

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**IZBOLJŠANJE UČINKOVITOSTI PLANIRANJA IN KONTROLE
PROIZVODNJE: PRIMER LINIJE ZA POLNJENJE PLOČEVINK**

Ljubljana, julij 2018

PRIMOŽ MLEKUŠ

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Primož Mlekuš, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom »Izboljšanje učinkovitosti planiranja in kontrole proizvodnje: primer linije za polnjenje pločevink«, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem red. prof. dr. Borutom Rusjanom,

IZJAVLJAM,

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 02.07.2018

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD	1
1 PLANIRANJE IN KONTROLA PROIZVODNJE.....	5
1.1 Opredelitev planiranja in kontrole proizvodnje	5
1.2 Umestitev planiranja in kontrole proizvodnje v menedžment izdelavne poslovne funkcije	6
2 RAZVOJ SISTEMOV PLANIRANJA IN KONTROLE PROIZVODNJE	7
3 PLANIRANJE IN KONTROLA PROIZVODNJE V OSKRBNI VERIGI.....	11
4 SISTEM PLANIRANJA IN KONTROLE PROIZVODNJE V OSKRBNI VERIGI.....	15
4.1 Opredelitev sistema planiranja in kontrole proizvodnje	15
4.2 Splošen sistem planiranja in kontrole proizvodnje – MPC	16
4.2.1 Strateško planiranje	18
4.2.2 Planiranje prodaje in proizvodnje – S&OP	19
4.2.3 Operativno planiranje proizvodnje – MPS in grobo planiranje zmogljivosti - RCCP	22
4.2.4 Planiranje potreb po materialih – MRP in podrobno planiranje zmogljivosti - CRP	26
4.2.5 Terminiranje in kontrola izvedbe proizvodnje – SFC	26
4.3 Uporaba koncepta vitke proizvodnje – JIT v MPC	29
4.3.1 Opredelitev vloge JIT v MPC.....	29
4.3.2 Uporaba glajenja proizvodnje kot primer uporabe JIT v MPC	32
5 PLANIRANJE IN KONTROLA PROIZVODNJE V PODJETJU	35
5.1 Predstavitev podjetja.....	35
5.2 Opis proizvodnje piva in ostalih pijač	36
5.3 Opis polnjenja, pakiranja in logistike ter opis polnilne linije za pločevinke D2	38
5.4 Planiranje in kontrola proizvodnje.....	41
5.4.1 Prikaz planiranja in kontrole proizvodnje v podjetju	41
5.4.2 Planiranje prodaje in proizvodnje – S&OP	43
5.4.3 Optimiziranje S&OP z uporabo linearnega programiranja	44
5.4.4 Operativno planiranje proizvodnje – MPS in grobo planiranje zmogljivosti - RCCP	50
5.4.5 Oblikovanje MPS z metodo glajenja proizvodnje.....	52
5.4.6 Optimiziranje razvrstitve delovnih nalogov	54

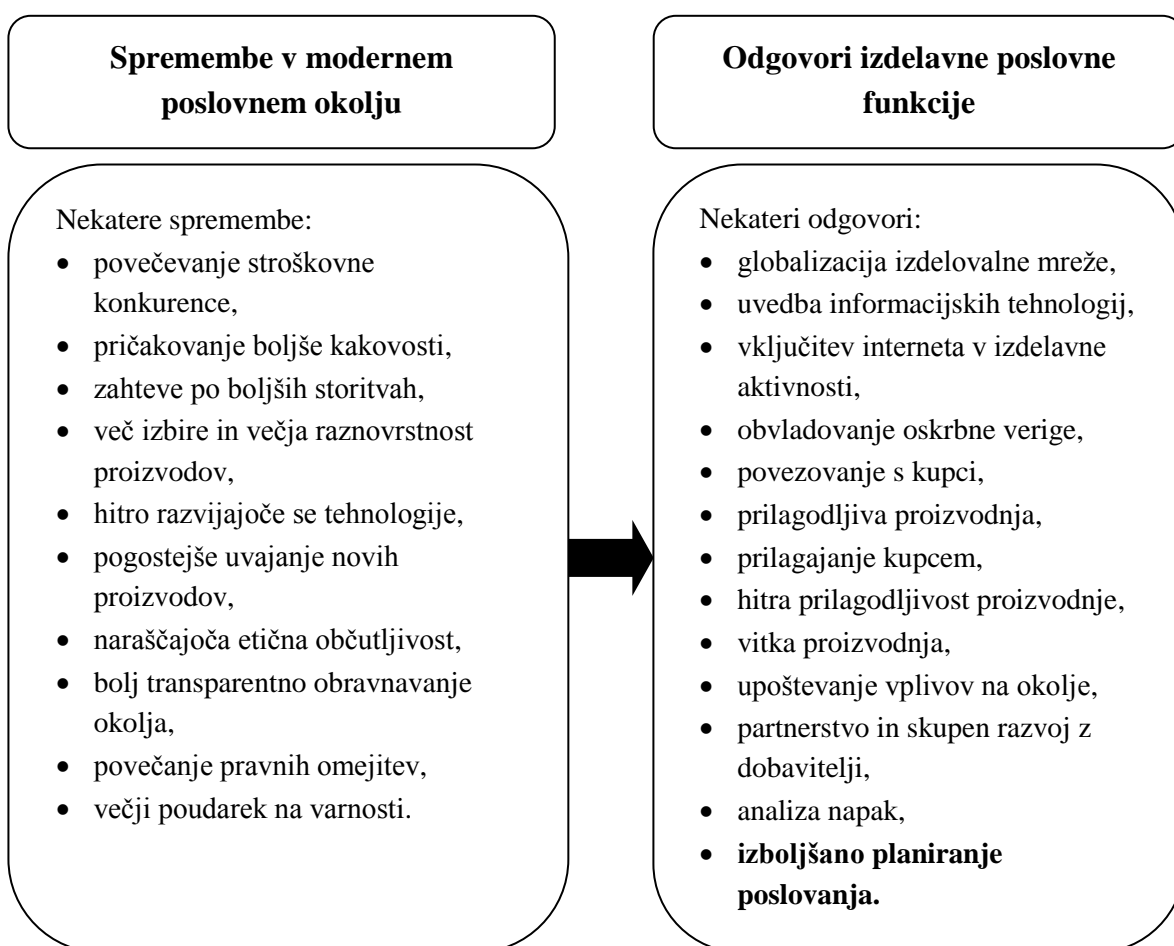
5.4.7	Podrobno planiranje materialov – MRP in kontrola izvajanja MPS	59
SKLEP		59
LITERATURA IN VIRI		61
PRILOGE		
KAZALO TABEL		
Tabela 1: Razvoj planiranja in kontrole proizvodnje		8
Tabela 2: Prilagoditve TSP za uporabo pri razvrščanju delovnih nalogov		28
Tabela 3: Primerjava tradicionalnega pristopa in pristopa JIT v proizvodnji		30
Tabela 4: Prednosti in slabosti JIT		32
Tabela 5: Primerjava optimiziranja stroškov		49
Tabela 6: Izbrani delovni nalogi		56
Tabela 7: Stroški zaradi preurejanja linije med delovnimi nalogi (€).....		57
Tabela 8: Uporaba Excelovih funkcij		57
KAZALO SLIK		
Slika 1: Spremembe v modernem poslovnem okolju in odgovori izdelavne poslovne funkcije		1
Slika 2: Načini in orodja za izboljševanje učinkovitosti izdelavne poslovne funkcije		2
Slika 3: Umestitev planiranja in kontrole proizvodnje v okvir delovanja menedžmenta izdelavne poslovne funkcije.....		7
Slika 4: Hierarhično planiranje MRP II		10
Slika 5: Razvoj sistemov planiranja in kontrole proizvodnje		11
Slika 6: Pretok materiala in informacij		12
Slika 7: Hiša SCM.....		13
Slika 8: Sile za oblikovanje MPC		16
Slika 9: Splošen poenostavljen sistem planiranja in kontrole proizvodnje – MPC		17
Slika 10: Klasifikacija sistemov MPC		18
Slika 11: Proces strateškega planiranja podjetja		19
Slika 12: Prikaz ključnih povezav S&OP z ostalimi vrstami planiranja.....		20
Slika 13: Vložki in izložki pri oblikovanju MPS		22
Slika 14: Primer plana MPS v obliki časovne vrste za eno vrsto končnega proizvoda		23
Slika 15: Odločitve v okviru MPS		24
Slika 16: Terminiranje naprej in nazaj, prikazana z Gantovim diagramom.....		27
Slika 17: Prikaz primera delovnih nalogov in časov oziroma stroškov preurejanj med njimi		29
Slika 18: Razvrstitev končnih proizvodov s pomočjo analiz ABC in XYZ		34

Slika 19: Vpliv SMED na EOQ.....	35
Slika 20: Logotipi posameznih blagovnih znamk	36
Slika 21: Shema linije za polnjenje pločevink – D2.....	40
Slika 22: Planiranje S&OP – optimiziranje stroškov dela zaradi sezonskega vpliva.....	47
Slika 23: Plan prodaje, plan proizvodnje in zaloge po mesecih	48
Slika 24: Delovne ure v rednem delovnem času in nadure po mesecih	49
Slika 25: Primer MPS v SAP R3 transakciji MF 50	51
Slika 26: Primer delovnega naloga v SAP.....	52
Slika 27: Primer analize ABC-XYZ.....	53
Slika 28: Primer glajene proizvodnje po tednih (KT) v hl kot osnova za izdelavo MPS.....	54
Slika 29: Optimiziranje zaporedja delovnih nalogov z Excel reševalcem	58
Slika 30: Primer primerjave planiranih in proizvedenih količin na delovnih nalogih v SAP.....	59

UVOD

Proizvodna podjetja so vedno iskala poti za izboljšanje konkurenčnosti. V prvi polovici 20. stoletja je bila učinkovitost na izvedbeni ravni dovolj za uspešno poslovanje. Z razvojem in povečevanjem konkurence so bila proizvodna podjetja prisiljena iskati nove poti za izboljšanje poslovanja. Pri tem so morala poleg notranjega okolja začeti upoštevati tudi zunanje okolje podjetja. Danes morajo biti konkurenčna na veliko področjih, kot so kakovost, dobavljivost, stroškovna učinkovitost in prilagodljivost. Zato morajo ustrezno **planirati in kontrolirati proizvodnjo** kot sestavni del planiranja poslovanja. Ker postaja poslovno okolje vedno zahtevnejše in se dobavni roki in življenjski cikli proizvodov krajšajo ter morajo biti proizvodni viri izkoriščeni učinkoviteje, postajata tudi planiranje in kontrola proizvodnje vedno zahtevnejše (Olhager, 2013, str. 6836). Kot je razvidno s Slike 1, je izboljšano planiranje poslovanja del odgovora izdelavne poslovne funkcije na spremembe v modernem poslovnem okolju.

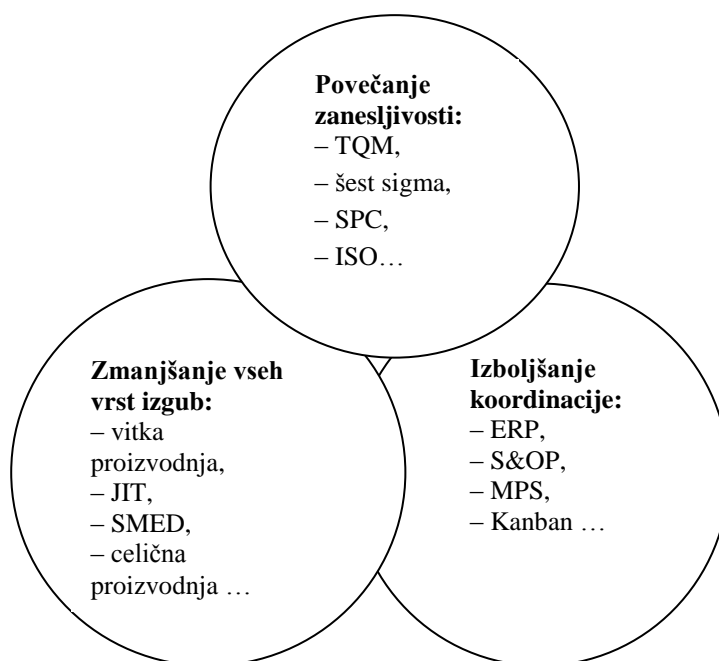
Slika 1: Spremembe v modernem poslovnem okolju in odgovori izdelavne poslovne funkcije



Vir: N. Slack, S. Chambers, & R. Johnston, *Operations Management*, 2010, str. 11.

V modernem času menedžment izdelavne poslovne funkcije ni več izolirana funkcija pretvorbe virov v končne proizvode, ampak postaja sestavni del kompleksne oskrbne verige od dobaviteljev do izdelovalcev in kupcev (Waller, 1999, str. 1). Če želijo biti proizvodna podjetja konkurenčna, se morajo osredotočiti na svojo osnovno dejavnost, ki jo najbolj obvladujejo. Ker ne morejo obvladovati celotne oskrbne verige, morajo sodelovati in se dopolnjevati z ostalimi podjetji. Pri tem sta integracija in koordinacija največja izziva (Stadtler & Kilger, 2008, str. 2). Kot prikazuje Slika 2, lahko na učinkovitost izdelavne poslovne funkcije vplivamo s povečanjem zanesljivosti delovanja, zmanjšanjem vseh vrst izgub in izboljšanjem koordinacije. Seveda lahko prihaja do prepletanja posameznih kategorij. Kot primer lahko izboljšanje kakovosti poveča zanesljivost in hkrati zmanjša izgube (Wallace & Stahl, 2003, str. 1–2). Pri tem imata planiranje in kontrola proizvodnje vpliv predvsem na izboljšanje koordinacije in delno na zmanjšanje izgub in časa. Posamezna orodja oziroma elemente lahko združimo v **sistem planiranja in kontrole proizvodnje**. Uporabljeni akronimi so pojasnjeni v nadaljevanju in zbrani v Prilogi 1.

Slika 2: Načini in orodja za izboljševanje učinkovitosti izdelavne poslovne funkcije



Vir: T. F. Wallace & R. A. Stahl, Master scheduling in the 21st century, 2003, str. 2.

Za vsako proizvodno podjetje, ki želi ostati uspešno v modernem, vse bolj globalnem svetu, je ključno razumevanje povezav med trgov (povpraševanjem), proizvodi (ponudbo) in procesom proizvodnje na strateški, taktični in operativni ravni (Olhager & Wikner, 2000, str. 210). Če podjetje s planiranjem in kontrolo proizvodnje ne uravnoteži ponudbe in povpraševanja, postane manj konkurenčno. Pri tem povpraševanje lahko pomeni naročila kupcev, napoved prodaje, naročila distribucijskih centrov in podobno. Ponudba pa pomeni

razpoložljivost virov, kot so materiali, delavci, stroji, zmogljivosti dobaviteljev, energija in podobno. Wallace in Stahl (2003, str. 3–5) navajata, da se, če povpraševanje zelo presega ponudbo, zadovoljstvo kupcev zmanjša zaradi nizke ravni storitve. Kupci lahko poiščejo druge dobavitelje, ker se dobavni roki podaljšujejo. Naraščajo tudi stroški dela zaradi neplaniranih nadur, transportni stroški materialov in izdelkov ter stroški nabave. Kakovost proizvodov se zmanjšuje zaradi časovnih pritiskov na proizvodnjo. Če ponudba zelo presega povpraševanje, se dobiček zmanjšuje, ker je treba nižati cene in dajati popuste. Zaloge in z njimi povezani stroški naraščajo, potrebne so pogostejše prodajne akcije za porabo zalog. Pojavljajo se velika nihanja v velikosti serij, nastopi možnost odpuščanja in z njo se zmanjša morala delavcev. Ljudje se upočasnijo in s tem se zmanjša učinkovitost.

Planiranje in kontrolo proizvodnje bomo obravnavali na primeru proizvodnje v Pivovarni Union. Proces proizvodnje v podjetju lahko razdelimo v dve stopnji. Prva stopnja zajema proizvodnjo polproizvodov, kot so različne vrste piv in ostalih pijač. Drugo stopnjo predstavljata polnjenje in pakiranje končnih proizvodov. Proces proizvodnje je prikazan v Prilogah 2 in 3. V tem delu se bomo omejili na planiranje in kontrolo polnjenja in pakiranja končnih proizvodov, ker je ta del proizvodnje zaradi veliko končnih proizvodov bolj zapleten in stroškovno pomembnejši. Zaradi sodobnih trendov na slovenskem in okoliških trgih piva in ostalih pijač se največji delež pijač polni v pločevinke. Zato je končnih proizvodov, ki se proizvajajo na liniji za pločevinke, največ. Zaradi teh vplivov se bomo v nadaljevanju osredotočili na planiranje in kontrolo na polnilni liniji za pločevinke z interno oznako D2. Za ostale embalaže in polnilne linije lahko uporabimo enak postopek.

V podjetju se pri planiranju in kontroli proizvodnje srečujemo z naslednjimi problemi in omejitvami:

- izrazit sezonski in vremenski vpliv ter vpliv praznikov na količine prodanih in proizvedenih proizvodov;
- omejen rok trajnosti končnih proizvodov, kupci prevzemajo samo proizvode, ki jim poteče manj kot tretjina roka uporabe;
- avtomatizirane polnilne linije z veliko zmogljivostjo, ki zahtevajo dolge čase preurejanj in visoko usposobljene delavce;
- prodajno-trženjske akcije podjetja in trgovcev, ki močno vplivajo na povpraševanje;
- veliko končnih proizvodov in posledično pogosto preurejanje polnilnih linij;
- vsaka od polnilnih linij lahko polni in pakira eno vrsto embalaže in brez preurejanj samo eno vrsto končnega proizvoda;
- zaradi delovanja v živilski industriji in mikrobiološke občutljivosti proizvodov velik poudarek na higieni in čiščenju strojev;
- zaradi želje po vitkejši proizvodnji in zmanjšanih zalogah repromaterialov dostava volumsko zahtevnih materialov tik pred polnjenjem in s tem tveganje nedobav zaradi težav pri transportu in dobaviteljih, še posebej pri polnjenju po naročilu;

- visoki stroški in občutljivost na deformiranje nevračljive embalaže, še posebej pločevink;
- omejen lasten skladiščni prostor in visoki stroški skladiščenja pri najemu dodatnih zmogljivosti – še posebej velja za končne proizvode in volumsko zahtevne repromateriale, npr. pločevinke;
- vplivi zakonodaje oziroma trošarine na stroške proizvodov. Pri tem velja poudariti, da je trošarina odvisna od stopnje alkohola;
- želja po večji stroškovni učinkovitosti z uporabo cenejših repromaterialov in zmanjšanju stroškov vzdrževanja;
- uvajanje novih proizvodov.

Osnovni namen magistrske naloge je izdelava predlogov za izboljšanje učinkovitosti sistema planiranja in kontrole proizvodnje v podjetju na primeru linije za polnjenje pločevink. Ker je problem planiranja in kontrole proizvodnje kompleksen, ga bomo obravnavali z več različnih vidikov.

Cilji raziskovalnega dela so:

- predstavitev in proučitev teoretičnih spoznanj različnih avtorjev o pomenu in vlogi planiranja in kontrole proizvodnje ter umestitev v izdelavno poslovno funkcijo;
- predstavitev razvoja sistemov planiranja in kontrole proizvodnje;
- predstavitev in proučitev modernega sistema planiranja in kontrole proizvodnje v oskrbni verigi;
- proučitev možnosti izboljšanja planiranja in kontrole proizvodnje v podjetju na primeru linije za pločevinke z uporabo linearnega programiranja za agregatno S&OP-planiranje, metodo glajenja proizvodnje za operativno MPS-planiranje in razvrščanje delovnih nalogov kot reševanje problema trgovskega potnika.

Uporabljene bodo induktivno-deduktivna metoda, metoda deskripcije in empirično znanstveno raziskovanje. Metode bodo sledile namenu in ciljem naloge. Osnova za proučevanje planiranja in kontrole proizvodnje bodo strokovna literatura domačih in tujih avtorjev, najdeni članki, internetni viri in viri podjetja.

Magistrsko delo bo razdeljeno na pet poglavij. V uvodu bom opredelil problem, namen, cilje in metode dela. V prvem poglavju bom opredelil planiranje in kontrolo proizvodnje, v naslednjem poglavju pa opisal zgodovinski razvoj sistemov planiranja in kontrole proizvodnje. Tretje poglavje bo namenjeno opredelitvi in opisu oskrbne verige in pomenu planiranja in kontrole proizvodnje za delovanje oskrbne verige. Četrto poglavje bo namenjeno predstavitvi sistema planiranja in kontrole proizvodnje v oskrbni verigi. Peto poglavje bo namenjeno analizi planiranja in kontrole proizvodnje v podjetju s prikazom izboljšav. Na koncu naloge so podani plan uvedbe izboljšav ter sklep in zaključne ugotovitve. V prilogah so podane grafične podpore besedilu v nalogi. V magistrskem delu uporabljeni konkretni

podatki so prilagojeni in po mnenju pravne službe podjetja ne razkrivajo poslovnih skrivnosti Pivovarne Laško Union, d.o.o.

1 PLANIRANJE IN KONTROLA PROIZVODNJE

1.1 Opredelitev planiranja in kontrole proizvodnje

Planiranje (angl. *planning*) je razmišljanje o ciljih v prihodnosti z namenom, da bi vplivali nanjo. Razlog za planiranje je nedvomno preprečevanje problemov, ki bi se utegnili pojaviti (Rozman, 1993, str. 20–23). Pri planiranju si lahko pomagamo z vztrajnostjo poslovnih procesov, ki je podobna načelu fizikalne vztrajnosti. Proces želi vztrajati v smeri, v kateri se giblje, dokler ga ne zmoti zunanji dogodek, na katerega ni mogoče vplivati. Če poznamo dogajanja v preteklosti, lahko iz njih predvidimo dogodke v prihodnosti (Ljubič, 2000, str. 17). V literaturi najdemo naslednje izreke znanih in pomembnih osebnosti v zvezi s planiranjem (Rankin, 2012):

- Človek, ki ne planira dovolj dolgo vnaprej, bo naletel na težave pred svojimi vrati. (Konfucij)
- Vedno planiraj naprej. Ni deževalo, ko je Noe gradil barko. (Richard Cushing)
- Plani so samo dobri nameni, dokler se ne spremenijo v trdo delo. (Peter Drucker)
- Ni pomemben plan, pomembno je planiranje. (Dr. Gramme Edwards)
- Ne planirati pomeni planirati neuspeh. (Benjamin Franklin)
- Dober plan je kot cestni zemljevid, pokaže nam končni cilj in po navadi najboljšo pot do tja. (H. Stanely Judd)
- Planiranje je prenos prihodnosti v sedanost, torej lahko nekaj za prihodnost naredimo sedaj. (Alan Lakein)
- Če bi najprej vedeli, kje smo in kaj nameravamo, bi se lažje odločili, kaj in kako narediti. (Abraham Lincoln)
- Dober plan danes je boljši kot popoln plan jutri. (George S. Paton)
- Če nam spodleti plan, planiramo poraz. (Tariq Siddique)
- Planiranje je proces izbire med veliko možnostmi. Če ne planiramo, izberemo možnost, da drugi planirajo za nas. (Richard I. Winwood)
- Cilj brez plana je samo želja. (Antoine de Saint-Exupery)
- Če bom imel na razpolago za posek drevesa šest ur, bom prve štiri ure porabil za brušenje sekire. (Abraham Lincoln)
- Začetek je najpomembnejši del dela. (Plato)

Planiranje je usmerjeno v prihodnost in povezano s pričakovanji, katerih uresničenje je vedno negotova. Ker nismo prepričani v uresničenje planov, moramo slediti njihovi izvedbi. S kontrolo poskrbimo za takšno korigiranje planov, da lahko dosežemo zastavljeni cilj. Z daljšanjem obdobja planiranja narašča negotovost, zato se potreba po kontroliranju povečuje

(Slack et al., 2010, str. 270). Kumar in Suresh (2008, str. 108) navajata več možnosti za neuresničitev planov, kot so spremembe naročil kupcev, okvare strojev in opreme, pomanjkanje materialov zaradi nedobave dobaviteljev, odsotnost delavcev zaradi bolezni ter slaba koordinacija in komunikacija na različnih področjih poslovanja.

Proizvodnja (angl. *production*) pomeni spremembo vložkov v končne proizvode. Pogosto se s proizvodnjo označuje tudi organizacijska enota, kjer poteka proizvodni proces (Ljubič, 2006, str. 1). **Proizvodni proces** izdelave materialnih izdelkov (angl. *manufacturing*) pomeni vrsto povezanih dejavnosti, vključno z oblikovanjem, izbiro materialov, planiranjem, proizvodnjo, zagotavljanjem kakovosti, menedžmentom in trženjem določenih kupcev in trajnih dobrin (Proud, 2007, str. 615). Planiranje in kontrolo proizvodnje ne smemo zamenjevati z izvedbo proizvodnje, ki je zadolžena za učinkovito uresničevanje zastavljenih proizvodnih planov (Plossl, 1995, str. 10).

Kot navajata Kumar in Suresh (2008, str. 108), so najpomembnejši cilji planiranja in kontrole proizvodnje učinkovita uporaba virov podjetja, doseganje proizvodnih ciljev z upoštevanjem kakovosti, količin, stroškov in pravočasnih dobav, hitro in učinkovito odzivanje na tržne priložnosti ter usklajeno delovanje z dobavitelji in odjemalci v oskrbni verigi. Gledano širše je cilj planiranja in kontrole proizvodnje zmanjšanje slabe organiziranosti (angl. *organizational slack*). Slaba organiziranost se izkazuje v prevelikih zalogah, prevelikih zmogljivostih, prevelikih stroških dela, stroških nadur, dolgih izdelovalnih časih, slabem izpolnjevanju obljubljenih dobav, manj novih proizvodov z daljšimi razvojnimi cikli in manjši pripravljenosti na spremembe v poslovnem okolju (Vollmann, Berry, & Whybark, 1988, str. 5).

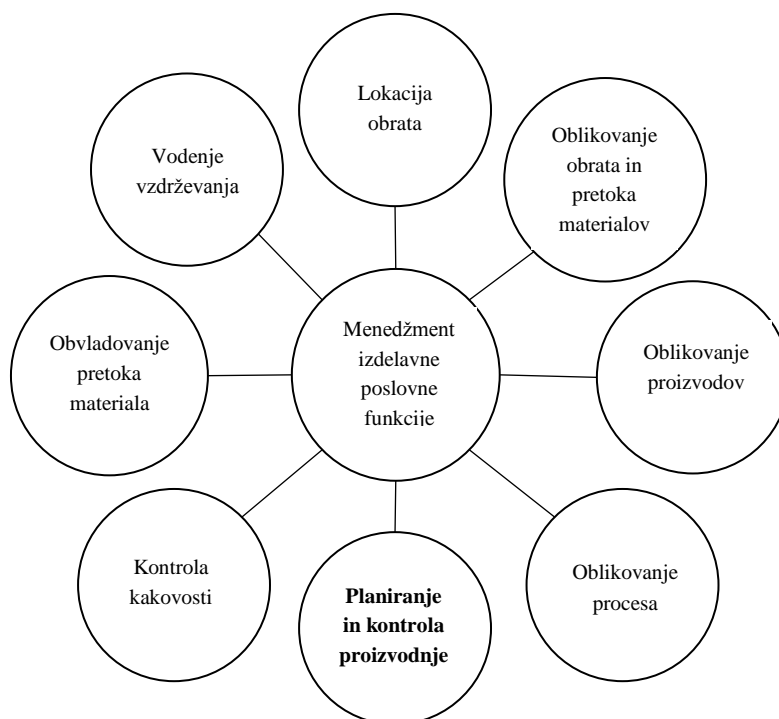
1.2 Umestitev planiranja in kontrole proizvodnje v menedžment izdelavne poslovne funkcije

Izdelava (angl. *operations*) vsebinsko pomeni skupen izraz za proizvodnjo (angl. *production*) in storitve (angl. *services*). Neposreden prevod tega izraza »operacija« bi bil zavajajoč in ponesrečen (Rusjan, 2013, str. 1–2). Razlika med proizvodi in storitvami postaja v modernem svetu vse manjša, npr. podjetja poleg proizvodov prodajajo tudi storitve v obliki nasvetov za uporabo teh proizvodov (Slack et al., 2010, str. 13–14). Ker nimamo ustreznega neposrednega prevoda v slovenščino in se v tem delu ne bomo ukvarjali s storitvam, bomo v nadaljevanju v večini primerov uporabljali izraz proizvodnja. **Izdelavna poslovna funkcija** (angl. *operations function*) je poleg trženja, financ in človeških virov ključna funkcija v podjetju (Russell & Taylor, 2011, str. 4). Rezultat dela izdelavne poslovne funkcije je uporabna vrednost, ki jo podjetje prodaja na trgu (Rusjan, 2013, str. 47).

Menedžment izdelavne poslovne funkcije (angl. *operations management*) obravnava oblikovanje, obvladovanje in izboljševanje proizvodnih procesov. Lahko ga primerjamo z

živčnim sistemom v človeškem telesu, pri čemer imata planiranje in kontrola proizvodnje funkcijo možganov (Kumar & Suresh, 2008, str. 108). Umestitev planiranja in kontrole proizvodnje v okvir delovanja menedžmenta izdelavne poslovne funkcije je prikazana na Sliki 3. Menedžment izdelavne poslovne funkcije mora skrbeti za ravnotežje med notranjimi zahtevami z osredotočenostjo na učinkovito izrabo virov in na drugi strani zunanji zahtevami z osredotočenostjo na zahteve trga in zadovoljstvo kupcev (Waters, 2006, str. 103).

Slika 3: Umestitev planiranja in kontrole proizvodnje v okvir delovanja menedžmenta izdelavne poslovne funkcije



Vir: S. A. Kumar & N. Suresh, Production and operations management, 2008, str. 15.

2 RAZVOJ SISTEMOV PLANIRANJA IN KONTROLE PROIZVODNJE

S prehodom z ročne na strojno proizvodnjo oziroma industrijsko revolucijo na začetku 20. stoletja se je razvila potreba po planiranju in kontroli proizvodnje. Zgodovinski razvoj lahko razdelimo na časovna obdobja, ki jih opredeljujejo fokus planiranja, fokus ravni planiranja, oblikovanje sistema planiranja in kontrole proizvodnje ter ključni koncepti in pristopi, ki so strnjeni v Tabeli 1.

Fokus planiranja v letih 1900 do 1960 je bil na terminiranju in kontroli izvedbe proizvodnje (angl. *shop floor control*, v nadaljevanju SFC). V začetku 20. stoletja so planiranje in kontrolo proizvodnje izvajali delovodje, ki so bili odgovorni za terminiranje proizvodnje,

naročanje materialov in dostavo proizvodov znotraj obrata. Sistem delovodij je za naročanje materialov nadomestil sistem točke ponovnega naročanja (angl. *reorder point systems*, v nadaljevanju ROP), ki so ga podjetja s pojavom računalnikov v 50. letih avtomatizirala. Temelj sistema je bila predpostavka, da bodo naročila v prihodnosti enaka, kot so bila v preteklosti. Iz tega obdobja je poznana metoda za optimalne količine naročanja (angl. *economic order quantity*, v nadaljevanju EOQ), ki jo je v članku »Koliko kosov proizvodov narediti v eni seriji« opredelil Ford (1913, str. 947–950). Za grafični prikaz terminiranja je bil v tem času razvit Gantov diagram.

