

**UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA**

MAGISTRSKO DELO

SEBASTJAN ZUPAN

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**UVEDBA INFORMACIJSKO PODPRTEGA TERMINIRANJA OPERACIJ
V PROIZVODNJI PODBOJEV V PODJETJU LIP BLED**

Ljubljana, oktober 2010

SEBASTJAN ZUPAN

IZJAVA

Študent Sebastjan Zupan izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal v soglasju s svetovalcem dr. Borutom Rusjanom, in da v skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 20.10.2010

Podpis: _____

KAZALO

UVOD	1
1 OPREDELITEV PROIZVODNJE IN PLANIRANJA PROIZVODNJE	4
1.1 Izhodišča za opredelitev planiranja	4
1.2 Opredelitev proizvodnje	5
1.3 Planiranje proizvodnje.....	8
2 HIERARHIČNI SISTEM PLANIRANJA	10
2.1 Strateško planiranje	11
2.2 Dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti.....	12
2.3 Mesečno planiranje	12
2.4 Planiranje proizvodnih virov	13
2.5 Operativno planiranje	13
2.6 Grobo planiranje zmogljivosti.....	15
2.7 Planiranje materialnih potreb	15
2.8 Podrobno planiranje zmogljivosti	17
2.9 Terminiranje proizvodnih operacij.....	17
2.10 Kontrola proizvodnje.....	18
3 TERMINIRANJE PROIZVODNIH OPERACIJ	18
3.1 Opredelitev terminiranja	18
3.1.1 Opredelitev virov.....	20
3.1.2 Opredelitev nalog	20
3.1.3 Opredelitev ciljev	21
3.1.4 Rezultat terminiranja operacij	22
3.2 Osebe pri terminiranju operacij	22
3.3 Značilnosti terminiranja operacij v različnih razmestitvah	23
3.3.1 Terminiranje operacij v primeru linijske razmestitve	23
3.3.2 Terminiranje operacij v primeru skupinske razmestitve	24
4 REŠEVANJE PROBLEMA TERMINIRANJA	26
5 METODE REŠEVANJA PROBLEMA TERMINIRANJA	28
5.1 Gantogramska tehnika.....	30
5.2 Metode za določanje zaporedja nalogov oz. operacij	33
6 PROBLEMATIKA TERMINIRANJA V PRAKSI	40
6.1 Motnje pri izvedbi plana	41
6.2 Kontrola proizvodnje.....	43
7 INFORMACIJSKA PODPORA TERMINIRANJA OPERACIJ	45
7.1 Splošna struktura sistemov terminiranja	46
7.2 Razvoj in implementacija programske opreme	49
7.3 Potrebni podatki za uvedbo sistema za napredno planiranje in terminiranje	52
8 PREDSTAVITEV PODJETJA LIP BLED	53
8.1 Profitni center Notranja vrata	54
8.2 Proces proizvodnje podbojev	56
8.3 Informacijska arhitektura v podjetju Lip Bled	58
9 PLANIRANJE PROIZVODNJE V PODJETJU LIP BLED	59

9.1	Službe za pripravo proizvodnje.....	59
9.1.1	Služba tehnološke priprave proizvodnje	59
9.1.2	Služba operativne priprave proizvodnje	59
9.2	Strateško planiranje proizvodnje.....	60
9.3	Mesečno (agregatno) planiranje proizvodnje.....	60
9.4	Operativno planiranje proizvodnje.....	61
9.4.1	Potrjevanje internih naročil	63
9.4.2	Prenos internih naročil v plan	63
9.4.3	Oblikovanje delovnih nalogov in njihovo lansiranje	65
9.5	Terminiranje operacij	68
10	PREDLOG INFORMATIZACIJE TERMINIRANJA OPERACIJ	71
10.1	Zahteve sistema za planiranje in terminiranje proizvodnje	72
10.2	Podatki v procesu terminiranja	73
10.2.1	Podatki o proizvodnih zmogljivostih	73
10.2.2	Podatki o izdelkih, tehnologiji ter podatki iz operativnih in MRP planov	74
10.2.3	Podatki o značilnostih proizvodov	76
10.2.4	Podatki o sestavninah	78
10.3	Potrebni ukrepi.....	78
10.4	Integracija informacijskih sistemov	79
10.5	Definiranje algoritma terminiranja.....	80
10.6	Izdelava plana	81
10.7	Kontrola proizvodnje	84
10.8	Pričakovane motnje pri izvedbi plana.....	84
10.9	Pričakovane koristi.....	85
	SKLEP.....	86
	LITERATURA IN VIRI.....	88
	PRILOGE	
	KAZALO SLIK	
	Slika 1: Ravni planiranja proizvodnje in zmogljivosti.....	11
	Slika 2: Proces operativnega planiranja	14
	Slika 3: Primer linijske razmestitve s štirimi stroji in dvema nalogoma	23
	Slika 4: Primer razvrstitve v obratu z linijsko razmestitvijo strojev	24
	Slika 5: Fleksibilna linijska razmestitev	24
	Slika 6: Obrat s skupinsko razmestitvijo strojev	25
	Slika 7: Primer razvrstitve v obratu s skupinsko razmestitvijo strojev	25
	Slika 8: Primer vrstnega reda nalogov po scenariju 1	28
	Slika 9: Primer vrstnega reda nalogov po scenariju 2.....	28
	Slika 10: Kompleksnost problema terminiranja proizvodnje	29
	Slika 11: Gantogram: status strojev	31
	Slika 12: Gantogram: spremljanje poteka dela	31
	Slika 13: Gantogram pri managementu projektov	32
	Slika 14: Primer terminiranja v levo	33

Slika 15: Konfiguracija sistema terminiranja.....	47
Slika 16: Ekranska slika planske table v SAP APO.....	48
Slika 17: Število novo odprtih šifer v podjetju Lip Bled, d.o.o. po mesecih, v obdobju od januarja 2009 do aprila 2010.....	55
Slika 18: Organizacijska shema profitnega centra Notranja vrata.....	56
Slika 19: Diagram procesa proizvodnje podbojev.....	58
Slika 20: Diagram procesa realizacije kupčevega naročila.....	62
Slika 21: Postopek potrjevanja internih naročil in prepis v plan.....	64
Slika 22: Izračun časov po MRP metodi.....	66
Slika 23: Primer izpisa za pregled materialnih potreb.....	68
Slika 24: Vhodni podatki o operacijah in proizvodnih nalogih.....	74
Slika 25: Vhodni podatki o značilnostih artikla in operacije.....	75
Slika 26: Vhodni podatki o časih.....	76
Slika 27: Podatki o strojih.....	76
Slika 28: Ekranska slika določanja matrike dimenzij in menjalnih časov.....	77
Slika 29: Lastnosti določene stroju.....	78
Slika 30: Integracija sistemov ERP in APS.....	79
Slika 31: Takt linije za izdelavo podbojev.....	81
Slika 32: Primer možnega izgleda planske table.....	82
Slika 33: Prikaz povezanih operacij na planski tabli.....	83

KAZALO TABEL

Tabela 1: Značilnosti različnih proizvodnih strategij glede na vpliv kupca.....	6
Tabela 2: Primer določanja zaporedja.....	27
Tabela 3: Povprečno število zaposlenih po organizacijskih enotah v letu 2009.....	54
Tabela 4: Število nastavitvev na liniji za izdelavo podbojev po koledarskih tednih v juniju 2010.....	71

UVOD

V sodobnih razmerah poslovanja sta za konkurenčnost proizvodnega podjetja ključni proizvodnja kakovostnega izdelka s čim manjšimi stroški in sposobnost hitrega prilagajanja spreminjajočim se razmeram na tržišču. Prodajni asortiman podjetij je vse širši in število različnih tipov izdelkov vse večje. Proizvodnja proizvodov v velikih količinah se je preselila v tretji svet in prihodnost proizvodnje v Evropi in ZDA pripada tistim podjetjem, ki bodo obvladovala spremembe. Proizvajalci bodo morali v prihodnosti konstantno izvajati in obvladovati spremembe hitreje in bolje kot konkurenti. Temeljni zahtevi sodobne proizvodnje sta tako fleksibilnost in učinkovitost, ki ju lahko dosežemo z ustrezno organiziranostjo tehnoloških procesov in na proizvodnjo vezanih poslovnih funkcij. Vse večje zahteve kupcev in vse večji pritiski na cene in dobavne roke silijo proizvodna podjetja k izboljševanju učinkovitosti planiranja proizvodnje na vseh ravneh in veliko podjetij ima še rezerve v povečevanju konkurenčnosti ravno na področju planiranja proizvodnje. Le-to postaja vedno bolj podrobno in tudi vedno bolj natančno. Kljub vsem naporom planiranje velikokrat ne dosega rezultatov, ki jih podjetja želijo, in prihaja do pomembnih odstopanj med planom in izvedbo. S planiranjem na najnižjem nivoju, tik pred izvedbo, se ukvarja terminiranje operacij oz. podrobno razvrščanje operacij (angl. *Production Scheduling*). Številna podjetja iščejo način, kako bi minimalizirala proizvodne stroške in čim bolj izkoristila proizvodne zmogljivosti in odgovor na to je ravno terminiranje operacij.

Terminiranje je proces odločanja, ki se uporablja v številnih proizvodnih in storitvenih podjetjih. Ukvarja se z razporejanjem nalog na vire v določenem časovnem obdobju in njegov namen je optimizacija enega ali več ciljev. Viri in naloge so v organizacijah lahko v številnih oblikah. Viri so lahko stroji v tovarni, vzletne piste na letališčih, gradbeno osebje na objektu, procesne enote v računalniškem okolju itn. Naloge so lahko operacije v proizvodnem procesu, vzleti in pristanki letal na letališču, faze v gradbenem projektu, izvrševanje računalniških programov itn. Vsaka naloga ima lahko določen nivo pomembnosti, najzgodnejši možni datum začetka (angl. *Earliest Start Date*) in rok končanja oz. dobave (angl. *Due Date*). Tudi cilji so lahko v številnih oblikah. En cilj je tako lahko minimiranje časa dokončanja zadnjega naloga, drug cilj je lahko minimiranje števila nalogov, ki bodo zaključeni po predvidenemu roku dokončanja, itd. Terminiranje kot proces odločanja igra pomembno vlogo v večini proizvodnih sistemov in pa tudi v informacijskem okolju. Pomembno je tudi v transportu in distribuciji ter drugih tipih storitvenih dejavnosti (Pinedo, 2008, str. 1).

V proizvodnji lahko na osnovi lastnosti proizvodov, zmogljivosti virov in toka materiala, s terminiranjem operacij optimiramo zaporedje in pot naročil v obratu. Terminiranje proizvodnje se uporablja za izdelavo najbolj učinkovite razvrstitve, kar pomeni, da so pretočni časi najkrajši, proizvodnja največja, stroški pa nizki. Rezultat terminiranja operacij je podroben seznam operacij, ki določa, katera naročila oz. nalogi se morajo obdelovati na točno določenih delovnih mestih, ob točno določenem času. Pravilen vrstni red izvajanja nalogov lahko prinese podjetju pomembne koristi oz. prihranke. Dober proizvodni plan namreč večinoma pomeni čim krajši skupni čas izdelave in čim manjši skupni neizkoriščeni čas v proizvodnji, saj so s časom

povezani tudi stroški v proizvodnji. Plani so pripravljani za krajše časovno obdobje, predvsem zaradi učinkovitosti in nepričakovanih sprememb, ki se lahko zgodijo. Terminiranje lahko uporabimo za časovno razvrstitev in določitev zaporedja aktivnosti, da določimo kje in kdaj ter kateri delavci izvajajo te aktivnosti, uredimo dobave materialov in gotovih izdelkov in pravočasno ter primerno ureditev delovnih mest (Brown, Blackmon, Cousins, & Maylor, 2001, str. 193).

Ob vsej množici podatkov je tako planiranje kot terminiranje proizvodnje brez ustrezne informacijske podpore praktično nemogoče. Šele razvoj računalniške tehnologije je omogočil razmah terminiranja operacij v praksi. V zadnjem času so razvili številne sisteme za napredno planiranje in terminiranje, ki so učinkovita orodja za podporo terminiranja proizvodnje. Moduli za podporo terminiranja so lahko del poslovnih informacijskih sistemov (angl. *Enterprise Resource Planning – ERP*) ali pa gre za sisteme za napredno planiranje in terminiranje – APS (angl. *Advanced Planning and Scheduling*), ki so lahko dopolnilo ERP, ali pa delujejo samostojno. V teh sistemih so že vključene številne praktične izkušnje in akademske raziskave, ki jih je predvsem na področju optimizacije zelo veliko. Algoritmi, ki jih podpirajo, postajajo vedno bolj zahtevni in pa tudi praktično uporabni, da lahko dosežemo končni cilj, to je takšen optimalni raspored operacij, ki je tudi v praksi izvedljiv. Nekateri avtorji npr. Liddell (2008, str. 10) menijo, da večina ERP sistemov, ki so danes v uporabi, nima ustreznih orodij ali tehnologij za obvladovanje omejenih zmogljivosti virov. ERP sistemi lahko postanejo preveč glomazni in potrebujejo več in več podatkov. Zaradi teh pomanjkljivosti naj bi bili za terminiranje primernejši APS sistemi. Ena izmed glavnih tez, ki jih zagovarja Liddell je, da je bila večina ERP sistemov narejenih za potrebe proizvodnje na zalogo, večina podjetij pa se danes seli k modelu izdelave po naročilu. Potrebe proizvajalcev, ki delajo po naročilu, so zelo različne od proizvajalcev, ki delajo na zalogo in na splošno narašča potreba po prilagodljivosti oz. vitkosti. To pa lahko dosežemo samo, če celoten sistem planiranja lahko obvladuje vzroke in posledice. Brez te zmožnosti podjetje težko pride do informacij, potrebnih za sprejemanje ustreznih odločitev o zmogljivostih proizvodnje.

Terminiranje operacij je neposredno povezano s kontrolo. Nujno so potrebne povratne informacije iz proizvodnje o dejanski izvedbi in odklonih ter vzrokih zanje. Te informacije so osnova za naslednji cikel terminiranja. Hkrati kontrola proizvodnje zagotavlja tudi informacije o nekaterih matičnih podatkih, kot je na primer izdelavni čas operacije, ki je v realnosti lahko drugačen, kot smo predpostavljali. Če imamo prave informacije, lahko v prihodnosti naredimo še boljši plan.

Terminiranje je zelo pomembno tudi pri storitvah in vodenju projektov, obstajajo pa določene razlike v primerjavi s terminiranjem proizvodnje. Pomembna karakteristika vsakega modela terminiranja je razmestitev (razporeditev) oz. konfiguracija strojev, ki ima ključni vpliv na to, kako se bomo lotili reševanja problema terminiranja.

Če je na razpolago dovolj časa, lahko vsakdo naredi odličen plan, realnost pa je takšna, da je večina planov zastarelih, še preden zapustijo pisalno mizo. Odličen plan ni dovolj; potreben je

tudi boljši proces, in to takšen, ki je sposoben reagirati sistematično, inteligentno in hitro na spremembe, ki prihajajo s trga, od dobaviteljev in tudi od aktivnosti znotraj organizacije.

Namen dela je narediti analizo obstoječega stanja na področju terminiranja operacij v konkretnem proizvodjalnem podjetju in na podlagi te analize podati predloge za izboljšavo, predvsem s pomočjo informacijske podpore. V okviru tega predloga bom predstavil podatke, orodja in postopke, ki jih mora podjetje zagotoviti, če želi uvesti informacijski sistem za podporo planiranja in terminiranja proizvodnje. Uvedba terminiranja operacij v praksi je lahko precej problematična, saj je potrebno izpolniti precej pogojev, preden lahko naredimo izvedljiv plan in ga potem tudi realiziramo.

Cilj dela je podati osnove teorije o terminiranju operacij in informacijskih orodjih za podporo terminiranja operacij in jih povezati s praktičnim primerom in na ta način pripraviti gradivo, ki bo ustrezen pripomoček posameznikom in podjetjem, ki se bodo šele spopadla z uvedbo podrobnega terminiranja operacij. V delu želim prikazati temeljne značilnosti ter uporabljane metode in tehnike pri terminiranju operacij. Hkrati s tem pa bom prikazal, katere podatke mora podjetje zagotoviti pri praktični uvedbi terminiranja operacij in njihovo uporabo v informacijskem sistemu.

