje 69
Sistemska (prenosiva) varijacija 317
Sistemski uzrok varijacije 291
Skraćivanje projekta (PERT-COST) 536, 543
Složeni operacijski sustav 35, 36, 47
Složenost poslovanja 438
Slučajne varijacije 339
Slučajni kvarovi 213
Smanjiti smetnje i prekide 142
Smanjiti vrijeme za promjenu serije 142
Sociotehnički pristup oblikovanju posla 249
Sortirni centar Hrvatske pošte 122
Specifikacija 317
Specijalizacija 18
Specijalizirana proizvodna linija 29
Specijalizirane sastavnice 607
Sposobnost procesa 292, 317
Srednje vrijeme između kvarova, SVIK (engl. mean time between failure, MTBF) 80, 99
Srednje vrijeme popravka, SVP (engl. mean time to repair, MTTR). 99
Srednjoročne prognoze 388
Srednjoročno planiranje kapaciteta 399, 402
Stabilan proces 290, 318
Stablo problema 705
Standardizacija (engl. standardization) 18, 82, 100
Standard kvalitete 261, 280
Standardne razine kvalitete 9
Standardno vrijeme 238, 249
Statistička kontrola kvalitete 318
Statistička kontrola procesa 280, 290, 318
Statistički alati 710
Stavke nezavisne potražnje 596
Stavke zavisne potražnje 596
Stopa dolazaka 653
Stopa kvara 100
Stopa potražnje 586
Stopa usluživanja 654
Sto postotna kontrola kvalitete 281
Strategija kapaciteta koji zaostaje 401, 426
Strategija prilagođavanja potražnji (engl. chase strategy) 476
Strategija proizvodnog vodstva 47
Strategija prosječnog kapaciteta 401, 426
Strategija stabilnih prihoda 476
Strategija troškovnog vodstva 47
Strategija vodećeg kapaciteta 401, 426
Strateška alternativa 47
Strateška ograničenja 35
Strateški horizont 47
Strateško planiranje kapaciteta 398
Strojno intenzivni procesi 507
Struktura projekta 543
Strukturno praćenje loše kvalitete 306
Studij pokreta 224, 235, 249
Studij rada 249
Studij vremena 224, 238, 249
Studij vremena i pokreta 15
Stupanj iskorištenost kapaciteta 133, 397
Stvaranje (generiranje) ideja 77, 100
Sukladnost sa specifikacijama 258
Suma vremena trajanja rada 126
Sustav brze zamjene alata (engl. single minute exchange of die, SMED) 181, 183, 211
Sustav klasifikacije zaliha 566

Sustav kontrole kvalitete 318
Sustav periodičnog nadgledanja zaliha 592
Sustav planiranja potreba materijala 621
Sustav povlačenja (engl. pull system) 691
Sustav repova čekanja 630, 654
Sustav upravljanja upravo na vrijeme 621
Sustav praćenja zaliha 564
SVIK (engl. mean time between failure, MTBF) 80
*Svežanj* roba i usluga *(engl. product bundle) 94*
Svrha kontrole kvalitete 287

## Š

Šest sigma 663, 691, 699
Širi tim projekta poboljšanja 146
Škart 287

## T

3M 676
Taguchi Genichi 281
Taguchi metoda 281
Taylor W. Frederic 281
Tehnologija 191, 213
Tehnologija virtualne stvarnosti 84
Tehnološka priprema 58, 69
Tehnološke inovacije 119
Tekuće održavanje 207
Temperatura i vlažnost 231
Teorija lokacije 426
Terminiranje 328, 481, 483
Terminiranje linijskih procesa 486
Terminiranje prekidanih procesa 487
Terminiranje projekata 499, 526, 543
Terminiranje unaprijed (engl. forward scheduling) 485
Terminiranje unatrag (engl. backward scheduling) 485
Terminiranje usluga 500
Testiranje 85
Testiranje proizvoda 100
Težinski centar gravitacije 420
Točka ponovne narudžbe 586, 597
Točno na vrijeme (engl. Just in time, JIT) 559
Točnost prognoze 335
Trajnost 203, 213
Trans European Plastics 507
Transportni intenzitet 183
Trend 339
Trenutak istine 92, 96
Trošak držanja zaliha 565, 596
Trošak kupnje 565, 596
Trošak kvalitete 281
Trošak naručivanja 564, 565, 596
Trošak nedostatka zaliha 566, 597
Troškovi 442
Troškovi držanja zaliha 564
Troškovi loše kvalitete 272
Troškovi ocjene 272
Troškovi osiguranja kvalitete 271
Troškovi povezani s čekanjem 628
Troškovi povezani s čekanjem usluge 654
Troškovi povezani s kapacitetima 629, 654
Troškovi preventive 271
Troškovi zaliha 565, 596
Troškovno vodstvo 37
Tržište operacijskog savjetovanja 695
Tumačenje razlike između stvarnog ispunjavanja funkcije i cilja 288