Tabela 1: Razvoj planiranja in kontrole proizvodnje

Obdobje (leto)	Fokus planiranja	Fokus ravni planiranja	Oblikovanje sistema	Ključni koncepti in pristopi
1900 do 1960	Terminiranje in kontrola izvedbe proizvodnje – SFC	Elementi neodvisnega povpraševanja	Nadzor zalog in terminiranje	Statistični nadzor zalog, ROP, EOQ, varnostne zaloge, Gantov diagram, sekvenciranje, pravila terminiranja
1970 do 1980	Planiranje potreb po materialih – MRP	Končni proizvodi (notranji fokus z BOM)	MRP in MRP s povratno zanko	BOM, dinamično določevanje serij, CRP
1980 do 1990	Operativno planiranje proizvodnje – MPS	Končni proizvodi (zunanji fokus na kupce)	Planiranje proizvodnih virov MRP II	ATP, JIT/TPS, OPT/TOC
1990 do 2000	Planiranje prodaje in proizvodnje – S&OP	Skupine proizvodov	ERP	Vitka proizvodnja, prilagodljiva proizvodnja
2000	Oskrbna veriga – SC	Vse ravni proizvodnje	ERP II, SCP, e-poslovanje	CPFR, VMI

Vir: J. Olhager, Evolution of operations planning and control: from production to supply chains, 2013, str. 6840; P. Rondeau & L. A. Litteral, The evolution of manufacturing planning and control Systems, 2001, str. 1–7.

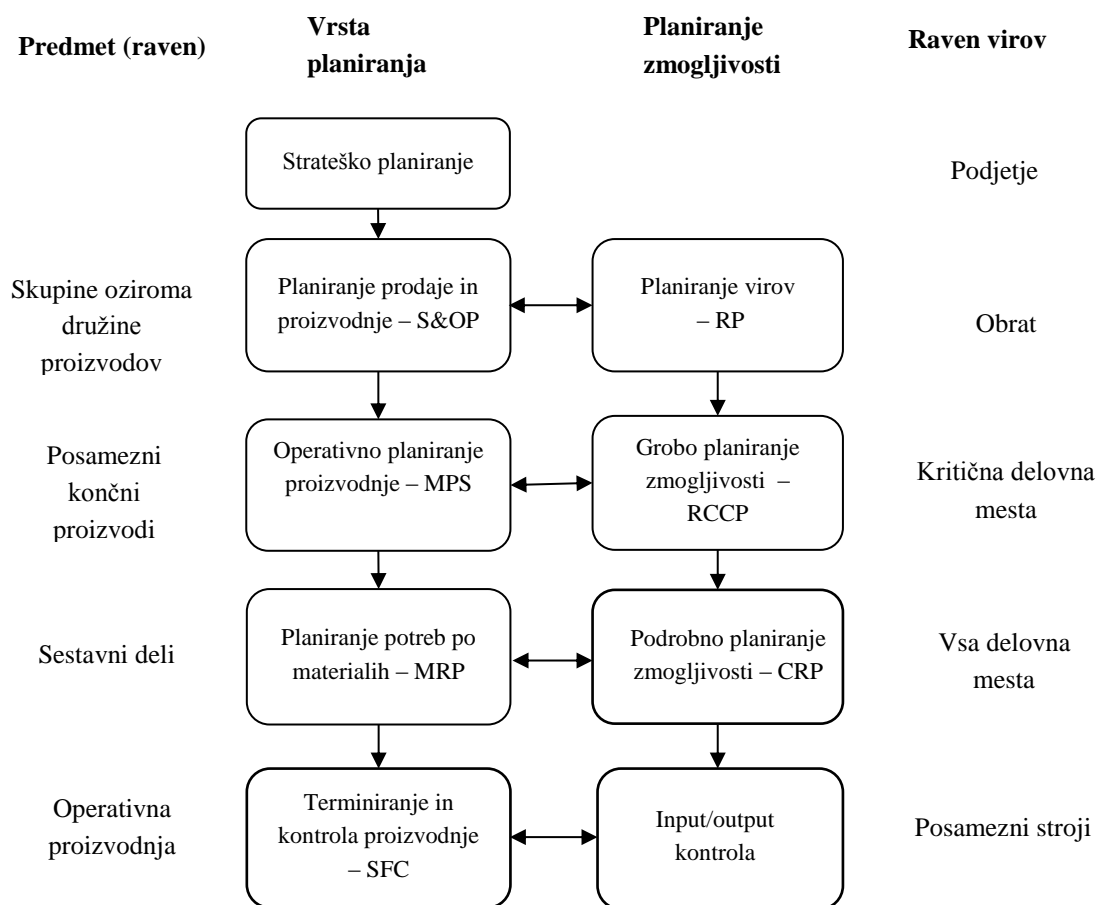
V letih 1970 do 1980 je ROP z uvedbo logike odvisnega, v prihodnost usmerjenega povpraševanja zamenjal sistem planiranja potreb po materialih (angl. *material resource planning*, v nadaljevanju MRP). Sistem je omogočal spremenljivo raven zalog in je predstavljal velik napredek na področju ravnanja z zalogami. Kot navaja Olhager (2013, str. 6837), je Orlicky leta 1975 prvi opisal logiko MRP in jo predstavil kot »nov način življenja v obvladovanju proizvodnje in zalog«. Za uporabo logike odvisnega povpraševanja je bilo treba uvesti kosovnice (kosovna proizvodnja) ali recepture (procesna proizvodnja) oziroma (angl. *bill of material*, v nadaljevanju BOM). Z uporabo MRP je bilo lažje uporabiti različne tehnike za določevanje velikosti serij, kot so serija za serijo (angl. *lot for lot*), periodična količina naročanja (angl. *period order quantity*), fiksna zahtevana količina (angl. *fixed period requirements*) itd. Z uvedbo MRP z zaprto zanko se je začelo uporabljati preverjanje možnih zmogljivosti za proizvodnjo (angl. *capacity requirements planning*, v nadaljevanju CRP). Tako je bilo mogoče v vsakem času preveriti izvedljivost proizvodnega plana.

Obdobje med letoma 1980 in 1990 so zaznamovali napori za izboljšanje učinkovitosti (angl. *efficiency*) in uspešnosti (angl. *effectiveness*) poslovanja. Kot navaja Olhager (2013, str. 6838), je Sugimori leta 1977 prvi predstavil Toyotin proizvodni sistem (angl. *Toyota production system*, v nadaljevanju TPS), uvedbo sistema kanban in koncepta ravno ob pravem času (angl. *just in time*, v nadaljevanju JIT). V tem času je bila predstavljena programska oprema za razporejanje in obvladovanje zastojev (angl. *optimised production technology*, v nadaljevanju OPT). Sistem je bil kasneje dopolnjen s konceptom boben, zaloga, vrv (angl. *drum, buffer, rope*, v nadaljevanju DBR). Tako je nastala teorija omejitev (angl. *theory of constraint*, v nadaljevanju TOC). MRP je s tem dobil alternativni JIT in TOC. Na področju operativnega planiranja proizvodnje (angl. *master production scheduling*, v nadaljevanju MPS) se je veliko podjetij osredotočalo na razpoložljivost z obljubo (angl. *available to promise*, v nadaljevanju ATP). Iz MRP s povratno zanko z dodatkom ostalih modulov in podprt z informacijsko tehnologijo se je razvil hierarhični sistem planiranja (angl. *manufacturing resource planning*, v nadaljevanju MRP II).

Koncept hierarhičnega planiranja – MRP II, prikazan na Sliki 4, je osnova za moderne sisteme planiranja in kontrole proizvodnje. Ljubič (2006, str. 41–43) navaja naslednje značilnosti MRP II: hierarhični koncept, ki predpostavlja zaporedno razgradnjo obsežne celovite naloge na posamezne delne naloge. Povezovanje delnih nalog se izvaja od zgoraj navzdol. Če so rezultati nižje ravni neustrezni in plan ni izvedljiv, se s povratno zvezo signalizira nazaj na višjo raven, kar ima za posledico revizijo plana na višji ravni. Integracija, ki se izkazuje kot planiranje potreb vseh virov. Prilagodljivost, ki omogoča poznavanje spremenjenih razmer in odzivanje brez zakasnitve ter jo dosežemo s povratnimi zvezami in dinamičnim (drsnim) planiranjem. MRP II zagotavlja ustrezno podatkovno bazo o dogajanjih v proizvodnji in daje s tem ustrezno osnovo za nadgradnjo v smeri informacijskih sistemov za podporo celotnega poslovanja, imenovanih ERP (Rusjan, 2013, str. 369–371).

Čas med letoma 1990 in 2000 zaznamuje moderna oblika mesečnega oziroma agregiranega planiranja (angl. *sales & operating planning*, v nadaljevanju S&OP). Na raven planiranja je v tem obdobju zelo vplival (angl. *enterprise resource planning*, v nadaljevanju ERP), ki ima glede na zorni kot opazovanja več pomenov. Menedžerjem predstavlja obširen računalniški pripomoček za sprejemanje odločitev in jim hkrati omogoča planiranje in nadzorovanje poslovanja. Ostalim predstavlja programsko orodje, ki povezuje finance, proizvodnjo, logistiko, prodajo, trženje, ravnanje s človeškimi viri in ostale funkcije v podjetju (Jacobs, Berry, Whybark, & Vollmann, 2011, str. 16). Najbolj razširjeno programsko orodje ERP je SAP R/3, ki ga je razvilo podjetje SAP (angl. *Systems, Applications & Products in Data Processing*) (Hopp & Spearman, 2001, str. 144). Kot navaja Olhager (2013, str. 6839), je koncept ERP leta 1990 predstavil Gartner Group. Pri tem se je veliko sistemov MRP II preimenovalo v sisteme ERP.

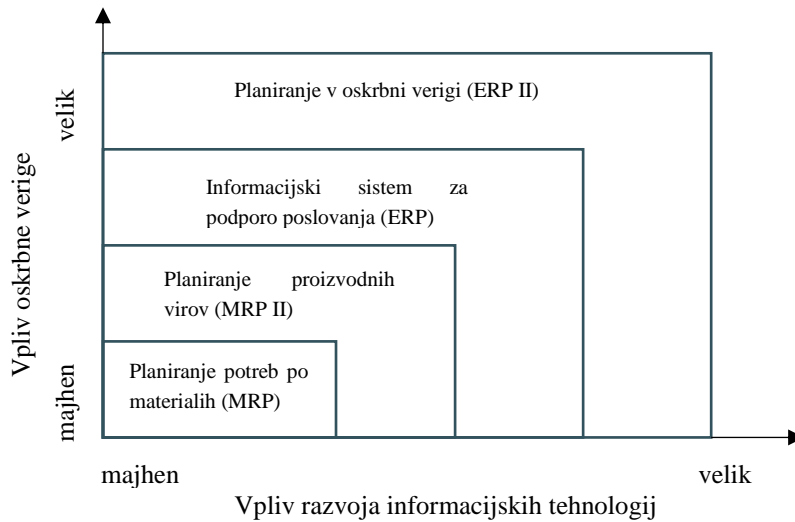
Slika 4: Hierarhično planiranje MRP II



Vir: R. S. Russell & B. W. Taylor, *Operations Management*, 2011, str. 627.

Na prelomu tisočletja je vse več podjetij ugotavljalo, da na globalnem trgu ne morejo več uspešno konkurirati samo z optimiziranjem notranje učinkovitosti. Zato je prišlo do povezovanja podjetij s kupci in dobavitelji v oskrbne verige. Tako se je konkurenčnost med podjetji spremenila v tekmovanje med oskrbnimi verigami. Planiranje in kontrolo proizvodnje v oskrbni verigi nekateri avtorji imenujejo tudi ERP II (Bond et al., 2000, str. 1). Od vseh dejavnikov je imel na razvoj planiranja in kontrole proizvodnje največji vpliv razvoj informacijsko-komunikacijske tehnologije (angl. *information and communication technologies*). Z njenim razvojem so se močno izboljšali hitrost, zanesljivost in predvidljivost proizvodnje ter izvajanje uradniških nalog. V današnjem globalnem proizvodnem okolju je nujno nadaljevati integracijo naprednih informacijskih tehnologij za doseganje večje učinkovitosti. Razvoj sistemov planiranja in kontrole proizvodnje v odvisnosti od vpliva oskrbne verige in vpliva razvoja informacijskih tehnologij je prikazan na Sliki 5.

Slika 5: Razvoj sistemov planiranja in kontrole proizvodnje



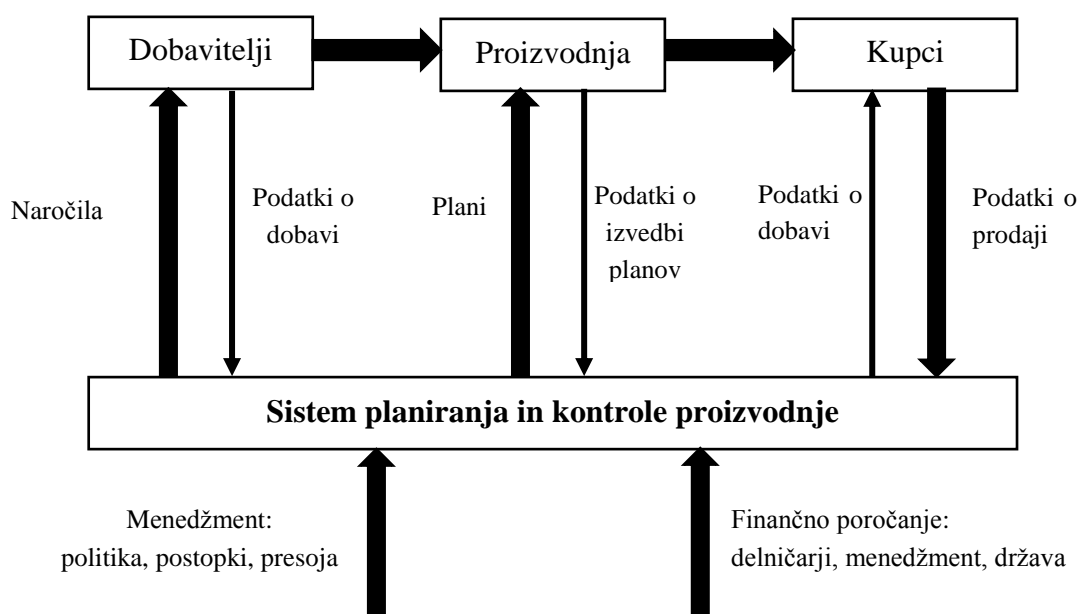
Vir: N. Slack et al., *Operations Management*, 2010, str. 409.

3 PLANIRANJE IN KONTROLA PROIZVODNJE V OSKRBNI VERIGI

Oskrbno verigo (angl. *supply chain*, v nadaljevanju SC) lahko opredelimo kot objekte, funkcije in dejavnosti, potrebne za proizvodnjo ali storitve od dobavitelja (in njihovega dobavitelja) do kupca (in njihovega kupca). Hkrati je SC tudi povezava procesov, ki povezujejo vire, proizvodnjo in dobavo proizvodov (Russel & Taylor, 2011, str. 421–422). Obvladovanje oskrbne verige (angl. *supply chain management*, v nadaljevanju SCM) pomeni oblikovanje, planiranje, izvajanje, kontroliranje in monitoring dejavnosti v oskrbni verigi. Pri tem so glavni cilji ustvarjanje dodane vrednosti, gradnja konkurenčne infrastrukture, uravnoteženje logistike, uravnoteženje povpraševanja in ponudbe in merjenje učinkovitosti (Proud, 2007, str. 633).

Vse večja konkurenca v vseh industrijskih sektorjih spodbuja optimizacijo poslovnih procesov posameznih podjetij in možnosti novih povezav oziroma partnerstev med podjetji, da bi ta lahko zniževala poslovne stroške, se hitreje odzivala na tržne razmere in zviševala konkurenčnost. Z vidika poslovanja je osrednja skrb podjetij obvladovanje oskrbne verige, saj s tem vplivajo na pretok materiala, informacij, plačil in storitev od dobavitelja surovin skozi tovarne in skladišča do končnih kupcev (Groznik & Lindič, 2004, str. 27). Povezava med pretokom materiala in informacij za potrebe planiranja in kontrole proizvodnje je razvidna s Slike 6. Rudberg in Olhager (2003, str. 29–31) navajata, da lahko oskrbno verigo obravnavamo na dva načina. Prvi je proizvodni pogled, ki se osredotoča na notranje okolje podjetja oziroma na stičišča v oskrbni verigi. Drugi je logistični pogled, ki se osredotoča na zunanje okolje podjetja oziroma na povezave med stičišči v oskrbni verigi.

Slika 6: Pretok materiala in informacij



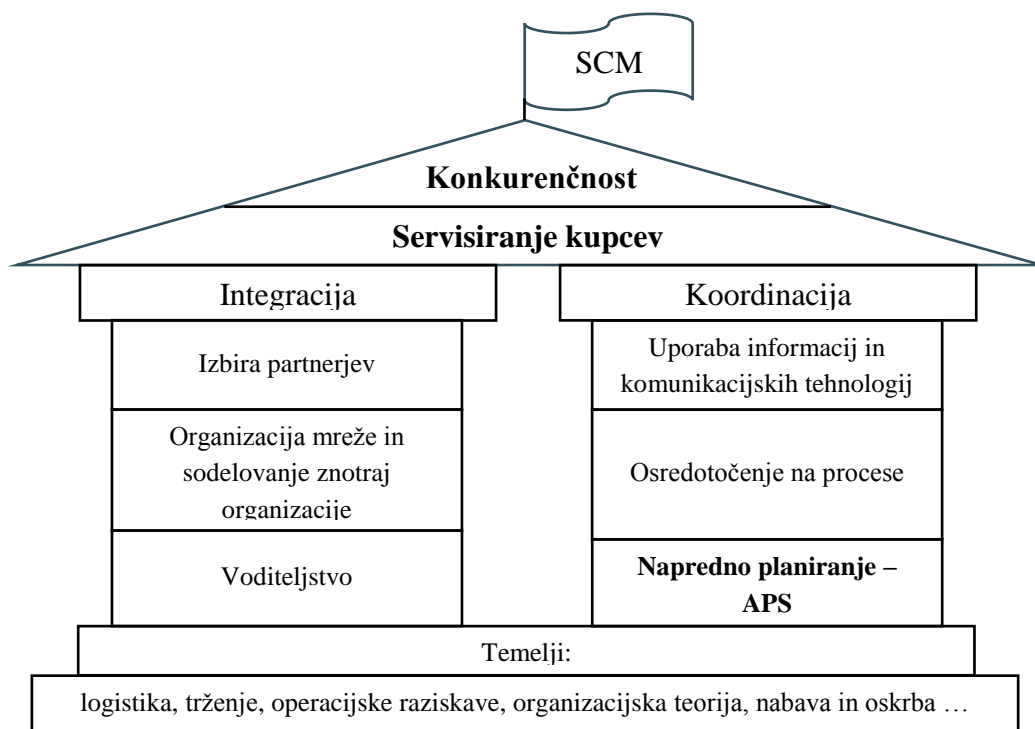
Vir: G. Plossl, *Orlicky's Material Requirements Planning*, 1995, str. 10.

Kot navajata Stadtler in Kilger (2008, str. 11–19) in je prikazano na Sliki 7, lahko SCM prikažemo v obliki hiše. Streho predstavljata konkurenčnost in servisiranje kupcev, ki sta glavna cilja v oskrbni verigi. Konkurenčnost lahko izboljšamo na več načinov, kot so zmanjšanje stroškov, povečanje prilagodljivosti spremembam naročil kupcev in izboljšana kakovost. Prvi stebel predstavljata integracijo oziroma povezovanje v organizacijski mreži med posameznimi členi. Izbira partnerjev ne sme temeljiti samo na stroških, ampak tudi na potencialu za podporo konkurenčnosti v oskrbni verigi. Pravno ločena podjetja v oskrbni verigi so ekonomsko medsebojno odvisna. Zato je stabilnost oskrbne verige dolgoročno možna samo z odnosom, v katerem pridobijo vsi (angl. *win-win*). Voditeljstvo lahko prevzame podjetje, ki ima največji vpliv zaradi finančne moči, najbolje pozna proizvode ali procese in podobno. Druga možnost je ustanovitev organizacijskega odbora (angl. *steering committee*).

Drugi stebel predstavljata koordinacijo pri pretoku materiala, informacij in financ. Informacijska tehnologija omogoča istočasno obravnavanje informacij na različnih lokacijah v oskrbni verigi in tako omogoča napredno planiranje. Jakšič in Rusjan (2007, str. 17) navajata, da je eden izmed načinov za povečanje dostopnosti informacije o končnem povpraševanju vzpostavitev sistemov za evidentiranje povpraševanja oziroma prodaje ob trenutku prodaje (angl. *point of sale*) v povezavi z uvedbo računalniške izmenjave podatkov (angl. *electronic data interchange*). Tako so izpolnjeni osnovni pogoji, da med členi verige pride do sodelovanja v procesu predvidevanja povpraševanja, uravnavanja zalog in planiranja proizvodnje (angl. *collaborative planning, forecasting and replenishment*, v nadaljevanju

CPFR). Takšno sodelovanje v veliki meri odpravi posledice popačenja informacij v verigi, ki podjetja zavede v neučinkovito delovanje. Pri tem napredni sistemi planiranja (angl. *advanced planning system*, v nadaljevanju APS) ne zamenjujejo, ampak dopolnjujejo obstoječe sisteme ERP.

Slika 7: Hiša SCM



Vir: H. Stadler & C. Kilger, *Supply Chain Management and Advanced Planning*, 2008, str. 12.

Waters (2006, str. 408–409) navaja več sodobnih trendov v oskrbni verigi, ki imajo vpliv na planiranje in kontrolo proizvodnje: izboljševanje komunikacije, globalizacija, ki zmanjšuje učinek oddaljenosti in povečuje globalno konkurenco, dajanje logistike v zunanje izvajanje (angl. *outsourcing*), ki omogoča proizvodnji osredotočenje na osnovno dejavnost, izboljšanje servisa, ker so kupci bolj pozorni na stroške, hitrost dostave, izboljšave in raven servisiranja kupcev ter manj dobaviteljev. Proizvodnja želi dolgoročneje sodelovanje z manj dobavitelji, vlečni sistem (angl. *pull*) oziroma JIT skozi celotno oskrbno verigo, ostale metode izboljšanja pretočnih časov, kot je sinhronizirano terminiranje materialov, ki ga dosežemo z boljšim obveščanjem in navzkrižnim skladiščenjem (angl. *cross docking*) za zmanjšanje zalog, in ostale metode za zmanjšanje zalog, kot je skladiščenje pri kupcu (angl. *vendor management inventory*, v nadaljevanju VMI).

Obvladovanje zalog (angl. *inventory*) je ključno za uravnoteženje ponudbe in povpraševanja v oskrbni verigi in ima zato velik vpliv na planiranje in kontrolo proizvodnje. Kot navaja več avtorjev, lahko z vidika preoblikovanja v proizvodnem procesu zaloge razdelimo na vhodne

materiale (angl. *raw materials*), nedokončano proizvodnjo (angl. *work in process*) in zalogo končnih proizvodov (angl. *finished goods inventory*), ki je lahko shranjena pri proizvajalcu, distributerju ali končnem prodajalcu. Vrste zalog glede na njihovo funkcijo lahko razdelimo na serijske zaloge zaradi želje po ekonomsko učinkoviti nabavi in proizvodnji, varnostne zaloge zaradi negotovosti glede povpraševanja, dobave in proizvodnje, sezonske zaloge zaradi sezonskih nihanj v povpraševanju, razbremenilne zaloge, ki so značilne za montažne linije, tranzitne zaloge zaradi prevozov vhodnih materialov ali končnih proizvodov in špekulativne zaloge zaradi pričakovanja zvišanja cen ali pomanjkanja materialov ali končnih proizvodov (Rusjan, 2013, str. 315–316).

Kot navajajo Slack et al. (2010, str. 347), lahko stroške, povezane z zalogami, obravnavamo na več načinov. Stroški izvedbe naročila vključujejo stroške priprave nabavnega naloga, ureditve plačila in obvladovanje informacij, ki to omogočajo. Pri naročilih znotraj podjetja so lahko vključeni tudi stroški preurejanja strojev. Stroški diskontnih cen nastanejo, ker veliko dobaviteljev pri večjih naročilih ponuja popuste ali zahteva višjo ceno pri manjših naročilih. Stroški pomanjkanja proizvoda lahko pomenijo izgubo kupcev ali zaračunavanje penalov, če imamo tako sklenjene pogodbe. Pri notranjih kupcih to lahko pomeni zamudo pri naslednjem podprocesu, neučinkovitost in na koncu nezadovoljstvo pri zunanjem kupcu. Poznamo še stroške obratnega kapitala, ki nastanejo zaradi vezanih finančnih sredstev, stroške skladiščenja, ki nastanejo zaradi vzdrževanja zalog v skladiščih in manipulacije v skladiščih, stroške zastaranja proizvodov ali pretečenega roka uporabe in stroške neučinkovitosti proizvodnje zaradi majhnih serij kot posledica glajenja proizvodnje.

Podjetja se po navadi osredotočijo na tradicionalne otipljive elemente oskrbne verige, pri tem pa pozabijo na pomembnost zaupanja v okviru oskrbne verige in negativni učinek, ki ga ima pomanjkanje zaupanja členov dobavne verige. Zato je za podjetje zelo pomembno poznavanje tveganja, ki ga prevzame podjetje, in tveganja, ki ga prevzamejo njegovi dobavitelji in kupci. Dobavna veriga namreč ni okolje, v katerem vsi pridobijo (Logožar, 2004, str. 186). **Učinek biča** (angl. *bullwhip effect*) je pojav povečane variabilnosti naročil, ko se pomikamo navzgor po oskrbni verigi. Čim višje po oskrbni verigi gremo, tem večja bo variabilnost naročil. Povečano nihanje naročil vodi do neučinkovitosti v delovanju celotne oskrbne verige: nizka raven storitve, povezana z zamudami v dobavi ali celo neizpolnjevanjem naročil, neenakomerna obremenitev proizvodnih zmogljivosti, neučinkovit transport in prekomerne zaloge. Vse to se odraža na zmanjšanem ekonomskem rezultatu podjetij, ki tvorijo oskrbno verigo, in dolgoročno vodi v poslabšanje njihove konkurenčnosti (Jakšič & Rusjan, 2007, str. 17).

4 SISTEM PLANIRANJA IN KONTROLE PROIZVODNJE V OSKRBNI VERIGI

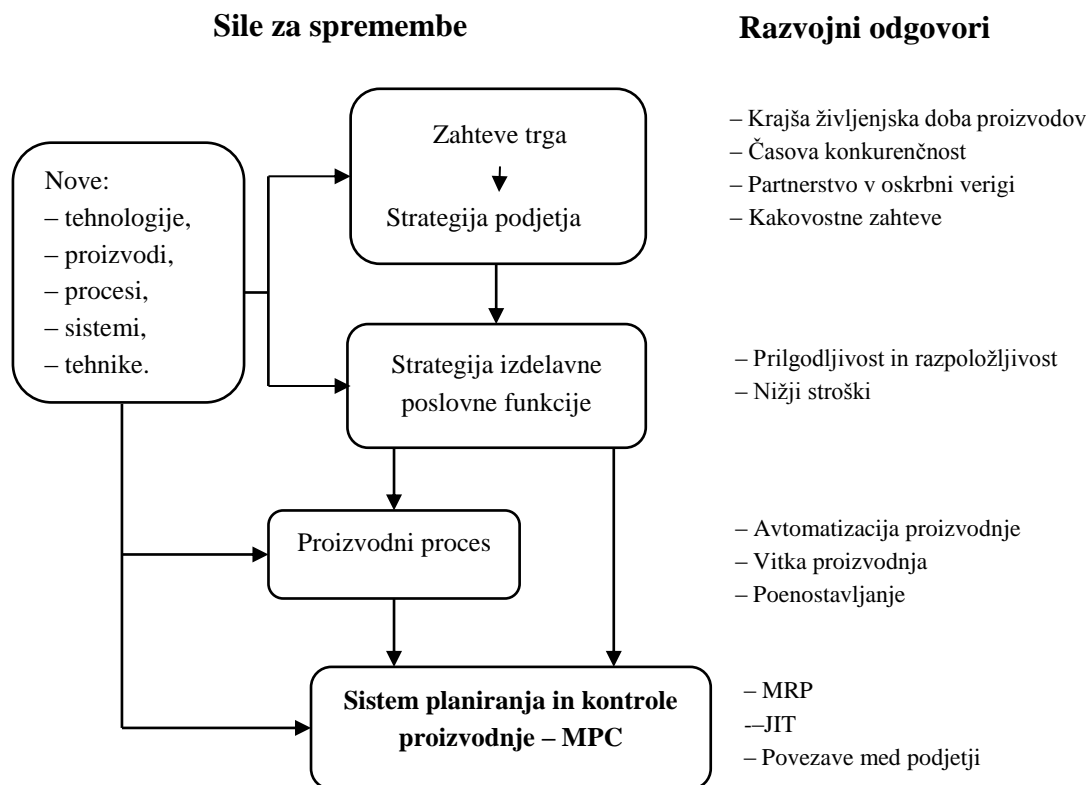
4.1 Opredelitev sistema planiranja in kontrole proizvodnje

V angleški literaturi za sistem planiranja in kontrole proizvodnje najpogosteje zasledimo poimenovanje *manufacturing planning and control*, v nadaljevanju MPC. V posameznih primerih se pojavlja tudi *production planning and control*, v nadaljevanju PPC. MPC predstavlja zbirko orodij, ki jih menedžerji potrebujejo za doseg zastavljenih ciljev. Osnova je koncept hierarhičnega planiranja in kontrole proizvodnje MRP II z zaprto zanko. Vsako podjetje mora imeti sistem planiranja in kontrole proizvodnje, ki vsebuje naslednje module: predvidevanje povpraševanja, dolgoročno planiranje proizvodnje, mesečno planiranje proizvodnje, operativno planiranje proizvodnje, planiranje potreb po materialih, terminiranje nalogov in kontrolo izvedbe. Poudarek po posameznih modulih se med podjetji razlikuje. Vsaka raven planiranja proizvodnje vključuje plan obsega in strukture proizvodnje, ki določa potrebne zmogljivosti, za vsako raven moramo zato planirati tudi razpoložljive zmogljivosti. Dolgoročno smo pri prilagajanju razpoložljive zmogljivosti omejeni samo z ekonomskimi kriteriji, v kratkoročnih odločitvah pa moramo upoštevati omejitve, ki so posledica dolgoročnih odločitev. Po drugi strani kratkoročne odločitve zagotavljajo povratno informacijo za izboljšanje dolgoročnih odločitev (Rusjan, 2013, str. 162). Kakovost sistema MPC lahko merimo z izložki na delovno uro, zmanjšanjem nadur, zmanjšanjem zalog, zmanjšanjem proizvodov s pretečenim rokom, izboljšanjem obrata zalog, manjšimi stroški naročanja, zmanjšanjem stroškov distribucije, izboljšanjem ravni storitve in zmanjšanjem vloženega kapitala Vollmann et al. (1988, str. 5).