Praktičen prikaz terminiranja proizvodnje bom naredil na primeru podjetja Lip Bled. Predmet proučevanja bo proizvodnja podbojev v profitnem centru Notranja vrata. Za to proizvodnjo je značilna predvsem zelo velika razdrobljenost naročil in veliko variant proizvodov. Proizvodnja podbojev je bistveno manj kompleksna kot proizvodnja kril in zato tudi bolj primerna in razumljiva za prikaz terminiranja proizvodnje.

Glede na izbrano temo magistrskega dela ter opredeljene namene in cilje bo naloga vključevala znanstveno-raziskovalno in strokovno raven, pri tem pa bosta uporabljeni teoretična in izkustvena metoda. Na osnovi proučevanja literature bom v magistrskem delu zbral relevantne najnovejše teoretične osnove glede planiranja in terminiranja proizvodnje. Pri tem pa bom tudi na podlagi lastnih izkušenj skušal opozoriti na praktične probleme.

Na podlagi izbrane strokovne literature bom skušal povzeti aktualna teoretična spoznanja na področju terminiranja operacij, hkrati pa bom ta teoretična spoznanja skušal povezati s praksami, ki so se izkazale za učinkovite, tako doma kot v tujini. Skušal bom izluščiti tiste informacije, ki so ključne za razumevanje terminiranja proizvodnih operacij.

Delo bom razdelil na več poglavij. V uvodu bom prikazal namen in cilje magistrskega dela ter opredelil metode dela, ki jih bom uporabil. V prvem poglavju bom opredelil ključne pojme proizvodnje in planiranja proizvodnje. V naslednjem poglavju bom predstavil hierarhijo planiranja proizvodnje in vse ravni planiranja. V tretjem poglavju bom opredelil podrobno terminiranje operacij, njegove temeljne značilnosti in povezanost z drugimi poslovnimi funkcijami. V naslednjem poglavju bom podrobno opredelil problem terminiranja. Peto poglavje bo namenjeno predstavitvi metod za reševanje problema terminiranja. Šesto poglavje bo govorilo

o problematiki terminiranja v praksi. V zadnjem poglavju v teoretičnem delu naloge pa bo govora o informacijskih sistemih za podporo terminiranja operacij. Sledi praktični del, v katerem bom najprej predstavil podjetje Lip Bled. V devetem poglavju bom podrobno pojasnil vse ravni planiranja v podjetju, vključno s terminiranjem operacij. V nadaljevanju bom podal predlog za informatizacijo terminiranja operacij in predstavil potrebne korake, ki jih mora podjetje narediti za implementacijo v praksi. Predstavil bom potrebne podatke, ki jih je treba zagotoviti in opisal integracijo informacijskih sistemov. Navedel bom pričakovane motnje pri izvedbi plana in pričakovane koristi uvedbe informacijsko podprtega terminiranja operacij. Zaključek naloge bo namenjen sklepnim ugotovitvam.

1 OPREDELITEV PROIZVODNJE IN PLANIRANJA PROIZVODNJE

1.1 Izhodišča za opredelitev planiranja

Pučko (2006, str. 2) opredeljuje planiranje kot miselno fazo delovnega procesa in pravi, da je planiranje proces vnaprejšnjega zamišljanja vsega dela in želenih rezultatov, hkrati pa tudi zagotavljanja, da se bo delovni proces izvedel tako, kot je bilo zamišljeno. Z metodološkega vidika je planiranje proces odločanja, v katerem na osnovi predvidevanja verjetnih razvojev v okolju inštitucije določamo prihodnje aktivnosti za doseg cilja oz. ciljev inštitucije. Rezultat planiranja je plan, ki je tako dokument, na katerem so navedena planirana dogajanja v nekem prihodnjem časovnem obdobju.

Cilja planiranja sta torej (Ljubič, 2000, str. 17):

- želimo spoznati dogodke, ki se bodo dogodili;
- te dogodke želimo spoznati čim bolj časovno oddaljene (čim dlje v prihodnosti) in čim bolj točno.

V praksi se srečujemo z več vrstami planiranja. Najbolj grobo jih lahko razvrstimo v štiri skupine (Pučko, 1991, str. 96), in sicer glede na:

- čas oz. plansko obdobje;
- obseg organizacijske enote;
- vsebino ali predmet (objekt planiranja oz. poslovno funkcijo);
- značilnosti planiranja.

Kot predmet planiranja razumemo poslovne funkcije v podjetju (npr. proizvodnja, prodaja, nabava ...) pa tudi investicije, premoženje, poslovni uspeh itd. Vsaka poslovna funkcija namreč zajema procesne funkcije izvajanja, organiziranja, planiranja, razvijanja in raziskovanja ter predvidevanja. Obseg predmeta planiranja posredno kaže na mesto objekta planiranja v organizacijski strukturi podjetja; v proizvodnem podjetju tako linija organizacijske hierarhije poteka od izdelka (ali projekta pri enkratnih proizvodnih procesih) na najnižjem organizacijskem nivoju preko delovnega mesta, stroškovnega mesta, obrata itd. do podjetja kot celote na

najvišjem organizacijskem nivoju. Plansko obdobje (oz. planski horizont), torej časovno obdobje, kako daleč v prihodnost seže planiranje, se giblje lahko od ure pa vse do nekaj let. Dolžino planskega obdobja opredelimo glede na lastnosti proizvodnega procesa, predvsem glede na kompleksnost in trajanje (Ljubič, 2000, str. 19).

1.2 Opredelitev proizvodnje

Ljubič opredeljuje proizvodnjo kot zavestno dejanje proizvodjanja nečesa koristnega – proizvoda; le-ta pa je lahko materialni (fizični) izdelek ali pa nematerialna storitev. Proizvodni proces je proces proizvodjanja (izdelave) proizvodov. Sistem, v katerem se dogaja proizvodni proces, je proizvodni sistem – to velja tako za izdelke kot za storitve (Ljubič, 2000, str. 1). Z gospodarskega vidika je pojem proizvodnja opredeljen kot skupek gospodarskih, tehnoloških in organizacijskih korakov, ki so neposredno povezani z obdelavo in predelavo materialov. Iz tega sledi, da proizvodnja v tem smislu obsega naloge in dejavnosti, ki so neposredno udeležene pri izdelavi blaga oz. dobrin. V okviru inženirskih znanosti pojem proizvodnja obsega dejavnosti, ki so potrebne, da se neko naročilo izpolni. Pri tem obsega izvajanje naročila celoten delovni postopek od tehnične obdelave ponudbe preko konstrukcije, priprave proizvodnje, izdelave, montaže ter materialno poslovanje in zagotavljanje kakovosti (Polajnar, 1998, str. 3).

Proizvodna funkcija je v industrijskih organizacijah najobsežnejša po številu nalog. Vključuje tudi naloge pomožne proizvodnje, vzporedne proizvodnje in vzdrževanja delovnih sredstev. Funkcija osnovne proizvodnje obsega številne operativne naloge, ki se nanašajo na neposredno operativno delo v različnih delovnih in tehnoloških procesih osnovne dejavnosti. Poleg operativno izvršilnih delovnih nalog zajema proizvodna funkcija tudi številne naloge, povezane z operativnim vodenjem, usmerjanjem in nadzorovanjem tekoče proizvodnje (Lipičnik, 1997, str. 29–30).

Glede na vpliv kupca na proizvodnjo ločujemo štiri značilne proizvodne strategije:

- izdelava na zalogo (angl. *Make to Stock – Mts*), kadar se iz tipiziranih sestavnih delov izdelujejo tipizirani izdelki na zalogo za neznanega kupca. Podjetja imajo proizvode na zalogi za takojšnjo dobavo;
- sestavljanje po naročilu (angl. *Assemble to Order – AtO*), kadar podjetje proizvaja relativno veliko število različnih izdelkov iz tipiziranih sestavnih delov in materialov, vendar šele potem, ko prejme kupčevo naročilo;
- izdelava po naročilu (angl. *Make to Order – MtO*), kadar se iz specifičnih gradnikov in sestavnih delov izdelujejo specifični (že razviti) izdelki po zahtevi kupca. Ta strategija zahteva veliko prilagodljivost (Krajewski & Ritzman, 1996, str. 50);
- razvoj in izdelava po naročilu (angl. *Engineer to Order – EtO*), kadar se po zahtevi kupca razvije in izdela povsem specifičen izdelek (Ljubič, 2000, str. 13).

Če to apliciramo na lesno industrijo oz. na skupino Lip Bled, je izdelava na zalogo značilna za proizvodnjo opažnih plošč. Proizvaja se le nekaj različnih dimenzij, naročila se odpremljajo iz

zaloge. Sestavljanje po naročilu je značilnost proizvodnje pohištva, kjer so polizdelki narejeni večinoma na zalogo. Ko pride konkretno naročilo začnejo s površinsko obdelavo in s sestavljanjem izdelkov. Izdelava po naročilu je značilna za proizvodnjo notranjih vrat, kjer večinoma ni na zalogi niti izdelkov (razen najbolj standardnih izvedb) niti polizdelkov, na zalogi so pa ustrezni materiali. Razvoj in izdelava po naročilu je značilna za obrtniško delavnico, kjer se izdelujejo samo specifični izdelki. Najpomembnejše razlike med posameznimi proizvodnimi procesi so prikazane v Tabeli 1.

Tabela 1: Značilnosti različnih proizvodnih strategij glede na vpliv kupca

Značilnosti	MTS	ATO	MTO	ETO
Proizvod	Standarden	Definirane produktne družine	Ni tipične produktne družine	Popolnoma po naročilu
Povpraševanje	Lahko napovemo	Srednje zahtevno napovedovanje	Srednje zahtevno napovedovanje	Ni možno napovedati
Zmogljivosti	Možno planirati	Srednje zahtevno planiranje	Srednje zahtevno planiranje	Ni možno planirati
Pretočni časi v proizvodnji	Nepomembni	Pomembni	Najbolj pomembni	Najbolj pomembni
Ključni faktorji	Logistika	Končna montaža	Proizvodnja in montaža	Celoten proces
Kompleksnost poslovanja	Distribucija	Montaža	Proizvodnja sestavnih delov	Inženiring
Nezanesljivost poslovanja	Najnižja	Srednja	Srednja	Najvišja
Vrhni management osredotočen na	Trženje	Inovativnost	Zmogljivosti	Kupčevo naročilo
Srednji management osredotočen na	Kontrola zalog	Operativno planiranje in kupčevo naročilo	Nadzor proizvodnje in kupčevo naročilo	Projekt

Vir: A. Persona, A. Ragattieri & P. Romano, An integrated reference model for production planning and control in SMEs, 2004, str. 627.

Možna je tudi opredelitev proizvodnje glede na širino proizvodnega asortimana in količino proizvodnje posameznih proizvodov. Po tem kriteriju ločimo pet osnovnih vrst proizvodnje (Rusjan, 1999, str. 33–39):

- Projektna proizvodnja – gre za enkratno aktivnost za proizvodnjo specifičnega, kompleksnega izdelka in vključujejo vrsto aktivnosti, med katerimi vladajo določene precedenčne povezave;

- Posamična proizvodnja – enkratno naročilo, v katerem proizvedemo enega ali več proizvodov, vsako naročilo pa zahteva specifične lastnosti proizvodov;
- Serijska proizvodnja – naročila proizvoda se ponavljajo, ne zadoščajo pa za kontinuirano uporabo opreme zgolj za ta proizvod;
- Množična proizvodnja – naročila določenega proizvoda oz. skupine artiklov zadoščajo za kontinuirano uporabo specializirane opreme;
- Procesna proizvodnja – značilno je, da se material pomika skozi avtomatizirane faze procesa, pri tem pa se preoblikuje v enega ali več proizvodov.

Glede na način proizvodnje izdelkov ločimo tri tipe proizvodnje (Kleindienst, 2004, str. 14–15):

- Procesna proizvodnja. Poteka zvezno, pri tem pa se vhodne surovine največkrat preoblikujejo v obliki kemijskega ali drugega procesa. Ker proces poteka zvezno, vanj surovine neprestano vstopajo, na drugi strani pa snov izstopa v obliki končnih in stranskih produktov. Tipični predstavniki procesne proizvodnje so proizvajalci različnih pijač in živil, podjetja, ki se ukvarjajo s predelavo naftnih derivatov ipd.
- Kosovna proizvodnja. Izdelki pri kosovni proizvodnji nastajajo v več fazah ali operacijah. V vsaki od teh faz se polizdelki sestavljajo ali preoblikujejo (stružijo, vrtajo, prešajo, ...). V primeru avtomatizirane proizvodnje se operacije dogajajo vzdolž tekočega traku.
- Šaržna proizvodnja. Združuje oba omenjena pristopa. Združevanje je potrebno, kadar se končni izdelki izdelujejo po kosovnem principu, nekateri njihovi sestavni deli pa se izdelujejo po procesnem principu.

Planiranje in terminiranje proizvodnje sta v veliki meri določena tudi z razmestitvijo virov v obratu. Delovne operacije v procesu izdelave izdelka lahko izvajamo na različnih delovnih mestih oz. strojih. Ti pa so lahko različno razporejeni v prostoru. Razmestitev ključno vpliva na pretok enot skozi proces in ima ključen vpliv na učinkovitost procesa. Glede na značilnosti proizvodnje, na primer ali gre za prekinjen ali neprekinjen pretok, ločimo linijsko, skupinsko, celično, projektno in kombinirano razmestitev. Najbolj običajni sta linijska in skupinska razmestitev. Za linijsko razmestitev je značilno, da so stroji oz. delovna mesta razporejena v takšnem vrstnem redu, kot se izvajajo aktivnosti na proizvodu. Vsi izdelki imajo enako pot skozi proizvodnjo in se proizvajajo po enakem vrstnem redu. Pretok je neprekinjen, se pravi, ko izdelek zaključi z obdelavo na enem stroju že potuje na obdelavo na drug stroj in ne čaka, da se naredijo vsi izdelki iz serije. Primerna je za podjetja, ki proizvajajo malo proizvodov v velikih količinah – to je značilnost množične proizvodnje. Skupinska razmestitev se nanaša na proizvodno enoto, v katerem so procesi organizirani v specializiranih oddelkih, proizvodi pa se premikajo v serijah po zaporedju delovnih mest, pri čemer se na vsakem delovnem mestu izvaja niz operacij. Zaporedje delovnih mest in operacij je specifično za vsak proizvod. Delovna mesta imajo precejšno fleksibilnost in lahko izvajajo določeno vrsto operacij na široki paleti podobnih proizvodov. Zaporedja delovnih mest, operacij in časi izvajanja variirajo s spreminjanjem proizvodnega miksa (Algeo & Barkmeyer, 2001, str. 330).

1.3 Planiranje proizvodnje

Planiranje proizvodnje lahko opredelimo kot sistematično določanje ciljev proizvodnje in ugotavljanje dejavnosti, ki jih je treba realizirati, potrebnih virov, medsebojnih relacij virov in poteka proizvodnega procesa. Je pomemben del vseh sistemov za planiranje in vodenje proizvodnje in se uporablja v vseh vrstah proizvodnih sistemov, kot so npr. kontinuirane in ponavljajoče se proizvodnje linije, linije za proizvodnjo izdelkov v serijah, obdelovalne celice, delavnice, projektni procesi itd. Planiranje proizvodnje je lahko različno za različne proizvodne sisteme. Omogoča učinkovito uporabo in nadzor proizvodnih virov z namenom ugoditi zahtevam strank. Seveda je tu potrebno upoštevati še dodatne okoliščine nenehnega spreminjanja tržišča, nenehnega spreminjanja izdelkov, novih tehnologij, skrajševanja pretočnih časov in celotne konkurence pri zadovoljevanju potreb strank. Ti vidiki so danes bolj pravilo kot izjema in so osnova za učinkovit sistem planiranja (Ljubič, 2000, str. 17).

Deloitte & Touche (2002) navaja naslednje koristi učinkovitega sistema planiranja:

- izboljššan pretočni čas za doseg boljše izpolnitve zahtev trga;
- pravočasne dobave na osnovi učinkovitega izkoriščanja proizvodnih virov;
- možnost boljše prilagoditve nenehno se spreminjajočim zahtevam trga;
- nenehna izboljšava procesa proizvodnje;
- zmanjšanje izmeta, ponovnih obdelav in nujnega dela;
- boljše planiranje dobaviteljev;
- zmanjšanje nadurnega dela in dragih posegov pri zagotavljanju zmogljivosti;
- boljša produktivnost posameznih nivojev na osnovi bolj tekoče proizvodnje;
- izravnava obremenitev;
- bolj natančno planiranje proizvodnje na osnovi pravočasnih povratnih informacij.