## U

Uber 201
Učestalosti uzimanja uzoraka 296
Udio vremena rada u ukupnom vremenu 203
u - kontrolne karte 310
Ukupno raspoloživo vrijeme 177
Ukupno vrijeme obrade (vrijeme protoka) 133
Ulazno – izlazna kontrola 488
Unaprjeđenja 661
Upotrebljivost (engl. Usability) 81, 100
Upravljanja zalihama u nezavisnoj potražnji 571
Upravljanje poslovnim procesima (engl. Business process management, bpm) 698
Upravljanje potražnjom 404, 426, 436
Upravljanje projektima 329, 523
Upravljanje repovima čekanja 329, 627
Upravljanje zalihama u nezavisnoj potražnji 329, 559
Upravljanje zalihama u zavisnoj potražnji 329
Upravo na vrijeme, UNV (engl. just in time, JIT) 211, 281, 663
Uravnotežena brzina 176
Uravnoteženi pokazatelji 711
Uravnoteženje linije 177
Usklađivanje proizvodnje i potražnje 442
Usko grlo (UG) 12, 21, 132, 147
Uslužna trgovina (radionica) 119
Uslužna tvornica 119
Uslužni poslovni sustav 17
Uslužni sustav 21
Uslužno orijentirani proizvodni sustavi 39
Uzorkovanje 281, 318

Uzorkovanje rada (metoda trenutačnih zapažanja) 243, 249, 709

## V

Varijabilne karakteristike kvalitete 296, 318
Varijabilne značajke kvalitete 260, 281
Varijabilnost procesa 290, 318
Veličina populacije 630, 654
Veličina uzorka 295
Velikoserijska masovna proizvodnja 112
Vichy Skin Consult 78
Video igra God of War 76
Više poslužitelja – jedna faza 634
Više poslužitelja – više faza 634
Vitka proizvodnja (engl. lean production) 192, 211, 678
Vitka sigma (engl. lean sigma) 663
Vitki sustav (engl. lean) 691
Vlasnici projekta 145
Vođa projekta 145
Vremenska rezerva (engl. slack time) 543
Vremenska serija 388
Vremenski horizont 332
Vremenski standardi 243
Vremenski uzrokovani kvarovi 213
Vrijednosni lanc 16, 21
Vrijeme ciklusa (engl. Work ili task cycle) 132, 147, 174, 177, 183
Vrijeme isporuke 565
Vrijeme između narudžbi u jedinici vremena 576
Vrijeme nerada 403
Vrijeme operacije (VO, engl. operation time) 131, 147
Vrijeme pripreme proizvodnje (engl. setup time) 131
Vrijeme protoka ili ukupno vrijeme obrade (engl. throughput time) 147
Vrijeme rada (engl. run time) 131
Vrijeme takta 691
Vrijeme toka (trajanje) 507
Vrijeme trajanja procesa 126
Vršna opterećenja 440
Vršna razina proizvodnje 476
Vrste održavanja 207
Vrste operacijskog savjetovanja 697
Vrste zaliha 560, 597

## X

XR kontrolne karte 297
X Sigma - kontrolna karta 302

## Z

Zadana ograničenja 456
Zalihe 597
Zalihe dijelova i poluproizvoda 597
Zalihe gotovih proizvoda 597
Zalihe – maksimalne 598
Zalihe – minimalne 597
Zalihe – nekurentne 598
Zalihe – optimalne 597
Zalihe – prosječne 597
Zalihe – sezonske 598
Zalihe – sigurnosne 598
Zalihe sirovina i materijala 597
Zalihe – špekulativne 598
Zalihe za održavanje / popravak / operativnu opskrbu 597
Zapisi o zalihama 608, 621
Zaštita na radu 231
Zelena potrošnja 100
Zelena proizvodnja 90, 100
Zeleni izvori 100
Zeleni pojasevi 691
Značajke kvalitete 281
Značajke kvalitete proizvoda 259
Značajke kvalitete usluga 259
Znanstveni menadžment 223, 249

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM
JOSEPHI GEORGII STROSSMAYER OSIJEKENSIS
**UDŽBENICI SVEUČILIŠTA JOSIPA**
**JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

MANUALIA UNIVERSITATIS
STUDIORUM FLUMINENSIS
**UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U RIJECI**

MANUALIA UNIVERSITATIS
STUDIORUM SPALATENSIS
**UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U SPLITU**

MANUALIA UNVERSITATIS
STUDIORUM ZAGREBIENSIS
**UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

ISBN 978-953-7813-70-3

9 789537 813703

E-izdanje