Kot je prikazano na Sliki 8, nove tehnologije, proizvodi, procesi, sistemi in tehnike v globalnem konkurenčnem okolju ponujajo nove konkurenčne priložnosti in tako tvorijo sile za oblikovanje in spreminjanje sistema MPC. Pozicioniranje podjetja na trgu zato zahteva prilagajanje strategije podjetja in posredno prilagajanje izdelavne poslovne funkcije, katerega del je tudi sistem planiranja in kontrole proizvodnje. V modernem poslovnem okolju se življenjska doba proizvodov krajša, ker imajo kupci dostop do proizvodov s celega sveta. To povzroča časovno tekmovanje »kdo bo prvi na trgu«. Podobno kupci zahtevajo vse boljšo kakovost, ki zahteva spremembe v proizvodnji. Stroškovni pritisk se izkazuje v zmanjševanju stroškov materiala, delovne sile in režije. Prav tako sta za uspešno prilagajanje trgu potrebni tudi prilagodljivost in razpoložljivost proizvodov. Proizvodni proces se lahko prilagaja z avtomatizacijo proizvodnje in uvajanjem vitke proizvodnje. Vsi ti razlogi močno vplivajo na oblikovanje proizvodnih procesov in sistema MPC. Osnovne možnosti oblikovanja MPC so MRP, JIT in povezovanje med podjetji. Specifična oblika sistema MPC je odvisna od narave proizvodnega procesa, stopnje vklopljenosti v oskrbno verigo, kupčevih pričakovanj in potreb menedžmenta. Zaradi spremenljivosti konkurenčnih pogojev, pričakovanj kupcev,

posobnosti dobaviteljev in notranjih potreb po spremembah sistem MPC ni statičen in se mora prilagajati različnim situacijam (Jacobs et al., 2011, str. 11–12).

Slika 8: Sile za oblikovanje MPC

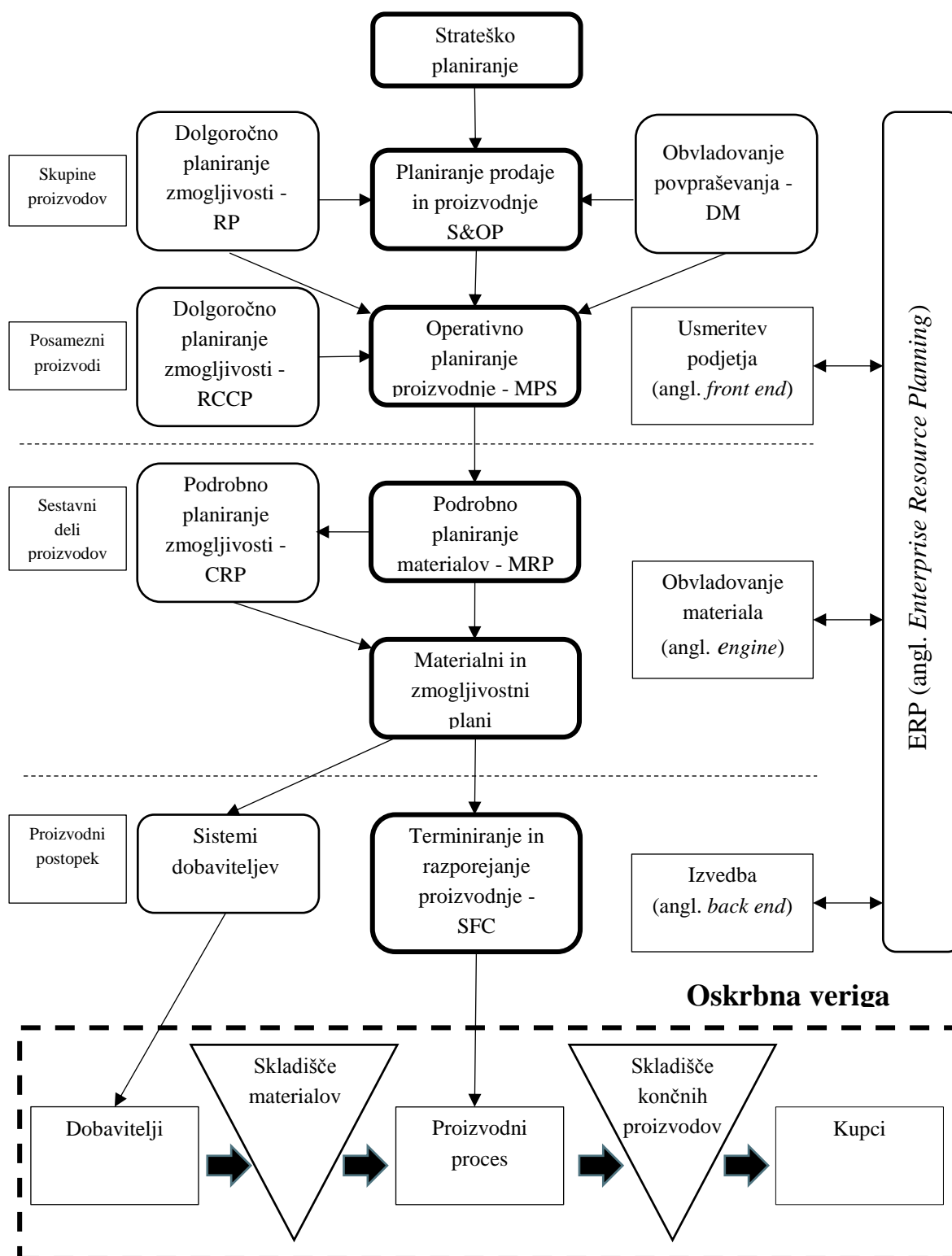


Vir: F. R. Jacobs et al., *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 2011, str. 10.

4.2 Splošen sistem planiranja in kontrole proizvodnje – MPC

Jacobs et al. (2011, str. 2–3) predstavljajo splošen sistem planiranja in kontrole proizvodnje – MPC, ki je namenjen planiranju in kontroli vseh vidikov proizvodnje in je prikazan na Sliki 9. Cilji so učinkovito obvladovanje pretoka materialov, uporaba človeških virov in opreme ter koordinacija dobaviteljev in kupcev. Sistem MPC je zelo pomemben člen v oskrbni verigi. Njegova učinkovitost je ključna za vsa proizvodna podjetja. Sistemi ERP zagotavljajo informacijsko podporo pri odločanju znotraj sistemov MPC. Sistem MPC ne izvaja odločitev, ampak menedžerjem zagotavlja kakovostne informacije za sprejemanje odločitev. Podporne dejavnosti lahko časovno razdelimo na dolgoročne dejavnosti, ki so pomembne za oskrbovanje z informacijami za zagotavljanje zadostnih zmogljivosti (stroji, oprema, stavbe, človeški viri), srednjeročne dejavnosti, ki so pomembne za povezovanje povpraševanja in ponudbe v smislu količin in vrste proizvodov, in kratkoročne dejavnosti, ki so pomembne za kratkoročno razporejanje virov, pri tem je ključno, da ljudje delajo prave stvari. Za dnevno planiranje mora MPC slediti porabi virov in dobljenim rezultatom. MPC mora zagotavljati informacije menedžerjem, kupcem in dobaviteljem.

Slika 9: Splošen poenostavljen sistem planiranja in kontrole proizvodnje – MPC



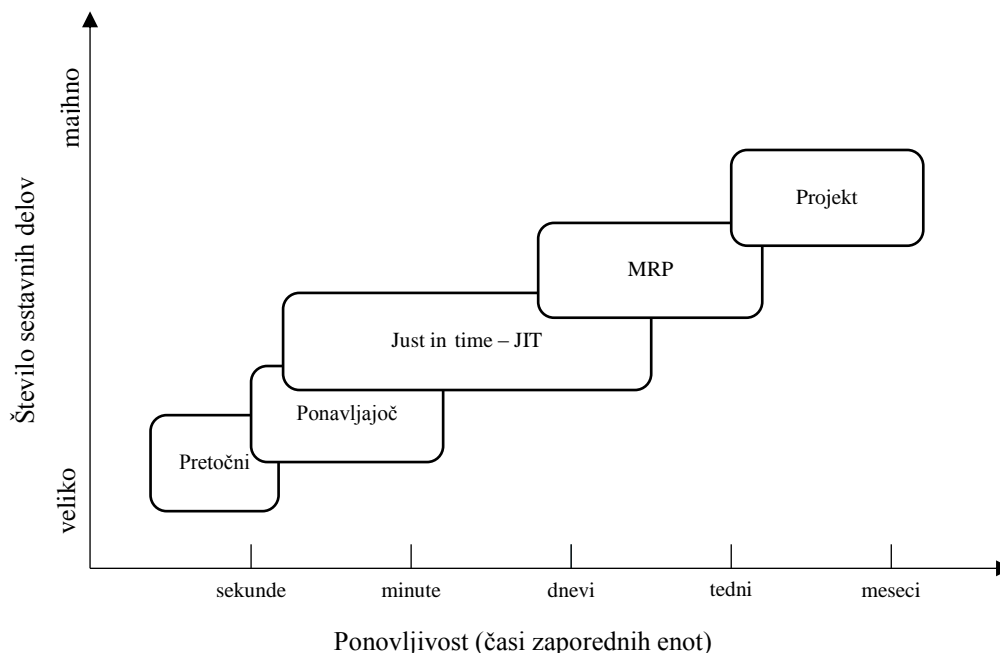
Povzeto in prirejeno po F. R. Jacobs et al., *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 2011, str. 4 in 116.

Splošen sistem MPC je razdeljen v tri dele:

- zgornja tretjina (angl. *front end*) uravnava splošno naravnost proizvodnega sistema,
- srednja tretjina (angl. *engine*) uravnava podrobno planiranje in kontroliranje materialov,
- spodnja tretjina (angl. *back end*) uravnava sistem izvedbe in vključuje povezave s sistemi dobaviteljev.

Na Sliki 10 je prikazana klasifikacija sistemov MPC glede na število sestavnih delov in ponovljivost proizvodov, izraženih v časovnih enotah. Pretočni sistem je značilen za kemično, živilsko in naftno industrijo. Ponavljajoč sistem lahko srečamo v industrijah, kjer se sestavljajo komponente, kot so avtomobilska industrija, industrija proizvodnje ur, zabavne elektronike in farmacevtska industrija. Koncept JIT je uporaben v zelo širokem območju ponovljivosti, kjer podjetja želijo doseči krajše proizvodne cikle, zmanjšati proizvodne čase ali zmanjšati zaloge. Koncept MRP je osnova večine sistemov MPC in je tesno povezan z uporabo računalniških sistemov ERP. Podjetja pogosto kot osnovo za sistem MPC uporabljajo sistem MRP in ga v določenem delu kombinirajo s sistemom JIT. Projektni sistem se uporablja za unikatne proizvode z dolgimi izdelovalnimi časi, kot je gradnja ladij ali velikih objektov v gradbeništvu.

Slika 10: Klasifikacija sistemov MPC



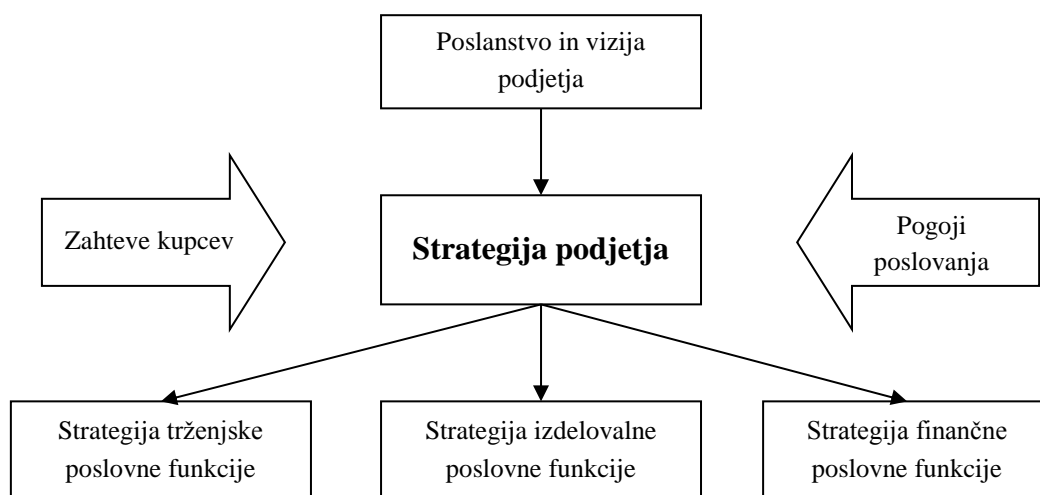
Vir: F. R. Jacobs et al., *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 2011, str. 8.

4.2.1 Strateško planiranje

Kot je prikazano na Sliki 11, je strateško planiranje proces oblikovanja strategije poslovnih funkcij, ki odgovarja na vprašanje, kako dosegati poslanstvo in vizijo podjetja v skladu z

zahtevami kupcev (angl. *voice of the customer*) in pogoji poslovanja (angl. *voice of the business*) (Russel & Taylor, 2011, str. 17). Namen je zagotavljanje dolgoročne uspešnosti podjetja. Posamezne strateške odločitve znotraj strategije izdelovalne poslovne funkcije morajo biti konsistentne med seboj in z ostalimi strateškimi poslovnimi funkcijami. Voditi morajo do ustrezne ravni konkurenčnih prednostnih nalog proizvodnje (angl. *competitive priority*). To so lahko elementi strategije diferenciacije ali nizkih stroškov, ki predstavljajo bodisi dejavnike zmagovanja (angl. *orders winners*) bodisi dejavnike kvalificiranja na trgu (angl. *orders qualifiers*). Večina avtorjev kot prednostne naloge omenja stroške, kakovost, dobavljivost in prilagodljivost (Rusjan, 2013, str. 47). Številni avtorji trdijo, da ima strateško planiranje proizvodnje, čeprav je konceptualno že precej izoblikovano, v praksi še sorazmerno zanemarljivo vlogo (Rusjan, 2007, str. 26).

Slika 11: Proces strateškega planiranja podjetja



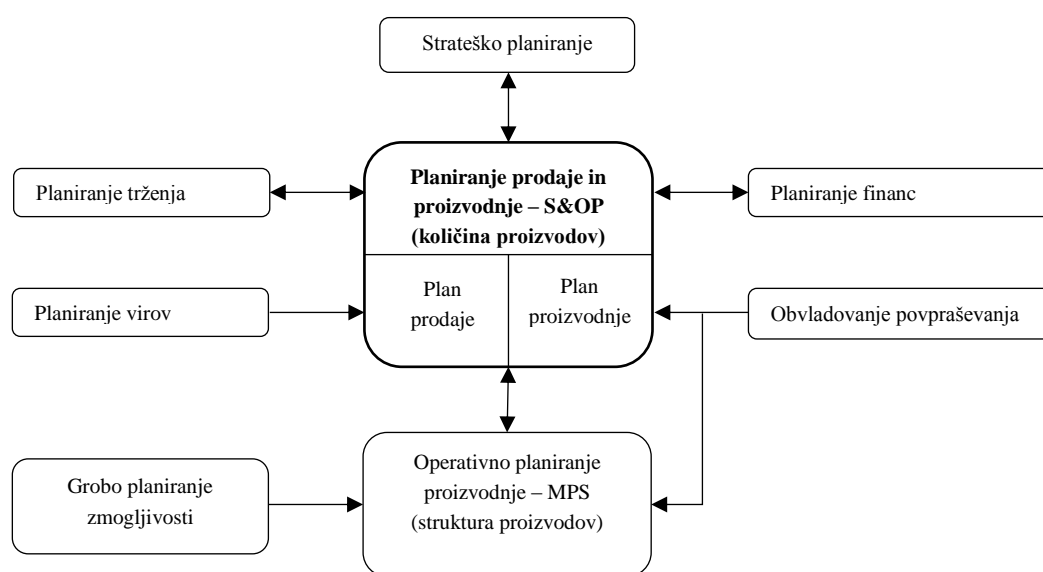
Vir: R. S. Russell & B. W. Taylor, *Operations Management*, 2011, str. 17.

4.2.2 Planiranje prodaje in proizvodnje – S&OP

Planiranje prodaje in proizvodnje (S&OP) je moderna oblika mesečnega ali agregatnega planiranja. Poudarek je na sodelovanju več poslovnih funkcij in pogostejšem, po navadi mesečnem prilagajanju novim razmeram. Za vrhnji menedžment predstavlja S&OP ključni komunikacijski člen za koordinacijo različnih planiranj v poslovanju podjetja (Jacobs et al., 2011, str. 115). Zaradi veliko vplivnih dejavnikov in različnih možnih pogledov lahko S&OP razumemo tudi kot igro različnih interesov. Zato mu nekateri pravijo tudi igra planiranja v podjetju (angl. *company game plan*) (Russel & Taylor, 2011, str. 610). Glavna namena S&OP sta uravnoteženje ponudbe in povpraševanja in navpično povezovanje strateškega planiranja z operativnim planiranjem proizvodnje (Thome, Scavarda, Fernandez, & Scavarda, 2012, str. 1).

Osnovni problem, ki ga rešujemo z mesečnim (agregatnim) planiranjem proizvodnje, je usklajevanje obsega proizvodnje s sezonskimi nihanjem v povpraševanju. To usklajevanje je pomembno zlasti v primeru neenakomernega sezonskega povpraševanja in poteka predvsem z uporabo različnih načinov kratkoročnega prilagajanja zmogljivosti proizvodnje. Časovno obdobje mesečnega planiranja proizvodnje je praviloma 6 do 18 mesecev, najpogosteje je to planiranje za 12 mesecev. Za potrebe mesečnega planiranja proizvode združujemo v družine proizvodov, pri tem so kriterij podobne zahteve proizvodnje. Planska frekvenca je praviloma en mesec ali trimesečje (Rusjan, 2013, str. 257). Osnovna cilja sta uresničljivost z ustrezno alokacijo virov in uporaba najcenejše možne strategije za zadostitev povpraševanju. Ključne povezave z ostalimi vrstami planiranja so prikazane na Sliki 12.

Slika 12: Prikaz ključnih povezav S&OP z ostalimi vrstami planiranja



Vir: F. R. Jacobs et al., *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 2011, str. 116.

Obvladovanje povpraševanja (angl. *demand management*, v nadaljevanju DM) zagotavlja osnovne podatke za planiranje S&OP in predstavlja komunikacijski člen med sistemom MPC in kupci. Komunikacija mora potekati v obe smeri. V eni smeri MPC prejema naročila kupcev, v drugi smeri pa kupcem sporoča dobavne roke za izpolnitev naročil. Še posebej je komunikacija pomembna, ko pride do odstopanj med napovedanim in dejanskim povpraševanjem in je posledično treba korigirati proizvodni in operativni plan proizvodnje. DM mora upoštevati različna okolja MPC, ki so določena s strategijo podjetja, sposobnostjo proizvodnje in potrebami kupcev.

Več avtorjev navaja, da lahko ponudbo prilagajamo povpraševanju s strategijo sledenja (angl. *chase strategy*), strategijo enakomernega obsega izdelave (angl. *level strategy*) ali njuno kombinacijo. Katera strategija je primernejša, je odvisno od značilnosti proizvodnje. Kot navaja Buxey (2005, str. 1083), večina podjetij daje prednost strategiji sledenja, kjer

prilagajamo obseg proizvodnje povpraševanju brez uporabe sezonskih zalog. Fiksne zmogljivosti, ki so določene z dolgoročnim planiranjem zmogljivosti proizvodnje (angl. *resource planning – RP*), morajo biti dovolj velike, da pokrivajo tudi največje povpraševanje in so polno zasedene samo v sezoni. Vir, ki ga lahko spreminjamo, je delovna sila. Primerna je tudi za storitve, kjer ne moremo imeti zalog končnih proizvodov. Druga možnost je strategija enakomernega obsega izdelave, kjer je obseg proizvodnje v vseh obdobjih enak. V nesezonskih obdobjih akumuliramo zalogo proizvodov, ki jo porabljamo v sezoni. Izkoriščenost zmogljivosti je pri tej strategiji veliko boljša.

Različni avtorji navajajo podobne možnosti kratkoročnega usklajevanja ponudbe in povpraševanja. Tako Schroeder (1993, str. 443–445) za prilagajanje povpraševanja predlaga politiko diferenciacije cen v sezoni in nesezoni, reklamo in promocijo proizvodov v nesezoni, sprejem naročil na zalogo oziroma odlog dobav in uvajanje proizvodov z drugačnim sezonskim značajem. Z uravnavanjem povpraševanja zagotovimo enakomernejšo razporeditev potrebne zmogljivosti, vendar tudi povečamo stroške. Tudi na strani ponudbe imamo več možnosti. Tako lahko podjetje najema in odpušča zaposlene. Pri tem se podjetja zelo razlikujejo pri naklonjenosti uporabi tega načina izravnave ponudbe. Vsekakor pri tem nastajajo stroški najemanja in usposabljanja in stroški odpuščanja zaposlenih. Upoštevati je treba tudi zakonodajo, odnose s sindikati in nizko moralo zaposlenih v primeru odpuščanj. Druga možnost je delo v nadurah in skrajšanem delovnem času. Delo v nadurah je dražje in po navadi znaša 150 % stroška dela v primerjavi z rednim delovnim časom. Poleg tega je omejitev tudi zakonsko določena največja dnevna in tedenska obremenitev zaposlenih.

Scott, Lundgren in Thompson (2011, str. 32–33) navajajo nekatere pogoje za uspešno planiranje S&OP. Najpomembnejša je podpora najvišjega vodstva, ki mora s svojim ravnanjem podpreti izvedbo planiranja S&OP. Naslednja naloga najvišjega vodstva je preprečitev oblikovanja organizacijskih silosov z ustrezno komunikacijo med procesom planiranja. Poleg formalnih mesečnih sestankov je zelo pomembno sprotno prilagajanje spremembam v povpraševanju in ponudbi v realnem času. Poleg uravnoveženja ponudbe in povpraševanja je zelo pomembno osredotočenje na dobro komunikacijo in sodelovanje s kupci. Nikakor ne smemo zanemariti izvajanja, prikaza, delitev in prilagajanja merjenja ključnih karakteristik planiranja S&OP v podjetju. Pri oblikovanju agregatnih planov se srečujemo z nasprotujočimi se zahtevami, ki se kažejo v nasprotju med stopnjo servisiranja kupcev, ravnijo zalog, stabilnostjo zaposlitev in stroški. Vse te vplive poskušamo izraziti v obliki stroškov in jih optimizirati. V ta namen je bilo razvitih več pristopov. Verjetno je v praksi najpogosteje uporabljena metoda »poskusi in popravi«, druge metode pa so še linearno programiranje, linearna odločitvena pravila, multipla regresija, parametrsko programiranje in neposredno iskanje optimalne odločitve (Rusjan, 2013, str. 264).

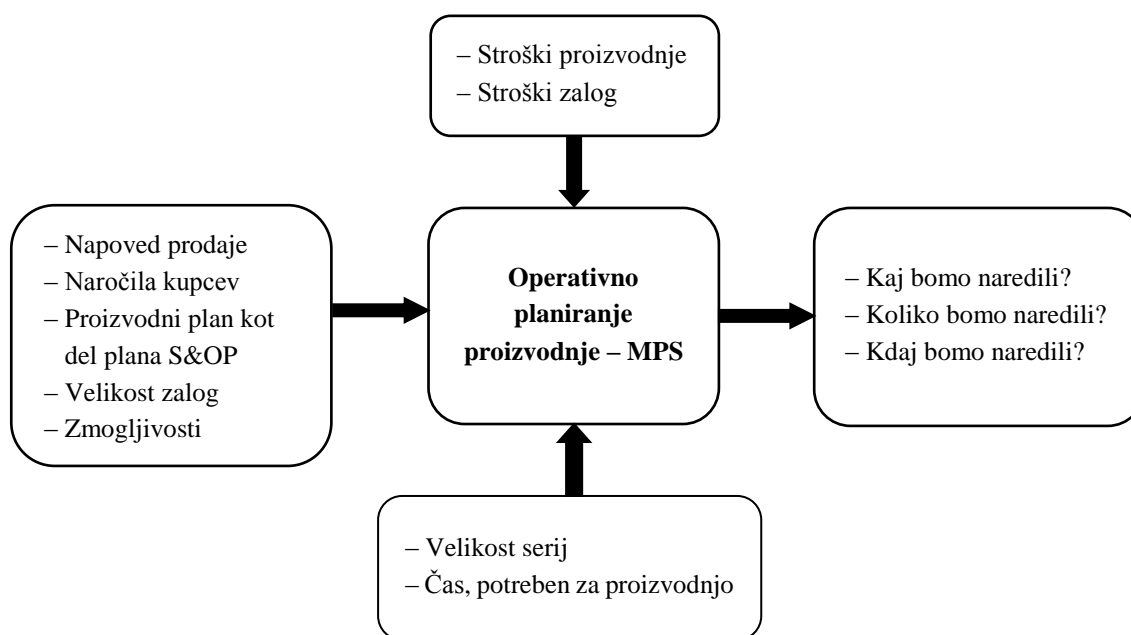
Za podporo odločanju obstaja v modernem času več programskih orodij. Najbolj razširjena so Excel, Lindo, Lingo in POM-QM. Najlažje dostopen in razširjen je Excel reševalec (angl. *Excel Solver*), ki je namenjen optimizaciji in reševanju linearnih, nelinearnih in celoštevilčnih

problemov. Lahko ga uporabimo za analizo »kaj-če« (angl. *what-if*). Za Microsoft Excel ga je razvilo podjetje Frontline Systems Inc. Je standardni dodatek vseh novejših različic in ga lahko aktiviramo kot orodje *add-in*. Za reševanje večjih problemov je proti plačilu mogoča uporaba izboljšane različice Premium Solver Platform. Z Excel reševalcem poiščemo optimalno oziroma največjo ali najmanjšo vrednost formule v ciljni celici (angl. *set objective*). Odločitvene spremenljivke določimo v polju celic, ki jih Excel reševalec optimizira (angl. *by changing variable cels*). Omejitve določimo v polju celic, ki so predmet omejitve (angl. *subject to the constraints*) (Winston, 2011, str. 241–244). Primer uporabe bomo prikazali v podpoglavju 5.4.2.

4.2.3 Operativno planiranje proizvodnje – MPS in grobo planiranje zmogljivosti – RCCP

V slovenski literaturi zasledimo naslednje izraze: operativno planiranje izdelave (Rusjan, 2013, str. 292), osnovni plan proizvodnje in glavni plan proizvodnje (Ljubič, 2006, str. 149). V angleški literaturi uporabljena izraza *master scheduling* in *master production scheduling* sta sopomenki (Wallace & Stahl, 2003, str. 2). Ker se v tem delu ukvarjamo s proizvodnjo, bomo uporabljali izraz operativno planiranje proizvodnje (MPS). Z MPS določamo, katere končne izdelke, koliko vsakega od teh izdelkov in kdaj v naslednjem kratkoročnem obdobju bomo proizvajali. Z njim določamo tudi obseg zalog posameznih proizvodov in s tem raven storitve kupcem, zanesljivost dobav in stroške izdelave (Rusjan, 2013, str. 293). Zaradi povezav proizvajalca s kupci in dobavitelji je vloga MPS v oskrbni verigi izredno pomembna (Wallace & Stahl, 2003, str. 14). Vložki in izložki pri oblikovanju MPS so prikazani na Sliki 13.

Slika 13: Vložki in izložki pri oblikovanju MPS



Vir: *Master Production Schedule*, 2017.

Osnovni MPS nastane z razgradnjo proizvodnega plana v okviru S&OP in je za specifične proizvode zapisan v obliki časovne vrste v kosih ali katerikoli drugi enoti. Tako izdelan MPS obvešča prodajo, kdaj bodo proizvodi na razpolago, in je osnova za planiranje potreb po materialih – MRP (Jacobs et al., 2011, str. 184). S povečevanjem števila končnih proizvodov in števila virov ter ob upoštevanju vseh možnih omejitev lahko postane oblikovanje MPS zelo kompleksen problem (Vieira & Favaretto, 2006, str. 3610). MPS je verjetno najpomembnejše, vendar najmanj uporabljeno orodje za nadzor stroškov v poslovanju. Vrhnji menedžment ga dostikrat ignorira, srednji menedžment ga ima za samoumevnega in spodnji menedžment pogosto nevedno zmanjšuje njegov pomen z njegovim nepotrebnim spreminjanjem. Nasprotno odlična podjetja obravnavajo MPS kot srce oskrbne verige in uporabljajo najboljše prakse za zmanjševanje stroškov in povečevanje učinkovitosti ter servisiranje kupcev (Sheldon, 2006, str. 1). Korektno narejen MPS je zmes znanosti in umetnosti (Sheldon, 2005, str. 4). Primer plana MPS za eno vrsto končnih proizvodov je prikazan na Sliki 14. Razpoložljivost za dobavo (angl. *projected available balance*) se izračuna, kot je prikazano v enačbi (1):

$$\text{Razpoložljivost za dobavo} = \text{začetna zaloga} + \text{planirana količina za proizvodnjo} - \text{napoved prodaje} \quad (1)$$

Slika 14: Primer plana MPS v obliki časovne vrste za eno vrsto končnega proizvoda

	Začetna zaloga	Plansko obdobje				
		1	2	3	4	5
Napoved prodaje		5	5	8	10	15
Razpoložljivost za dobavo	20	15	10	32	22	7
Planirana količina za proizvodnjo				30		
Velikost serije = 30						
Varnostna zaloga = 5						

Vir: F. R. Jacobs et al., *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 2011, str. 190.