Pomemben princip je, da mora biti vse, kar je planirano, tudi kontrolirano. S poenostavljanjem, sestavljanjem in odpravljanjem operacij dosežemo enostavno in učinkovito delo in planiranje ter na ta način dosežemo nekatere od predhodno navedenih koristi. Planiranje je vedno povezano tudi s kontrolo. Lahko rečemo, da planiranje obsega vse korake, ki pri stalnem upoštevanju gospodarnosti zagotavljajo primerno proizvodnjo izdelkov. Kontrola proizvodnje (angl. *Production Control*) pa obsega vse korake, ki so potrebni za odvijanje naročila v skladu s planiranim potekom.

Planiranje in kontrola proizvodnje morata skupaj podpirati pridobivanje pravih odgovorov na naslednja vprašanja (Heričko, 2006):

- Katere izdelke naj izdelujemo?
- Na katerih lokacijah naj teče proizvodnja?
- Kako bodo dimenzionirane proizvodne zmogljivosti, s koliko investicijami?
- Kakšna naj bo razporeditev proizvodnih strojev v tovarni?
- Katere količine posameznih vrst izdelkov naj bodo letno izdelane?

- Naj izdelujejo izdelke v malih, velikih serijah ali posamično?
- Kaj bo izdelano v lastni tovarni in kaj bo dokupljeno od kooperantov?
- Koliko časa potrebujemo, da izdelamo izdelek po zahtevku kupca?
- Kako ukrepamo, če imamo primanjkljaj zmogljivosti?
- Katere izdelke naj izdelujemo naslednji teden?
- Ali imamo delavce, material, orodja in stroje na razpolago?
- V katerem zaporedju in terminih naj obdelamo izdelke na posameznih strojih?
- Kako naj ukrepamo pri izpadu pomembnih proizvodnih naprav?

Proizvodno-ekonomski cilji planiranja proizvodnje so podrejeni in določeni s poslovnimi cilji podjetja, vselej pa tudi velja, da želimo proizvajati s čim nižjimi stroški. Planiranje proizvodnje je osredotočeno na doseganje čim manjših stroškov proizvodnje. Za proizvodnjo je mnogo stroškov že vnaprej določenih in niso odvisni od planiranja proizvodnje, npr.: stroški dela na časovno enoto in strokovnost delavca (plače in dajatve), stroški obdelave na enoto izdelka na posameznih delovnih strojih oz. napravah (na osnovi danih strojev oz. naprav in tehnoloških zahtev), amortizacija (Heričko, 2006). S planiranjem in kontrolo proizvodnje lahko vplivamo le na del stroškov, to so predvsem stroški za pripravo proizvodnje (priprava in nastavljanje parametrov strojev), zastoji, obdelave na strojih in napravah ter čakanje, skladiščenje zalog surovin in kupljenih sestavnih delov, prekoračitve dogovorjenih rokov dobave izdelkov (stroški kazni, nakupi za izpopolnitev količin izdelkov, cenovni popusti zaradi zamud), stroški ukrepov za odpravo zamud (nadure, večizmensko delo ...). Ti stroški so posledično med seboj povezani in jih je težko posamično določiti in optimirati. Zato pogosto uporabimo nadomestne ciljne veličine, ki so dokazljivo ali vsaj smiselno povezane s cilji zmanjšanja stroškov, odvisnih od planiranja in kontrole proizvodnje. Ločimo časovne in količinske nadomestne ciljne veličine (Heričko, 2006).

Časovni cilji so npr.:

- minimiziranje pretočnih časov proizvodnje;
- minimiziranje čakalnih časov posameznih naročil;
- maksimiranje izrabe zmogljivosti vseh strojev in naprav oz. ozkih grl;
- minimiziranje časov neuporabe vseh oz. izbranih strojev in naprav;
- minimiziranje časov prekoračitev napovedanih terminov (vseh prekoračitev, maksimalnih prekoračitev ali povprečnih prekoračitev).

Količinski cilji so usmerjeni predvsem v optimalno vodenje zalog, npr.:

- doseganje minimalnih zalog v obratih, vmesnih skladiščih in skladiščih končnih izdelkov,
- minimizacija manjkajočih zalog (npr.: manjkajo surovine, manjkajo podsestavi za dokončanje proizvodnje izdelkov, manjkajo končni izdelki).

Uresničevanje posameznih ciljev lahko povzroča poslabšanje učinkovitosti doseganja ostalih ciljev, npr.: minimizacija pretočnega časa lahko poslabša optimalno izrabo zmogljivosti strojev

in naprav, boljša izraba zmogljivosti lahko poveča pretočni čas. Različne vrste proizvodnje in različne vrste kupcev zahtevajo različne utežitve ciljev. Do konca 60-ih let je bil v večini primerov najbolj pomemben cilj optimalna izraba zmogljivosti strojev, množična proizvodnja izdelkov in nizke cene. V sedanjem času so pogosto najbolj pomembni cilji kratki pretočni časi naročil, zagotavljanje dogovorjenih terminov dobave, majhne zaloge, zmožnost zadostiti posebnim željam kupcev (podcilj: fleksibilnost proizvodnje). Fleksibilnost lahko dosežemo le ob primernem znanju proizvodnih delavcev, primerni strojni opremljenosti in ob ustreznem planiranju in kontroli proizvodnje. Danes se kot ustrezni rešitvi problematike planiranja proizvodnje največ uporabljata sistema »planiranje materialnih potreb« (angl. *Material Requirements Planning – MRP*) in »ob pravem času« (angl. *Just in time – JIT*).

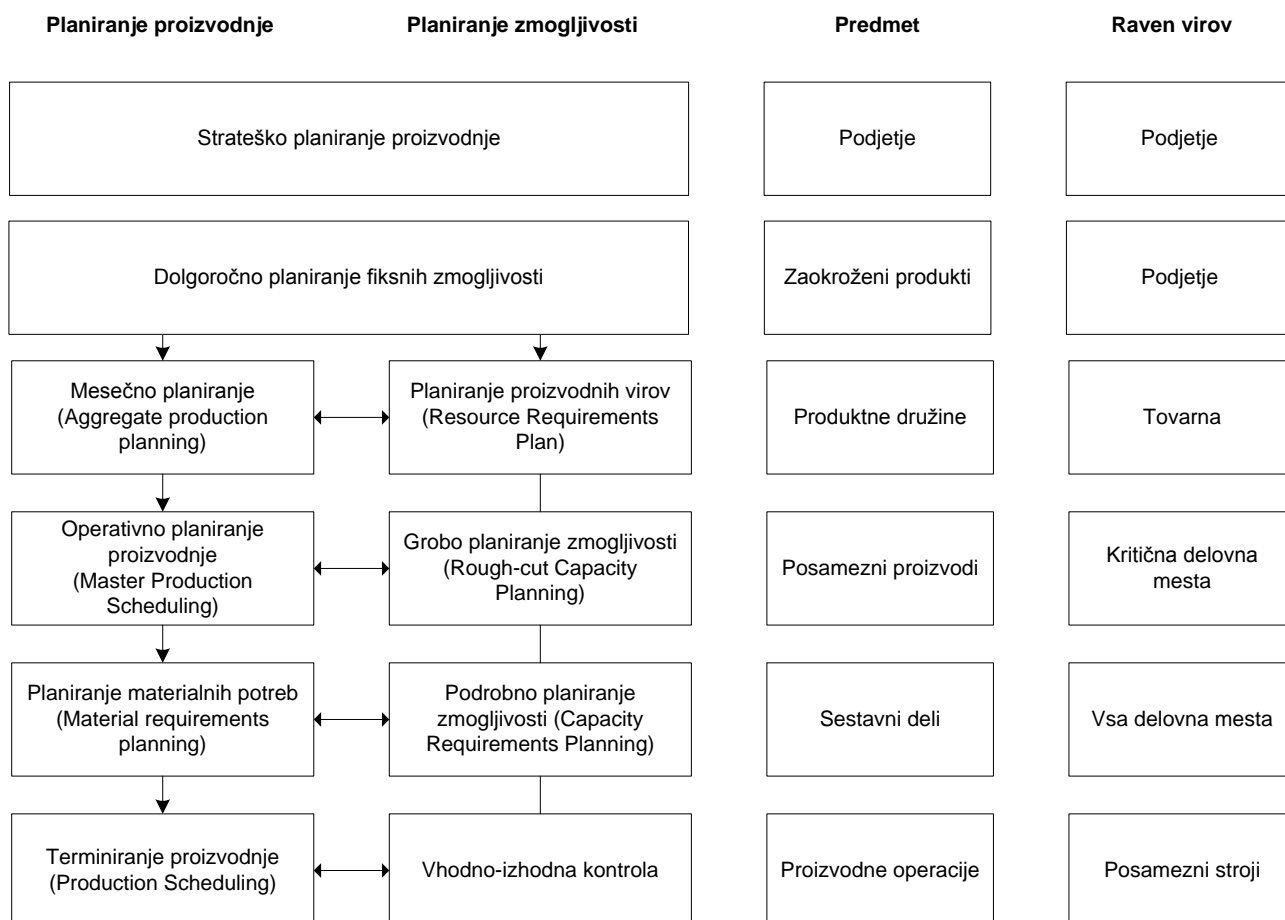
2 HIERARHIČNI SISTEM PLANIRANJA

Večina podjetij uporablja hierarhični način planiranja. Le-ta predstavlja zaporedno, sukcesivno planiranje, razgradnjo obsežne celovite naloge planiranja na posamezne delne naloge in hierarhijo. To pomeni, da se delne naloge razporedijo tako, da stopnja detajliranja odločitev raste z napredovanjem procesa planiranja, časovni doseg pa nasprotno pojema. Celoten problem razdelimo na posamezne delne probleme, ki jih potem postopoma rešujemo drugega za drugim, tako da pri tem skrajšujemo časovno obdobje planiranja in hkrati povečujemo natančnost in zanesljivost planov. Povezovanje delnih nalog se izvaja od zgoraj navzdol; rezultati višjih planskih ravni določajo cilje in omejitve za nižje ravni. Če so rezultati nižje ravni neustrezni, se s povratno zvezo to signalizira na nadrejeno raven, kar ima za posledico revizijo plana na višji ravni (Ljubič, 2000, str. 57).

Na najvišji ravni planiranja v podjetju je seveda strateško planiranje (Slika 1), ki je dolgoročno in se nanaša na vse poslovne funkcije v podjetju ter opredeljuje poslovno področje podjetja. Za izvedljivost strateških planov potrebujemo določene zmogljivosti, ki jih definiramo z dolgoročnim planiranjem fiksnih zmogljivosti. Mesečno planiranje predstavlja vez med dolgoročnim planiranjem zmogljivosti in operativnim planiranjem. Za izdelavo mesečnega plana je odgovorno poslovodstvo. V njem predvidi, koliko posameznih izdelkov bo podjetje v določenem obdobju proizvedlo, kdo bodo dobavitelji surovin, koliko zaposlenih bodo potrebovali vsak mesec ... V tej fazi na podlagi sorodnih značilnosti razporedimo izdelke v družine – skupine. Odločiti se je potrebno tudi, kateri tržni segment zajeti na račun drugih izdelkov ter katere izdelke promovirati in katerih ne. Planiranje proizvodnih virov nam pove ali je mesečni plan izvedljiv ali ne. Na osnovi mesečnega plana planer razpiše glavni plan proizvodnje (angl. *Master Production Schedule – MPS*). Imenujemo ga tudi operativni plan. Kot že ime pove, je to glavni plan, na podlagi katerega razpisuje proizvodnjo: načrtuje število in vrsto posameznih izdelkov, količino in časovnost surovin, zasedenost virov in zaposlenih. Grobo planiranje zmogljivosti preverja, če je za izvedbo operativnega plana na razpolago dovolj virov. Operativni plan je tudi osnova za planiranje materialnih potreb. Podrobno planiranje zmogljivosti pa je zelo podrobno in preverja razpoložljivost strojev in ljudi na podlagi MRP. Na podlagi znanih potrebnih operacij in zmogljivosti je potrebno narediti optimalni vrstni red operacij in s tem čimbolj izkoristiti zmogljivosti. S tem se ukvarja terminiranje oz. podrobno

razvrščanje proizvodnje. Kontrola proizvodnje pa preverja dejansko realizacijo terminiranih operacij.

Slika 1: Ravni planiranja proizvodnje in zmogljivosti



Vir: Prirejeno po R.S. Russell & W.B. Taylor, Operations management, 1998, str. 540; N. Gaither & G. Frazier, Production and operations management, 1999, str. 316.

2.1 Strateško planiranje

Strateško planiranje je proces, v katerem si podjetje predstavlja svojo prihodnost in razvije potrebne operacije in akcije, da doseže takšno prihodnost. Z njim podjetja ne predvidijo poslovanja, ampak se na nepredvidljivo poslovanje pripravijo. Zahteva jasno opredelitev ciljev, ki podjetju postavijo najpomembnejše prioritete, na katerih potem temeljijo vsakodnevne odločitve managementa (Harrison, 1995, str. 48). Strateško planiranje opredeljuje prednostne in odločilne smeri razvoja podjetja. Osrednje vprašanje obstoja in razvoja podjetja je vezano na njegov poslovni (prodajni, proizvodni) program. Katere vrste proizvodov ali storitev lahko ponuja (opravlja), je ključno vprašanje s strateškega vidika. Gre za vprašanje, kaj je poslovno področje podjetja (Možina et al., 2002, str. 299). Strateško planiranje lahko prispeva k uspešnosti podjetja z zagotavljanjem relevantnih informacij, ki pomagajo k boljšemu razumevanju okolja in zmanjševanju negotovosti (Kraus, Harms & Schwarz, 2006, str. 334). Daljši, kot je učinek plana in težje, kot ga je spremeniti, bolj strateški je. Strateško planiranje je torej povezano z odločitvami, ki imajo dolgoročne posledice in jih je težko spremeniti. Strateški plani so okvirni,

dolgoročni, formalni, pomembni, pripravljeni ob predvidevanju nepredvidljivih sprememb. V splošnem je strateško planiranje povezano z najdaljšim časovnim obdobjem, ki ga je še smiselno obravnavati.

Proces strateškega planiranja proizvodnje mora povezati funkcije proizvodnje, prodaje, financ in tehnologije na nivoju strategij, politik in odločitev. Če želimo uveljaviti proizvodno in tudi druge funkcijske strategije, mora proces zagotoviti (Gianesi, 1998, str. 291):

- kontinuirano revizijo funkcijskih ciljev z namenom obvladovanja nestabilnega okolja in istočasno oceniti tudi povezavo z drugimi funkcijskimi strategijami;
- razumevanje strategije in upoštevanje pri odločitvah s strani funkcijskih managerjev;
- aktivno vlogo vseh vpletenih funkcij;
- povezanost med časovno določenimi odločitvami.

2.2 Dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti

Zmogljivosti oz. kapacitete na splošno definiramo kot tisto količino izločka, ki jo je sistem zmožen doseči v določenem časovnem obdobju. Dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti je dolgoročna odločitev, ki odloča o obsegu virov v podjetju. Planski horizont je običajno daljši od enega leta oz. dovolj dolg, da priskrbi te vire. Tu gre predvsem za investicije v zgradbe, stroje, opremo in orodja, investicije pa so zelo velike. Odločitve o fiksnih zmogljivostih vplivajo na pretočne čase izdelkov, stroške izvajanja proizvodnih procesov, odzivnost do kupcev in konkurenčnost podjetja. Ključni odločitvi sta, kdaj spremeniti zmogljivosti in koliko spremeniti zmogljivosti. Z dolgoročnim planiranjem fiksnih zmogljivosti omejimo zmogljivosti v krajših planskih obdobjih, saj se na kratek rok ne morejo spreminjati. Dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti predstavlja okvir mesečnemu planiranju (Russell & Taylor, 1998, str. 517–520). Ko planiramo različne vrste zmogljivosti, moramo paziti na njihovo uravnoveženost, saj je skupna zmogljivost enaka zmogljivosti ozkega grla.