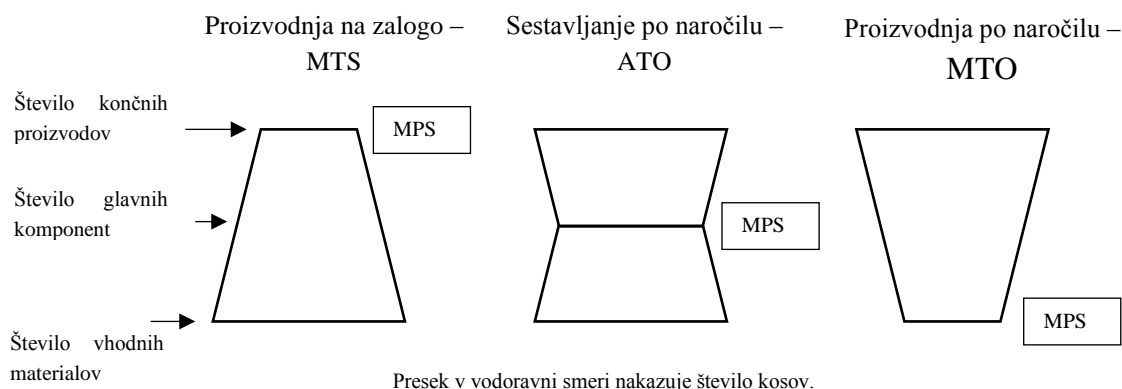
Številni avtorji navajajo, da je poslovno okolje določeno z načinom proizvodnje, raznolikostjo proizvodnega programa in trgom. Poznamo naslednja tri osnovna poslovna okolja (Jacobs et al., 2011, str. 185–187):

- **proizvodnja na zalogo** (angl. *make to stock*, v nadaljevanju MTS) se uporablja v podjetjih, ki imajo standardiziran proizvodni program. Proizvodnja se začne na podlagi predvidenega povpraševanja, potrebe kupcev se pokrivajo iz zaloge. Pomembno je vzdrževanje ustrezne ravni storitve, kar pomeni, da je verjetnost, da zaloge zmanjka, ko kupec želi proizvod, sorazmerno nizka (skladna s strateškimi in poslovnimi cilji podjetja);
- **sestavljanje po naročilu** (angl. *assemble to order*, v nadaljevanju ATO) je način, s katerim želijo podjetja zmanjšati pretočni čas tako, da proizvedejo komponente, ki se vgrajujejo v različne končne izdelke na zalogo;

- **proizvodnja po naročilu** (angl. *make to order*, v nadaljevanju MTO) se uporablja v podjetjih, ki proizvajajo izdelke v skladu s posebnimi zahtevami kupca. Proizvodnja se začne po prejemu naročila, kupec pa mora čakati določen dobavni rok, ki pokriva nabavne in proizvodne čase komponent in proizvoda. Pomembno je realno postavljanje obljubljenih dobavnih rokov, ki morajo upoštevati tudi razpoložljive zmogljivosti.

Kot je prikazano na Sliki 15, so odločitve v okviru MPS osredotočene na končne proizvode v primeru MTS, glavne komponente v primeru ATO in vhodne materiale v primeru MTO.

Slika 15: Odločitve v okviru MPS



Vir: R. S. Russell & B. W. Taylor, *Operations Management*, 2011, str. 684.

Pri oblikovanju MPS se srečujemo z različnimi interesi oddelkov znotraj podjetja. Proud (2007, str. 88–90) kot primere navaja prodajo in trženje, ki želita visoko raven storitve kupcem, razvoj želi prednostno obravnavo novih proizvodov, finance želijo poslovanje podjetja s čim nižjimi stroški, pri čemer mora proizvodnja loviti ravnotežje med nizkimi zalogami in pomanjkanjem materialov in končnih proizvodov. Proizvodnja želi enakomerno obremenjevati vire, logistika želi optimizirati zaloge in transport. Vrhnji menedžment mora usklajevati različne interese posameznih oddelkov.

Pogosto se enak proizvodni proces uporablja za več različnih končnih proizvodov. V tem primeru je potrebno preurejanje opreme, ki zahteva čas. Za zmanjšanje izgubljenega časa proizvajamo proizvode v serijah ustrezne velikosti. Poleg tega uvedemo varnostne zaloge, ki nas varujejo pred negotovostjo naročil (Jacobs et al., 2011, str. 189–196). Pri določevanju velikosti serije iščemo kompromis med stroški preurejanja, kjer želimo čim večje serije, in stroški skladiščenja oziroma zalog, kjer želimo čim manjše serije (Drexel & Kimms, 1997, str. 222). Planirano obdobje MPS je po navadi nekaj tednov do nekaj mesecev. Plansko obdobje je najpogosteje teden, lahko pa tudi dan (Rusjan, 2013, str. 295). Namesto izraza »plansko obdobje« se pogosto napačno uporablja izraz »planski horizont«. Horizont oziroma obzorje je v vsakdanjem življenju meja, do koder vidimo. Enak pomen ima tudi planski horizont, ki

ga razumemo kot časovno mejo, kako daleč v prihodnosti še lahko spoznavamo dogodke. To pa je lahko mnogo dlje, kot je časovno obdobje planiranja (Ljubič, 2006, str. 22).

MPS je nedvomno srce planiranja in kontrole proizvodnje. Njegovo neprestano spreminjanje zmanjšuje produktivnost. Zato je njegova stabilnost zelo pomembna. V izjemnih primerih lahko dopuščamo spreminjanje MPS zaradi doseganja boljšega servisiranja kupcev. Galloway, Rowbotham in Azhashemi (2000, str. 244) navajajo naslednje možnosti stabiliziranja MPS: spremembe lahko izvaja samo tisti, ki je zadolžen za izdelavo MPS; za določeno kratkoročno obdobje (6 do 8 tednov) se plan zamrzne in spremembe so dovoljene samo z dovoljenjem predsednika uprave (angl. *chief executive*); razdelitev planskega obdobja na tri podobdobja in postavitev časovnih zapor (angl. *time fencing*):

- fiksno obdobje (angl. *demand time fence*), v katerem je plan »zamrznjen« in ga ne spreminjamo,
- pripravljalno obdobje (angl. *planning time fence*), kjer ne spreminjamo vrste izdelkov, ampak samo količine,
- orientacijsko obdobje, kjer lahko spreminjamo vrste izdelkov in količine.

Za oblikovanje MPS se v literaturi predlagata dva pristopa (Vieira & Favareto, 2006, str. 3608). Hevristični pristop temelji na poenostavitvah na podlagi izkušenj in je primeren za hitro reševanje velikih problemov, optimalni pristop pa je uporaben za manjše probleme. Primeri metod so linearno programiranje, iskanje s tabuji, živčne mreže, simulirano ohlajevanje in genetski algoritmi.

Grobo planiranje zmogljivosti (angl. *rough cut capacity planning*, v nadaljevanju RCCP) je postopek preverjanja virov za uresničljivost MPS. Pogosto pri tem preverjamo zadostnost delovne sile, realne zmogljivosti strojev, skladiščnega prostora, sposobnost dobaviteljev in v nekaterih primerih zadostnost finančnih sredstev. Preverjanje izvajamo na ravni delovnega centra. Pri oblikovanju MPS moramo skrbno upoštevati realne zmogljivosti proizvodnje. V želji po proizvodnji čim več izdelkov ne smemo narediti nerealnega MPS (angl. *lying to the master schedule*). V tem primeru MPS izgubi verodostojnost (Meredith, 1992, str. 390). Precenjen MPS vodi do visokega deleža zamud v dobavi, kar je pogosto glavni znak neučinkovitega sistema planiranja in kontrole proizvodnje. V primeru preobremenitve delovnega centra lahko MPS korigiramo ali uporabimo katero od metod prilagajanja razpoložljive zmogljivosti (Rusjan, 2013, str. 302).

4.2.4 Planiranje potreb po materialih – MRP in podrobno planiranje zmogljivosti – CRP

Planiranje potreb po materialih (*MRP*) je tehnika, s katero določamo količine in čas nabave elementov odvisnega povpraševanja, kot so surovine, materiali ali komponente, s katerimi bomo lahko izpolnili zahteve, ki jih postavlja MPS (Kumar & Suresh, 2008, str. 120). Planiranje MRP temelji na potiskanju materiala skozi sistem in je bil prvi sistem za uravnavanje zalog, ki je obravnaval zaloge surovin, komponent in končnih proizvodov ločeno (Zijm, 2000, str. 318). Cilji, ki jih lahko dosežemo s pravilno uporabo MRP, so lahko zmanjšanje zalog potrebnih količin in vrste materialov ter sestavnih delov, določenih z MPS, zmanjšanje proizvodnih in dobavnih časov s pravočasno dobavo materialov in sestavnih delov, napoved in zagotavljanje realnih dobavnih rokov prodaji oziroma kupcem ter povečanje učinkovitosti s koordinacijo med posameznimi delovnimi centri.

Vložki v sistem MRP so operativni plan proizvodnje MPS, zaloga materialov odvisnega povpraševanja in kosovnice v kosovni proizvodnji oziroma recepture v procesni proizvodnji. Izložke predstavljajo nabavni nalogi za materiale in sestavne dele, ki so časovno razdeljeni na nabavna naročila za izvedbo, nabavna naročila, ki so prestavljena, in planirane nabavne naloge. Podrobno planiranje zmogljivost (CRP) preverja uresničljivost MRP in se od RCCP razlikuje zaradi upoštevanja informacij o sestavnih delih proizvodov iz MRP, kjer sta določena začetek in konec proizvodnje posameznih komponent, zalog materialov in končnih proizvodov, zalog nedokončane proizvodnje ter možnosti upoštevanja dodatnih naročil in popravil (Jacobs et al., 2011, str. 286–288).

4.2.5 Terminiranje in kontrola izvedbe proizvodnje – SFC

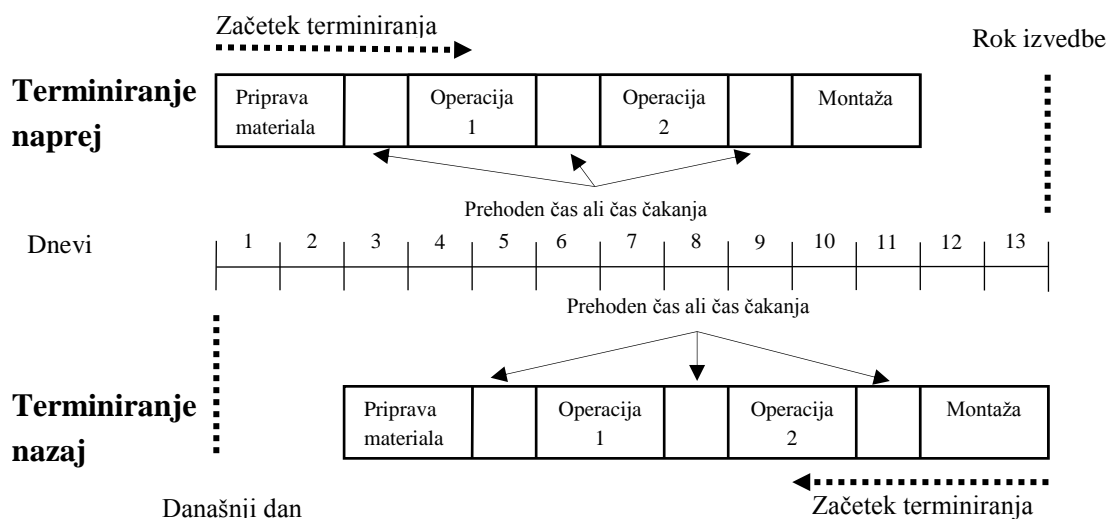
S terminiranjem in kontrolo izvedbe proizvodnje določamo začetek in konec posameznih proizvodnih dejavnosti, potrebnih za proizvodnjo določenih proizvodov, s kontrolo pa spremljamo dejanski potek izvajanja posameznih naročil v proizvodnji, in ko izvedba odstopa od plana, sprejemamo popravljalne ukrepe (Rusjan, 2013, str. 409–416). V literaturi zasledimo za terminiranje tudi izraz »terminsko planiranje« in »mikro planiranje«. Angleški izrazi za terminiranje in kontolo izvedbe proizvodnje (angl. *shop floor control*, *job shop scheduling*, *production control* in *production activity control*) imajo enak pomen (Russell & Taylor, 2011, str. 757). V nekem smislu je terminski plan urnik dela v proizvodnji (Ljubič, 2006, str. 225–226).

Cilj, ki ga zasledujemo pri SFC, je zagotoviti dobavo proizvodov kupcem v obljubljenih rokih oziroma obnavljati zaloge tako, da bi se kupcem zagotovila določena raven storitve, pri tem pa naj bi bili stroški za doseg tega cilja čim nižji. Osnovni cilj vsebuje številne podcilje, ki naj bi vodili k njegovemu doseganju. Primeri podciljev so lahko uresničevanje planiranih (obljubljenih) dobavnih rokov, minimiziranje stroškov proizvodnje, zagotavljanje čim krajših pretočnih časov proizvodnje in s tem čim nižje zaloge nedokončane proizvodnje,

zagotavljanje čim boljše izkoriščenosti opreme in delovne sile, zagotavljanje čim večje prilagodljivosti zahtevam kupca. Problem je v tem, da imamo pri doseganju različnih podciljev pogosto opraviti z alternativnimi koristmi, kar pomeni, da boljši rezultati enega podcilja pomenijo slabše rezultate pri doseganju drugega podcilja. Za učinkovito kontrolo proizvodnih dejavnosti je nujna dobra komunikacija, torej učinkovito zbiranje in posredovanje informacij (Rusjan, 2013, str. 410–412).

Več avtorjev navaja časovno gledano dva osnovna načina terminiranja. V primeru terminiranja naprej (angl. *forward scheduling*) dejavnost začnemo izvajati v njenem najzgodnejšem možnem terminu. Ker se delo začne takoj, ko je mogoče, bo končano prej, kot je potrebno. Zato se ustvarijo zaloge, ki povzročajo stroške. Prednosti sta visoka izkoriščenost dela in prilagodljivost, ker časovna ohlapnost omogoča dodajanje nepričakovanega dela. Terminiranje nazaj (angl. *backward scheduling*) pomeni, da je izhodišče termin za dokončanje naročila. Začnemo pri zadnjih dejavnostih in nadaljujemo proti prvim. Prednost so nižji stroški materiala, ker ga ne vgradimo in nabavimo, preden je to potrebno, manjša izpostavljenost tveganju, če stranka spremeni plan, in osredotočenost proizvodnje na rok, ki ga postavi kupec. Terminirane naprej in nazaj sta prikazana na Sliki 16 z Gantovim diagramom.

Slika 16: Terminiranje naprej in nazaj, prikazana z Gantovim diagramom



Vir: S. A. Kumar & N. Suresh, *Production and operations management*, 2008, str. 127.

Funkcija terminiranja je zelo odvisna od vrste proizvodnje in razmestitve strojev. Pri serijski proizvodnji in linijski razmestitvi je zelo pomembna **razvrstitev** (angl. *sequencing*) delovnih nalogov (Russell & Taylor, 2011, str. 756). Če na liniji proizvajamo več proizvodov, je treba poleg proizvodnega cikla in časa proizvodnje določiti tudi vrstni red proizvodnje posameznih proizvodov in velikosti proizvodnih serij (Rusjan, 2013, str. 416). Optimalna razvrstitev

delovnih nalogov je določena s stroški preurejanja oziroma časi preurejanja polnilne linije med posameznimi proizvodi, ki jih lahko zapišemo v matriki preurejanj. V odvisnosti od vrstnega reda izvajanja delovnih nalogov so lahko stroški in časi preurejanj zelo različni. Kateri nalog bomo izvedli kot prvi, je z vidika stroškov določeno s trenutnimi nastavitvami na polnilni liniji. Razvrstitev delovnih nalogov lahko obravnavamo enako kot problem trgovskega potnika (angl. *traveling salesman problem*, v nadaljevanju TSP), poznan iz operacijskih raziskav. Pri tem lahko za optimiziranje razvrščanja delovnih nalogov uporabimo metodo linearnega programiranja (Wild, 1972, str.141–142).

Da lahko razvrstitev delovnih nalogov obravnavamo enako kot TSP, morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji, ki jih navaja Pinedo (2012, str. 20):

- proizvodnja proizvodov samo na enem stroju ali liniji (angl. *single machine*),
- sekvenčno odvisni časi preurejanj (angl. *sequence dependent setup times*),
- minimiziranje skupnega izdelovalnega časa (angl. *makespan*).

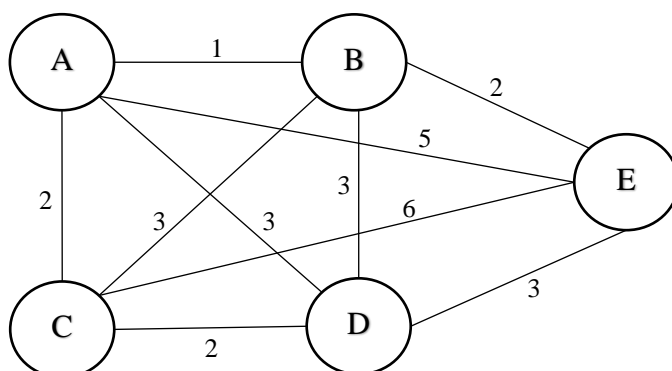
Začetki reševanja TSP segajo v 18. stoletje, ko sta problem prva matematično zapisala W. R. Hamilton in T. P. Kirkman. Trgovski potnik mora obiskati $n-1$ mest, pri čemer začne pot iz mesta i v mesto j . Vsako mesto mora obiskati enkrat in pot končati v mestu, iz katerega je odšel. Mesta mora obiskati v takem vrstnem redu, da bodo stroški potovanja najmanjši oziroma opravljena pot najkrajša. Število možnih poti je $(n - 1)!/2$. TSP lahko apliciramo na številnih področjih, kot so vrtanje lukenj na elektronskih vezjih, robotsko sestavljanje elektronskih vezij, določevanje poti kamionov, komisioniranje blaga v skadiščih in še veliko drugih (Davendra, 2010, str. 1–4). TSP je NP težak problem (angl. *nondeterministic polynomial – NP*), kar pomeni, da zanj ne poznamo algoritma rešljivega v polinomnem času (Jiang, 2010, str. 761).

V Tabeli 2 so prikazane prilagoditve, ki jih je treba izvesti za uporabo TSP za razvrščanje delovnih nalogov. Na Sliki 17 so z velikimi črkami grafično prikazani delovni nalogi in s številkami časi oziroma stroški preurejanj med njimi.

Tabela 2: Prilagoditve TSP za uporabo pri razvrščanju delovnih nalogov

Problem TSP	TSP, prilagojen za razvrščanje delovnih nalogov
Trgovski potnik	Polnilna linija
Mesta, ki jih mora obiskati trgovski potnik	Delovni nalogi
Stroški potovanja	Čas ali stroški preurejanja polnilne linije

Slika 17: Prikaz primera delovnih nalogov in časov oziroma stroškov preurejanj med njimi



Matematična oblika TSP, prikazana v enačbi (2), ima naslednjo obliko (Čižman, 2004, str. 113–114):

$$\min z = \sum_i \sum_j d_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Pomen oznak:

d_{ij} = čas preurejanja ali stroški preurejanja med dvema delovnim nalogoma,

x_{ij} = ima vrednost 1, če prestavimo linijo iz naloga i na nalog j, sicer ima vrednost 0,

z = skupni stroški ali čas preurejanj.

Za reševanje TPS so razviti številni algoritmi. Za več delovnih nalogov se uporabljajo različni hevristični pristopi, ki ne dajo optimalne rešitve. Primer je metoda najbližjega soseda oziroma požrešna metoda (angl. *greedy method*), kjer pri vsakem paru delovnih nalogov iščemo najnižje stroške. Za manj delovnih nalogov se lahko uporabijo metode za iskanje optimalnih rešitev. Za do 20 delovnih nalogov lahko uporabimo metodo razveji in omeji (angl. *branch and bound*) (Ljubič, 2006, str. 239–248). Metoda zahteva veliko časa, zato bomo v praktičnem delu prikazali optimizacijo razvrstitve z uporabo linearnega programiranja in Microsoft Excel reševalca.

4.3 Uporaba koncepta vitke proizvodnje – JIT v MPC

4.3.1 Opredelitev vloge JIT v MPC

Vitko proizvodnjo (angl. *lean production*) lahko opredelimo kot proizvodni koncept, katerega namen je povečati uspešnost poslovanja s pomočjo odpravljanja vseh nepotrebnih dejavnosti in izboljšanja kakovosti. Ključno je odpravljanje nepotrebnega trošenja oziroma izgub (jap. *muda*), ki je opredeljeno kot vse tisto, kar ne dodaja vrednosti z vidika kupca. Pojem vitka proizvodnja je širši od pojma JIT, čeprav se danes pojma velikokrat uporabljata kot sopomenki za opis proizvodnega ali storitvenega sistema, ki ima visoko raven koordiniranosti in je zasnovan za izdelavo veliko izločkov (Rusjan, 2013, str. 535–536). JIT je filozofija in

nabor tehnik hkrati. Koncept JIT naj bi zagotovil stroškovno učinkovito proizvodnjo z dostavo sestavnih delov ustrezne kakovosti, v ustrezni količini, na ustrezno mesto v trenutku, ko so tam potrebni. Poleg JIT zasledimo v literaturi še dva podobna koncepta – TQM (angl. *total quality management*) s poudarkom na kakovosti in TPM (angl. *total productive maintenance*) s poudarkom na vzdrževanju (Cua, McKone, & Schroeder, 2001, str. 675). Kot je razvidno iz Tabele 3, je za pristop JIT pri planiranju in kontroli proizvodnje značilen poudarek na kontroli, vizualizaciji in preprostem planiranju.

Tabela 3: Primerjava tradicionalnega pristopa in pristopa JIT v proizvodnji

Karakteristika	Tradicionalni pristop	Pristop JIT
Prednostne naloge	Sprejem vseh naročil kupcev	Osredotočenje na del kupcev Nizki stroški, visoka kakovost
Oblikovanje proizvodov	Prilagajanje proizvodov željam kupcev, kar je povezano z visokimi stroški	Standardizirani proizvodi, ki se lahko spreminjajo po majhnih korakih
Zmogljivosti	Presežne zmogljivosti zaradi razmišljanja za vsak primer (angl. <i>just in case</i>)	Zelo malo presežnih zmogljivosti
Oblikovanje procesa	Potisni proizvodni sistem (angl. <i>push</i>), kjer delo poteka po vnaprej določenem planu. Informacije potujejo v isti smeri kot materialni tokovi.	Vlečni (angl. <i>pull</i>) proizvodni sistem, kjer proces sproži naročilo kupca. Informacije potujejo v nasprotni smeri kot materialni tokovi.
Razporeditev opreme	Velik prostor Oprema za transport materiala	Majhen prostor Ročen transport materiala
Delavci	Ozko usmerjeni, specializirani Individualizem, konkurenčno okolje, spremembe na ukaz, počasen ritem, statusni simboli, denar, privilegiji	Široko usmerjeni, prilagodljivi, timsko delo, sodelovanje, spremembe po dogovoru Hiter ritem Brez statusnega razlikovanja
Terminiranje	Dolgi časi preurejanja Velike serije	Hitro preurejanje Majhne serije
Zaloge	Velike zaloge nedokončane proizvodnje in končnih proizvodov	Majhne zaloge nedokončane proizvodnje in končnih proizvodov
Dobavitelji	Veliko dobaviteljev Konkurenčnost med dobavitelji	Malo ali samo eden dobavitelj Sodelovanje med dobavitelji
Planiranje in kontrola	Poudarek na planiranju Kompleksno planiranje Uporaba računalnikov	Poudarek na kontroli Preprosto planiranje Poudarek na vizualizaciji
Kakovost	Kontrola, kritične točke, vzorčenje	Kakovost na izvoru, kontinuirano spremljanje, procesna kontrola
Vzdrževanje	Korektivno, specialisti, obratovanje v eni izmeni	Preventivno, operaterji Obratovanje 24 ur

Klasičen sistem planiranja in kontrole proizvodnje predpostavlja koncept zaporednega sukcesivnega planiranja tako, da pri tem skrajšujemo časovno obdobje planiranja in hkrati povečujemo natančnost in zanesljivost planov. Tako MPC deluje zadovoljivo le, kadar lahko realno ocenimo pretočne čase posameznih delovnih nalogov; je razsipanje pretočnih časov sorazmerno majhno (vsi delovni nalogi imajo približno enake pretočne čase); v proizvodnem procesu nimamo veliko ozkih grl; so obdelovalni časi zelo natančno določeni; nimamo večjih izpadov virov (delavcev, delovnih sredstev in predmetov dela); poznamo primarne potrebe za celotno plansko obdobje; smo pravočasno upoštevali naročila, katerih dobavni rok je krajši od proizvodnega časa. Takšne razmere so redkost, zagotovljene so samo v nekaterih primerih serijske in množične proizvodnje v okolju MTS. Čim več je specifičnih naročil kupcev pri spreminjajočih se ozkih grlih proizvodnje, tem manj je klasičen sistem planiranja primeren (Ljubič & Roblek, 1999, str. 423–424).

Z uporabo koncepta JIT ne potrebujemo več standardnih sistemov poročanja proizvodnje, zmanjšamo lahko stroške podrobnega terminiranja proizvodnje, zmanjšamo nedokončano proizvodnjo in proizvodni čas ter podpremo boljše terminiranje kupcev (Jacobs et al., 2011, str. 370–371). V MRP lahko za posamezne postavke v kosovnici ne vodimo več zalog in naročanja ne izvajamo glede na plan. Postavke poimenujemo fantomi in zanje uvedemo vlečni način oziroma kanban. Pomembna razlika in prednost kanbana je, da je preprostejši in temelji večinoma na uporabi vizualnih sistemov, medtem ko je uporaba sistema MRP vezana na uporabo računalnikov (Rusjan, 2013, str. 556–560). Prednosti in slabosti JIT so prikazane v Tabeli 4.

Scott et al. (2011, str. 66) navajajo naslednje omejitve pri uporabi koncepta JIT: Koncept se je razvil na Japonskem, kjer se kultura in vrednote razlikuje od ostalih delov sveta. Zato je verjetnost uspešnosti uporabe v okoljih, ki se močno razlikujejo od japonskega, manjša. Zmanjšanje ali ukinitve varnostnih zalog lahko povzroči neizdobavo proizvodov in posledično zmanjšanje zadovoljstva kupcev. Še posebej je to nevarno v okoljih, kjer so velika nihanja v povpraševanju. Zmanjšana avtonomnost posameznika lahko povzroči občutek nepomembnosti in zato odpor pri zaposlenih. Uspešnost je odvisna od vrste proizvodnje. Proizvodnja, v kateri je poudarek na sestavljanju komponent, je primernejša za uporabo JIT kot proizvodnja, ki proizvode proizvaja iz surovin.

Tabela 4: Prednosti in slabosti JIT

Prednosti	Slabosti
Manjše zaloge v procesu	Visoko tveganje pri vpeljevanju novega sistema
Povezane koristi, kot je zmanjšanje skladiščnega prostora in režije	Visoki začetni stroški in stroški implementacije
Manjši stroški nabavljanja zaradi uporabe rutinskih postopkov	Dolgi časi, potrebni za občutno izboljšanje
Hitrejši, koordiniran pretok materiala, ki zmanjšuje pretočne čase	Nesposobnost dobaviteljev za prilagoditev na JIT
Večja produktivnost, izkoriščenost in zmogljivosti virov	Potreba po stabilni proizvodnji, ko je povpraševanje zelo spremenljivo ali sezonsko
Poenostavljeno planiranje in terminiranje z manj administriranja	Zmanjšana prilagodljivost za posebne zahteve kupcev
Boljša kakovost z manj izmeta in odpada	Težave in visoki stroški za zmanjšanje nastavitvenih časov
Boljši odnosi z dobavitelji	Pomanjkanje predanosti, sodelovanja in zaupanja znotraj organizacije
	Problem povezovanja JIT z ostalimi sistemi, kot so finance
	Povečanje stresa med delavci in nesposobnost zaposlenih za sprejem povečane odgovornosti

Vir: D. Waters, *Operations Strategy*, 2006, str. 451.

4.3.2 Uporaba glajenja proizvodnje kot primer uporabe JIT v MPC

Glajenje proizvodnje (jap. *heijunka*, angl. *production leveling or production smoothing*) predstavlja JIT-koncept terminiranja proizvodnje v majhnih serijah, ki ga lahko uporabimo pri oblikovanju MPS. Proizvodne serije oblikujemo tako, da se ponavljajo v časovnih enotah oziroma periodah glajenja proizvodnje (angl. *every part every interval*, v nadaljevanju EPEI) (Coimbra, 2013, str. 149). Koncept omogoča vlečni (angl. *pull*) način dela in uporabo načina kanban kot nasprotje klasičnemu potisnemu (angl. *push*) konceptu, kjer je poudarek na velikih JITizdelava čim bolj slediti povpraševanju. Povpraševanje ne nastopa v velikih serijah, zato tudi proizvodnja ne sme potekati v velikih serijah. Ključni pogoj za uvedbo glajene proizvodnje so kratki časi preurejanja med različnimi proizvodi. Glajena proizvodnja zagotavlja enakomerno obremenitev v vseh fazah proizvodnje in enakomerno obremenitev dobaviteljev. Cilj je proizvesti točno določeno količino vsak dan ali vsak teden. Ko je planirana količina dosežena, se proizvodnja zaustavi, v nasprotnem primeru se nadoknadi v nadurah. Stabiliziranje MPS omogoča stabiliziranje vseh predhodnih procesov in dobav (Rusjan, 2013, str. 556–560).

Hinnes, Found, Griffiths in Harrison (2012, str. 159) za glajenje proizvodnje predlagajo uporabo koncepta razdelitve končnih proizvodov na stalne, ponavljajoče in občasne proizvode. Delitev končnih proizvodov se izvede glede na stroškovno pomembnost in stabilnost prodaje:

- **stalni proizvodi** (angl. *runners*) so tisti proizvodi ali družine proizvodov, ki imajo tolikšen obseg, da se izvajajo zelo pogosto. Običajno se proizvajajo v velikih količinah in imajo majhna nihanja prodaje. Včasih je zanje smiselno imeti namenske proizvodne linije;
- **ponavljajoči se proizvodi** (angl. *repeaters*) so tisti proizvodi ali družine proizvodov, ki imajo srednje velik obseg in srednje nihanje prodaje ter se proizvajajo pogosto, vendar ne nujno vsak dan ali teden, glede na obseg pa zanje ne potrebujemo posebne proizvodne linije;
- **občasni proizvodi** (angl. *strangers*) so tisti proizvodi ali družine proizvodov, ki se proizvajajo redko in imajo pogosto zelo veliko nihanje prodaje.

Za razvrstitev končnih proizvodov si pomagamo s kombinacijo razvrstitve ABC po stroškovni pomembnosti in razvrstitve XYZ po stabilnosti porabe. Analizo ABC-XYZ opisuje Ljubič (2006, str. 326–333). Za razvrstitev ABC končnih proizvodov bomo uporabili Paretovo pravilo, poznano tudi kot pravilo 80-20, ki pravi da 20 % vzrokov povzroči 80 % posledic. Ker končne proizvode težko razvrstimo po stroškovni pomembnosti, predpostavimo, da je proizvodna cena vseh proizvodov enaka in se tako pri razvrstitvi lahko omejimo na proizvedene količine. Tako lahko končne proizvode razdelimo v naslednje skupine:

- skupino A predstavlja 5 do 10 % materialnih postavk, ki povzročajo 70 do 80 % materialnih stroškov oziroma proizvedenih količin;
- skupino B predstavlja 20 do 30 % materialnih postavk, ki povzročajo 20 do 30 % materialnih stroškov oziroma proizvedenih količin;
- skupino C predstavlja 50 do 70 % materialnih postavk, ki povzročajo 5 do 10 % materialnih stroškov oziroma proizvedenih količin.

Ker analiza ABC ne upošteva dinamike porabe, jo moramo dopolniti z analizo XYZ stalnosti (stabilnosti) porabe. Tako proizvode z izračunom standardnega odklona, deljene s povprečno vrednostjo, razdelimo v tri skupine:

- skupina X – po izkušnjah približno 50 % materialnih postavk,
- skupina Y – po izkušnjah približno 20 % materialnih postavk,
- skupina Z – po izkušnjah približno 30 % materialnih postavk.

Kot predlagajo Bohnen, Buhl in Deuse (2013, str. 55) in je prikazano na Sliki 18, lahko končne proizvode AX, AY in BX obravnavamo kot stalne proizvode. Končne proizvode AZ, BY in CX lahko obravnavamo kot ponavljajoče se proizvode. Končne proizvode BZ, CY in

CZ lahko obravnavamo kot občasne proizvode. Končni proizvodi, ki niso glajeni, se proizvajajo po naročilu MTO.

Slika 18: Razvrstitev končnih proizvodov s pomočjo analiz ABC in XYZ

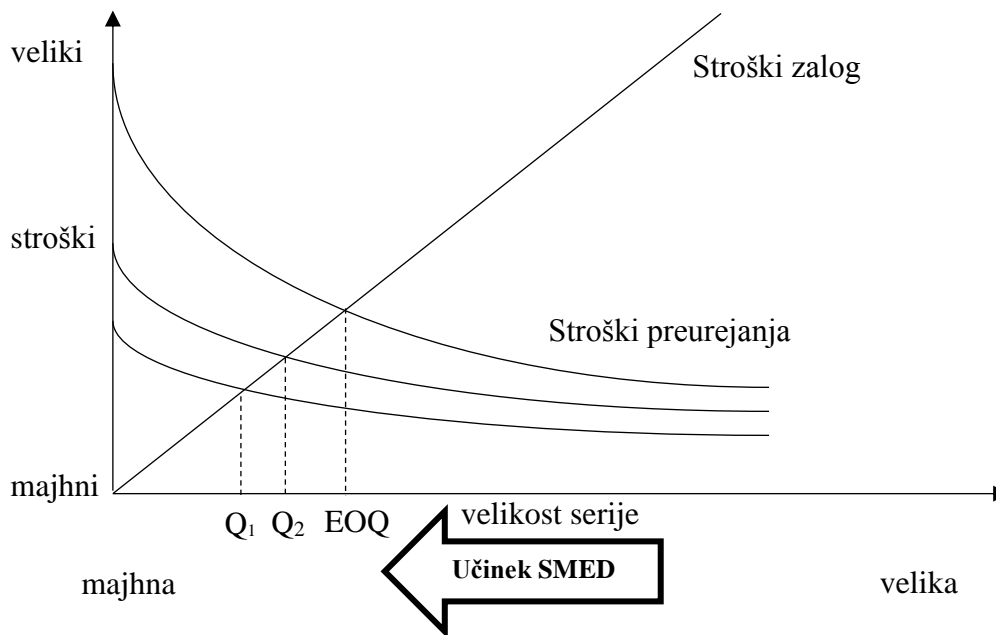
		Stalnost porabe			
		velika		majhna	
Vrednost porabe	velika	AX	AY	AZ	Stalni proizvodi
		BX	BY	BZ	Ponavljajoči se proizvodi
	majhna	CX	CY	CZ	Občasni proizvodi

Vir: F. Bohnen et al., *Systematic procedure for leveling of low volume and high mix production*, 2013, str. 55.

Coimbra (2013, str. 151) navaja več prednosti proizvodnje v majhnih serijah, kot so odprema bolj svežih proizvodov iz skladišča, zmanjšanje možnosti proizvodov s pretečenim rokom v skladišču in posledično uničenje, preprečevanje odprodaje ostankov proizvodov po znižani ceni, nizke zaloge končnih proizvodov naredijo probleme v proizvodnji vidnejše, kar daje priložnosti za njihovo reševanje, nizke zaloge končnih proizvodov pomenijo manj vezanih finančnih sredstev, lažje odkrivanje napak in manjša možnost proizvodnje velikih serij z napakami, večja prilagodljivost prodaji in vlečni način dela, preprečevanje načina razmišljanja pri planiranju »za vsak primer« (angl. *just in case*) in zmanjšanje učinka biča v oskrbni verigi. Glajenje proizvodnje povzroči povečano število prestavljanj linije. Zato je učinkovito samo, če za prestavitve ne porabimo veliko časa. Zmanjšanje časov prestavitve lahko izvedemo z metodo SMED, ki je akronim za hitro menjavo in nastavitev orodij (angl. *single minute exchange of dies*, v nadaljevanju SMED) oziroma kratke čase preurejanj strojev. Z zmanjševanjem časov preurejanja povečujemo učinkovitost, povečujemo proste zmogljivosti in zmanjšujemo potrebe po vlaganju (angl. *capital expenditure*, v nadaljevanju CAPEX). Kot je prikazano na Sliki 19, SMED posredno omogoča zmanjševanje optimalnih velikosti serij (EOQ) oziroma planiranje v manjših serijah, ker so stroški preurejanj manjši (Coimbra, 2013, str. 95-98).

Kot navajata Russell in Taylor (2011, str. 730–732), SMED temelji na analizi preurejanja strojev in razdelitvi zastojev linije kot posledica preurejanja na notranje in zunanje. Notranje preureditve lahko izvedemo, ko stroj ne obratuje. Zunanje preureditve lahko izvedemo, ko stroj še obratuje. Z uporabo tega koncepta lahko skrajšamo preureditvene čase za 30 do 50 %. Pri tem je treba čim več notranjih preureditev spremeniti v zunanje. To lahko naredimo s čim več pripravami, kot so priprava orodij, predgretje modelov in podobno. Potrebno je tudi racionaliziranje vseh vidikov preureditev. Sem spadajo ustrezna priprava delovnega prostora, postavitve orodja poleg delovnega mesta in poenostavitve postopkov. V čim večjem obsegu je potrebno vzporedno izvajanje dejavnosti. Ta postopek je lahko bistveno hitrejši, če delo izvajata dva delavca ali več hkrati.

Slika 19: Vpliv SMED na EOQ



Vir: E. A. Coimbra, *Kaizen Logistics and Supply Chain*, 2013, str. 97.

5 PLANIRANJE IN KONTROLA PROIZVODNJE V PODJETJU

5.1 Predstavitev podjetja

Leta 1864 sta brata Kosler v spodnji Šiški v Ljubljani ustanovila Pivovarno Kosler. S priključitvijo več manjših pivovarn je leta 1909 podjetje postalo Delniška družba Union, od koder tudi izhaja ime (angl. *Union* – združenje). V letu 1925 je podjetje prvič preseгло letno proizvodnjo 100.000 hl piva. Leta 1946 je bila pivovarna v skladu z novim družbenim konceptom in ureditvijo nacionalizirana in preimenovana v Družbeno podjetje Pivovarna Union. Sredi 60. let je začela poslovati z državami zunaj meja tedanje Jugoslavije, predvsem z Italijo. Podjetje je ponovno postalo delniška družba leta 1990. Leta 1993 je poleg piva začelo proizvajati brezalkoholne pijače pod blagovno znamko Sola, v letu 1995 pa še izvirsko vodo Zala. Pivovarno je močno zaznamovala pivovarska vojna v obdobju med letoma 2001 in 2005, po kateri je Pivovarno Union prevzela Pivovarna Laško. Podjetje je tako postalo član skupine Laško. Leta 2015 je Pivovarna Union kot član skupine Laško posredno prešla v last nizozemske pivovarne Heineken international. 1. julija 2016 se je Pivovarna Union, d.d., pripojila k Pivovarni Laško, d.d., ki se je hkrati preimenovala v Pivovarna Laško Union, d.o.o., v 100 % lasti Pivovarne Heineken. Podjetje, ki je ponosno na svojo zgodovino in tradicijo, je leta 2014 praznovalo 150-letnico obstoja. Dokaze o razvoju podjetja hrani Pivovarski muzej, ki skupaj s pivnico deluje na lokaciji podjetja (Pivovarna Union d.d., 2015, str. 13–17).

Podjetje deluje v panogi hrana in pijača (angl. *food and beverages*) in letno proizvede približno 1 milijon hl piva in 400.000 hl ostalih pijač. Prodaja je usmerjena pretežno na slovenski trg, kjer je bilo v letu 2015 prodanih 71 % pijač, ostalih 29 % je bilo prodanih predvsem na italijanskem trgu in v državah bivše Jugoslavije (Pivovarna Union d.d., 2015, str. 29–33). Asortiman Pivovarne Union se neprestano spreminja in je trenutno sestavljen iz naslednjih blagovnih znamk, katerih nekateri logotipi so prikazani na Sliki 20:

- UNION svetlo pivo, temno pivo, brezalkoholno pivo, Pils,
- UNION Radler: limona, grenivka, bezeg,
- SOLA brezalkoholne osvežilne pijače,
- ZA brezalkoholne osvežilne pijače,
- ZALA izvirska voda,
- JABOLČNI TAT cider.

Slika 20: Logotipi posameznih blagovnih znamk



Vir: Pivovarna Laško d.d., 2016.

V sistemu Heineken, Pivovarna Laško Union, d.o.o., predstavlja OpCo (angl. *operational company*) Slovenija s poslovnima enotama Laško in Union. Obe poslovni enoti delujeta predvsem na slovenskem razmeroma stabilnem trgu piva z letno porabo 1,6 milijona hl piva. Potrošnja piva na letni ravni je leta 2016 v Sloveniji na prebivalca znašala 74 l. Velika ovira pri potrošnji je visoka trošarina, ki je po višini na 5. mestu v Evropi, takoj za skandinavskimi državami.

5.2 Opis proizvodnje piva in ostalih pijač

V Prilogi 3 je prikazan proces proizvodnje v Pivovarni Union, ki ga lahko razdelimo v dve zaporedno vezani stopnji. Prva stopnja je proizvodnja piva in ostalih pijač. Drugo stopnjo predstavljata polnjenje in pakiranje piva in ostalih pijač. Enako kot navaja Schmenner (1987, str. 121) za pivovarno Stroh Brewery Company, lahko tudi v primeru Pivovarne Union prvo stopnjo opredelimo kot procesno vrsto proizvodnje in drugo stopnjo kot serijsko vrsto proizvodnje. Če gledamo celoto, gre za hibridno oziroma kombinirano vrsto proizvodnje. Proizvodnja je opremljena z modernimi računalniško podprtimi stroji, ki omogočajo visoko učinkovitost in visoko kakovost proizvodov pri velikih serijah proizvodnje. Kakovost proizvodov zagotavljajo certificirani standardi (ISO 9001, ISO 14001, HACCP in IFS), ki jih podjetje vzdržuje in potrjuje s periodičnimi notranjimi in zunanji presojami. Za količino

oziroma volumen bomo uporabljali v pivovarstvu uveljavljeno enoto hektoliter (v nadaljevanju hl). Delovne naloge bomo opredelili brez internih oznak podjetja npr. Pivo A – 0,33 – 1x24 – E. Kjer Pivo A pomeni vrsto pijače, 0,33 volumen primarnega pakiranja, 1x24 sekundarno pakiranje in E Euro paleta oziroma D označuje Duesseldorf paleta.

Pivo je alkoholna pijača, pripravljena s fermentiranjem sladkorjev, ki s pomočjo encimov nastanejo iz škroba, katerega vir so običajno različna slajena in neslajena žita. Za varjenje piva se najpogosteje uporablja slad, ki je predelan ječmen, uporabljajo pa se lahko tudi pšenica, koruza, riž in proso. Velja za najstarejšo in najbolj priljubljeno alkoholno pijačo na svetu. Med vsemi pijačami je pivo na tretjem mestu po svetovni porabi. Pred njim sta le voda in čaj. Pivo je bilo v zgodovini poznano že starim Egipčanom in Mezopotamcem, vendar so bila njihova piva popolnoma drugačna od današnjih. Glavne sestavine piva so voda, slad, hmelj in kvas. Slad so namočena, nakaljena in posušena ali pražena ječmenova zrna. Med kaljenjem v zrnju nastajajo encimi amilaze, ki razgrajujejo škrob v vodotopne sladkorje. Hmelj daje pivu grenek okus, kvas pa povzroči alkoholno vrenje, v katerem nastaneta etanol in ogljikov dioksid. Ker se sestavine (tudi voda, ki igra pomembno vlogo pri okusu te pijače) od kraja do kraja močno razlikujejo, prav tako pa se razlikujejo tudi postopki varjenja, so različne tudi lastnosti piva (okus, barva, stopnja alkohola, pena ...).

Tehnološki postopek proizvodnje piva, ki je shematsko prikazan v Prilogi 2, lahko razdelimo v naslednje faze:

- **drozganje in cejenje:** slad, ki ga hranimo v silosu, zdrobimo v mlinu in mu hkrati dodamo vodo. S tem postopkom, ki mu pravimo drozganje, izlužimo vse topne sestavine, ki jih imenujemo ekstrakt. Encimi razgradijo škrob v vodotopen sladkor, ki mu pravimo sladica. S cejenjem ločimo sladico od izluženega slada;
- **kuhanje:** kuhanje je namenjeno sterilizaciji sladice, izomerizaciji hmeljnih smol in izločanju žveplovih spojin, ki bi lahko kasneje kvarile vonj in okus piva. Med kuhanjem se pivu dodaja hmelj, ki mu daje značilen grenek okus in aromo;
- **alkoholno vrenje:** sledijo ohlajanje sladice in njeno prezračevanje s sterilnim zrakom ter dodajanje kvasa, ki povzroči alkoholno vrenje. Med fermentiranjem se sladkorji pretvorijo v alkohol, ogljikov dioksid in toploto. Rezultat alkoholnega vrenja oziroma fermentacije je mlado pivo;
- **stabiliziranje in zorenje:** v zaprtih posodah se pri nizki temperaturi veže v pivo ogljikov dioksid. Tako dobi značilno rezkost in aromo, ki sta pomembni lastnosti dobrega piva;
- **filtriranje:** po končanem stabiliziranju je pivo motno. Za njegovo bistrenje in odstranitev zaostalih kvasovk se izvede filtracija. Filtracija se lahko izvede s pomočjo diatomejske zemlje ali filtrirnih sveč.

V Pivovarni Union je proces proizvodnje piva računalniško voden in skoraj v celoti avtomatiziran. Tehnološki postopek do polnjenja, predvsem zaradi stabiliziranja v

fermentorjih, traja približno en mesec. Na razpolago je 36 fermentorjev z volumnom vsakega 3.000 hl, kar pomeni skupaj 108.000 hl. Stabilizirano nefiltrirano pivo lahko v fermentorjih odležava brez vpliva na kakovost nekaj mesecev. Tako tvori dovolj veliko zalogo za izravnavo variabilnosti v prodaji. Pivo se pred polnjenjem filtrira in shranjuje v 14 različno velikih tlačnih tankih s skupnim volumnom 14.940 hl. Velikost serije filtriranja je odvisna od vrste in filtrabilnosti piva, prostora v tlačnih tankih in znaša v večini primerov približno 10.000 hl.

Tehnološki postopek proizvodnje brezalkoholnih pijač in mešanic s pivom je sestavljen iz priprave sladkorne raztopine, raztopine citronske, askorbinske in jabolčne kisline, priprav sadnih baz, arom in emulzij. Vse pripravljene komponente se po recepturah dozirajo na mešalniku v pretok deaerirane vode tik pred polnjenjem. Na razpolago sta dva mešalnika, prvi je namenjen oskrbi aseptične polnilne linije PET2 z brezalkoholnimi pijačami. Drugi je namenjen oskrbi polnilne linije D2 z brezalkoholnimi pijačami ter proizvodnji radlerjev in ciderjev. V primeru mešanic s pivom se poleg ostalih komponent dozira ustrezna vrsta piva. V primeru priprave gaziranih pijač je na drugem mešalniku na razpolago naprava za karbonizacijo. Pijače je mogoče pripraviti tudi na zalogo in jih hraniti v tlačnih tankih. Za proizvodnjo se uporablja avtomatizirana naprava proizvajalca GEA – Tuchenhausen, s katero v vsaki izmeni upravlja en operater. V letu 2017 je podjetje začelo proizvodnjo ciderjev, ki so zelo popularni v nekaterih delih Evrope. Tehnologija je zelo podobna proizvodnji piva, le da se za fermentacijo uporablja sladica, pridobljena iz jabolk. Polproizvod je tako jabolčno vino, ki se za ciderje dozira na mešalniku, podobno kot pivo za radlerje. Prav tako se uporabljajo še dodatki, ki dajejo različnim ciderjem specifičen okus. Trenutno se za slovenski trg proizvaja in polni okus jabolko in bezeg. Na slovenskem trgu ga v trgovinah lahko dobimo v vračljivih steklenicah.

5.3 Opis polnjenja, pakiranja in logistike ter opis polnilne linije za pločevinke D2

Polnjenje in pakiranje poteka na polnilnih linijah v različne oblike primarne embalaže, ki je v neposrednem stiku s pijačami. Vrste primarne embalaže so lahko pločevinke, steklenice, sodi ali plastenke. Sekundarna embalaža združuje več enot primarne embalaže, kot so tase, zaboji, kartoni in ovoji. Terciarna embalaža združuje več enot sekundarne embalaže in oblikuje večjo transportno enoto – paleto. Vrste embalaž oziroma pakiranj za pločevinke so prikazane v Prilogi 4. V podjetju so v obratu polnilnica štiri aktivne polnilne linije, ki so prilagojene vrsti primarne embalaže:

- polnilna linija za pločevinke z interno oznako D2,
- polnilna liniji za vračljive steklenice z interno oznako S4,
- polnilna linija za sode z interno oznako SODI,

- polnilna linija za PET-embalažo, prilagojena aseptičnemu polnjenju brezalkoholnih pijač brez konzervansov, z interno oznako PET2.

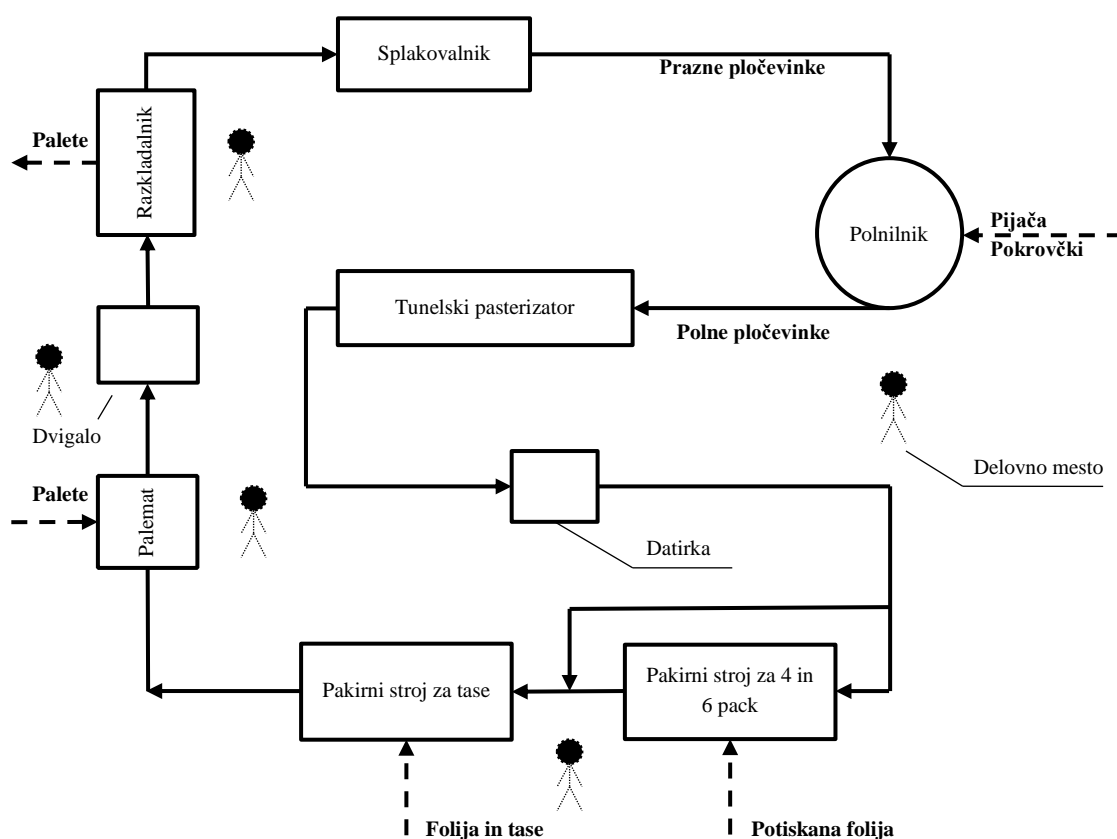
Za polnilne linije je značilen linijski raspored strojev, ki so med seboj povezani s transportnimi trakovi ali valjčnimi progami. Polnilne linije so hitro tekoče in visoko avtomatizirane. Nahajajo se v več etažah in so s skladiščem povezane z navpičnimi transporterji. Vračljiva in nevračljiva embalaža je zložena na paletah in skladiščena na dvorišču ali v skladišču in se do navpičnih transporterjev transportira z viličarji. Primeri strojev, ki sestavljajo linije, so razkladalniki in nakladalniki na palete, izlagalniki in vlagalniki steklenic, pralni stroji za zaboje in vračljive steklenice, splakovalniki za pločevinke in nevračljive steklenice, polnilno-zapiralni stroji, tunnelski in pretočni pasterizatorji, pihalke in etiketirni stroji. Različne pijače vstopajo v proces kot polizdelek. Uporabljajo se repromateriali, kot so pokrovčki, etikete, lepila, folije, tase, kartoni, palete in podobno. Na vseh linijah se polnijo različne oblike ali velikosti primarne ali sekundarne embalaže. Zaradi različnih vrst pijač in embalaže so potrebna preurejanja posameznih strojev in linij, ki zahtevajo veliko časa. Za zlaganje proizvodov na palete se v osnovi uporabljajo lesene Euro palete dimenzije 800 x 1200 mm. Del proizvodov se na zahtevo diskontnih trgovcev zloga na polovične oziroma Duesseldorf palete dimenzije 800 x 600 mm.

Število operaterjev je odvisno od vrste linije in se giblje od 3 do 6 na izmeno. Režim obratovanja linij se giblje od 1 izmena x 8 ur do 4 izmene x 12 ur ter je odvisen od potreb trga in določen s tedenskim planom polnjenja. Sezonski vpliv podjetje izravnava z najemanjem sezonskih delavcev, v manjši meri prilagajanjem zalog, deloma v nadurah in s koriščenjem ur. Za podporo poslovanju podjetje uporablja SAP R3, programsko opremo ERP. Za vsako serijo polnjenja je v SAP odprt delovni nalog, na katerega se v realnem času beležijo prevzete količine v skladišče. Informacijsko podporo za nadzor polnjenja in pakiranja ter spremljanje zastojev na polnilnih linijah podjetje izvaja z uporabo poslovno-informacijskega sistema MePIS, ki ga kot vrsto MES zagotavlja podjetje Metronik.

Na lokaciji Pivovarne Union je mogoče končne proizvode skladiščiti v avtomatiziranem visokoregalnem skladišču s približno 8.000 paletnimi mesti, ki ga polnijo in praznijo trije roboti. Skladišče je klimatizirano in brez dnevne svetlobe, kar ugodno vpliva na trajnost končnih proizvodov. Poleg tega je na razpolago še klasično skladišče s 9.600 paletnimi mesti. To pomeni skupno skladiščno zmogljivost približno 17.600 paletnih mest oziroma 88.000 hl. Možno je skladiščenje tudi v zunanjih skladiščih, ki so last Pivovarne Laško Union, in sicer Ljubljana Leskovškova, Izola in Maribor. Ker podjetje proizvaja pretežno alkoholne pijače, mora upoštevati Zakon o trošarinah, zato lahko kupcem odpremi proizvode, ki vsebujejo alkohol, samo iz lastnega trošarinskega skladišča. Kot je prikazano v Prilogi 8, je vsaka paleta s končnimi proizvodi, narejena v polnilnici, opremljena z nalepkama, ki vsebujeta podatke o proizvodu. Ko optični čitalnik prebere podatke s paletne nalepke, je narejen prevzem proizvoda v SAP in sprejet v skladišče. Prav tako se v SAP beleži odprema vsake palete pri nakladu na kamion oziroma odpremi iz podjetja.

Prazne potiskane pločevinke brez pokrovčkov se zložijo na palete in s kamioni dobaviteljev transportirajo v pivovarno. Ker zahtevajo veliko skladišnega prostora, se v večini primerov skladiščijo pri dobaviteljih. V podjetje se po navadi dostavljajo dan ali dva pred polnjenjem in se skladiščijo v regalnem skladišču, kjer sta v ta namen prilagojeni dve etaži. Izjemoma se del praznih pločevink skladišči v pokritem delu dvorišča. Transport do navpičnega transporterja oziroma dvigala poteka iz regalnega skladišča samodejno s pomočjo robota in transportnih prog. V primeru skladiščenja na dvorišču transport poteka z viličarji.

Slika 21: Shema linije za polnjenje pločevink – D2



Kot je prikazano na Sliki 21, se pločevinke na linijo, ki je v prvem nadstropju, pripeljejo do razkladalnika. Delavec odstranjuje zaščitno folijo in povezovalne trakove ter nadzoruje delovanje. Kontrolira in odstranjuje tudi deformirane oziroma poškodovane pločevinke. Razlaganje je avtomatizirano in poteka na razkladalnem stroju. Sledijo spiranje notranjosti pločevink z vodo, polnjenje s pijačo in zapiranje z aluminijastimi pokrovčki. Zaradi zmanjševanja oksidacije in podaljšanja trajnosti se pri polnjenju uporablja plin ogljikov dioksid v primeru piva in gaziranih pijač ali dušik v primeru negaziranih pijač (ledeni čaj, multisola). Pivovarna uporablja lasten ogljikov dioksid, ki nastane pri fermentaciji piva. Pijače morajo biti pred polnjenjem ohlajene, sicer se penijo. Napolnjene in zaprte pločevinke se zaradi povečanja trajnosti pasterizirajo z obilnavanjem z vročo vodo v tunelskem pasterizatorju. Datiranje je avtomatizirano s tiskalnikom INK-JET. Vse pločevinke se

pakirajo na tase. V nekaterih primerih se prej s potiskano folijo oblikujejo 4- ali 6-packi. Sledijo nakladanje na palete, opremljanje s paletnimi nalepkami in transport z dvigalom v skladišče. Nazivna zmogljivost linije je odvisna od velikosti pločevink in znaša za 0,33 l pločevinke 52.000 plc/h, za 0,5 l pločevinke pa 47.000 plc/h. Nekatere fotografije strojev na liniji za pločevinke so prikazane v Prilogah od 5 do 7.

5.4 Planiranje in kontrola proizvodnje

5.4.1 Prikaz planiranja in kontrole proizvodnje v podjetju

S prevzemom Pivovarne Heineken in reorganizacijo je bil v Pivovarni Laško Union, d. o. o., v okviru oskrbne verige ustanovljen oddelek planiranja, ki je prevzel funkcijo planiranja in kontrole proizvodnje. Glavni cilji planiranja in kontrole proizvodnje so racionalna uporaba virov, optimalna količina zalog materialov in končnih proizvodov ter optimalna raven servisiranja kupcev. Pri tem sta potrebna koordinacija in uravnoteženje interesov med posameznimi oddelki znotraj obeh poslovnih enot. Enako kot proizvodnja je tudi planiranje in kontrola proizvodnje razdeljeno na planiranje in kontrolo proizvodnje piva in ostalih pijač ter planiranje in kontrolo polnjenja in pakiranja. Planiranje in kontrola obeh vrst proizvodnje morata biti med seboj usklajena. Osnovo planiranja in kontrole proizvodnje predstavlja koncept MRP II s časovno opredeljenimi ravni – dolgoročno planiranje (12 do 18 mesecev), srednjeročno planiranje (3 do 6 mesecev) in kratkoročno planiranje (1 do 8 tednov). Vsi plani se izdelujejo s programskim orodjem Excel. Delovni nalogi, določeni v Excelu, se ročno prenašajo v SAP. Programska oprema za napredno planiranje (*Future Master*) ni v uporabi.

Standardne stopnje planiranja in kontrole proizvodnje so:

- določitev naročil z upoštevanjem napovedi prodaje, prodajnih akcij, uvajanjem novih proizvodov in naročil drugih OpCo-ov;
- izdelava plana prodaje in proizvodnje – S&OP na mesečni ravni;
- izdelava operativnega plana proizvodnje – MPS in grobo planiranje zmogljivosti – RCCP na tedenski ravni;
- planiranje potreb po materialih – MRP in podrobno planiranje zmogljivosti – CRP ter odpoklic materialov od dobaviteljev;
- terminiranje in razporejanje delovnih nalogov ter vnos v SAP;
- spremljanje izvedbe delovnih nalogov in korekcije delovnih nalogov na dnevni ravni.

Pri planiranju proizvodnje piva se moramo zaradi dolgega trajanja proizvodnje piva, ki znaša približno en mesec, zanašati na dolgoročno napoved prodaje in ne na naročila kupcev. Ker je odzivni čas zaradi dolgega pretočnega časa razmeroma dolg, so za pokrivanje variabilnosti v prodaji potrebne varnostne zaloge. Podjetje jih hrani v obliki dozorelega nefiltriranega piva, ki se lahko hrani v fermentorjih nekaj tednov do nekaj mesecev brez vpliva na kakovost. Pivo

se pred polnjenjem filtrira in hrani v tlačnih tankih, ki se morajo zaradi tehnoloških razlogov izprazniti in napolniti v primarno embalažo najkasneje v enem tednu. Podobno velja za proizvodnjo ciderjev. Brezalkoholne pijače in mešanice s pivom se ne proizvajajo na zalogo in se izdelujejo neposredno pred polnjenjem. Tudi proizvodnja pijač je podprta z informacijskim sistemom SAP.

Podjetje proizvaja približno 120 končnih proizvodov, ki jih za planiranje polnjenja razdelimo v skupine glede na primarno vrsto embalaže oziroma vrsto aktivne polnilne linije. Nadalje lahko končne proizvode združimo na podlagi vrste pijače ali velikosti primarne embalaže. V zadnjih letih beležimo povečanje napolnjenih količin na liniji za pločevinke. Tako podjetje napolni skoraj polovico proizvodnje v pločevinke. Število končnih proizvodov, ki se polnijo na liniji za pločevinke, je trenutno 20. Zaradi tega se bomo v nadaljevanju osredotočili na polnilno linijo za pločevinke z interno oznako D2. Za ostale polnilne linije lahko uporabimo enak postopek.