Dolgoročno planiranje fiksnih zmogljivosti pokriva najdaljše plansko obdobje izmed vseh planov zmogljivosti. Pri odločanju o obsegu zmogljivosti se mora podjetje odločati med stroški in koristmi nezadostnih zmogljivosti proti presežnim zmogljivostim. Če so zmogljivosti premajhne, podjetje lahko izgubi stranke zaradi počasnega servisa, ni zmožno izpolnjevanja določenih naročil, konkurenci dovoli vstop na trg. Po drugi strani pa prevelike zmogljivosti lahko prisilijo podjetje, da zniža cene in poveča povpraševanje, lansira dodatne proizvode ali pa del svoje opreme in delovne sile pusti neizkoriščen. Nobena od situacij za podjetje ni dobra (Yang, Haddad & Chow, 2001, str. 33).

2.3 Mesečno planiranje

Imenujemo ga tudi agregatno oz. letno planiranje (angl. *Aggregate Planning*) in predstavlja vez med dolgoročnim planiranjem, ki lahko zajame časovno obdobje več let naprej, in operativnim planiranjem proizvodnje. Določa potrebne zmogljivosti, ki jih bo podjetje potrebovalo za

pričakovano povpraševanje v srednjeročnem obdobju. Časovni horizont (dolžina časa, ki jo pokriva agregatni plan) je običajno od 3 do 18 mesecev. Različni avtorji navajajo različna obdobja, večinoma pa se gibljejo v teh okvirih. V tem časovnem okviru običajno ni mogoče zgraditi novih tovarn ali kupiti nove opreme, mogoče pa je najeti dodatne delavce ali jih odpustiti, mogoče je krajšanje ali podaljševanje delovnega tedna, dodajanje izmen, uporabiti kooperante itd. (Russell & Taylor, 1998, str. 520). Cilj agregatnega planiranja je narediti proizvodni plan, ki bo učinkovito uravnotežil pričakovano povpraševanje in potrebne vire v podjetju za to povpraševanje v planskem obdobju (Pan & Kleiner, 1995, str. 5). To ravnotežje pa seveda skušamo realizirati s čim nižjimi stroški.

V širšem pogledu ima mesečno planiranje naslednje značilnosti (Pan & Kleiner, 1995, str. 4):

- časovni horizont se giblje okrog 12 mesecev, s periodičnim spreminjanjem plana (lahko tudi mesečno);
- agregatna raven povpraševanja je zgrajena iz ene ali več družin proizvodov. Le-te oblikujemo glede na tiste proizvode, ki imajo sorodno povpraševanje, proizvodni proces, delovno silo, materialno strukturo. Od tod tudi ime »agregatno planiranje«, ker je plan narejen z vidika družin izdelkov in ne z vidika posameznih proizvodov;
- spreminja se tako povpraševanje kot ponudba;
- zasleduje množico ciljev, ki jih postavlja management ter vključujejo fleksibilnost in dober servis strank;
- omejen je s fiksnimi zmogljivostmi, ki jih ni mogoče preseči.

2.4 Planiranje proizvodnih virov

S planiranjem proizvodnih virov (angl. *Resource Requirement Planning*) preverjamo, če je mesečni plan izvedljiv. Velikokrat je že kar del mesečnega planiranja. Uporablja se za (Ljubič, 2006, str. 46):

- ugotavljanje razpoložljivih zmogljivosti;
 - pretežno s stohastičnimi metodami;
- grobo terminiranje – ugotavljanje, v katerem obdobju bo neka vrsta izdelka obremenjevala posamezna delovna mesta;
 - z determinističnimi metodami;
- ugotavljanje obremenitev delovnih mest – ugotavljanje ozkih grl oz. pretočnost proizvodnje.

2.5 Operativno planiranje

Najpomembnejši rezultat grobega, operativnega planiranja (angl. *Master Production Scheduling* – *MPS*) je operativni plan (angl. *Master Production Schedule*). V literaturi zasledimo tudi izraze, kot sta »glavni plan« in »osnovni plan«. V delu bom uporabljal izraz »operativni plan«. Ta določa, katere konkretne končne izdelke mora podjetje proizvesti, koliko jih potrebuje in kdaj jih potrebuje. Običajno je izražen v tednih (ali dnevih) in lahko zajame obdobje nekaj mesecev, da

pokrije celotno proizvodnjo vseh sestavnih delov, uvrščenih v operativni plan. Celoten čas, potreben za proizvodnjo izdelka, imenujemo pretočni čas ali kumulativni vodilni čas (v literaturi zasledimo tudi izraz »grobi terminski čas«) (angl. *Cumulative Lead Time*) in je odvisen od posebnosti trga in proizvodnje (Russell & Taylor, 1998, str. 657). Operativni plan je osnova za planiranje materialnih potreb, temu pa potem sledi podrobno planiranje oz. terminiranje operacij. Določa, katera proizvodna sredstva so potrebna, in nudi informacijo o predvideni obremenitvi razpoložljivih sredstev. Je usklajen plan planiranih dejavnosti proizvodnje in nabave ter prodaje in vsebuje pomembne informacije za vse te oddelke. Operativno planiranje je zelo pomembno, saj se večina za proizvodnjo pomembnih podatkov določi v tej fazi. Z dobrim operativnim planiranjem lahko zelo veliko naredimo na skrajševanju proizvodnega cikla. Planski horizont je lahko nekaj tednov ali mesecev, planska enota pa je največkrat teden.

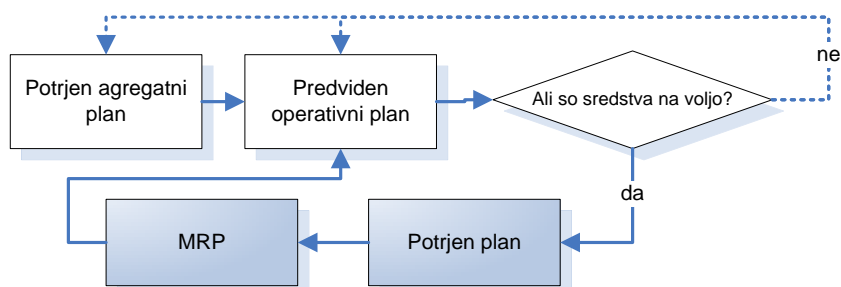
Cilj operativnega planiranja je (Gaither & Frazier, 1999, str. 332):

- uskladiti proizvodnjo končnih proizvodov tako, da bodo dokončani pravočasno in v skladu z obljubami kupcem;
- izogniti se preobremenitvi zmogljivosti ali premajhni obremenitvi in na ta način zagotoviti učinkovito uporabo zmogljivosti.

Za izvajanje operativnega planiranja so potrebni naslednji osnovni vložki (Rusjan, 1999, str. 123):

- mesečni plan proizvodnje;
- skupno povpraševanje po enotah operativnega planiranja;
- podatki o trenutnem stanju zalog;
- osnovni podatki o enotah operativnega planiranja, kot sta npr. velikost proizvodne serije in varnostna zaloga;
- podatki o razpoložljivi zmogljivosti, kar omogoča preverjanje izvedljivosti operativnega plana.

Slika 2: Proces operativnega planiranja



Vir: L.J. Krajewski & L.P. Ritzman, *Operations management: strategy and analysis*, 1996, str. 669.

Slika 2 prikazuje proces operativnega planiranja. Najprej je potrebno izdelati predviden operativni plan, da preverimo, ali se ujema z razpoložljivimi viri, ki so zagotovljeni z agregatnim planom. Planer mora toliko časa korigirati operativni plan, dokler ne naredi plana, ki je v skladu

z omejenimi viri. Ko je ta plan potrjen, ga lahko uporabijo kot osnovo za planiranje materialnih potreb. Dejanski podatki o realizaciji so posredno potem vhodni podatek za naslednji operativni plan, ko se proces operativnega planiranja ponovi (Krajewski & Ritzman, 1996, str. 669).

2.6 Grobo planiranje zmogljivosti

Operativni plan mora biti usklajen z razpoložljivimi proizvodnimi viri. Zato je v okviru operativnega planiranja pomembno tudi grobo planiranje zmogljivosti (angl. *Rough-Cut Capacity Planning – RCCP*), ki ugotavlja zmogljivosti, potrebne za realizacijo operativnega plana proizvodnje. Planske terminske enote in frekvenca so enake kot pri operativnem planiranju. Obremenitev zmogljivosti je podana s številom potrebnih delavcev (v delovnih urah in/ali strojnih urah) po delovnih mestih. Grobi plan zmogljivosti je bruto plan; upošteva sicer realne vrste izdelkov po operativnemu planu proizvodnje, vendar zanemarja njihovo strukturo, morebitne zaloge, nedokončano proizvodnjo, že lansirane delovne naloge ipd. Predvsem mora posredovati izhodišča za odločanje o prilagajanju zmogljivosti v srednjeročnem časovnem obdobju, kot na primer za zagotavljanje standardnih strojev, orodij in naprav, dogovarjanje o kooperacijah, zaposlovanje ali prerazporejanje delovne sile. Za grobo planiranje zmogljivosti se uporabljajo normativi zmogljivosti, ki so potrebne za izdelavo izdelkov, in glede nanje določene okvirno časovno razporejene potrebe po zmogljivostih pa tudi metoda faktorjev obremenitve zmogljivosti (Ljubič, 2000, str. 256).

2.7 Planiranje materialnih potreb

V sistemu hierarhičnega načina planiranja operativnemu planiranju sledi planiranje materialnih potreb. Z neodvisnim povpraševanjem upravlja operativni plan, ki povpraševanje uredi in ga uravnoteži z razpoložljivimi zmogljivostmi, z odvisnim povpraševanjem pa se ukvarja planiranje materialnih potreb MRP (angl. *Materials Requirements Planning – MRP*) (Waters, 2003, str. 308–309). Ti sistemi so prisotni že nekaj desetletij, saj njegovi začetki segajo v sedemdeseta leta. Danes pa je najpogosteje uporabljan sistem planiranja. Osnovan je na ideji, da celotno povpraševanje po materialih in sestavnih delih izhaja iz povpraševanja po končnih produktih. MRP izhaja iz operativnega plana in potem na podlagi kosovnic to transformiramo v plan potrebnih materialov. To potem lahko uporabimo za terminiranje pošiljanja naročil dobaviteljem in povezanih internih operacij (Waters, 2003, str. 307). Podjetjem zagotavlja, da bodo imela vedno dovolj zaloge za potrebe proizvodnje, vendar ne več, kot je potrebno v določenem trenutku. MRP lahko celo razporedi nabavne in proizvodne naloge za JIT dohode (Petroni, 2002, str. 329). Količina podatkov za obdelavo je zelo velika in šele razvoj računalniške tehnologije je omogočil razmah te metode.

Zadovoljivo se obnese v vseh proizvodnih okoljih in to ne samo zaradi zelo močne podpore planiranja v primeru odvisnega povpraševanja. Njegova glavna moč se izkaže v proizvodnji kompleksnih proizvodov ali velikega števila variant proizvodov, v primeru dolgih proizvodnih časov ter v primeru nestanovitnega povpraševanja in velikih časovnih nihanj (Jonsson & Mattson, 2006, str. 972).

MRP potrebuje veliko podatkov, glavni pa so trije:

- Operativni plan. Je v osnovi seznam, ki vsebuje podatke o tem, kaj naj bo proizvedeno, in časovni okvir, v katerem mora biti proizvedeno.
- Sestavnice. Sestavnica (kosovnica) proizvoda je lista vseh materialov oz. sestavnih delov, ki so potrebni za izdelavo. Upošteva tudi odvisnost posameznih komponent, sestavnih delov in zaporedje, v katerem so uporabljeni ter tako odraža tudi poslovni proces (Waters, 2003, str. 311).
- Podatki o stanju zalog. Stanje zalog je ključna informacija pri izvajanju programa MRP, saj obstoječe zaloge vplivajo na to, katere in koliko komponent oz. dokončanih proizvodov bomo v prihodnosti proizvedli. Ločimo zaloge gotovih izdelkov, zaloge materialov in surovin ter zaloge nedokončane proizvodnje. Obstoječe zaloge vključujejo dve osnovni kategoriji za vse komponente in proizvode:
 - trenutne količine na zalogi, to so količine, ki se fizično že nahajajo v skladišču;
 - odprti nalogi (nalogi v izvajanju), to se že izdani, a še ne izvršeni nalogi, ko nabavno naročilo še ni prispelo od dobavitelja oz. proizvodno naročilo še ni dokončano in ima status nedokončane proizvodnje.

Glavni izložki MRP-ja so (Waters, 2003, str. 310):

- časovna tabela, ki prikazuje, kdaj moramo naročiti določen material; to so praktično planirani nabavni nalogi;
- časovna tabela, ki prikazuje, katere izdelke in polizdelke je potrebno izdelati; to so planirani proizvodni oz. delovni nalogi.

Celoten postopek MRP lahko povzamemo v naslednjih korakih (Waters, 2003, str. 315):

- prvi korak: uporabimo operativni plan za ugotavljanje bruto potreb za nivo 0;
- drugi korak: odštejemo zalogo v skladišču in prihajajoča naročila, da dobimo neto potrebe za nivo 0. Potem časovno razporedimo proizvodnjo;
- tretji korak: če obstaja več nivojev materialov, uporabimo sestavnico za prevod naročila ali izdelka iz zadnjega nivoja v neto potrebe za ta nivo. Če ni več drugih nivojev, gremo na korak 5;
- četrti korak: za vsak material:
 - odštejemo zalogo na skladišču in predvidene dobave, da ugotovimo neto potrebe;
 - uporabimo dobavni rok in ostale relevantne informacije, da podamo časovno razporeditev teh naročil;
 - gremo nazaj na korak 3;
- peti korak: finaliziramo razpored naročil in proizvodnje z vključitvijo vseh specifičnih dejavnikov.

Tehnični napredek je poglobitni razlog, ki je omogočil nadgradnjo planiranja materialnih potreb v planiranje proizvodnih virov (angl. *Manufacturing Resource Planning – MRPII*) in je omogočil

integracijo celotnega podjetja. MRPII je postal glavni plan za proizvodnjo, prodajo, tehnično podporo in finance. Celotno podjetje v tem primeru uporablja iste podatke, kar omogoča enotna podatkovna baza. Aghazadeh (2003, str. 256) navaja podatek, da v primeru, da podjetje ne zagotovi vsaj 99 odstotne točnosti podatkov, MRP ne bo pravilno funkcioniral.

2.8 Podrobno planiranje zmogljivosti

Podrobno kratkoročno planiranje zmogljivosti (angl. *Capacity Requirements Planning – CRP*) določa zmogljivosti, ki so potrebne za realizacijo izdelave sestavnih delov, gradnikov in sestavljanja izdelkov po planu materialnih potreb. Metoda CRP je bolj natančna od predhodnega grobega planiranja zmogljivosti. Značilno plansko obdobje je trimesečje, planske terminske enote so delovni dnevi ali tedni. Preverjanje realizacije in morebitni popravki se običajno izvajajo dnevno ali tedensko, redko mesečno. Tudi v podrobnem planu zmogljivosti so navedene delovne in/ali strojne ure po delovnih mestih. Ker plan materialnih potreb, iz katerega izvira plan potreb po zmogljivostih, že upošteva proizvodno strukturo, morebitne zaloge gradnikov in izdelkov, nedokončano proizvodnjo in lansirane delovne naloge, je podrobni plan zmogljivosti neto plan. Uporablja se predvsem pri sprejemanju kratkoročnih odločitev o zmogljivostih, kot npr. odobravanje dela preko rednega delovnega časa (nadure) in dela v sicer dela prostih dnevih, izbor alternativnih proizvodnih postopkov ipd. pa tudi nadzor materialnih tokov v proizvodnji (Ljubič, 2000, str. 256). Metoda CRP ne planira na omejenih zmogljivostih virov. Vsota vseh izdelavnih časov se primerja z razpoložljivo zmogljivostjo delovnega mesta, vendar ne povzroči nobenih sprememb v primeru primanjkljaja zmogljivosti.

2.9 Terminiranje proizvodnih operacij

MRP oblikuje vsebino in roke nalogov. Ti nalogi morajo biti obdelani na strojih v obratu v določenem vrstnem redu oz. zaporedju. Obdelava nalogov je včasih lahko odložena, če so določeni stroji zasedeni ali pa na te stroje pridejo nalogi, ki so bolj pomembni oz. imajo višjo prioriteto. Nepredvideni dogodki v obratu, kot je okvara stroja, ali daljši izdelavni časi, kot so bili predvideni, morajo biti tudi upoštevani, ker imajo lahko zelo velik vpliv na vrstni red. Na strojih so lahko potrebni dolgi časi nastavitvev, ki so odvisni tudi od vrstnega reda operacij. V takšnem okolju potrebujemo mehanizem, ki nam omogoča vzdrževati učinkovitost in nadzor nad operacijami. To nam omogoča terminiranje proizvodnih operacij v povezavi s kontrolo proizvodnje. Terminiranje operacij je najbolj detajlirano v procesu planiranja.