Pri planiranju in kontroli polnjenja pločevink se srečujemo z naslednjimi problemi:

Sezonski in vremenski vpliv ter vpliv praznikov, ki zelo vplivajo na prodajne količine in posledično na planiranje in kontrolo proizvodnje. Za podjetje predstavljajo poletni meseci sezono, v kateri so količinske potrebe trga približno tri- do štirikrat večje kot v nesezonskih mesecih. Zaradi omejitve pri skladiščnem prostoru mora podjetje prilagajati proizvodnjo s poletnim najemanjem dodatne delovne sile. Poleg sezonskega je za planiranje pomemben tudi vremenski vpliv. Kratkoročno lahko obdobja lepega ali slabega vremena močno vpliva na prodajne količine. Prav tako je povečana prodaja pred prazniki, še posebej to velja za novo leto in prvi maj.

Pokvarljivost proizvodov je prav tako zelo pomembna za planiranje in kontrolo polnjenja. Samo sveži proizvodi brez sprememb okusa in vonja zagotavljajo, da so kupci zadovoljni. Proizvodi imajo različne roke trajnosti, ki so določeni na podlagi organoleptičnih testiranj službe kakovosti. Pri tem je treba poudariti, da kupci tolerirajo dostavo proizvodov, ki jim ni potekla več kot tretjina roka uporabnosti, odtisnjenega na embalaži. Problem je izrazitejši v nesezonskih mesecih, še posebej pri proizvodih s krajšim rokom trajnosti in manjšimi prodajnimi količinami. Večina proizvodov ima rok trajnosti od 6 mesecev do enega leta. To pomeni, da so lahko proizvodi v skladišču največ 2 do 4 mesece. Poleg časovne občutljivosti je pomembna tudi mikrobiološka občutljivost, ker se proizvodi v stiku z bakterijami, kvasovkami in plesnimi lahko pokvarijo. Zato je velik poudarek na higieni cevovodov in polnilnega stroja (angl. *cleaning in place*, v nadaljevanju CIP) ter zunanjem pranju celotne linije (angl. *cleaning on place*, v nadaljevanju COP). Posledično moramo pri planiranju in kontroli proizvodnje predvideti ustrezen čas za čiščenje opreme.

Avtomatizirane polnilne linije z veliko zmogljivostjo so zelo učinkovite pri velikih polnilnih serijah, ki so možne samo pri nekaterih proizvodih. Linije zahtevajo dolge čase preurejanj in

visokousposobljene delavce. Preurejanja linij poleg stroška dela lahko povzročajo tudi stroške izgubljene pijače zaradi izpraznitve cevovodov in polnilnega stroja. Poleg tega lahko istočasno polnimo samo en končni proizvod, zato je potrebno kolobarjenje (rotacija) z zalogami med približno 120 aktivnimi končnimi proizvodi. Prav tako predstavlja problem želja po čim cenejših repromaterialih, kar lahko vpliva na kakovost proizvodov in zmogljivost polnilnih linij. Tudi želja po zmanjšanju stroškov vzdrževanja predstavlja nevarnost in lahko vodi do okvar ali zmanjšanja zmogljivosti polnilne linije, kar prav tako vpliva na planiranje in kontrolo polnjenja.

Skladiščni prostor je zaradi delovanja v središču mesta omejen. Stroški najema dodatnih zmogljivosti so visoki, zato se jim podjetje izogiba. To še posebej velja za končne proizvode in volumsko zahtevne repromaterialne (npr. pločevinke in nepovratne steklenice). Posledično mora biti planiranje in kontrola proizvodnje s čim manj spremembami, še posebej to velja za oblikovanje MPS. Dostava volumsko zatevni materialov tik pred polnjenjem prav tako predstavlja nevarnost zaradi težav pri transportu, mejnih prehodih in podobno, kar prav tako lahko povzroča spremembo MPS. Podjetje ima za lastno skladišče trošarinsko dovoljenje, kar pomeni, da lahko odpremlja proizvode, ki vsebujejo alkohol. Zato je najem zunanjih skladišč možen samo za tisti del proizvodov, ki ne vsebuje alkohola.

5.4.2 Planiranje prodaje in proizvodnje – S&OP

V preteklih letih sta bila plan prodaje in plan proizvodnje v okviru S&OP planiranja v podjetju zapisana v obliki časovne vrste v SAP R3 transakciji MC94 za posamezne proizvode oziroma ZPP04 za skupine proizvodov, združenih po polnilnih linijah. Oba plana sta se s sodelovanjem več poslovnih funkcij izdelala enkrat letno z letnim planskim obdobjem in tedensko časovno enoto. Pri tem se je upoštevalo poslovanje v preteklem letu in strateške odločitve podjetja. Plan se je posodabljal v primeru izrednih dogodkov. V letošnjem letu se je s prestrukturiranjem in uvedbo planskega oddelka uvedel drsni način planiranja. Plansko obdobje je eno leto, časovna enota se je spremenila s tedenske na mesečno raven, posodablja pa se enkrat mesečno. Pri planiranju S&OP sodeluje tudi najvišje vodstvo podjetja. Namesto s pomočjo SAP R3 se planira v Excelu.

Za izravnavo sezonskih nihanj v prodaji in izvajanje prilagojenega proizvodnega plana delavci v proizvodnji delajo v poletnih mesecih v nadurah do zakonsko predpisane največje tedenske obremenitve 56 ur. V zimskem času delavci delajo v skrajšanem delovnem času in koristijo ure ter sodelujejo pri manjših in večjih popravilih strojev ter izrednih delih. Pred sezono podjetje najema študente in sezonske delavce. Ker ima podjetje zelo omejen skladiščni prostor, lahko z dvigom zalog zelo malo vpliva na izravnavo sezonskih nihanj v prodaji. Zaradi skladiščenja pretežno alkoholnih pijač ima podjetje trošarinsko dovoljenje, ki ga nadzoruje carina. To pomeni, da proizvode, ki vsebujejo alkohol, lahko odpremlja samo iz lastnih skladišč, kar pomeni še dodatne transportne stroške v primeru najema zunanjih skladišč. Zato podjetje daje prednost uporabi strategije sledenja proizvodnje prodaji z delom

v nadurnem času ali najemanjem in odpuščanjem zaposlenih v odvisnosti od proizvodnega plana. V ta namen bomo v nadaljevanju prikazali optimiziranje z uporabo linearnega programiranja (angl. *linear programming*, v nadaljevanju LP), v katerem bomo proizvedene količine prilagajali sezonskim nihanjem v prodaji in pri tem optimizirali stroške zalog, nadurnega dela, najemanja in odpuščanja delavcev. Predvideli bomo tudi možnost najema zunanjih skladišč (Jacobs et al., 2011, str. 168–179). Model linearnega programiranja lahko uporabimo, ko predpostavimo linearne funkcije stroškov. Pri agregatnem planiranju želimo zadržati model planiranja čim preprostejši, zato ga gradimo na ključnih in agregiranih podatkih, kar vpliva na izbiro odločitvenih spremenljivk in omejitev. Pomanjkljivosti linearnega programiranja so linearne povezave med spremenljivkami, model je determinističen in omogoča upoštevanje samo enega cilja (Rusjan, 2013, str. 271–277).

5.4.3 Optimiziranje S&OP z uporabo linearnega programiranja

Z uporabo modela linearnega programiranja za optimiziranje S&OP in Excel reševalca bomo na Sliki 22 prikazali usklajevanje obsega proizvodnje s sezonskimi nihanji v povpraševanju. Obseg proizvodnje bomo uravnavali s prilagajanjem zalog končnih proizvodov v lastnem skladišču in najetih skladiščih, deloma v rednem delovnem času, deloma v nadurnem delovnem času in najemanjem ter odpuščanjem sezonsko zaposlenih delavcev. Osnovo predstavlja letni količinski prodajni plan, izražen agregatno za vse proizvode, ki jih proizvajamo na liniji D2. Letni količinski prodajni plan po mesecih D_t v hl je prikazan v celicah (B17:M17). Planirane prodajne količine se spreminjajo od najmanj 20.000 hl v januarju in novembru do največ 70.000 hl v juliju, kar predstavlja količinsko razmerje 1 : 3,5 med sezono in nesezono. Podobno kot navajata Hopp in Spearman (2001, str. 557–569), postavimo model, v katerem želimo minimizirati stroške, izračunane v ciljni funkciji, ki je postavljena v celici A2. Najmanjše stroške izračunamo po enačbi (3).

$$\min \sum_{t=1}^m (h_L I_{tL} + h_N I_{tN} + l W_t + l' O_t + e H_t + e' F_t) \quad (3)$$

Pomen oznak:

t = indeks periode (mesec v letu),

m = število mesecev

D_t = plan prodaje v mesecu t [hl],

h_L = strošek skladiščenja zaloge za en mesec v lastnem skladišču za hl [€/hl],

I_{tL} = zaloge na koncu meseca t v lastnem skladišču [hl],

h_N = strošek skladiščenja zaloge za en mesec v najetem skladišču za hl [€/hl],

I_{tN} = zaloge na koncu meseca t v najetem skladišču [hl],

l = strošek delovne ure v rednem delovnem času [€/h],

W_t = število ur delavcev v rednem delovnem času [h],

l' = strošek delovne ure v nadurnem delovnem času [€/h],
 O_t = število nadur delavcev v mesecu t [h],
 e = strošek najema delavcev za celotno izmeno [€/izmeno],
 H_t = najem delavcev v mesecu t v številu izmen [izmena],
 e' = strošek odpuščanja delavcev za celotno izmeno [€/izmeno],
 F_t = odpust delavcev v mesecu t v številu izmen [izmena],
 X_t = količina, napolnjena in pakirana v mesecu t [hl].

Izračun parametrov:

- h_L = strošek zaloge skladiščenja za en mesec v lastnem skladišču [€/hl] v celici B5. Zajema strošek skladiščnega prostora v lastnem skladišču in manipulacijo z viličarji ter ga ocenimo na mesečni ravni na 0,5 [€/hl];
- h_N = strošek zaloge skladiščenja za en mesec v najetem skladišču [€/hl] v celici B6. Zajema strošek skladiščnega prostora v najetem skladišču, manipulacijo z viličarji in transport iz lastnega skladišča in nazaj ter ga ocenimo na mesečni ravni na 3 [€/hl];
- predpostavimo, da imajo vsi delavci enako bruto-bruto plačo na uro in stroške ocenimo na $l = 10$ [€/h] bruto-bruto ter jih vnesemo v celico B7. Bruto-bruto pomeni, da so zajeti vsi stroški, kot so redno delo, davki, bolniške odsotnosti, dopusti in podobno;
- bruto stroški dela v nadurnem delovnem času so 50 % višji kot stroški v rednem delovnem času. Bruto-bruto učinek se nekoliko zmanjša, ker ga ne moremo upoštevati v primeru bolniških odsotnosti, dopustov in podobno. Tako ta strošek ocenimo na $l' = 14$ [€/h] in vnesem v celico B8;
- če želimo model obravnavati kot LP, moramo predpostaviti linearne stroške pri najemanju in odpuščanju delavcev. Konstanta e predstavlja stroške zaradi najemanja, usposabljanja in izgube produktivnosti zaradi neusposobljenosti sezonskih delavcev. Predpostavimo, da lahko zaposlujemo ali odpuščamo samo celotno izmeno, sestavljeno iz 5 delavcev. Upoštevamo, da za usposabljanje potrebujemo 1 mesec oziroma 176 delovnih ur. Tako lahko izračunamo strošek najema ene izmene $e = 5$ delavcev \times 176 ur \times 10 €/h = 8.800 € in zapišemo v celico B9;
- podobno za strošek odpuščanja e' predpostavimo, da delavec lahko porabi sorazmeren delež dopusta. Upoštevamo, da je zaposlen 6 mesecev in mu za ta čas pripada 12 dni dopusta. Tako lahko izračunamo strošek odpuščanja ene izmene $e' = 5$ delavcev \times 12 dni \times 8 ur \times 10 €/h = 4.800 € in zapišemo v celico B10.

Seveda stroški v resnici niso popolnoma linearni. Tako so na primer stroški usposabljanja inštruktorja na enoto pri skupinskem usposabljanju manjši kot pri individualnem usposabljanju. Po drugi strani uvajanje več novih delavcev lahko pomeni večjo izgubo produktivnosti kot uvajanje posameznih delavcev. Z upoštevanjem pojasnjenih parametrov lahko enačbo (3) zapišemo v obliki enačbe (4).

$$\min [0,5 \times (I_{1L} + \dots + I_{2L}) + 1,5 \times (I_{1N} + \dots + I_{2N}) + 10 \times (W_1 + \dots + W_{12}) + 14 \times (O_1 + \dots + O_{12}) + 8.800 \times (H_1 + \dots + H_{12}) + 4.800 \times (F_1 + \dots + F_{12})] \quad (4)$$

Omejitve:

- omejitev zalog je zapisana v celicah (B27:D38):

$$I_{tL} + I_{tN} - I_{tL-1} - I_{tN-1} - X_t = -D_t; \quad (5)$$

- omejitev minimalne lastne zaloge, upoštevamo neposredno v Excel reševalcu za nesezono 50% prodajnih količin v januarju, za sezono (maj-julij) jo povečamo za 80%:

$$I_{tL,min,NS} = 10.000 \text{ hl}; \quad (6)$$

$$I_{tL,min,S} = 18.000 \text{ hl}; \quad (7)$$

- omejitev največje lastne zaloge, upoštevamo neposredno v Excel reševalcu. Ker ima podjetje 4 aktivne polnilne linije predpostavimo, da je za pločevinke na razpolago približno 25% od 88.000 skladiščnih zmogljivosti:

$$I_{tL,max} = 22.000 \text{ hl}; \quad (8)$$

- omejitev zaposlovanja ali odpuščanja je zapisana v celicah (B39:D50). Zaposluje ali odpuščamo celotno izmeno oziroma mnogokratnik ur, 5 delavcev x 8 ur x 22 dni = 880ur:

$$W_t = W_{t-1} + H_t \times 880 - F_t \times 880; \quad (9)$$

- omejitev proizvodnje je zapisna v celicah (I27:K38). Glede na izkušnje predpostavimo, da ena izmena napolni 1.200 hl pijač. 1 hl pijač lahko napolnimo v $b = 5$ delavcev x 8 ur/1.200 hl = 0,033 ur/hl:

$$b \times X_t \leq W_t + O_t; \quad (10)$$

- nadure omejimo na največ 20 % rednega delovnega časa in zapišemo v celicah (I39:K50):

$$O_t \leq W_t \times 0,2. \quad (11)$$

Za pravilno delovanje Excel reševalca moramo predpostaviti še zalogo končnih proizvodov v začetku januarja. Glede na to, da podjetje polni in pakira približno 20 različnih vrst končnih proizvodov na liniji D2 in ne more polniti in pakirati vseh naenkrat, ocenimo, da potrebujemo varnostno zalogo v višini 50 % količine planiranih prodajnih količin v januarju, kar znese $I_{0L} = 10.000$ hl, in vnesemo v celico B12. Upoštevamo, da v januarju ne bomo najemali

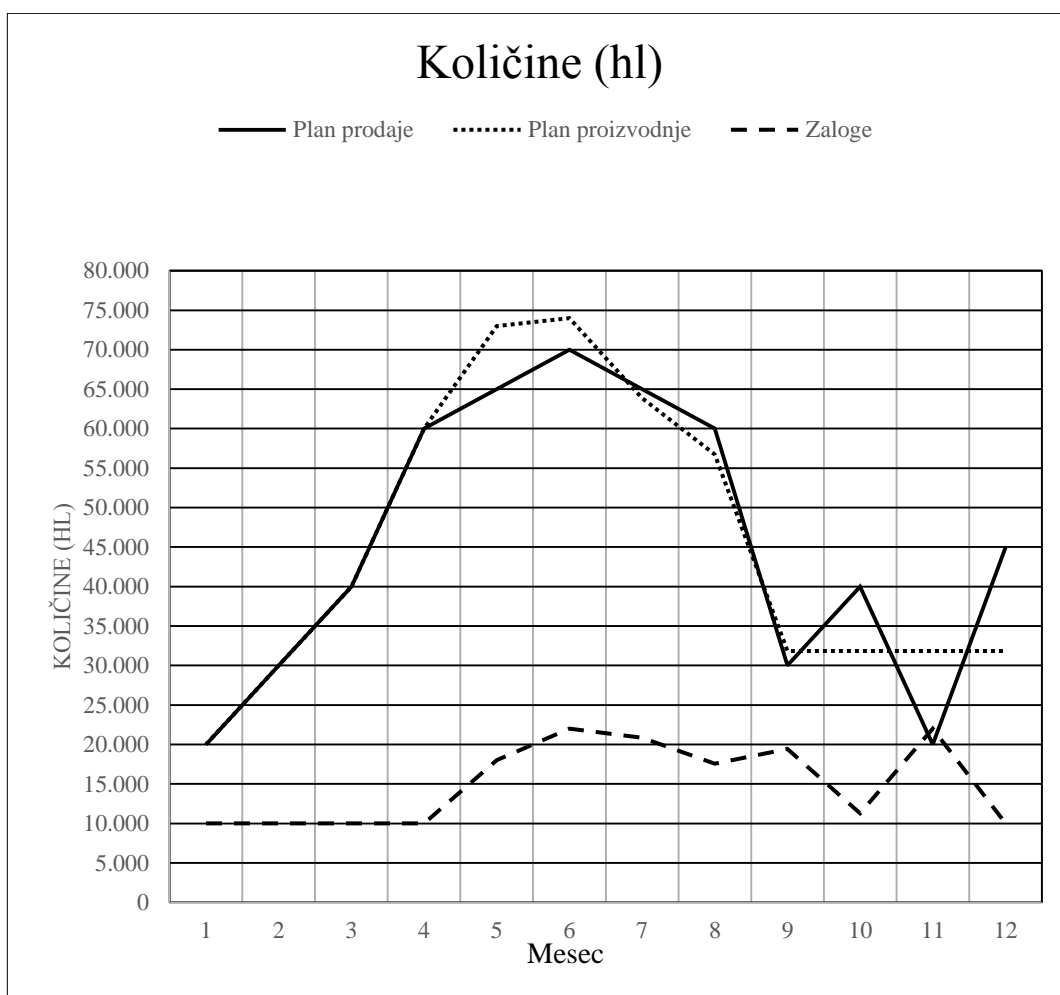
zunanjih skladišč in zapišemo $I_{0N} = 0$ hl v celico B13. Poleg tega moramo predpostaviti tudi potrebno število delavcev na začetku januarja. Predpostavimo obratovanje v eni izmeni oziroma $W_0 = 5$ delavcev x 8 ur x 22 dni = 880 ur in zapišemo v celici B14. Odločitvene spremenljivke, ki jim Excel reševalec poišče optimalne vrednosti, so zapisane v celicah B19:M25 in pobarvane rumeno.

Slika 22: Planiranje S&OP – optimiziranje stroškov dela zaradi sezonskega vpliva

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Ciljna funkcija minimalnih STROŠKOV na leto	$h_L \times I_{L,N}$ stroški zaloga lastno skl.	$h_N \times I_{N,N}$ stroški zaloga najeto skl.	$l \times W_t$ stroški rednega dela	$l' \times O_t$ stroški nadur	$e \times H_t$ stroški najema delavcev	$e' \times F_t$ stroški odpušč. delavcev							
2	317.950 €	90.582 €	3.436 €	175.760 €	20.972 €	17.600 €	9.600 €							
4	Parametri:													
5	$h_L =$	0,50 €	strošek zaloga skladiščenja za en mesec v lastnem skladišču [€/hl]											
6	$h_N =$	3,00 €	strošek zaloga skladiščenja za en mesec v najetem skladišču [€/hl]											
7	$l =$	10 €	strošek delovne ure v rednem delovnem času [€/h]											
8	$l' =$	14 €	strošek delovne ure v nadurnem delovnem času [€/h]											
9	$e =$	8.800 €	strošek najema delavcev za celotno izmeno [€/izmeno]											
10	$e' =$	4.800 €	strošek odpuščanja delavcev za celotno izmeno [€/izmeno]											
11	$b =$	0,033	število ur potrebnih za polnjenje in pakiranje 1 hl pijače [h]											
12	$I_{0L} =$	10.000	zaloga na začetku januarja v lastnem skladišču (hl)											
13	$I_{0N} =$	0	zaloga na začetku januarja v najetih skladiščih (hl)											
14	$W_0 =$	880	delovne ure predvidene v rednem delovnem času v januarju[h]											
16	t (mesec)	jan.	feb.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sept.	okt.	nov.	dec.	skupaj
17	D_t (hl)	20.000	30.000	40.000	60.000	65.000	70.000	65.000	30.000	40.000	20.000	45.000	545.000	
18	Odločitvene spremenljivke:													
19	X_t (hl) - plan polnjenja	20.000	30.000	40.000	60.000	73.000	74.000	63.855	56.727	31.855	31.855	31.855	31.855	545.000
20	W_t (h) - redni čas	880	880	1.760	1.760	2.640	2.640	1.756	1.756	876	876	876	876	17.576
21	O_t (h) - nadure	0	110	0	220	0	0	351	116	175	175	175	175	1.498
22	H_t (izmena) - najem	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
23	F_t (izmena) - odpuščanje	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
24	$I_{L,t}$ (hl) - zaloga lastno skl.	10.000	10.000	10.000	10.000	18.000	22.000	20.855	17.582	19.436	11.291	22.000	10.000	181.164
25	$I_{N,t}$ (hl) - zaloga najem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.145	0	1.145
26	Omejitve:													
27	$I_{1L} + I_{1N} - I_{0L} - I_{0N} - X_1$	-20.000	=	-20.000	-D ₁			$bX_1 - W_1 - O_1$	-220	<=	0			
28	$I_{2L} + I_{2N} - I_{1L} - I_{1N} - X_2$	-30.000	=	-30.000	-D ₂			$bX_2 - W_2 - O_2$	0	<=	0			
29	$I_{3L} + I_{3N} - I_{2L} - I_{2N} - X_3$	-40.000	=	-40.000	-D ₃			$bX_3 - W_3 - O_3$	-440	<=	0			
30	$I_{4L} + I_{4N} - I_{3L} - I_{3N} - X_4$	-60.000	=	-60.000	-D ₄			$bX_4 - W_4 - O_4$	0	<=	0			
31	$I_{5L} + I_{5N} - I_{4L} - I_{4N} - X_5$	-65.000	=	-65.000	-D ₅			$bX_5 - W_5 - O_5$	-231	<=	0			
32	$I_{6L} + I_{6N} - I_{5L} - I_{5N} - X_6$	-70.000	=	-70.000	-D ₆			$bX_6 - W_6 - O_6$	-198	<=	0			
33	$I_{7L} + I_{7N} - I_{6L} - I_{6N} - X_7$	-65.000	=	-65.000	-D ₇			$bX_7 - W_7 - O_7$	0	<=	0			
34	$I_{8L} + I_{8N} - I_{7L} - I_{7N} - X_8$	-60.000	=	-60.000	-D ₈			$bX_8 - W_8 - O_8$	-2E-07	<=	0			
35	$I_{9L} + I_{9N} - I_{8L} - I_{8N} - X_9$	-30.000	=	-30.000	-D ₉			$bX_9 - W_9 - O_9$	9,5E-12	<=	0			
36	$I_{10L} + I_{10N} - I_{9L} - I_{9N} - X_{10}$	-40.000	=	-40.000	-D ₁₀			$bX_{10} - W_{10} - O_{10}$	3E-10	<=	0			
37	$I_{11L} + I_{11N} - I_{10L} - I_{10N} - X_{11}$	-20.000	=	-20.000	-D ₁₁			$bX_{11} - W_{11} - O_{11}$	-4E-12	<=	0			
38	$I_{12L} + I_{12N} - I_{11L} - I_{11N} - X_{12}$	-45.000	=	-45.000	-D ₁₂			$bX_{12} - W_{12} - O_{12}$	0	<=	0			
39	$W_1 - W_0 - H_1 \times 880 + F_1 \times 880$	0	=	0				$O_1 / 0,2$	0	<=	880	W_1		
40	$W_2 - W_1 - H_2 \times 880 + F_2 \times 880$	0	=	0				$O_2 / 0,2$	550	<=	880	W_2		
41	$W_3 - W_2 - H_3 \times 880 + F_3 \times 880$	0	=	0				$O_3 / 0,2$	0	<=	1.760	W_3		
42	$W_4 - W_3 - H_4 \times 880 + F_4 \times 880$	0	=	0				$O_4 / 0,2$	1.100	<=	1.760	W_4		
43	$W_5 - W_4 - H_5 \times 880 + F_5 \times 880$	0	=	0				$O_5 / 0,2$	0	<=	2.640	W_5		
44	$W_6 - W_5 - H_6 \times 880 + F_6 \times 880$	0	=	0				$O_6 / 0,2$	0	<=	2.640	W_6		
45	$W_7 - W_6 - H_7 \times 880 + F_7 \times 880$	0	=	0				$O_7 / 0,2$	1.756	<=	1.756	W_7		
46	$W_8 - W_7 - H_8 \times 880 + F_8 \times 880$	0	=	0				$O_8 / 0,2$	580	<=	1.756	W_8		
47	$W_9 - W_8 - H_9 \times 880 + F_9 \times 880$	0	=	0				$O_9 / 0,2$	876	<=	876	W_9		
48	$W_{10} - W_9 - H_{10} \times 880 + F_{10} \times 880$	0	=	0				$O_{10} / 0,2$	876	<=	876	W_{10}		
49	$W_{11} - W_{10} - H_{11} \times 880 + F_{11} \times 880$	0	=	0				$O_{11} / 0,2$	876	<=	876	W_{11}		
50	$W_{12} - W_{11} - H_{12} \times 880 + F_{12} \times 880$	0	=	0				$O_{12} / 0,2$	876	<=	876	W_{12}		

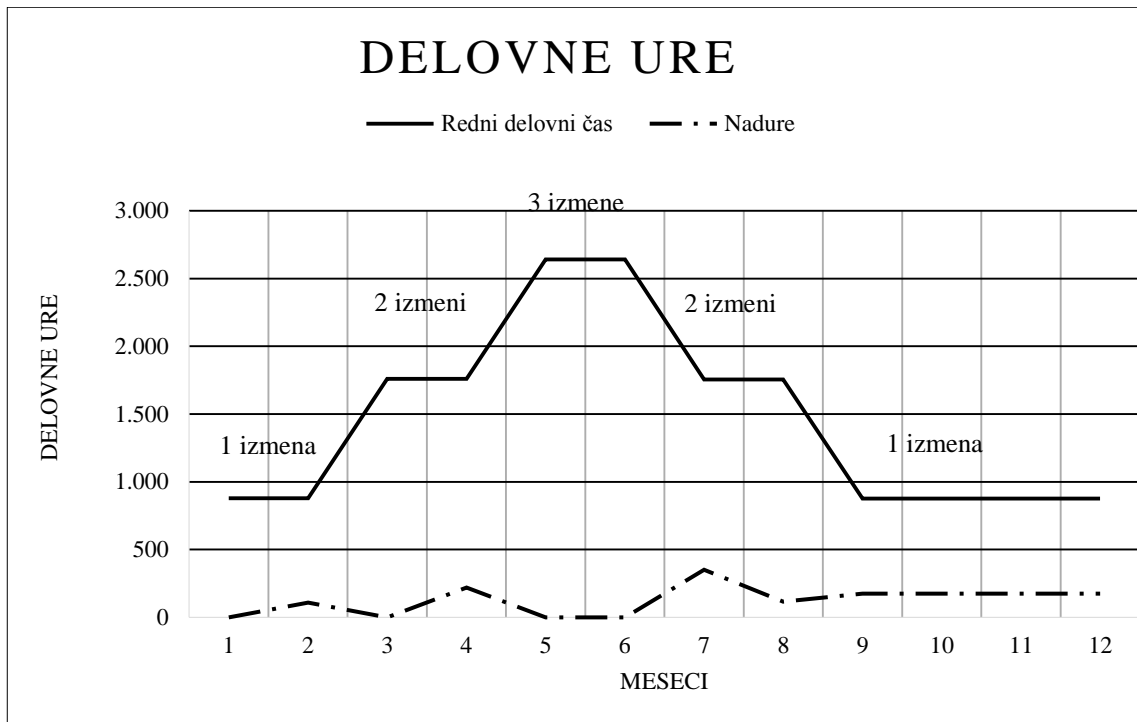
Excel reševalec nam izračuna optimalne vrednosti odločitvenih spremenljivk ob podanih parametrih in omejitvah za doseg minimalnih skupnih stroškov, ki znašajo 317.950 € in so zapisani v celici A2. Model predvideva začetek obratovanja z 1. izmeno v januarju in februarju, z 2. izmeno v marcu in 3. v maju. Seveda je v obeh primerih potrebno predhodno usposabljanje. Odpustitev 3. izmene je predvidena v juliju in 2. izmene v septembru. Delo v nadurah je potrebno v februarju, aprilu in od julija do decembra. Zaradi visoke cene najema zunanjih skladišč in s tem povezanega transporta Excel reševalec predlaga najem zunanjih skladišč samo v novembru. Na Sliki 23 je prikazan plan prodaje, proizvodnje in zaloge v lastnem skladišču. Plan proizvodnje sledi planu prodaje, razen v mesecu maju, juniju ter novembru je nekoliko večji. Manjši je v mesecu avgustu, oktobru in decembru. V nekaterih mesecih si nekoliko pomagamo z dvigom zaloge.

Slika 23: Plan prodaje, plan proizvodnje in zaloge po mesecih



Na Sliki 24 so prikazane delovne ure v rednem delovnem času in potek nadur. Delovne ure v rednem delovnem času so odvisne od števila izmen.

Slika 24: Delovne ure v rednem delovnem času in nadure po mesecih



S spremembo predpostavk v modelu, Excel reševalec izračuna različne skupne stroške, ki so prikazani v Tabeli 5. Primer 1, ki smo ga že prikazali na Sliki 22 upošteva v začetku leta 1 izmeno in dovoljen najem in odpust zaposlenih ter najem zunanjih skladišč. Izračunani skupni stroški znašajo 317.950 €. V primeru 2 na začetku leta predpostavimo delo v 2 izmenah, vse ostale parametre ne spreminjamo. Izračunani skupni stroški znašajo 325.115 €. V primeru 3 tudi predpostavimo začetek leta z delom v 2 izmenah, dodatno postavimo še omejitve prepovedi zaposlovanja in odpuščanja. Zato Excel reševalec kljub visokim stroškom predlaga najem zunanjih skladišč za 7.000 hl. Izračunani skupni stroški v tem primeru znašajo 338.412 €. Tako lako vidimo, da je z vidika stroškov najustreznejši primer 1. Razlika stroškov med primerom 1 in 3 pokaže prihranek, ki ga lahko dosežemo pri pravilni izbiri načina usklajevanja obsega proizvodnje s sezonskimi nihanji v prodaji in znaša $338.412 \text{ €} - 317.950 \text{ €} = 20.462 \text{ €}$.