V angleščini se za terminiranje uporablja izraz »Scheduling« oz. za terminiranje proizvodnje »Production Scheduling«. V slovenskem jeziku nimamo enotne terminologije za terminiranje proizvodnje oz. operacij. Uporabljajo se naslednji izrazi: podrobno planiranje, mikroplaniranje, terminiranje, razvrščanje ... V delu bom uporabljal besedo terminiranje kot ustrezen prevod angleškega »Scheduling«.

Terminiranje lahko definiramo kot: »Plan z določenim zaporedjem in časom začetka in dokončanja za vsak predmet ali operacijo, potrebno za dokončanje proizvoda«. Terminiranje

določi za vsak vir, ki je v večini primerov zmogljivost stroja, kdaj se bodo izvajale določene operacije, z naslednjimi omejitvami:

- omejene zmogljivosti virov;
- prednostne relacije;
- datumi začetka in roki izdelave za naloge.

2.10 Kontrola proizvodnje

Terminiranje in kontrola (angl. *Production Control*) sta neločljivo povezana. Terminiranje predpiše planiran potek aktivnosti, kontrola daje informacije o dejanskem poteku aktivnosti. V primeru odklonov je potrebno sprejeti ustrezne odločitve, prilagoditi terminirane aktivnosti. S kontrolo proizvodnje dobimo podatke o realizaciji, odmikih in o razlogih za odmike.

Terminiranje označuje tudi (Wiers, 1997, str. 2):

- Podrobna kontrola. Terminiranje je najbolj podroben kontrolni nivo, ki zajema najkrajši časovni horizont v podjetju, posledično je tudi kontrola najbolj podrobna oz. natančna;
- Direktna kontrola. Razvrstitve so dostavljene direktno v obrat, ni nobene vmesne kontrolne funkcije med terminiranjem in obratom;
- Omejena kontrola. Velikokrat imajo materialne potrebe, razpoložljivost materialov in razpoložljive zmogljivosti precej večji vpliv kot terminiranje in kontrola;
- Neprestana kontrola. Terminiranje s kontrolo spremlja napredek v proizvodnji in rešuje probleme, če dejanska situacija odstopa od planirane situacije. To je neprekinjen in kontinuiran proces.

3 TERMINIRANJE PROIZVODNIH OPERACIJ

3.1 Opredelitev terminiranja

Problem terminiranja (angl. *Scheduling Problem*), ki ga rešujemo s terminiranjem, srečamo v vseh tipih sistemov, kjer je potrebno organizirati delo med večimi enotami. Terminiranje poteka tako na nivoju končnih produktov in potem na nižjih nivojih do terminiranja operacij. V literaturi srečamo številne definicije terminiranja, ena izmed njih je definicija Pineda (2008, str. 1), ki pravi, da se terminiranje ukvarja z razporejanjem nalog na omejene vire v določenem časovnem obdobju in njegov namen je sprejemanje odločitev, ki imajo namen optimiziranje enega ali več ciljev. Viri in naloge pa so v organizacijah lahko v številnih oblikah. To je splošna definicija terminiranja. V bistvu se terminiranje pojavi že pri operativnem planiranju, kjer določamo rok za dokončanje proizvoda. Nadalje v MRP planiranju določamo tudi okvirne roke začetka in dokončanja polproizvodov. Na najnižjem nivoju je terminiranje izvedbenih aktivnosti, med katerimi so običajno v središču proizvodne operacije (veliko ostalih aktivnosti je namenjenih za podporo operacijam), zato lahko govorimo tudi o terminiranju proizvodnih operacij.

Terminiranje proizvodnih operacij je na zadnjem mestu v hierarhičnem sistemu planiranja in je povezano neposredno z izvedbo. Z njim določamo začetek in konec posameznih operacij, potrebnih za izdelavo določenega proizvoda. Terminiranje operacij je potrebno, ker se na komponentah oz. proizvodih izvaja več operacij. S približevanjem termina izdelave katerekoli komponente je potrebno določiti čase izvedbe posameznih operacij, potrebnih za izdelavo te komponente. S tem zagotavljamo enakomernejšo obremenitev zmogljivosti in pravočasno izdelavo vseh komponent.

V obdelavi materialov je terminiranje uporabljeno za izogibanje ozkim grlom in za takšno uporabo opreme, delovne sile in strojev, ki zagotavlja čim boljše pretočnost proizvodnje. Terminiranje lahko uporabimo za (Brown et al, 2001, str. 193):

- časovno razvrstitev in določitev zaporedja aktivnostim;
- določitev kateri delavci izvajajo te aktivnosti, na katerih delovnih mestih in kdaj;
- ureditev dobave materialov;
- ureditev dobave gotovih izdelkov.

Za teoretična razmišljanja lahko terminiranje v najširšem smislu razdelimo na (Ljubič, 2000, str. 274):

- terminsko planiranje (v ozkem pomenu) – zgolj razporejanje operacij v čas brez upoštevanja njihovega zaporedja in pretočnega časa;
- projektno planiranje – razporejanje operacij v čas tako, da dosežemo čim krajši skupni izdelavni čas, a brez upoštevanja njihovega zaporedja;
- sekvenčne probleme – ugotavljanje optimalnega zaporedja operacij tako, da se doseže čim krajši skupni izdelavni čas, pri čemer je zaporedje operacij določeno, spreminja pa se lahko zaporedje delovnih nalogov;
- maršrutne probleme – izmed več različnih poti skozi proizvodni proces iščemo po nekem kriteriju (najkrajši izdelavni čas, največja zasedba zmogljivosti, najnižji stroški proizvodnje ipd.) optimalno pot;
- procesno planiranje – večdimenzionalna prostorska, factorska in časovna razporeditev operacij tako, da dosežemo optimum vseh elementov.

Izvaja se drsno, frekvenca pa je lahko zelo velika, npr. vsak dan, v skrajnih primerih tudi večkrat dnevno. Planski horizont je običajno nekaj dni, mogoče teden, redko gre za več tednov.

Funkcija terminiranja mora v proizvodnem sistemu ali storitveni organizaciji sodelovati s številnimi drugimi funkcijami. Te povezave pa so od podjetja do podjetja različne. Pogosto se odražajo tudi v glavnem informacijskem sistemu podjetja.

3.1.1 Opredelitev virov

Ko govorimo o virih, gre v bistvu za zmogljivosti oz. kapacitete. Na splošno velja, da so viri dveh tipov: obnovljivi in porabljeni. Obnovljivi viri so ponovno na razpolago po uporabi (npr. stroj, datoteka, procesor, osebje itd.), medtem ko porabljeni viri izginejo po uporabi (denar, materiali, surovine itd). Med obnovljivimi viri razlikujemo med nezdružljivimi viri, ki lahko izvajajo samo eno operacijo naenkrat in kumulativnimi viri, ki lahko izvajajo omejeno število operacij istočasno. Kot že omenjeno so viri lahko v številnih oblikah odvisno od organizacije, v kateri se izvaja. Najbolj pogost vir, ki ga srečamo v teoriji terminiranja je stroj in veliko avtorjev literature o terminiranju sploh ne govori o virih pač pa o strojih (T'kindt & Billaut, 2006, str. 5–6). Nekoliko širši pojem je delovni center, v katerem je lahko združenih tudi več strojev, celo oddelkov. Zelo pomembna pri terminiranju operacij pa je zmogljivost virov. Planiranje oz. terminiranje se lahko izvaja na neomejenih ali omejenih zmogljivostih virov.

Tradicionalen pristop k planiranju in kontroli proizvodnje najprej planira materiale in posledično zmogljivosti, s predpostavko, da lahko z dovolj časa prilagodi zmogljivosti. MRP plani so osnovani na množici proizvodov, ki se premikajo med delovnimi mesti po zaporednih operacijah in tako skozi tok zalog postajajo proizvodi na višjih nivojih. Celotni pretočni čas končnih proizvodov na tej ravni je naravnano tako, da je precej dolg, še posebno, če je v sestavnici več nivojev. Danes podjetja težko obvladujejo takšno situacijo. Kot odgovor na to morajo istočasno planirati oboje, materiale in zmogljivosti; to pa nam omogoča ravno terminiranje z upoštevanjem omejenih zmogljivosti virov (angl. *Finite Capacity Scheduling – FCS*). Planiranje na omejene zmogljivosti virov je ena izmed temeljnih prednosti terminiranja operacij, saj nobena od nadrejenih vrst planiranja ne planira na omejene zmogljivosti virov, pač pa na neomejene.

Pri takšnem načinu terminiranja mora vsaka operacija imeti določen čas začetka in konca, zaporedje operacij na virih pa je takšno, da ne more priti do konfliktov (ne dogaja se, da bi zahtevali, da se na istem viru hkrati izvajata dve operaciji, če vir tega ne omogoča). Operacije so tudi razvrščene tako, da upoštevamo vse omejitve pri vrstnem redu (Preactor, 2009, str. 5). Takšen primer so npr. časi nastavitvev na stroju, časi čakanja po operaciji itd. Hkrati ima vsak stroj postavljen urnik delovanja in operacije z vsemi pripadajočimi časi (npr. že prej omenjeni časi nastavitvev stroja) so razporejene znotraj urnika. Glede na to, da upošteva realne razmere v proizvodnji je takšen plan lahko precej bolj realen in točen, kot plani narejeni v nadrejenih fazah planiranja. Terminiranje na omejene zmogljivosti virov je namreč sposobno obravnavati proizvodnjo kot celoten sistem, planirati vse razpoložljive naloge na vsakem delovnem mestu in vsak nalog skozi zaporedje operacij in tako izdelati izvedljiv plan začetkov in zaključkov za vsako operacijo na vsakem delovnem mestu (Dumond, 2005, str. 509).

3.1.2 Opredelitev nalog

V Pinedovi definiciji je enota, ki jo terminiramo nalog (ali operacija). Najbolj običajno avtorji za terminiranje uporabljajo naloge (angl. *Job*), vsak nalog pa je razbit na serijo operacij. Ko nalogi vsebujejo samo eno operacijo, govorimo o mono-operacijskem problemu (angl. *Mono Operation*

Problem). Nasprotje tega je multi-operacijski problem (angl. *Multi Operation Problem*). Operacija naloga je lahko povezana s predhodnimi omejitvami. V tem primeru niz operacij in njihove predhodne omejitve definirajo pot (angl. *Routing*) tega naloga (T'kindt & Billaut, 2006, str. 5). Naloga so lahko v zelo različnih oblikah. Vsaka naloga ima lahko določen nivo pomembnosti, najzgodnejši možni datum začetka in rok končanja oz. dobave (angl. *Due Date – DD*) (Pinedo, 2008, str. 1).

Planski element terminiranja proizvodnje je lahko delovni oz. proizvodni nalog ali pa operacija delovnega oz. proizvodnega naloga. Delovni in proizvodni nalog sta v praksi lahko eno in isto, ni pa nujno. Delovni nalog se namreč uporablja tudi kot poslovni subjekt za zbiranje stroškov in je lahko tudi širši pojem kot proizvodni nalog. Lahko je vsako kupčevo naročilo svoj delovni nalog, lahko pa na istem delovnem nalogu združimo več kupčevih naročil, ki imajo sorodne lastnosti. Proizvodni nalog pa je običajno ločen za vsako naročilo in tudi vsak polizdelek. Relacije med proizvodnimi in delovnimi nalogi tako variirajo od podjetja do podjetja, v večini primerov pa gre za eno in isto stvar. Velikokrat govorimo o terminiranju nalogov ali terminiranju operacij. To je odvisno od kompleksnosti proizvodnega sistema in razmestitve strojev. Pri enostavnejših razvrščamo naloge, pri bolj kompleksnih pa razvrščamo operacije.

3.1.3 Opredelitev ciljev

Rusjan (1999, str. 200) pravi, da je cilj terminiranja in kontrole operacij zagotoviti dobavo kupcem v obljubljenih rokih oz. obnavljati zaloge, tako da se kupcem zagotovi določena raven storitev, pri tem pa naj bodo stroški za doseg tega cilja čim nižji.

Ta osnovni cilj vsebuje številne podcilje, ki naj bi vodili k njihovem doseganju. Problem je v tem, da imamo pri doseganju različnih podciljev pogosto opravka z alternativnimi koristmi, kar pomeni, da boljši rezultati pri doseganju enega podcilja pomenijo slabše rezultate pri doseganju drugega podcilja. Primeri podciljev so tako (Rusjan, 1999, str. 200; Hugos, 2003, str. 80):

- uresničevati planirane (obljubljene) dobavne roke. Pogosto zahteva visok nivo zalog ali številne krajše proizvodne cikle. Namen je, da oskrbimo kupca s hitrimi dobavami in da ne zmanjka zaloge kateregakoli produkta;
- minimizirati stroške proizvodnje;
- zagotoviti čim krajše pretočne čase proizvodov in s tem nižje zaloge nedokončane proizvodnje;
- zagotoviti čim boljšo izkoriščenost opreme in delovne sile. To pogosto pomeni dolge proizvodne serije in centralizirane proizvodne in distribucijske centre. S tem skušamo pridobiti čim več koristi iz ekonomij obsega;
- zagotoviti čim nižja v proizvodnji vezana sredstva. Nizka raven zalog – to običajno pomeni krajše proizvodne cikle in just-in-time dobave materiala. Ideja je v minimiranju sredstev in denarja vezanega v zalogah;
- zagotoviti čim večjo prilagodljivost zahtevam kupcev ...

Večinoma gre za to, da v omejenem času naredimo čimveč. Zaradi te medsebojne prepletenosti posameznih odločitev v proizvodnji je zelo težko poiskati direktne povezave med posameznimi odločitvami in učinkovitostjo proizvodnje.

3.1.4 Rezultat terminiranja operacij

Rezultat terminiranja operacij je terminski plan oz. raspored ali razvrstitev (primer je prikazan v Prilogi 2). V teoriji in praksi sicer srečamo veliko različnih izrazov, največkrat pa se uporablja kar angleški izraz »Schedule«. To je najpodrobnejši plan dela (urnik dela) v proizvodnji za časovno obdobje terminske enote; z njim se, ob upoštevanju omejitev na dan, uro in minuto (tudi sekundo), natančno določi raspored dela oz. zaporedje izvajanja operacij po posameznih delovnih mestih. Za vsako delovno mesto se ugotovi (Ljubič, 2006, str. 225):

- katere naloge (nalogi, operacije) se bodo na njem obdelovale v naslednji terminski enoti;
- koliko časa bodo trajale te obdelave;
- roke začetka;
- roke zaključka posameznih obdelav oz. operacij;
- roke prehodov med operacijami.

Roki, do katerih morajo biti zaključene posamezne operacije, so seveda odvisni od vnaprej postavljenih rokov za izdelavo (in prodajo) izdelkov ter tudi od vmesnih rokov za izdelavo komponent (sestavnih delov in sestavov). Zaradi tehnološke in časovne povezanosti operacij nastopajo kot omejitve na eni strani zahtevani roki za predajo izgotovljenih komponent oz. izdelkov, na drugi strani pa razpoložljive zmogljivosti. Roki so lahko bolj ali manj zavezujoči, enako pa velja tudi za vrstni red operacij.