Tabela 5: Primerjava optimiziranja stroškov

	Primer 1	Primer 2	Primer 3
W_0 (ur) v januarju	880 ur = 1 izmena	1.760 ur = 2 izmeni	1.760 ur = 2 izmeni
H_t (izmena) - najem	2 izmeni	2 izmeni	0 izmen
F_t (izmena) - odpuščanje	2 izmeni	3 izmene	0 izmen
I_N (hl) – zaloga, najem	1.145	1.000	7.000
Stroški	317.950 €	325.115 €	338.412 €

5.4.4 Operativno planiranje proizvodnje – MPS in grobo planiranje zmogljivosti – RCCP

Za izdelavo MPS se v podjetju uporablja predvsem hevristični pristop, ki temelji na poenostavitvah in izkušnjah. Plansko obdobje je dva tedna in je razdeljeno po dnevih. Ker se vsak proizvod lahko polni samo na eni polnilni liniji, poteka planiranje po polnilnih linijah. Tako polnjenje in pakiranje pločevink planiramo samo na liniji D2. Na tedenskem operativnem planiranju se vsak teden usklajuje in potrdi operativni plan proizvodnje – MPS. Na sestanku sodelujejo planer proizvodnje ter predstavniki prodaje za slovenski trg in izvoz, logistike, nabave, proizvodnje piva in polnilnice. Vhodni podatki za izdelavo MPS temeljijo na mesečnem planu S&OP, naročilih kupcev ali naročilu prodaje zaradi prodajnih akcij. Upoštevajo se tudi naročila trženja zaradi uvajanja novih proizvodov. Pregled zalog končnih proizvodov je povzet iz dnevnega poročila logistike. Končni proizvodi, ki jih je po oceni logistike, ki temelji na odpremi preteklih nekaj dni, treba polniti, so označeni in tako predstavljajo vlečni način oziroma obliko kanbana. Upošteva se tudi pregled zalog materialov in možnosti za njegovo dobavo. Pomembna je tudi razpoložljivost piva in ostalih pijač oziroma polproizvodov. Omejitve predstavljajo minimalne velikosti serij in zmogljivosti linije. Pri oblikovanju MPS se upoštevajo tudi razpoložljivost skladiščnega prostora, predvidena popravila polnilne linije in popravila ostale opreme.

Večina proizvodov se proizvaja na zalogo (MTS) in so po Paretovem načelu glede na planirane količine razdeljeni v skupine A, B in C. Tako podjetje že delno uporablja koncept glajenja proizvodnje. Pri proizvodih, ki se polnijo bolj poredko, se uporablja strategija polnjenja po naročilu (MTO). Če opazujemo planiranje in kontrolo proizvodnje za celotno podjetje, pa se uporablja okolje sestavljanja po naročilu (ATO), saj pijače predstavljajo sestavni del končnega proizvoda. Pomagamo si tudi z združevanjem podobnih proizvodov po različnih parametrih, kot so vrsta pijače, velikost pločevink in pakiranje v skupine. Polnimo znotraj skupine zaporedno. V primeru proizvodov, ki se prodajajo v manjših količinah, je odločilna usklajenost prodaje s tretjinskim rokom trajnosti. V nekaterih primerih je treba upoštevati še druge omejitve, kot so izpraznitev kontejnerja z bazo v primeru brezalkoholnih pijač, tehnološke omejitve v primeru temnega piva, združevanje količin v primeru visokopovretih piv in podobno. MPS se oblikuje v Excelovi tabeli in je na portalu dostopen vsem zaposlenim z avtorizacijo. Kot je razvidno s Slike 25, se podatki iz Excelovih tabel prenašajo v SAP s transakcijo MF 50 in tako tvorijo planske delovne naloge.

Slika 25: Primer MPS v SAP R3 transakciji MF 50

Tabela planiranja serijske proizvodnje: Modus spremembe

Pod.materiale	En	PO 12.03...	TO 13.03...	SR 14.03...	TH 15.03...	PE 16.03...	SO 17.03...
5530200 D2	***						
Pivo A - 0,5 - 1x24 - E	HL	1500					
Pivo A - 0,33 - 1x24 - E	HL	2100					
	HL						
Pivo A - 0,5 - 6x4 - E	HL		3600				
Pivo A - 0,5 - 6x4 - D	HL			300			
	HL						
Pivo C - 0,33 - 6x4 - E	HL			3000			
Pivo B - 0,33 - 1x24 - E	HL			300			
	HL						
Pivo B - 0,5 - 1x24 - E	HL				1800		
	HL						
Radler A - 0,5 - 1x24 - E	HL				1800		
	HL						
Radler A - 0,5 - 6x4 - E	HL					1000	
Radler B - 0,5 - 1x24 - E	HL					2600	

Delovni nalog je opredeljen s šifro in opisom končnega proizvoda, celotno količino v hl in terminiranjem začetka in konca proizvodnje. Primer delovnega naloga je prikazan na Sliki 26. Planski delovni nalogi v SAP transakciji MF50 so vložek za planiranje MRP. Posamezne komponente za končne proizvode so določene s kosovnicami. Planer preveri vrste in količine potrebnih materialov ter odpokliče materiale od dobaviteljev. Podrobno planiranje zmogljivosti običajno ni potrebno. Pred začetkom proizvodnje je treba v SAP naloge pretvoriti iz planskih v procesne in jih lansirati. Lansiranje je tudi znak logistiki, da dostavi materiale, določene s kosovnicami, na polnilne linije. Z grobim planiranjem zmogljivosti se preverja zadostnost zmogljivosti polnilne linije oziroma potrebno število izmen. Na podlagi proizvodnega plana se za posamezno polnilno linijo izračuna potrebno število izmen na mesečni ravni. Dejanska zmogljivost je izračunana na podlagi teoretične zmogljivosti, pomnožene z izkoriščenostjo linije (angl. *overall performance indicator*, v nadaljevanju OPI). OPI se preverja in poroča na mesečni ravni. Pri izračunu potrebnega števila izmen se praviloma upošteva petdnevno tedensko obratovanje.

Slika 26: Primer delovnega naloga v SAP

Procesni nalog Sprem.: Glava - splošni podatki

Material Material Kapaciteta WM priprava Postopki Materiali XSI

Procesni nal. 3516481 Vrsta ZU1
 Material Pivo A - 0,5 - 1x24 - E Obrat 300
 Status LANS FMAT VOKL ABRV DKOŠ NOBŠ ŠPDO

Splošni podatki Dodelitev Prezv.blaga Nadzor Datumi/količ. Mat.podat. Upravlj.

Količine

Celot. klč. 1.600 HL Pričak. razlika 0
 Izmet 0,00
 Dobavljeno 0
 Osn. količina 320.000 KOS

Termini

Skrajni termini Terminirano Potrjeno

Konec	03.09.2015	24:00:00	03.09.2015	19:03:00	
Zagon	03.09.2015	06:00:00	03.09.2015	06:00:00	00:00:00
Lansiranje			03.09.2015		02.09.2015

Terminiranje

Vrsta Naprej
 Redukcija Krčenje ni izvedeno
 Navodilo Ni namiga terminiranja
 Prioriteta

Terminiranje vmesnega pomnilnika

Ključ horizonta 005
 Rezerv. čas pred pr. Del. dnevi
 Varnostni čas Del. dnevi
 Horizont lansiran. Del. dnevi

5.4.5 Oblikovanje MPS z metodo glajenja proizvodnje

Postopek glajenja proizvodnje, ki ga uporablja podjetje temelji na ABC razdelitvi proizvodov glede na planirane količine po Paretovem načelu. Ker ABC razdelitev proizvodov ne zajema variabilnosti v prodaji, jo bomo razširili na XYZ razdelitev. Na ta način proizvodov z veliko spremenljivostjo v prodaji kljub velikim prodajnim količinam ne bomo proizvajali zelo pogosto. Kot je prikazano na Sliki 27, so v stolpcih A:B prikazani končni proizvodi. Stolpci C:G predstavljajo prodajni plan od aprila do avgusta. Stolpec H predstavlja seštevek prodajnih količin v visoki sezoni. V stolpcu I je izračunana povprečna mesečna planirana količina. V stolpcu J je predstavljen delež v % in v stolpcu K kumulativni delež v %. Tako proizvode v stolpcu L razvrstimo po Paretovem pravilu v skupine A, B in C. V skupino A uvrstimo proizvode z vsoto (%) v stolpcu K manjšo kot 80 % in v skupino B proizvode z vsoto manjšo kot 95 %, ostali so proizvodi C. V stolpcu M je izračunan standardni odklon in v stolpcu N

standardni odklon, deljen s povprečjem. Tako proizvode lahko razdelimo v skupine X, Y in Z. Skupino X sestavljajo proizvodi kjer je standardni odklon deljen z povprečjem manj kot 20, skupino Y med 20 in 50 ter skupino Z z več kot 50. Kombinacija obeh razdelitev nam razvrsti proizvode v skupine AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY in CZ. Pomembnosti proizvoda prilagodimo periodo glajenja proizvodnje (EPEI):

- AX, AY in BX bomo proizvajali vsak teden EPEI = 1,
- AZ, BY in CX bomo proizvajali vsak drugi teden EPEI = 2,
- BZ, CY in CZ bomo proizvajali vsak četrti teden EPEI = 4.

Slika 27: Primer analize ABC-XYZ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Prodajni plan															
2	Oznaka proizvoda	Ime proizvoda	apr. (hl)	maj (hl)	jun. (hl)	jul. (hl)	avg. (hl)	Skupaj (hl)	Povprečje (hl)	Povprečje (%)	Vsota (%)	ABC	St. odklon	St. odklon / povpr	XYZ	ABC/XYZ
3	P1	Pivo A - 0,5 - 1x24 - E	15.500	16.000	18.000	18.000	17.000	84.500	16.900	26,41	26,41	A	1.140,18	6,7466	X	AX
4	P2	Pivo A - 0,5 - 6x4 - E	13.500	15.000	17.000	16.500	15.000	77.000	15.400	24,06	50,47	A	1.387,44	9,01	X	AX
5	P3	Radler G - 0,5 - 1x24 - E	4.500	5.500	5.000	7.000	5.000	27.000	5.400	8,44	58,91	A	961,77	17,81	X	AX
6	P4	Radler H - 0,5 - 6x4 - E	3.500	4.000	4.000	800	1.500	13.800	2.760	4,31	63,22	A	1.504,33	54,50	Z	AZ
7	P5	Pivo B - 0,5 - 1x24 - E	2.000	2.300	2.500	3.000	2.000	11.800	2.360	3,69	66,91	A	415,93	17,62	X	AX
8	P6	Pivo A - 0,33 - 1x24 - E	2.000	2.000	4.000	1.200	1.500	10.700	2.140	3,34	70,25	A	1.094,53	51,15	Z	AZ
9	P7	Pivo C - 0,5 - 1x24 - E	2.000	2.000	2.000	2.500	2.000	10.500	2.100	3,28	73,53	A	223,61	10,65	X	AX
10	P8	Pivo A - 0,33 - 6x4 - E	2.300	2.000	2.500	1.800	1.500	10.100	2.020	3,16	76,69	A	396,23	19,62	X	AX
11	P9	Pivo C - 0,33 - 1x24 - E	1.800	2.000	1.900	2.200	1.800	9.700	1.940	3,03	79,72	A	167,33	8,63	X	AX
12	P10	Pivo A - 0,5 - 4x6 - E	1.800	1.900	2.100	2.000	1.500	9.300	1.860	2,91	82,63	B	230,22	12,38	X	BX
13	P11	Pivo D - 0,5 - 1x24 - E	1.800	2.000	1.800	1.500	1.800	8.900	1.780	2,78	85,41	B	178,89	10,05	X	BX
14	P12	Pivo A - 0,5 - 1x24 - D	2.000	2.000	2.000	500	1.500	8.000	1.600	2,50	87,91	B	651,92	40,75	Y	BY
15	P13	Pivo B - 0,5 - 6x4 - E	1.200	1.500	1.800	1.500	1.000	7.000	1.400	2,19	90,09	B	308,22	22,02	Y	BY
16	P14	Pivo E - 0,5 - 1x24 - E	1.000	1.100	1.500	1.000	1.000	5.600	1.120	1,75	91,84	B	216,79	19,36	X	BX
17	P15	Pivo F - 0,33 - 1x24 - E	1.300	1.400	1.000	900	800	5.400	1.080	1,69	93,53	B	258,84	23,97	Y	BY
18	P16	Radler I - 0,5 - 1x24 - E	700	700	800	1.200	1.000	4.400	880	1,38	94,91	B	216,79	24,64	Y	BY
19	P17	Cider K - 0,5 - 1x24 - E	1.000	700	800	700	1.200	4.400	880	1,38	96,28	C	216,79	24,64	Y	CY
20	P18	Sola A - 0,5 - 1x24 - E	800	1.000	500	700	900	3.900	780	1,22	97,50	C	192,35	24,66	Y	CY
21	P19	Sola B - 0,5 - 1x24 - E	700	900	300	900	1.000	3.800	760	1,19	98,69	C	279,28	36,75	Y	CY
22	P20	Radler J - 0,5 - 1x24 - E	600	1.000	500	1.100	1.000	4.200	840	1,31	100,00	C	270,19	32,16	Y	CY
23		Skupaj	60.000	65.000	70.000	65.000	60.000	320.000	64.000	100,00						
24																
25																
26																
27																
28																

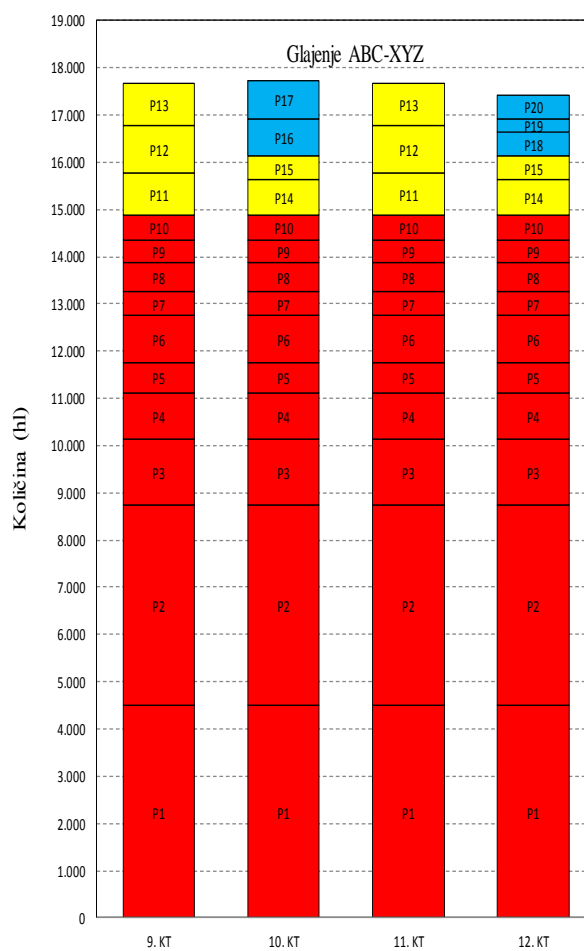
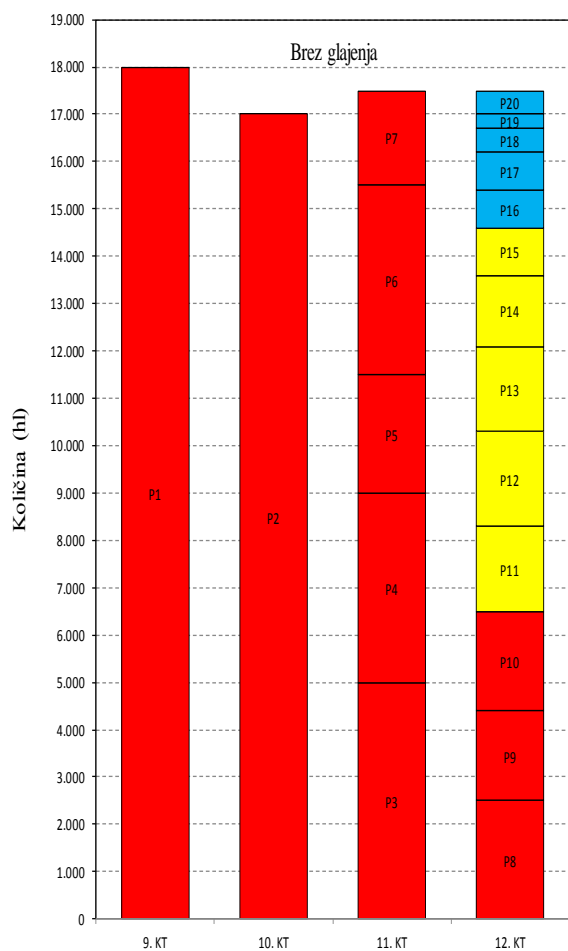
Legenda:
■ - AX, AY, BX izdelki; EPEI = 1
■ - AZ, BY, CX izdelki; EPEI = 2
■ - BZ, CY, CZ izdelki; EPEI = 4

Razliko med planiranjem brez glajenja in glajenjem proizvodnje prikažemo na Sliki 28. Pri tem uporabimo podatke s Slike 27. Kot primer bomo prikazali za glajenje za mesec juni, ostale mesece lahko gladimo po enakem postopku. Mesec razdelimo na 4 tedne. Glajenje izvedemo v skladu z ABC-XYZ analizo. Proizvodi EPEI = 1 so pobarvani rdeče, proizvodi EPEI = 2 so pobarvani rumeno in proizvodi EPEI = 4 so pobarvani modro.

Prikazana glajena proizvodnja omogoča boljše prilagajanje proizvodnje povpraševanju in tako nižje zaloge končnih proizvodov ter prodajo bolj svežih proizvodov. Na prikazanem primeru ocenjujemo, da je možno zaloge končnih proizvodov zmanjšati za 50%, poveča pa se število preurejanj iz 20 na 55. Metoda glajenja proizvodnje je učinkovita samo v primeru optimizacije preurejanj polnilne linije po metodi SMED.

Slika 28: Primer glajene proizvodnje po tednih (KT) v hl kot osnova za izdelavo MPS

Oznaka	Ime proizvoda	jun.(hl)	junij (hl) - Brez glajenja				junij (hl) - Glajenje ABC-XYZ				EPEI
			9. KT	10. KT	11. KT	12. KT	9. KT	10. KT	11. KT	12. KT	
P1	Pivo A - 0,5 - 1x24 - E	18.000	18.000				4.500	4.500	4.500	4.500	AX
P2	Pivo A - 0,5 - 6x4 - E	17.000		17.000			4.250	4.250	4.250	4.250	AX
P3	Radler G - 0,5 - 1x24 - E	5.000			5.000		1.250	1.250	1.250	1.250	AX
P4	Pivo B - 0,5 - 1x24 - E	4.000			4.000		1.000	1.000	1.000	1.000	AX
P5	Pivo C - 0,5 - 1x24 - E	2.500			2.500		625	625	625	625	AX
P6	Pivo A - 0,33 - 6x4 - E	4.000			4.000		1.000	1.000	1.000	1.000	AX
P7	Pivo C - 0,33 - 1x24 - E	2.000			2.000		500	500	500	500	AX
P8	Pivo A - 0,5 - 4x6 - E	2.500				2.500	625	625	625	625	BX
P9	Pivo D - 0,5 - 1x24 - E	1.900				1.900	475	475	475	475	BX
P10	Pivo E - 0,5 - 1x24 - E	2.100				2.100	525	525	525	525	BX
P11	Radler H - 0,5 - 6x4 - E	1.800				1.800	900		900		AZ
P12	Pivo A - 0,33 - 1x24 - E	2.000				2.000	1.000		1.000		AZ
P13	Pivo A - 0,5 - 1x24 - D	1.800				1.800	900		900		BY
P14	Pivo B - 0,5 - 6x4 - E	1.500				1.500		750		750	BY
P15	Pivo F - 0,33 - 1x24 - E	1.000				1.000		500		500	BY
P16	Radler I - 0,5 - 1x24 - E	800				800		800			CY
P17	Cider K - 0,5 - 1x24 - E	800				800		800			CY
P18	Sola A - 0,5 - 1x24 - E	500				500				500	CY
P19	Sola B - 0,5 - 1x24 - E	300				300				300	CY
P20	Radler J - 0,5 - 1x24 - E	500				500				500	CZ
	Skupaj (hl)	70.000	18.000	17.000	17.500	17.500	17.550	17.600	17.550	17.300	



5.4.6 Optimiziranje razvrstitve delovnih nalogov

V podjetju se terminiranje izvaja z razporejanjem delovnih nalogov končnih proizvodov v okviru oblikovanja plana MPS. Pri tem moramo na liniji D2 na tedenski ravni razvrstiti 5 do 15 delovnih nalogov, ki so opredeljeni z vrsto in količino končnega proizvoda. Delovne naloge moramo razporediti zaporedno, ker se istočasno na liniji lahko proizvajajo samo en proizvod. Stroški proizvodnje so zelo odvisni od razvrstitve delovnih nalogov oziroma stroškov preurejanja med posameznimi proizvodi. Pri tem si pomagamo z združevanjem proizvodov s podobnimi karakteristikami v družine. Tako lahko proizvajamo podobne proizvode v pravilnem vrstnem redu in optimiziramo stroške. Problem je, da lahko proizvode v družine združujemo po različnih kriterijih. Ena možnost je združevanje po vrsti pijače, druga je združevanje po velikosti primarnega pakiranja oziroma velikosti pločevink (0,33 ali 0,5), tretja je združevanje po vrsti sekundarnega pakiranja (4-pack, 6-pack, 24-pack), četrta pa združevanje po vrsti terciarnega pakiranja oziroma vrsti palete (Euro ali Duess). Dodaten problem lahko predstavlja delo v dveh izmenah, ker ni nujna zaključitev delovnega naloga s časovnim iztekom izmene. Tako moramo deliti proizvodnjo delovnega naloga v dva dela. Vsako preurejanje zahteva drugačen postopek oziroma nastavitve na posameznih strojih. Zaradi nejasnosti, katero združevanje je optimalno, uporabljena razvrstitev ni nujno optimalna. Poleg problema združevanja v družine v praksi nastajajo še drugi vplivi, kot so razpoložljivost pijač, dobavljivost materialov, planirano vzdrževanje strojev in podobno.

Kot je zapisano v teoretičnem delu naloge, je problem razvrstitve delovnih nalogov v primeru linijske razvrstitve strojev podoben problemu trgovskega potnika TSP, poznanega iz operacijskih raziskav, in ga lahko rešujemo na enak način. V nadaljevanju bomo na primeru razvrstitve 10 naključno izbranih delovnih nalogov v Tabeli 6 prikazali optimiziranje razvrščanja. Predpostavili bomo triizmensko delo, kjer ne prihaja do neskladij med zaključevanjem izmene in delovnih nalogov. Tako bomo izključili vpliv velikosti delovnih nalogov in se lahko omejili na stroške preurejanj. V matriki preurejanj zapišemo stroške preurejanj za vse možne kombinacije prehoda med dvema delovnima nalogoma. Zaradi tehnoloških zahtev oziroma potrebnih pranj cevovodov in polnilnega stroja matrika preurejanj ni nujno simetrična, kar pomeni različne stroške glede na smer preureditve. Kot je zapisano v teoretičnem delu, je število možnih kombinacij razvrstitve delovnih nalogov zelo veliko in znaša za 10 nalogov $(10 - 1)!/2 = 181.440$ različnih možnosti razvrstitve. Zato je za določevanje zaporedja delovnih nalogov smiselno uporabiti metodo linearnega programiranja in programsko opremo Excel reševalec. Skupno ceno preurejanj, izračunano z metodo optimizacije, bomo primerjali s največjo možno ceno in primerom uporabe metode najbližjega soseda ter združevanja delovnih nalogov v družine proizvodov.

Tabela 6: Izbrani delovni nalogi

Številka delovnega naloga	Opis končnega proizvoda
1	Pivo A - 0,33 - 1x24 - E
2	Pivo A - 0,5 - 1x24 - E
3	Pivo A - 0,5 - 6x4 - D
4	Pivo A - 0,5 - 6x4 - E
5	Pivo B - 0,33 - 1x24 - E
6	Pivo B - 0,5 - 1x24 - E
7	Pivo C - 0,33 - 6x4 - E
8	Radler A - 0,5 - 1x24 - E
9	Radler A - 0,5 - 6x4 - E
10	Radler B - 0,5 - 1x24 - E

Pri izračunu cen v matriki preurejanj bomo upoštevali ceno dela 10 €/h:

- Stroški menjave vrste pijače zajemajo strošek zaustavitve linije za 1 uro in strošek izgube pijače zaradi izpraznitve cevovodov in polnilnega stroja, izpiranja z vodo in ponovne napolnitve cevovodov in polnilnega stroja z novo pijačo. V tem primeru izgube pijače znašajo 10 hl pri predpostavljeni ceni pijače 10 €/hl. K temu moramo dodati še stroške pranja CIP za pijačami, ki vsebujejo sladkor. V tem primeru se strošek podvoji in povzroča nesimetričnost matrike preurejanj.

$$C_v = \text{število delavcev} \times \text{čas menjave} \times \text{strošek dela} + 10 \text{ hl/izriv} \times 10 \text{ €/hl} = (5 \times 1 \times 10) + (10 \times 10) = 150 \text{ €}, \text{ v primeru pranja CIP znaša } 300 \text{ €}.$$

Ostala preurejanja so omejena na strošek dela in predstavljajo strošek izgube pijač:

- stroški menjave velikosti pločevink zahtevajo 1 uro dela:
 $C_v = \text{število delavcev} \times \text{čas menjave} \times \text{strošek dela} = 5 \times 1 \times 10 = 50 \text{ €};$
- stroški menjave vrste ovojev zahtevajo 0,5 ure dela:
 $C_v = \text{število delavcev} \times \text{čas menjave} \times \text{strošek dela} = 5 \times 0,5 \times 10 = 25 \text{ €};$
- stroški menjave palete zahtevajo 2 uri dela:
 $C_v = \text{število delavcev} \times \text{čas menjave} \times \text{strošek dela} = 5 \times 2 \times 10 = 100 \text{ €}.$

Izračun stroškov preurejanj med delovnimi nalogi prikažemo v Tabeli 7. Delovni nalogi v prvem stolpcu predstavljajo stanje pred preureditvijo, delovni nalogi v prvi vrstici predstavljajo stanje po preureditvi. Rezultati so zbrani v Matriki preurejanj s stroški preurejanj na Sliki 29.

Tabela 7: Stroški zaradi preurejanja linije med delovnimi nalogi (€)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	50	50+25 +100	50+25	150	150+50	150+25	150+50	150+25	150+50
2	50	0	25+100	25	150+50	150	150 +50 +25	150	150+25	150
3	100+50 +25	100+25	0	100	150+50 +25 +100	150+25 +100	150 +50 +100	150 +25 +100	150 +100	150 +25 +100
4	50+25	25	100	0	150+50 +25	150+25	150+50	150+25	150	150+25
5	150	150+50	150+50 +25 +100	150+25 +50	0	150+50	150+25	150+50	150+25 +50	150+50
6	150+50	150	150+25 +100	150+25	150+50	0	150+50 +25	150	150+25	150
7	150+25	150+50 +25	150+50 +100	150+50	150+25	150+50 +25	0	150+50 +25	150+50	150+50 +25
8	300+50	300	300+25 +100	300+25	300+50	300	300+50 +25	0	25	150
9	300+50 +25	300+25	300 +100	300	300+50 +25	300+25	300+50	25	0	150+25
10	300+50	300	300+25 +100	300+25	300+50	300	300+50 +25	150	150+25	0

Tabela 8: Uporaba Excelovih funkcij

Številka delovnega naloga	Opis končnega proizvoda	Cena preureditve (€)
1	=VLOOKUP(B19;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B28;B19)
2	=VLOOKUP(B20;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B19;B20)
3	=VLOOKUP(B21;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B20;B21)
4	=VLOOKUP(B22;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B21;B22)
5	=VLOOKUP(B23;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B22;B23)
6	=VLOOKUP(B24;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B23;B24)
7	=VLOOKUP(B25;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B24;B25)
8	=VLOOKUP(B26;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B25;B26)
9	=VLOOKUP(B27;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B26;B27)
10	=VLOOKUP(B28;\$B\$5:\$C\$14;2;FALSE)	=INDEX(\$F\$5:\$O\$14;B27;B28)
	Skupna cena preurejanj	=SUM(D19:D28)

Kot je prikazano na Sliki 29 smo v Excel reševalcu za ciljno celico (angl. *set objective*) izbrali minimum vsote stroškov prestavljanja med delovnimi nalogi v celici D29. Določene so bile spremenljivke (angl. *by changing variable cells*) v celicah \$B\$19:\$B\$28. Omejitev, ki smo jo uporabili (angl. *subject to the constraints*), je \$B\$19:\$B\$28 = Alldifferent. Kot je razvidno iz Tabele 8, smo za povezavo tabel uporabili Excelovi funkciji VLOOKUP in INDEX.

Računalnik izračuna najmanjši možni strošek preurejanj linije med delovnimi nalogi s sekvenco 6-4-3-2-1-5-7-9-8-10-6, ki znaša $175 + 100 + 125 + 50 + 150 + 175 + 200 + 25 + 150 + 300 = 1.450$ €. Upoštevano je tudi preurejanje v prvotno stanje s preureditvijo 10-6. Če ponovimo postopek in za ciljno celico izberemo največjo vrednost, dobimo sekvenco z največjim možnim stroškom preurejanja linije 4-10-1-2-9-5-7-6-3-8-4, ki znaša $175 + 350 + 50 + 175 + 375 + 175 + 225 + 275 + 275 + 325 = 2.400$ €. Če uporabimo metodo najbližjega soseda in začnemo z delovnim nalogom 6, dobimo sekvenco 6-2-4-1-5-7-9-8-10-3-6, ki znaša $150 + 25 + 75 + 150 + 175 + 200 + 25 + 150 + 425 + 275 = 1.650$ €. Tudi vsa ostala združevanja proizvodov v družine nam dajo rezultat cene preurejanja znotraj ekstremnih vrednosti. Razlika cene preurejanj med največjo in najmanjšo vrednostjo znaša na tedenski ravni $2.400 - 1.450 = 950$ €. Tako lahko ocenimo, da je na letni ravni z ustreznim razporejanjem možno prihraniti do $50 \text{ tednov} \times 950 \text{ €} = 47.500$ €.

Slika 29: Optimiziranje zaporedja delovnih nalogov z Excel reševalcem

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Izbrani delovni nalogi				Matrika preurejanj s stroški preurejanj (€)									
3															
4		Številka delovnega naloga	Opis končnega proizvoda			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5		1	Pivo A - 0,33 - 1x24 - E		1	0	50	175	75	150	200	175	200	175	200
6		2	Pivo A - 0,5 - 1x24 - E		2	50	0	125	25	200	150	225	150	175	150
7		3	Pivo A - 0,5 - 6x4 - D		3	175	125	0	100	325	275	300	275	250	275
8		4	Pivo A - 0,5 - 6x4 - E		4	75	25	100	0	225	175	200	175	150	175
9		5	Pivo B - 0,33 - 1x24 - E		5	150	200	325	225	0	200	175	200	225	200
10		6	Pivo B - 0,5 - 1x24 - E		6	200	150	275	175	200	0	225	150	175	150
11		7	Pivo C - 0,33 - 6x4 - E		7	175	225	300	200	175	225	0	225	200	225
12		8	Radler A - 0,5 - 1x24 - E		8	350	300	425	325	350	300	375	0	25	150
13		9	Radler A - 0,5 - 6x4 - E		9	375	325	400	300	375	325	350	25	0	175
14		10	Radler B - 0,5 - 1x24 - E		10	350	300	425	325	350	300	375	150	175	0
15															
16		Vrstni red delovnih nalogov													
17															
18		Številka delovnega naloga	Opis končnega proizvoda	Cena preureditve (€)											
19		6	Pivo B - 0,5 - 1x24 - E	300											
20		4	Pivo A - 0,5 - 6x4 - E	175											
21		3	Pivo A - 0,5 - 6x4 - D	100											
22		2	Pivo A - 0,5 - 1x24 - E	125											
23		1	Pivo A - 0,33 - 1x24 - E	50											
24		5	Pivo B - 0,33 - 1x24 - E	150											
25		7	Pivo C - 0,33 - 6x4 - E	175											
26		9	Radler A - 0,5 - 6x4 - E	200											
27		8	Radler A - 0,5 - 1x24 - E	25											
28		10	Radler B - 0,5 - 1x24 - E	150											
29		skupna cena preurejanj		1.450											

5.4.7 Podrobno planiranje materialov – MRP in kontrola izvajanja MPS

Količinsko opredeljeni planski delovni nalogi, ročno vneseni v SAP na podlagi plana MPS, narejenega v Excelu, so vložek v planiranje MRP. Posamezne komponente za končne proizvode so določene s kosovnicami. Planer preveri vrste in količine potrebnih materialov ter v skladu z dobavnimi roki vseh komponent izvede odpoklic od dobaviteljev. Podrobno planiranje zmogljivosti običajno ni potrebno. Kontrola izvajanja MPS se izvede na kratkih operativnih dnevnikih sestankih, kjer sodelujejo predstavniki proizvodnje, polnilnice, prodaje, logistike in planiranja. Za količinski nadzor izvedenih delovnih nalogov se uporabljajo količine, prevzete v SAP, ki se beležijo z odčitavanjem kod na paletnih nalepkah. Razliko med planirano količino, ki je označena kot ciljna, in dobavljeno količino označuje črtkana črta na Sliki 30. V primeru utemeljenih odstopanj od planiranega MPS zaradi spremembe naročil ali okvar opreme se izvajajo popravki plana MPS. Za podrobnejši nadzor proizvodnje podjetje uporablja MES-računalniški sistem MePIS proizvajalca Metronik, kjer lahko podrobneje spremljamo zastoje na linijah, ki povzročajo odstopanje od plana MPS.

Slika 30: Primer primerjave planiranih in proizvedenih količin na delovnih nalogih v SAP

Infosistem naloga - Glave nalogov								
TermZačet	Plan skupina	Kratki tekst	Material	Kratki tekst materiala	Nalog	Cilj. kol.	DobavKol	Enota
12.06.2017	5510200	Polnjenje S4 0,5l zaboj 1/10+ priprava	3775	Pivo C – 0,5 – 1x10 - E	3520402	1.400	804	HL
	5530200	Polnjenje D2 0,5l 1/24 + priprava	1162	Pivo A – 0,5 – 1x24 - E	3520403	1.500	0	HL
	5540200	Polnjenje SODI 30l + 25l + priprava	2573	Pivo C – 25 – 1x12 - E	3520407	600	0	HL
	5540200	Polnjenje SODI 30l + 25l + priprava	3901	Pivo C – 25 – 1x12 - E	3520408	200	196	HL
	5540200	Polnjenje SODI 30l + 25l + priprava	3947	Pivo C – 25 – 1x12 - E	3520409	200	117	HL
	5550200	Polnjenje PET2 1l + priprava+mešanje	3895	Sola A – 1 – 1x6 - E	3520411	340	354	HL
	5550200	Polnjenje PET2 1l + priprava+mešanje	3922	Sola B – 1 – 1x6 - E	3520412	150	137,400	HL
	5530200	Polnjenje D2 0,5l 1/24 + priprava	2341	Pivo B – 0,5 – 1x24 - E	3520416	400	22,680	HL
	5530200	Polnjenje D2 0,5l 1/24 + priprava	2522	Pivo D – 0,5 – 1x24 - E	3520417	1.400	1.381,320	HL
	5550200	Polnjenje PET2 1l + priprava+mešanje	3921	Sola C – 1 – 1x6 - E	3520418	285	142,500	HL
	5550200	Polnjenje PET2 1l + priprava+mešanje	3919	Sola D – 1 – 1x6 - E	3520419	150	0	HL
	5430200	Priprava jabolčne sladice	81155		3520425	2.321	2.321	HL
	7630209	Prepakiranje ročno	3776	Pivo C – 0,5 – 1x10 - E	3701149	69,600	69,600	HL
	7630209	Prepakiranje ročno	3776	Pivo C – 0,5 – 1x10 - E	3701152	180	12	HL
13.06.2017	5530200	Polnjenje D2 0,5l 1/24 + priprava	1163	Pivo E – 0,5 – 1x24 - E	3520404	1.200	0	HL
	5530200	Polnjenje D2 0,33l 1/24 + priprava	1159	Pivo A – 0,33 – 1x24 - E	3520405	700	0	HL
	5530200	Polnjenje D2 0,33l 1/24 + priprava	3181	Pivo D – 0,33 – 1x24 - E	3520406	700	0	HL
	5510200	Polnjenje S4 0,5l + priprava	494	Pivo C – 0,5 – 1x20 - E	3520420	2.000	0	HL

SKLEP

Sistem planiranja in kontrole proizvodnje je v sodobnem poslovnem okolju eno najpomembnejših orodij za učinkovito poslovanje proizvodnih podjetij. S spremembo lastništva je tudi Pivovarna Laško Union, d.o.o., začela natančneje planirati in kontrolirati proizvodnjo. Pri tem je zelo pomembno iskanje ravnotežja med optimalnim delovanjem proizvodnje in polnilnice, višino zalog materialov in končnih proizvodov, starosti proizvodov

na trgu, stopnjo servisiranja kupcev, odzivnostjo in nizkimi stroški. V nadaljevanju so navedene nekatere možnosti za izboljšanje sistema planiranja in kontrole proizvodnje v podjetju.

Pri oblikovanju plana S&OP ima podjetje možnosti optimizacije proizvodnega plana z uvedbo linearnega programiranja, kot je na primeru linije za pločevinke prikazano v podpoglavju 5.4.3. S prilagajanjem obsega proizvodnje sezonskim nihanjem v prodaji lahko s pravilno izbiro parametrov na letnem nivoju prihranimo na liniji za pločevinke približno 20.000 €. Pri najemanju sezonskih delavcev je potrebno zaradi uporabe visokoavtomatiziranih strojev izredno pozornost posvetiti usposabljanju. Pri najemanju sezonskih delavcev je možno tudi sodelovanje s panogami, ki imajo visoko sezono v zimskih mesecih. Taka primera sta npr. smučišča in izdelovalci smuči. Na prodajni strani bi bila za razbremenitev sezonskega vpliva možna uvedba popustov pri kupcih za naročila končnih proizvodov pred sezono in tako prenos del zalog h kupcem.

Naslednja možnost je nadgrajevanje glajenja proizvodnje v okviru operativnega planiranja proizvodnje MPS, kot je na primeru linije za pločevinke prikazano v podpoglavju 5.4.5. Iz obstoječe ABC-razdelitve končnih proizvodov po pomembnosti je možna razširitev razdelitve končnih proizvodov po stabilnosti prodaje XYZ. Tako lahko dosežemo bolj glajeno proizvodnjo, oziroma boljše prilagajanje proizvodnje povpraševanju. Bolj glajena proizvodnja omogoča nižje zaloge in odpremo bolj svežih proizvodov. Je pa nujna razširitev optimiziranja preurejanja polnilnih linij po metodi SMED, ki jo podjetje že delno izvaja.

Priložnost predstavlja tudi optimiziranje razvrstitve delovnih nalogov s pomočjo linearnega programiranja in Excel reševalca. Kot je prikazano v podpoglavju 5.4.6. je mogoče samo s pravilnim razporejanjem delovnih nalogov za pločevinke na letni ravni prihraniti do 47.500 €. Seveda je ta koncept razporejanja delovnih nalogov možno razširiti tudi na druge vrste primarnega pakiranja oziroma polnilne linije.

Velik problem planiranja v podjetju predstavlja spremenljivost naročil in zato pogoste spremembe MPS. Predlog je izboljšanje komunikacije s kupci in spreminjanje zamrznjenega MPS samo z odobritvijo najvišjega vodstva. Velik izziv za planski oddelek bi bilo tudi spremljanje zalog končnih proizvodov pri kupcih. Namesto časovno opredeljenih prodajnih akcij bi bilo smiselno uvesti količinsko omejene prodajne akcije oziroma prodajne akcije do porabe planirane zaloge. Uvedba naprednih sistemov planiranja in kontrole proizvodnje bi lahko izboljšala obveščenost, komunikacijo in učinkovitost v celotni oskrbni verigi.

LITERATURA IN VIRI

1. Bohnen, F., Buhl, M., & Deuse, J. (2013). Systematic procedure for leveling of low volume and high mix production. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6, 53–58.
2. Bond, B., Genovese, Y., Miklovic, D., Wood, N., Zrimsek, B., & Rayner, N. (2000). ERP Is Dead – Long Live ERP II. Najdeno 8. oktobra 2017 na spletnem naslovu <https://www.slideshare.net/Agcristi/erp-is-dead-long-live-erp-ii>
3. Buxey, G. (2005). Aggregate planning for seasonal demand: reconciling theory with practice. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(11), 1083–1100.
4. Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen Logistics and Supply Chain*. New York: McGraw-Hill.
5. Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19, 675–694.
6. Čižman, A. (2004). *Operacijske raziskave: teorija in uporaba v organizaciji*. Kranj: Moderna organizacija.
7. Davendra, D. (2010). *Traveling Salesman Problem, Theory and Applications*. Rijeka: InTech.
8. Drexler, A., & Kimms, A. (1997). Lot sizing and scheduling – Survey and extensions. *European Journal of Operational Research*, 99, 221–235.
9. Ford, W. H. (1913). How many parts to make at once. *The magazine of Management*, 10(2), 947–950.
10. Galloway, L., Rowbotham, F., & Azhashemi, M. (2000). *Operations Management in Context*. Oxford: Butterworth Heinemann.
11. Groznik, A., & Lindič, J. (2004). *Elektronsko poslovanje*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
12. Hinnes, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2012). *Ohranjanje vitkosti: uspeti, ne le preživeti*. Ljubljana: Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje.
13. Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2001). *Factory physics* (2nd ed.). New York: Foundation of manufacturing management McGraw-Hill.
14. Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Vollmann, T. E. (2011). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. New York: McGraw Hill.
15. Jakšič, M., & Rusjan, B. (2007). Učinek biča v oskrbni verigi. *Organizacija*, 40(1), 17–23.
16. Jiang, C. (2010). A Reliable Solver of Euclidean Traveling Salesman Problems with Microsoft Excel Add-in Tools for Small-size Systems. *Journal of software*, 5(7), 761–768.
17. Kumar, S. A., & Suresh, N. (2008). *Production and operations management (With Skill Development, Caselets and Cases)* (2nd ed.). New Delhi: New age international (P) limited publishers.

18. Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje: modeli, metode, podatki*. Kranj: Moderna organizacija.
19. Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
20. Ljubič, T., & Roblek, M. (1999). *Operativno planiranje in vodenje proizvodnje v okolju vitke proizvodnje (Lean Manufacturing)*. Kranj: Moderna organizacija.
21. Logožar, K. (2004). *Poslovna logistika. Elementi in podsistemi*. Ljubljana: GV.
22. *Master Production Schedule*. Najdeno 6. novembra 2017 na spletnem naslovu http://www.apicsforum.com/wiki/3._master_production_schedule
23. Meredith, J. R. (1992). *The Management of Operations: A conceptual Emphasis* (4th ed.). New York: John Wiley & Sons.
24. Olhager, J. (2013). Evolution of operations planning and control: from production to supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(23/24), 6836–6843.
25. Olhager, J., & Wikner, J. (2000). Production planning and control tools. *Production planning & Control: The Management of Operations*, 11(3), 210–222.
26. Pinedo, M. L. (2012). *Scheduling: Theory, Algorithm and Systems* (4th ed.). New York: Springer.
27. *Pivovarna Union d.d. (2015). Letno poročilo podjetja Pivovarna Union d.d. za leto 2015*. Najdeno 6. novembra 2017 na spletnem naslovu <https://www.pivo-union.si/si/files/default/podjetje/letna-porocila/8-Letno-porocilo-2015-Pivovarna-Union.pdf>
28. *Pivovarana Laško d.d. (2016). Blagovne znamke povezanih družb*. Najdeno 6. novembra 2017 na spletnem naslovu <http://www.pivo-lasko.si/blagovne-znamke/blagovne-znamke-povezanih-druzb/union/>
29. Plossl, G. (1995). *Orlicky's Material Requirements Planning* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
30. Proud, J. F. (2007). *Master scheduling, A practical guide to competitive manufacturing* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
31. Rankin, R. (2012, 15. junij). 20 Quotes: The importance of planning. BCG consulting. Najdeno 6. novembra 2017 na spletnem naslovu <https://ormondrankin.wordpress.com/2012/06/15/20-quotes-the-importance-of-planning>
32. Rondeau, P., & Litteral, L. A. (2001). The evolution of manufacturing planning and control Systems: From reorder point to enterprise resource planning. Najdeno 8. oktobra 2017 na spletnem naslovu http://digitalcommons.butler.edu/cob_papers/41
33. Rozman, R. (1993). *Planiranje poslovanja podjetja*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
34. Rudberg, M., & Olhager, J. (2003). Manufacturing networks and supply chains: an operations strategy perspective. *Omega The International Journal of Management Science*, 31, 29-31.
35. Rusjan, B. (2007). Problemi in pomanjkljivosti proučevanja strateškega planiranja proizvodnje kot razlog njegovega neveljavljanja v praksi. *Organizacija*, 40(1), 25–33.
36. Rusjan, B. (2013). *Management proizvodnih in storitvenih procesov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.

37. Russell, R. S., & Taylor, B. W. III. (2011). *Operations Management* (7th ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
38. Schmenner, R. W. (1987). *Production/Operations management, concepts and situations* (3rd ed.). Chicago: Science research associates.
39. Schroeder, R. G. (1993). *Operations management, Decisions Making in the Operations Function* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
40. Scott, C., Lundgren, H., & Thompson, P. (2011). *Guide to Supply Chain Management*. Berlin: Springer-Verlag.
41. Sheldon, D. H. (2005). *Class A ERP: Implementation Integrating Lean and six sigma*. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing.
42. Sheldon, D. H. (2006). *World Class Master Scheduling, Best practices and Lean Six Sigma Continuous Improvement*. Fort Lauderdale: J.Ross Publishing.
43. Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management* (6th ed.). Harlow: Prentice Hall.
44. Stadtler, H., & Kilger, C. (2008). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies* (4th ed.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
45. Thome, A. M. T., Scavarda, L. F., Fernandez, N. S., & Scavarda, A. J. (2012). Sales and operations planning: A research synthesis. *Int. J. Production Economics*, 138, 1–13.
46. Vieira, G. E., & Favareto, F. (2006). A new and practical heuristic for Master Production Scheduling creation. *International Journal of Production research*, 44(18/19), 3607–3625.
47. Vollmann, T. E., Berry, W. L., & Whybark, D. C. (1988). *Manufacturing Planning and Control Systems*. New York: McGraw-Hill.
48. Wallace, T. F., & Stahl, R. A. (2003). *Master scheduling in the 21st century, For simplicity, speed, and Success – Up and Down the Supply Chain*. ZDA: Steelwedge Software
49. Waller, D. L. (1999). *Operations management: A supply Chain Approach*. London: International Thompson Publishing (EF).
50. Waters, D. (2006). *Operations Strategy*. London: Thomson Learning.
51. Winston, W. L. (2011). *Microsoft Excel 2010: data analysis and business modeling*. Washington: Redmont.
52. Wild, R. (1972). *Mass production Management: The Design and Operation of Production Flow-line Systems*. London: John Willey & Sons.
53. Zijm, W. H. M. (2000). Towards intelligent manufacturing planning and control systems. *OR Spektrum Springer verlag*, 22, 318–345.

PRILOGE

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Seznam pomembnejših uporabljenih akronimov	1
Priloga 2: Tehnološki postopek proizvodnje piva	3
Priloga 3: Shema procesa proizvodnje v Pivovarni Union.....	4
Priloga 4: Vrste emabalaž oziroma pakiranj.....	5
Priloga 5: Potiskane prazne pločevinke.....	7
Priloga 6: Pločevinke pred polnjenjem.....	8
Priloga 7: Oblikovanje tas	9
Priloga 8: Paletna nalepka	10

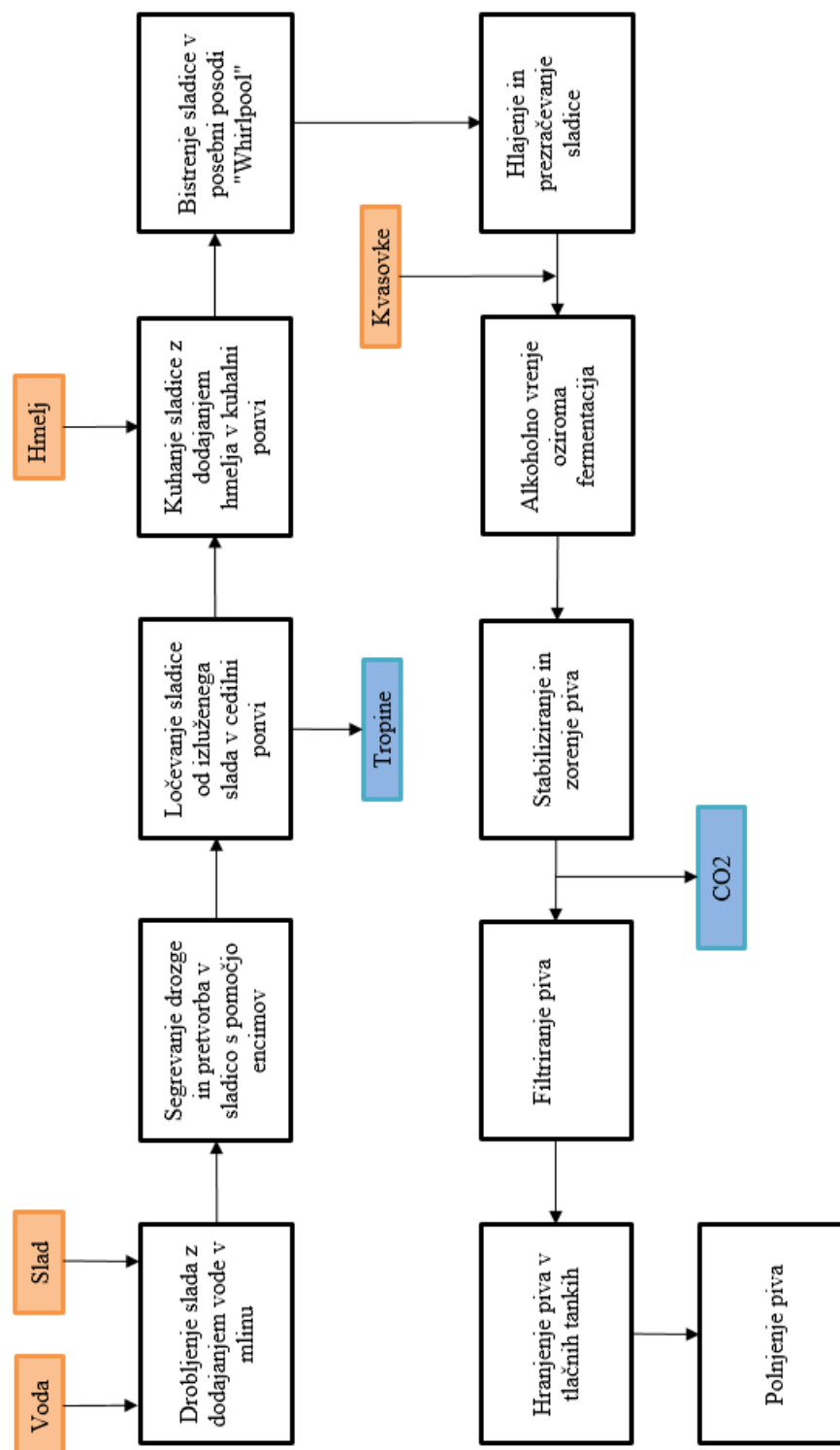
PRILOGA 1: Seznam pomembnejših uporabljenih akronimov

ATO	<i>Assemble To Order</i>	sestavljanje po naročilu
ATP	<i>Available To Promise</i>	razpoložljivo z obljubo
BOM	<i>Bill Of Materials</i>	kosovnica, receptura
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>	investicijska potrošnja kapitala
CIP	<i>Cleaning In Place</i>	notranje čiščenje cevovodov, polnilnika in ostale opreme
COP	<i>Cleaning On Place</i>	zunanje čiščenje opreme
CRP	<i>Capacity Requirements Planning</i>	podrobno kratkoročno planiranje zmogljivosti
D2		interna oznaka linije za pločevinke
DM	<i>Demand Management</i>	obvladovanje povpraševanja
EPEI	<i>Every Part Every Interval</i>	perioda glajenja proizvodnje
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	informacijski sistem za podporo poslovanju
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	mednarodna organizacija za standardizacijo
JIT	<i>Just In Time</i>	ravno ob pravem času
LP	<i>Linear Programming</i>	linearno programiranje
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>	sistem za obvladovanje proizvodnje
MPC	<i>Manufacturing Planning and Control</i>	sistem planiranja in kontrole proizvodnje
MPS	<i>Master Production Scheduling</i>	operativno planiranje proizvodnje
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>	planiranje potreb po materialih
MRP II	<i>Material Resource Planning</i>	planiranje proizvodnih virov
MTO	<i>Make To Order</i>	izdelava po naročilu
MTS	<i>Make To Stock</i>	izdelava na zalogo
OM	<i>Operations Management</i>	menedžment proizvodne poslovne funkcije
OPI	<i>Overall Performance Indicator</i>	celoten kazalnik uspešnosti
PAC	<i>Production Activity Control</i>	kontrola izvajanja proizvodnje
PPC	<i>Production Planning and Control</i>	planiranje in kontrola proizvodnje
RCCP	<i>Rough Cut Capacity Planning</i>	grobo planiranje zmogljivost
RP	<i>Resource Planning</i>	dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti
SAP R3	<i>Systems, Applications & Products in Data Processing</i>	informacijski sistem ERP
SC	<i>Supply Chain</i>	oskrbna veriga
SCM	<i>Supply Chain Management</i>	obvladovanje oskrbne verige

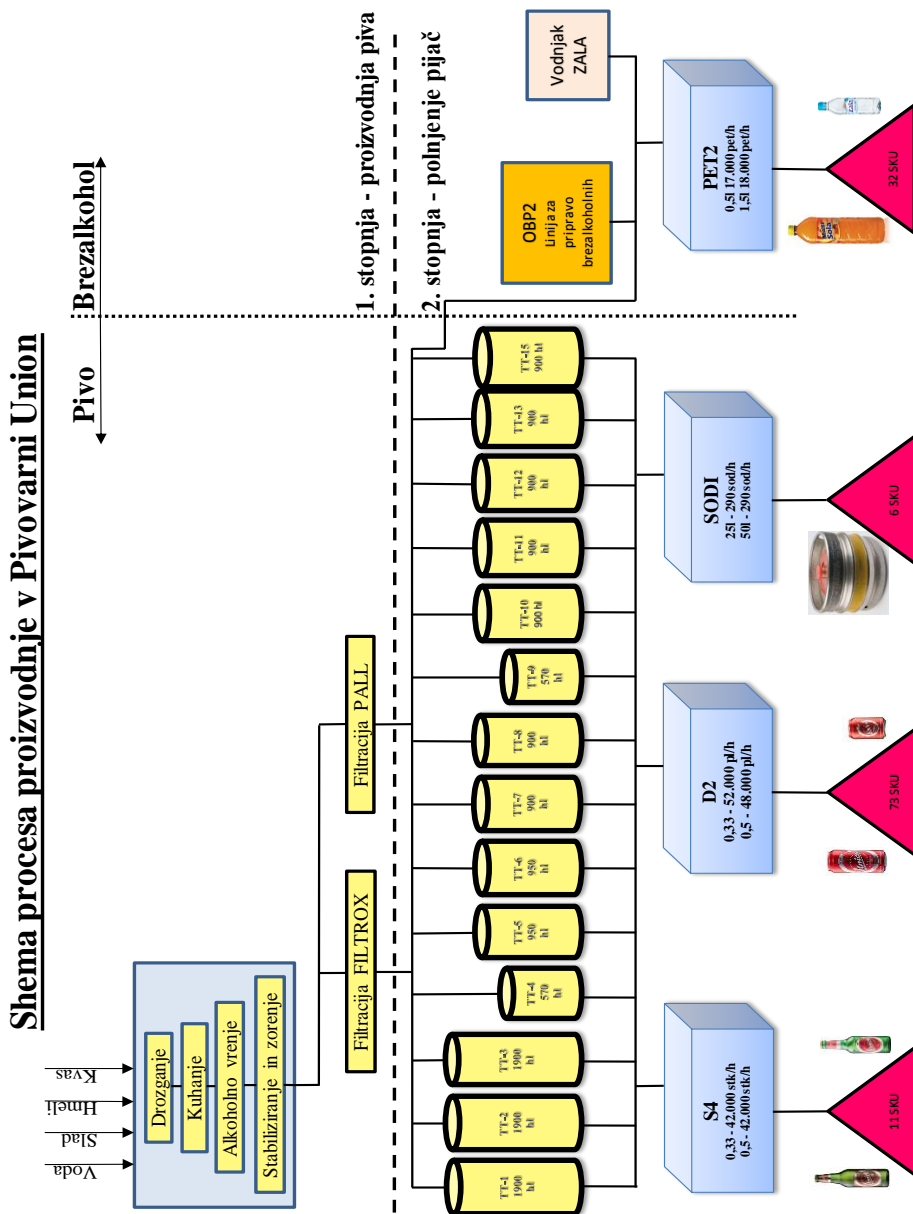
SFC	<i>Shoop Floor Control</i>	terminiranje in kontrola izvedbe proizvodnje
SCP	<i>Supply Chain Planning</i>	planiranje v oskrbni verigi
SPC	<i>Statistical Process Control</i>	statistična kontrola procesa
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>	metoda hitrega preurejanja strojev
S&OP	<i>Sales and Operating Planning</i>	planiranje prodaje in proizvodnje
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>	celovito produktivno vzdrževanje
TSP	<i>Traveling Salesman Problem</i>	problem trgovskega potnika
TQM	<i>Total Quality Management</i>	celovito obvladovanje kakovosti

PRILOGA 2: Tehnološki postopek proizvodnje piva

Tehnološki postopek proizvodnje piva

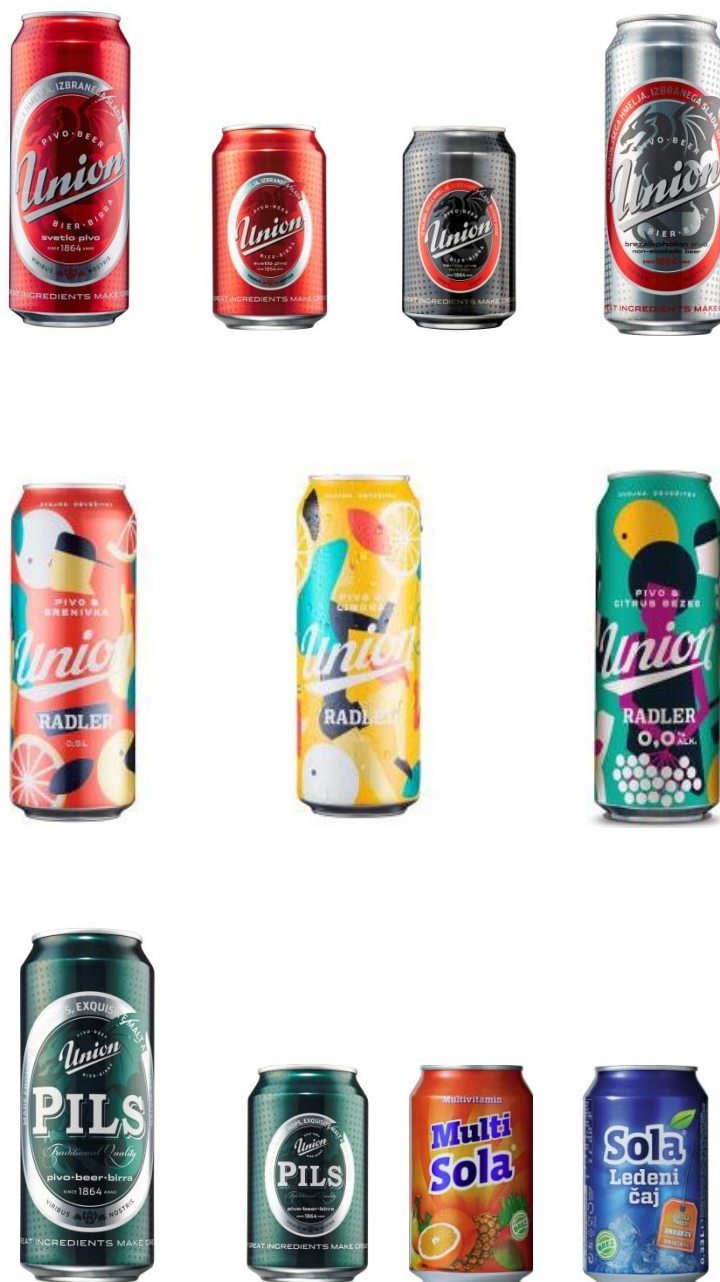


PRILOGA 3: Shema procesa proizvodnje v Pivovarni Union



PRILOGA 4: Vrste embalaž oziroma pakiranja

Primarno pakiranje



Sekundarno pakiranje



Terciarno pakiranje



PRILOGA 5: Potiskane prazne pločevinke




PRILOGA 6: Pločevinke pred polnjenjem



PRILOGA 7: Oblikovanje tas



PRILOGA 8: Paletna nalepka



Pivovarna Laško Union d.o.o.
Pivovarna Union, Pivovarniška 2, SI-1000 Ljubljana


NAZIV ARTIKLA (PRODUCT NAME):
UNION SVETLO 4,9% PLC N 0,5x24

IDENT: **535** TEŽA (WEIGHT): **826kg**


SSCC: **038389995408081874**

VSEBINA (CONTENT): KOLIČINA (COUNT):
03838999510012 63

ŠARŽA (BATCH): UPORABNO DO (BEST BEFORE):
U180605 05.06.2018



(02)03838999510012(37)63(15)180605(10)U180605



(00)038389995408081874