3.2 Osebe pri terminiranju operacij

Za terminiranje so zadolženi služba operativnega planiranja in priprave proizvodnje in operativni vodje proizvodnje (obratovodje, izmenovodje, mojstri, operaterji na strojih ...). Za to skupino ljudi se uporablja tudi izraz »terminer« (angl. *Scheduler*). Čeprav je zelo veliko variant, kakšna je vloga in odgovornost terminerja, lahko najdemo nekatere skupne značilnosti. Pogosto je terminer nekdo, ki prevzame odgovornost za napredek in urnik proizvodnih aktivnosti, ne glede na formalne odgovornosti. Občutek odgovornosti je še pojačan z dejstvom, da je terminer ključen vir informacij za številne kolege, kupce in dobavitelje. Navadno je samo majhen del delovnega časa porabljen za konstruiranje začetne razvrstitve, medtem ko je veliko časa porabljenega za spremljanje realizacije razvrstitve – plana. Namen spremljanja aktivnosti je identifikacija problemov, ki jih pogosto razreši terminer, z uporabo številnih sposobnosti, kot so komuniciranje, pogajanja in intuicija. Terminerji tudi poskušajo predvideti možne probleme (Wiers, 1997, str. 3). V teoriji in pa tudi praksi besedo terminer redko srečamo. Običajno je funkcija terminiranja le ena izmed številnih funkcij, ki jih opravlja določen delavec. Običajno osebi, ki terminira, pravimo planer, to pa izhaja iz tega, ker se plani najpogosteje delajo v službi

operativne priprave proizvodnje. V primeru neformalno urejenega terminiranja pa se lahko s terminiranjem ukvarjajo mojstri v obratu ali pa celo operaterji na strojih.

3.3 Značilnosti terminiranja operacij v različnih razmestitvah

Pomembna karakteristika vsakega proizvodnega sistema je razmestitev (razporeditev) oz. konfiguracija strojev. Razmestitev strojev ima ključni vpliv na to, kako se bomo lotili reševanja problema terminiranja. Obstaja kar nekaj pomembnih razmestitev strojev. Najbolj običajni sta linijska in skupinska razmestitev in vsaka ima svoje posebnosti glede terminiranja operacij.

3.3.1 Terminiranje operacij v primeru linijske razmestitve

Pri linijski razmestitvi (angl. *Flow Shop*) terminiranje operacij ni zelo zahtevno. Proizvodne poti izdelkov so znane, izdelavni časi tudi. Izdelki se pomikajo iz enega delovnega mesta na drugega po enaki proizvodni poti (Slika 3). Nalogi so označeni z J, stroji pa z M, kar velja tudi za naslednjih nekaj slik. Takšna je tudi običajna praksa v literaturi o terminiranju. Večino dela glede planiranja opravimo že v predhodnih ravneh planiranja, začenši z dolgoročnim planiranjem zmogljivosti, kjer poskrbimo za uravnoteženo pretočnost procesa proizvodnje. Pretok v linijski razporeditvi je neprekinjen, pretočnost pa določa ozko grlo. Ozka grla so znana, so stalna in se ne selijo, tako kot je to značilno za skupinsko razmestitev. Takšen kot je vrstni red proizvodov na začetku proizvodnje, je tudi na koncu.

Če proizvajamo le en proizvod, moramo le poskrbeti, da obseg proizvodnje ustreza predvidenemu povpraševanju, kar že rešujemo v mesečnem planiranju. Če pa proizvajamo več proizvodov, moramo poleg proizvodnega cikla in časa proizvodnje definirati tudi vrstni red posameznih proizvodov in velikosti proizvodnih serij.

Slika 3: Primer linijske razmestitve s štirimi stroji in dvema nalogoma



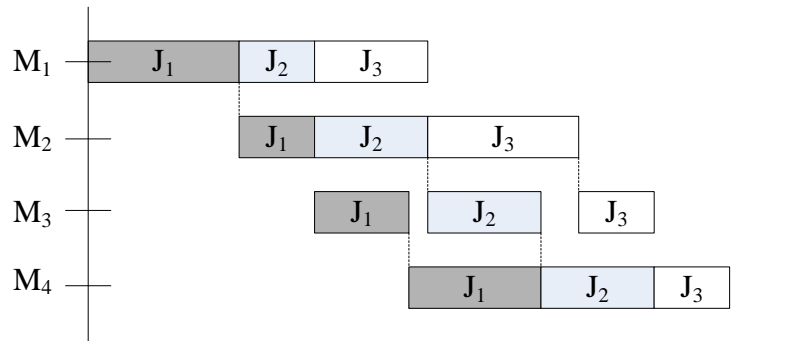
Vir: M. Caramia & P. Dell'Olmo, *Effective resource management in manufacturing systems: optimization algorithms for production planning*, 2006, str. 19.

Slika 4 prikazuje 3 naloge, ki se bodo obdelovali na 4 različnih strojih. Iz slike so lepo razvidne klasične značilnosti linijske razmestitve, in sicer, da obrat sestoji iz različnih strojev, ki izvajajo naročila s številnimi operacijami, kjer:

- mora biti vsaka operacija izvedena na določenem stroju;
- morajo biti vse operacije izvedene v fiksnem zaporedju;
- morajo naročila obiskati stroje v enakem zaporedju.

Pri linijski razmestitvi je pretočnost sistema odvisna predvsem od ozkega grla, zato je terminiranje osredotočeno na čim boljše pretočnost ozkih grl. Ta so tudi znana in se v glavnem ne spreminjajo v odvisnosti od proizvodnega miksa, kot se to dogaja pri skupinski razmestitvi.

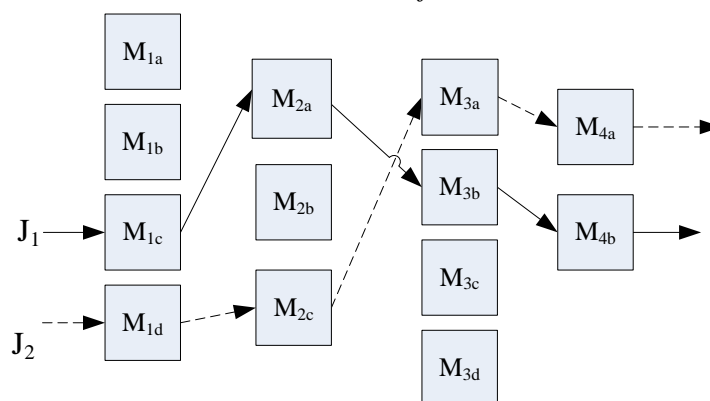
Slika 4: Primer razvrstitve v obratu z linijsko razmestitvijo strojev



Vir: M. Caramia & P. Dell'Olmo, *Effective resource management in manufacturing systems: optimization algorithms for production planning*, 2006, str. 20.

Posplošitev linijske razmestitve je t.i. fleksibilna linijska razmestitev (angl. *Flexible Flow Shop*), ki je sestavljena iz več faz v serijah in na vsaki fazi z več vzporednimi stroji. Na vsaki fazi je nalog lahko obdelovan na kateremkoli vzporednem stroju (glej Sliko 5). V nekaterih (fleksibilnih) linijskih razmestitvah lahko nalog obide stroj (ali fazo), če ta ne zahteva obdelave na njem, in gre lahko pred naloge, ki so ravno v obdelavi na stroju ali pa v čakalni vrsti pred strojem. Druge (fleksibilne) linijske razmestitve pa ne dovoljujejo obvozov. Terminiranje v tem primeru vključuje tudi izbiro stroja, na katerem se bo izvajala določena operacija.

Slika 5: Fleksibilna linijska razmestitev



Vir: L.M. Pinedo, *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, 2005, str. 23.

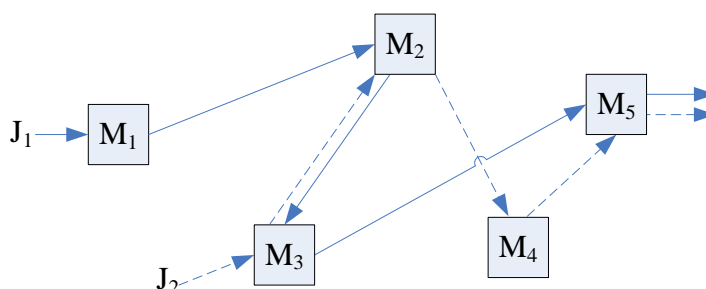
3.3.2 Terminiranje operacij v primeru skupinske razmestitve

Terminiranje operacij v skupinski razmestitvi (angl. *Job Shop*) je veliko bolj zahtevno kot pri linijski. Že sama priprava proizvodnje je precej bolj zahtevna, potrebno je pripraviti več delovne dokumentacije. Poti izdelkov niso vedno enake, zato je potrebno zelo natančno spremljanje proizvodnje. Tudi izdelavni časi izdelkov niso vedno enaki. Pogosto jih sploh še ne poznamo in podajamo samo ocene. Ozka grla niso vedno na istih strojih, spreminjajo se v odvisnosti od

proizvodnega miksa in tudi zaradi tega moramo imeti zelo dobre podatke in kompleksen informacijski sistem, da lahko naredimo izvedljivo razvrstitev. Med stroji imamo medfazne zaloge, ki z neustreznim planiranjem samo naraščajo. Medfazne zaloge so potrebne tudi zaradi neenakomernih obremenitev zmogljivosti.

Najenostavnejši modeli skupinske razmestitve (angl. *Job Shop Models*) predpostavljajo, da je naloga na svoji poti skozi sistem lahko obdelovan na določenem stroju le enkrat (glej Sliko 6). V drugih modelih naloga na svoji poti skozi sistem lahko obišče določene stroje večkrat. Za te delavnice pravimo, da so predmet kroženja, kar znatno poveča kompleksnost modela.

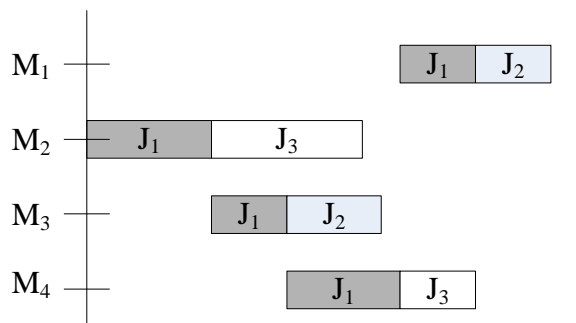
Slika 6: Obrat s skupinsko razmestitvijo strojev



Vir: L.M. Pinedo, *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, 2005, str. 24.

Iz Slike 7 vidimo bistveno razliko glede na linijsko razporeditev, to je, da vrstni red nalogov na strojih ni več enak. Naloga nimata enakih proizvodnih poti.

Slika 7: Primer razvrstitve v obratu s skupinsko razmestitvijo strojev



Vir: M. Caramia & P. Dell'Olmo, *Effective resource management in manufacturing systems: optimization algorithms for production planning*, 2006, str. 21.

Posplošitev skupinske razmestitve je fleksibilna skupinska razmestitev (angl. *Flexible Job Shop*) z delovnimi centri, ki imajo več vzporednih strojev. S stališča kombinatorike je fleksibilna skupinska razmestitev z recirkulacijo eno izmed najbolj kompleksnih okolij.

4 REŠEVANJE PROBLEMA TERMINIRANJA

Ko se soočimo s problemom terminiranja, ga moramo najprej identificirati, preden se lotimo reševanja. S priznanjem, da je problem kompliciran in če vemo, da je bil že rešen v literaturi, ga moramo v njej tudi prepoznati. Za ta namen so bili postavljeni modeli, ki se med seboj razlikujejo po zgradbi in organizaciji njihovih virov (T'kindt & Billaut, 2006, str. 7).

V številnih tipih proizvodnje je proizvodnje lahko popolnoma ali pa delno prilagojeno specifičnim kupčevim naročilom – proizvodnja po naročilu je tipičen primer. V takšni proizvodnji je glavna naloga managementa proizvodnje določiti kdaj in v kakšnem vrstnem redu izvajati delovne naloge. Terminiranje operacij in kontrolni sistem običajno vključujeta naslednje aktivnosti (Pinedo & Seshadri, 2001, str. 1719):

- razporejanje (angl. *Loading*) – določanje količine dela, ki mora biti razporejeno v vsaki fazi procesa, tako strojem kot skupinam ljudi;
- določanje zaporedja (angl. *Sequencing*) – odločanje o vrstnem redu, v katerem bomo izvajali naloge v vsaki fazi.

Čeprav se že v predhodnih fazah planiranja zmogljivosti določijo potrebne zmogljivosti za izvedljivost operativnega plana, pa se konkretna dodelitev nalogov na delovna mesta oz. stroje še ne izvede. Tako se lahko zgodi, da se nekateri stroji odlično obnesejo za določene vrste nalogov ali da so določeni stroji precej bolj zasedeni kot drugi. Zato je najbolje, da naloge razporedimo na delovna mesta (Meredith & Shafer, 2002, str. 236). Razporejanje razporedi naloge na delovna mesta (delovne centre) glede na omejitve maksimalne količine dela, ki jo dotični delovni center lahko izvede. Razporejanje mora upoštevati čas, ko se ne dela, nastavitve in zamenjave, kar vse lahko omejuje tako planiran razpoložljiv čas kot aktualen razpoložljiv čas.

Določanje zaporedja določa vrstni red izvajanja nalogov, to je, kateri nalog ali operacija bi morala biti narejena prej in katera kasneje. To običajno zahteva uvedbo enega ali več prioritarnih pravil, vsak izmed njih pa ima svoje prednosti in slabosti za maksimalno pretočnost in dobavni rok (Pinedo & Seshadri, 2001, str. 1719). Odvisno od značilnosti operacij na delovnem mestu, več faktorjev lahko vpliva na to, da ima vsako delovno mesto svoj prednostni vrstni red izvajanja nalogov. Med najbolj pogostimi so: stopnjevanje temperature od nižje proti višji, barvanje od svetlejših tonov proti temnejšim, brušenje od bolj grobega k bolj finemu, itd. (Yeh, 2005, str. 532).

Pomembnost določanja zaporedja lahko enostavno ponazorimo z dvema avtomobiloma, ki se peljeta po enopasovni cesti. Prvi avto zmora 160km/h, drugi pa 80km/h. Če predpostavimo, da se med seboj ne moreta prehiteti, koliko časa bosta potrebovala za 80 km? Odgovor je seveda enostaven, hitrejši avto lahko prevozi 80 km v pol ure. Pa je res tako? Če vozi za počasnejšim avtom, potem bo za to razdaljo potreboval enak čas, in sicer eno uro.

Pri določanju zaporedja je bistvo v tem, da:

$$1 + 2 + 3 \neq 3 + 2 + 1 \quad (1)$$

Sposobnost določanja zaporedja, po katerem se izvajajo operacije, ne vpliva le na zmanjšanje časov nastavitve strojev, ampak tudi na medfazne zaloge in pravočasnost dobav. Naslednji primer prikazuje, kako ima enostavna sprememba v zaporedju izvajanja nalogov lahko pomemben vpliv na proizvajalčevo doseganje rokov dobav.

Vzemimo, da ima proizvajalec tri stroje: stroj M_a , stroj M_b in stroj M_c . Predpostavimo, da izmena v obratu traja osem ur, delo pa poteka vseh sedem dni v tednu. Podjetje proizvaja tri proizvode po postopkih kot je prikazano v Tabeli 2.

Tabela 2: Primer določanja zaporedja

Izdelek X	Operacija	Stroj	Izdelava (št. ur)
	10	Stroj M_a	24
	20	Stroj M_b	16
	30	Stroj M_c	8
Izdelek Y	Operacija	Stroj	Izdelava
	10	Stroj M_a	8
	20	Stroj M_b	8
	30	Stroj M_c	8
Izdelek Z	Operacija	Stroj	Izdelava
	10	Stroj M_a	8
	20	Stroj M_b	16
	30	Stroj M_c	24

Vir: Prirejeno po M. Liddell, *The Little Blue Book on Scheduling*, 2008, str. 51.

Zaradi enostavnosti predpostavimo, da to podjetje nima nobenih drugih naročil in da dobi naročilo za vsakega od teh proizvodov. Iščemo odgovor na dve ključni vprašanji:

- Kateri datum dobave lahko obljubimo za vsako naročilo?
- Kateri datum dobave lahko obljubimo za vsa tri naročila?

Scenarij 1: Po scenariju 1 so naročila razporejena v vrstnem redu: X, potem Y in potem Z.

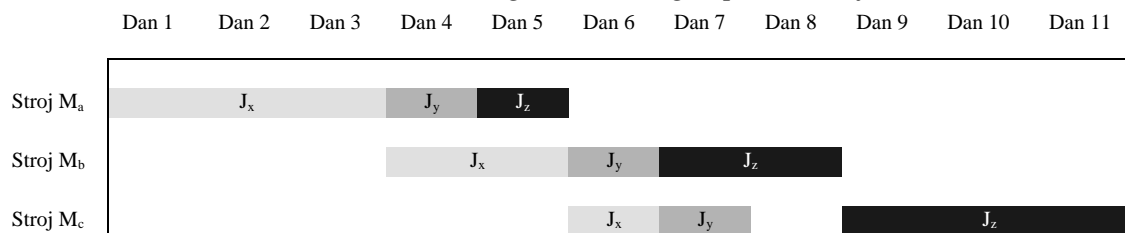
Naročilo 1 proizvod X – J_x

Naročilo 2 proizvod Y – J_y

Naročilo 3 proizvod Z – J_z

Slika 8 (v bistvu gre za gantogram, o katerem je več govora v naslednjem poglavju) nam kaže, da bo proizvod X lahko dokončan 6. dan, Y bo lahko dokončan 7. dan in Z bo lahko dokončan 11. dan.

Slika 8: Primer vrstnega reda nalogov po scenariju 1



Vir: Prirejeno po M. Liddell, *The Little Blue Book on Scheduling*, 2008, str. 52.

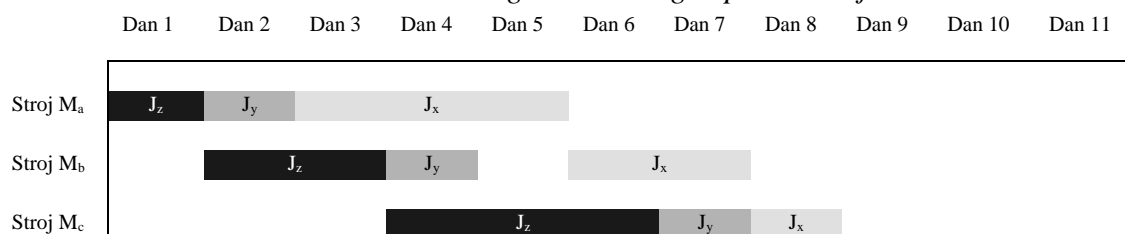
Scenarij 2: Po drugem scenariju je zaporedje naročil spremenjeno, tako da imamo najprej Z, potem Y in potem X.

Naročilo 1 proizvod Z – J_z

Naročilo 2 proizvod Y – J_y

Naročilo 3 proizvod X – J_x

Slika 9: Primer vrstnega reda nalogov po scenariju 2



Vir: Prirejeno po M. Liddell, *The Little Blue Book on Scheduling*, 2008, str. 53.

Slika 9 prikazuje majhno spremembo v zaporedju, ki pa prinaša precejšnje koristi. X tako lahko zaključimo 8. dan, Y lahko zaključimo 7. dan in proizvod Z bo lahko zaključen 6. dan. Ta primer nazorno kaže, da je bil čas potreben za realizacijo vseh treh naročil skrajšan za 27 %, samo s spremembo zaporedja dogodkov. Takšen vrstni red je v praksi, zaradi običajno zelo velikega števila podatkov o operacijah, domala nemogoče narediti brez APS sistema.

Na tem primeru smo že uporabili eno izmed metod reševanja problema terminiranja, in sicer gantogramsko metodo. Obstaja pa še veliko drugih metod, o katerih je govora v nadaljevanju.

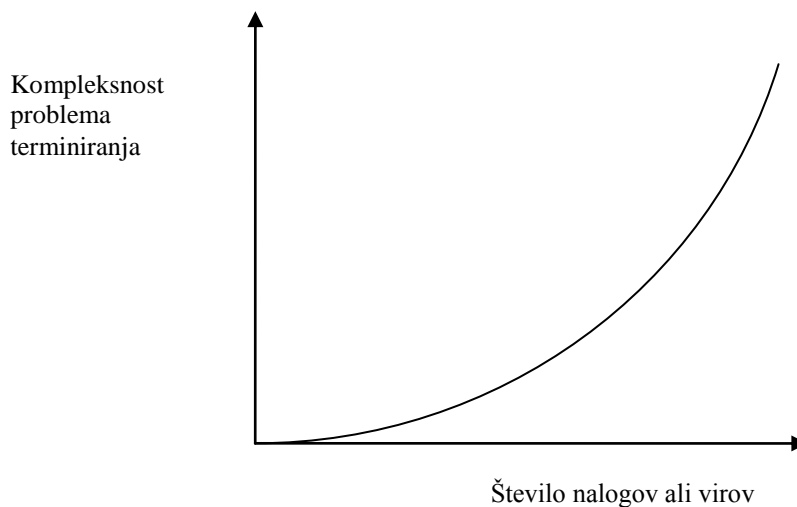
5 METODE REŠEVANJA PROBLEMA TERMINIRANJA

Pri določanju vrstnega reda za izvajanje proizvodnih nalogov gre za vprašanje, kateri izmed nalogov bo šel v izvajanje na določenem delovnem mestu, ko je dokončano delo na prejšnjem nalogu. S tem določamo, kdaj se bodo izvajale operacije posameznih nalogov, izvajamo torej terminiranje operacij. Terminiranje je ena od najbolj zapletenih aktivnosti proizvodnega managementa, saj moramo sočasno upoštevati različne vrste virov z njihovimi posebnostmi (stroji imajo različne zmogljivosti, izvajalci imajo različna znanja in usposobljenost itd.). Še pomembnejše pa je dejstvo, da število možnih različnih terminskih planov (razvrstitev nalogov) eksponentno narašča z večanjem števila razporejenih nalogov (n) in njihovih operacij (m): $(n!)^m$. Govorimo o kombinatorični eksploziji. Poseben problem predstavlja tudi težnja po uveljavitvi JIT proizvodnje, saj predstavlja pri optimizaciji razvrstitve delovnih nalogov, ki je že sama

(pre)obsežen kombinatorični problem, vstavljanje časov čakanja delovnih mest med izvajane naloge (na poljubnih mestih in v poljubnem trajanju) neobvladljiv problem, ker je s tem število nepermutiranih razvrstitev nalogov neskončno (Buchmeister, Palčič & Pavlinjek, 2008, str. 68).

Na splošno moramo upoštevati, da vsi sistemi terminiranja proizvodnje trpijo zaradi kompleksnosti skupinske razmestitve (in manj zaradi linijske razmestitve), torej ko število možnih razvrstitev narašča eksponentno z linearnim povečevanjem virov ali nalogov, ki jih moramo planirati (Slika 10).

Slika 10: Kompleksnost problema terminiranja proizvodnje



Vir: S.K. Metaxiotis et al, *Production scheduling in ERP systems: An AI-based approach to face the gap*, 2003, str. 225.

Pri izvajanju terminiranja operacij z določanjem vrstnega reda izvajanja nalogov imamo dva možna pristopa (Rusjan, 1999, str. 219):

1. iskanje optimalne rešitve. Pri iskanju optimalne rešitve istočasno upoštevamo skupek vseh operacij, ki jih moramo opraviti za vse proizvode na vseh delovnih mestih;
2. iskanje zadovoljive rešitve. Pri tem pristopu upoštevamo, da je iskanje optimalne rešitve za problem terminiranja operacij izredno težavno, zato iščemo zadovoljivo rešitev na podlagi uporabe hevrističnih pravil.

Metodam, ki zagotavljajo optimalno rešitev, če ta obstaja, pravimo ekzaktne metode (angl. *Exact Methods*), metodam s katerimi iščemo sprejemljive rešitve pa pravimo tudi aproksimativne metode (angl. *Approximation Methods*). Hevristične metode so zelo splošne in uporabne za reševanje skoraj vseh problemov terminiranja. Seveda bi si vedno želeli najti optimalno rešitev, vendar pa je večina realnih situacij tako kompleksnih, da ekzaktne metode ne pridejo v poštev. (Voß & Woodruff, 2006, str. 145). V zelo kompleksnih proizvodnih okoljih se v praksi velikokrat poslužujemo razbijanja problema razvrščanja na manjše podprobleme. Tako na primer

kompleksno proizvodno okolje z enim ozkim grlom obravnavamo kot en stroj (Gradišar, 2006, str. 9).

5.1 Gantogramska tehnika

Gantogramska tehnika je najstarejša in najbolj razširjena tehnika grafičnega prikazovanja terminskih planov. Njen utemeljitelj je Henry I. Gantt, predstavnik klasične znanstvene organizacije v ZDA. Ganttov diagram je enostavno orodje za terminiranje aktivnosti. Prikazuje zaporedje aktivnosti, ki se bodo izvajale pri proizvodnji posameznega proizvoda in termine posameznih operacij posameznih komponent proizvoda in končne montaže. Prikazuje obremenitve posameznih oddelkov in so zlasti uporabni, ko imamo v oddelku različne tipe opreme in je koristno prikazovati proste zmogljivosti za vsak stroj posebej (Rusjan, 1999, str. 218). Ganttovi diagrami so uporabni, ker so enostavni in lahko razumljivi tako managerjem kot delavcem, ki lahko hitro vidijo, kateri nalogi so na planu (razvrstitvi) in kateri viri morajo biti ponovno razporejeni, da bodo nalogi pravočasni. Za pripravo Ganttovega diagrama moramo vedeti, kateri nalogi morajo biti narejeni, kdaj lahko začnemo z določenim nalogo in kako dolgo bo trajal (Brown et al, 2001, str. 195–196).

Osnovna ideja izdelave terminskih planov s pomočjo gantogramske tehnike je zelo enostavna: uporabiti moramo koordinatni sistem tako, da nam horizontalna os predstavlja čas, vertikalna os pa delovna mesta oz. stroje ali aktivnosti – operacije na delovnih mestih. Rezultat so gantogrami (angl. *Gantt Chart*), imenovani tudi Ganttovi diagrami, blokovni diagrami, linijski plani, paralelni plani ali koledarski plani (Vovk, 2004, str. 23). Ganttov diagram je standardni format za grafično prikazovanje razvrstitve. Posamezne operacije so največkrat prikazane kot horizontalni pravokotniki na diagramu in prikazujejo čas, v katerem se operacija začne in konča. Gantogrami torej prikazujejo obremenitve posameznih virov. Obstajajo številne variante Ganttovih diagramov, ki prikazujejo razne dodatne informacije.

S pomočjo gantogramske tehnike lahko izdelamo gantograme v naslednjem vrstnem redu opravi, tako da najprej določimo aktivnosti, potem izračunamo čas trajanja aktivnosti in določimo tehnološki vrstni red izvajanja aktivnosti ter izdelamo gantogram.

Slabosti gantogramske tehnike (Vovk, 2004, str. 24):

- v primeru večjih odvisnosti med naročili (projekti) je težko ugotoviti ali se bo posamezen projekt zaključil v roku;
- pri kompleksnih prikazih je težko prikazati kritično pot;
- po spremembi plana je zelo težko najti posledične spremembe.

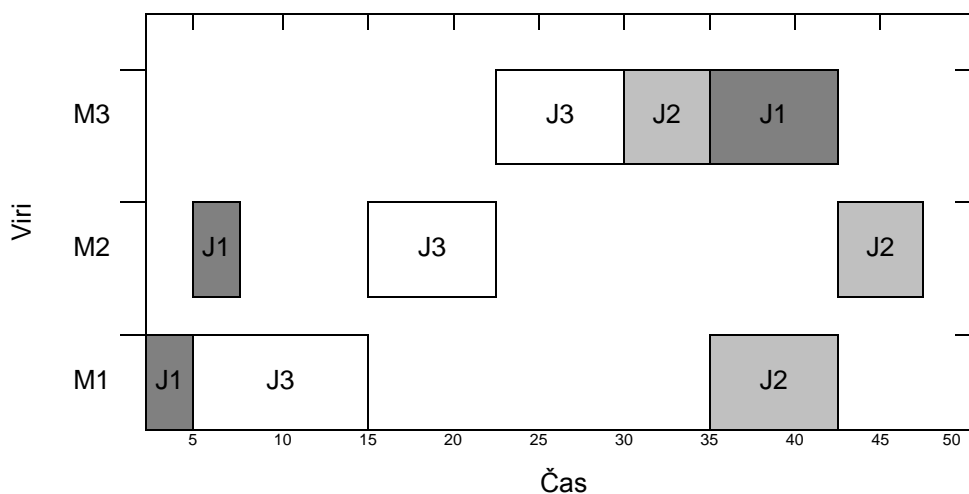
Brown in soavtorji (2001, str. 195–196) navajajo še naslednje pomankljivosti gantogramov:

- togost plana;
- pomanjkanje prikaza tehnoloških odstopanj;

- pomanjkanje prostorskega prikaza;
- uporaben le za fiksne sheme avtomatizirane serijske proizvodnje;
- uporaben le toliko časa, dokler potek ustreza planu;
- medsebojne odvisnosti dela nerazvidne.

Največ se uporabljata dve obliki gantogramov. Prva oblika prikazuje status proizvodnih virov v času. Na ordinatni osi so predstavljeni viri, na abscisni pa čas. Iz takšnega gantograma lahko lepo razberemo, katera naloga se izvaja na določenem stroju v določenem trenutku. Takšen gantogram je predstavljen na Sliki 11.

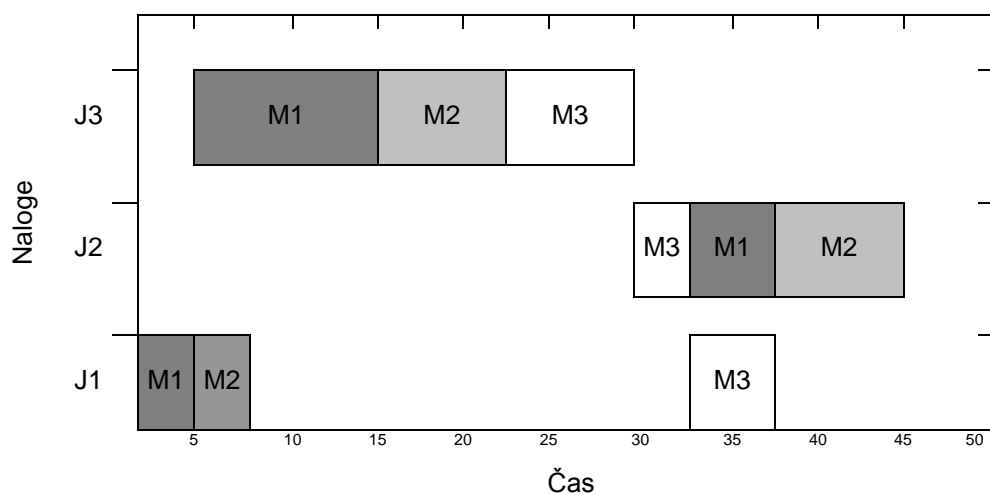
Slika 11: Gantogram: status strojev



Vir: D. Gradišar, Računalniško podprta gradnja modelov za potrebe razvrščanja proizvodnih opravil, 2006, str. 19.

V drugem primeru pa so na ordinatni osi naloge, na abscisni pa čas. S takšnim diagramom lahko spremljamo potek dela. Takšen gantogram je prikazan na Sliki 12.

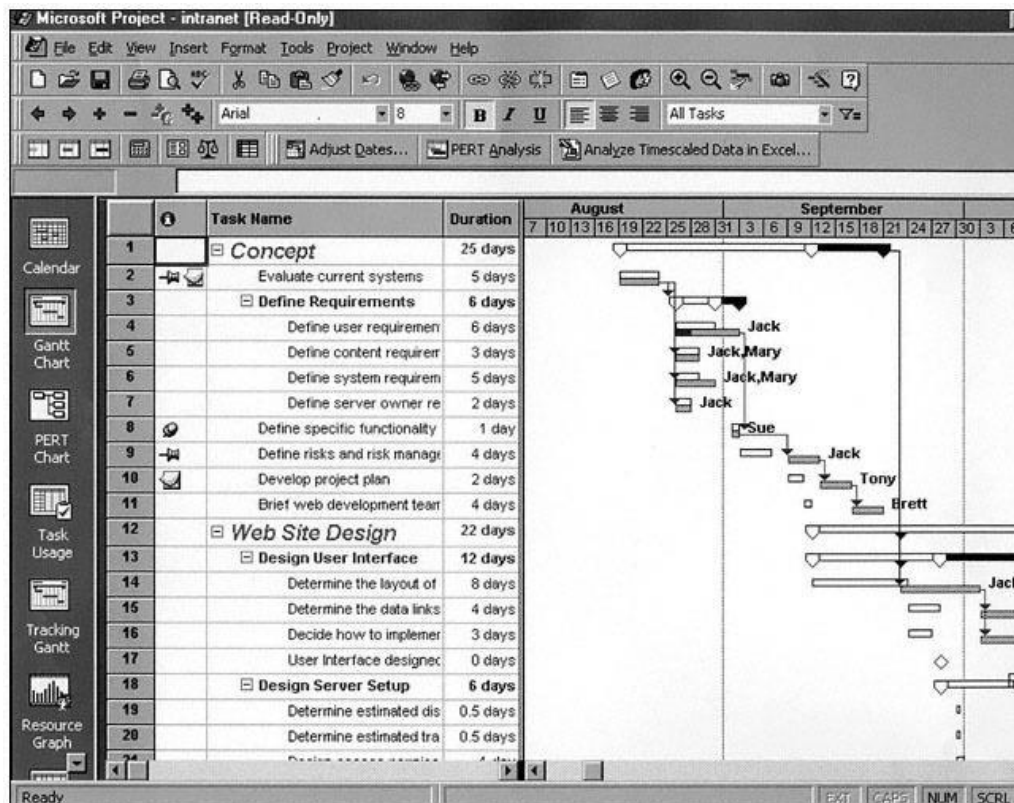
Slika 12: Gantogram: spremljanje poteka dela



Vir: D. Gradišar, Računalniško podprta gradnja modelov za potrebe razvrščanja proizvodnih opravil, 2006, str. 19.

Gantogrami pa se ne uporabljajo le pri terminiranju operacij, zelo pogosto se uporabljajo pri načrtovanju aktivnosti pri projektih. Razlika med gantogrami v terminiranju na omejene zmogljivosti virov in gantogrami za projektno planiranje je predvsem v tem, da v managementu projektov stolpci predstavljajo aktivnosti in uporabnik določi vire za izvedbo naloge (Slika 13).

Slika 13: Gantogram pri managementu projektov



Vir: H. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, 2003, str. 708.

Terminski račun (terminiranje) se lahko izvaja naprej (tek v desno) (Ljubič, 2006, str. 249–253):

- roke se računa od dneva planiranja (današnji dan) naprej;
- roki izgotovitve niso predpisani, vsak nalog se želi zaključiti čim prej, roki zaključkov (dobavni roki) niso znani vnaprej;
- razpored delovnih ur v dnevu: zadnja (delovna) ura v dnevu je identična prvi (delovni) uri v naslednjem (delovnem) dnevu;
- izhaja se iz prve delovne ure današnjega dneva (dneva planiranja ali prvega naslednjega delovnega dneva) in prišteva čase za izvedbo operacij ter morebitne prehodne čase;
- obdelovanci med operacijami lahko čakajo (medoperacijski zastoji), nastajajo medfazne zaloge (angl. *Work in Progress - WIP*).

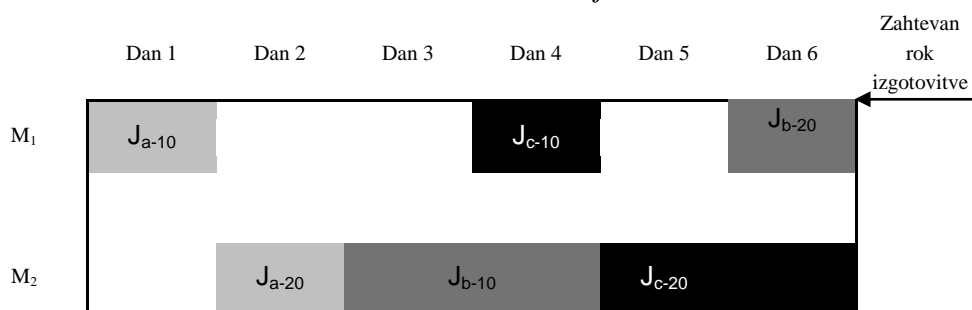
Začne se z najnižjim nivojem v proizvodni strukturi in delovnim nalogom (ali podnalogom) z najvišjo (eksterno) prioriteto, preračuna se celotno verigo delovnih nalogov in nato nadaljuje z naslednjim nalogom z nižjo (eksterno) prioriteto. Če bi se moralo na istem stroju istočasno izvesti dve ali več operacij, se izvedba operacij z nižjo (interno) prioriteto po času premakne

vnaprej. Nastajajo velike časovne rezerve in s tem medoperacijski zastoji, vendar je zasedba zmogljivosti dokaj enakomerna.

Terminski račun (terminiranje) se lahko izvaja tudi nazaj (tek v levo) (Ljubič, 2006, str. 253–259):

- roke za izvedbo posameznih operacij se računa od zahtevanega roka izgotovitve končnega izdelka nazaj;
- roki izgotovitve so predpisani, vsak nalog se želi zaključiti čim kasneje;
- izhaja se iz zadnje delovne ure delovnega dneva pred rokom izgotovitve in odšteva čase za izvedbo operacij ter morebitne prehodne čase;
- dokler se ne izračuna rokov, se ne ve, kdaj se mora začeti izvedba nekega delovnega naloga;
- tudi v tem primeru obdelovanci med operacijami lahko čakajo (medoperacijski zastoji zaradi preobremenitve zmogljivosti), nastajajo medfazne zaloge;
- začne se z delovnim nalogom za izdelavo (montažo) končnega izdelka z najvišjo (eksterno) prioriteto, preračuna se celotno verigo (pod)nalogov in nato nadaljuje z naslednjim nalogom za izdelavo končnega izdelka z nižjo (eksterno) prioriteto;
- če bi se moralo na istem stroju istočasno izvesti dve ali več operacij, se izvedba operacij z nižjo (interno) prioriteto po času premakne vnačaj;
- časovnih rezerv ni, zato je nevarnost, da roki za začetek padejo v preteklost, obremenitev zmogljivosti je neenakomerna.

Slika 14: Primer terminiranja v levo



Vir: Preactor (2009), Preactor user guide, 2009, str. 8.

Primer terminskega izračuna nazaj je prikazan na Sliki 14, kjer vidimo, da je obremenitev zmogljivosti neenakomerna. To je očitno predvsem na viru 1.

5.2 Metode za določanje zaporedja nalogov oz. operacij

Poleg gantogramske tehnike je bilo razvitih še ogromno algoritmov za določitev zaporedja proizvodnih nalogov. Gantogram se uporablja za grafično predstavitev planov, ki jih lahko naredimo z različnimi tehnikami. Če se postavimo v realno okolje s 40 odprtimi nalogi in 20 stroji v delavnici, pri čemer v povprečju vsak nalog obišče 5 strojev, takoj vidimo, da lahko postane terminiranje izjemno zapleteno (v tem primeru bo obstajalo vsaj okrog 10^{240} rešitev) in je nemogoče preveriti vse možnosti. Tudi razvoj računalnikov še ne omogoča uporabe ekzaktnih

metod. Osnovna skupina teh metod so optimizacijski algoritmi, ki vedno poiščejo globalni optimum. Za ekzaktne analitične metode je značilno, da so uporabne za določanje razporeda nalogov le v izbranih slučajih (močno idealizirani pogoji in majhno število nalogov in delovnih mest) in takrat dajejo optimalne rešitve glede na postavljeno ciljno funkcijo. V realnem okolju so pa praktično neuporabne. Med te metode štejemo polno pregledovanje, linearno programiranje, celoštevilsko programiranje in metodo »razveji in omeji«.

Ekzaktne analitične metode:

- **polno pregledovanje:** najpreprostejša metoda terminiranja je polno pregledovanje (angl. *Exhaustive Enumeration*) celotnega prostora rešitev. Za vse možne rešitve se izračuna vrednost kriterijske funkcije. Optimalna je tista rešitev, ki ima najboljšo vrednost kriterijske funkcije. Ta metoda je relativno enostavna, toda ker število rešitev v odvisnosti od velikosti problema hitro raste, je metoda primerna le za probleme majhnih dimenzij (Gradišar, 2006, str. 15);
- **matematično programiranje:** uporaba metod matematičnega programiranja je v kompleksnih sistemih zelo omejena. Matematični modeli, ki jih je možno rešiti s temi metodami, morajo običajno zanemariti veliko praktičnih omejitev. Matematično programiranje je splošna matematična metoda za reševanje statičnih optimizacijskih problemov, ki so podani s kriterijsko funkcijo $F(x)$, ki jo je potrebno minimizirati. $F(x)$ je skalarna funkcija večih spremenljivk x glede na niz omejitev, podanih v oblik enačb in neenačb. Matematično programiranje, ki se pogosto pojavlja v teoriji terminiranja, je linearno programiranje, če pa operiramo le s celoštevilčno spremenljivko x , pa govorimo o celoštevilčnem linearnem programiranju (Gradišar, 2006, str. 15).
 - **linearno programiranje:** obravnava probleme vezanih ekstremov, pri katerih je namenska (ciljna) funkcija linearna, diskretne spremenljivke pa zadoščajo pogojem nenegativnosti in linearnim enačbam in neenačbam. Začnemo z neko možno bazno rešitvijo, ki jo postopoma izboljšujemo. Najuniverzalnejša je Simpleks metoda (Buchmeister et al, 2008, str. 69). Standardna oblika linearnega programiranja je minimiranje ciljne funkcije, npr. minimirati x , kjer je x niz spremenljivk, prisotne pa so določene omejitve v obliki $Ax=b$, kjer sta A in b koeficienta. Tipičen primer, kako lahko linearno programiranje uporabimo v terminiranju proizvodnje, je kemična ali kakšna druga procesna proizvodnja. Ciljna funkcija bi bila minimizirati število in določiti obseg proizvodnih serij. Pri tem bi upoštevali prodajna naročila, minimalno in maksimalno velikost serije, velikost rezervoarjev in ostale omejitve (Shires, 2005). Glavna prednost linearnega programiranja je ta, da določi optimalno velikost serije, vendar pa so v večini proizvodnih podjetij velikosti serij določene že v njihovih MRP (ERP) sistemih in je torej vse, kar rabijo, le razvrščanje MRP nalogov. V teh okoliščinah pa je uporabnost linearnega programiranja majhna;
 - **celoštevilsko programiranje:** je bolj realistična verzija linearnega programiranja za programe za razvrščanje proizvodnje, kjer v določenih primerih velja, da viri so na razpolago ali pa jih ni na razpolago in nič vmes (Shires, 2005). Je zahtevnejše od linearnega programiranja (spada v NP-težke probleme);

- **metoda »razveji in omeji«:** ta tehnika (angl. *Branch and Bound*) z uporabo analize dosegljivosti najprej razveji problem (problemsko drevo) na več podproblemov, medtem ko z odstranjevanjem neoptimalnih poti problematiko omejuje, vseeno pa je čas potreben za izračun običajno prevelik za uporabo v realnih okoljih. Tako se v praktičnih primerih metoda »razveji in omeji« večinoma uporablja v kombinaciji z aproksimativnimi postopki (Gradišar, 2006, str. 15). V primeru majhnega obsega delovnih nalogov (do približno 20) je ta metoda uporabna tudi za formiranje zaporedja po pravilu »najkrajšega časa in najmanjših stroškov preurejanja«, ki skuša določiti tako zaporedje delovnih nalogov, da bo skupni čas preurejanja (s tem pa tudi stroški) najmanjši. Pravilo je zelo uporabno, saj se pogosto zgodi, da čas priprave in preurejanja delovnega mesta za izdelavo neke vrste izdelkov zavisi od zaporedja izdelave različnih vrst izdelkov. Tako so na primer v kovinsko predelovalni industriji morda nekateri polizdelki zelo podobni in potrebujejo le malo sprememb v nastavitvah stroja oz. orodja, drugi polizdelki pa so povsem različni in zahtevajo popolnoma drugačno nastavitve; v kemijski industriji določeni izdelki ne zahtevajo posebnega čiščenja procesne opreme, medtem ko je za izdelavo drugih izdelkov potrebno opremo v celoti razstaviti in očistiti. Podoben primer je tudi v lesni industriji (tudi v proizvodnji vrat v podjetju Lip Bled), npr. v lakirnici, kjer mora biti vrstni red takšen, da si toni barve sledijo od svetlejše proti temnejši, določene površinske obdelave zahtevajo popolno čiščenje opreme (Ljubič, 2006, str. 239–240);
- **Johnsonov algoritem:** zgodnje raziskave problema razvrščanja (predvsem v linijski razmestitvi) večinoma temeljijo predvsem na Johnsonovem algoritmu. Ta podaja postopek za iskanje optimalne razvrstitve, s katero dosegamo minimalni proizvodni čas in maksimalno zasedenost zmogljivosti v okolju z dvema ali tremi stroji. Operacije se morajo izvajati v istem zaporedju na istih dveh ali treh delovnih mestih (Fan & Winkley, 2008, str. 453). Uporabnost tega algoritma je dokaj omejena, saj tako idealne pogoje v praksi težko srečamo;

V omenjeni množici rešitev imamo ogromno takšnih, ki so povsem izvedljive in v celoti zadoščajo našim zahtevam in izpolnjujejo proizvodne cilje. Vse to je privedlo do uporabe metod terminiranja, ki po neki bližnjici najdejo dovolj dobro (sprejemljivo) rešitev, hkrati pa omogočajo ob prihodu novih nalogov dovolj pogosto (v realnem času) ponovne preračune s stabilnimi rešitvami (Buchmeister et al, 2008, str. 68). Najpogosteje uporabljana hevristična metoda za reševanje problema terminiranja v praksi so verjetno prednostna pravila (angl. *Priority rules*).

Z uporabo prednostnih pravil iščemo rešitev, ki ni nujno optimalna, vseeno pa daje dovolj dobre rezultate. S prednostnim pravilom priredimo vsakemu nalogu, ki je v čakalni vrsti pred določenim delovnim mestom, prednostno število. To število nadalje določa položaj naloga v čakalni vrsti glede na druge čakajoče naloge. Nalog z največjo prednostjo se prvi izvede. Prednostna pravila so lahko temeljna ali sestavljena, lokalna ali celotna, statična ali dinamična itd. Uporaba sestavljenih, seštevnihi ali množilnih vezanih pravil omogoča sočasno kompromisno doseganje več proizvodnih ciljev. Raziskave kažejo, da stopnja učinkovitosti ni večja kakor pri uporabi temeljnih prednostnih pravil (Tasič, Buchmeister & Ačko, 2007, str. 846–847).

Prednostna pravila so v praksi najbolj uporabljana zaradi enostavnosti uvedbe in majhne računske zahtevnosti.

Prednostna pravila, ki so običajno uporabljena za določanje zaporedja nalogov so (Ljubič, 2000, str. 291–293):

- prvi pride, prvi na vrsti (angl. *First Come, First Served – FCFS*). Prvi nalog, ki pride na delovno mesto, bo naslednji na vrsti za obdelavo. To je pošteno pravilo, ko nalogi prihajajo naključno in imajo podobne zahteve. Vse stranke oz. nalogi so obravnavani enakovredno, v smislu, da je prioriteta postavljena z vrstnim redom prihoda, in nobene izjeme niso dovoljene glede na dejstvo, da so nekateri nalogi oz. stranke pomembnejši kot drugi ali potrebe, da bi bili zaključeni prej kot drugi. Začetek je vedno na dan 0. Skupni proizvodni interval za vse delovne naloge je za vse primere enak, zaporedje pa ni optimalno. (Zamuda – razlika med planiranim in zahtevanim rokom izgotovitve; negativna zamuda je prehitevanje). Čeprav pri tem ni optimiranja zaporeda v vrsti, je to pravilo priljubljeno pri »ročnem« terminiranju;
- najzgodnejši datum dobave oz. najzgodnejši rok izgotovitve (angl. *Earliest Due Date - EDD*). Nalog z najzgodnejšim datumom dobave bo na vrsti naslednji. To pravilo minimira skupno zamudo vseh nalogov, ki so v obdelavi. To pravilo poudarja pomembnost rokov dobav in je torej lahko bolj ustrezno potrebam strank. Po drugi strani pa se v primeru, da je storitev nezanesljiva, stranke hitro naučijo pretentati sistem s podrejanjem nalogov z zahtevanimi nenormalno zgodnjimi roki dobav;
- najkrajši čas izvajanja (angl. *Shortest Processing Time - SPT*). Nalog, ki potrebuje najmanj časa za izdelavo (ima najkrajši pretočni čas), bo naslednji na vrsti. To sicer minimira celotni čas čakanja, vendar daljši ali bolj nujni nalogi ne morejo biti hitro izvedeni. To pravilo maksimizira pretočnost merjeno s številom obdelanih nalogov in je zato pogosto uporabljeno v proizvodnjah, ki imajo cilj maksimirati denarni tok, ker ti tokovi prihajajo prej v proces. Minimira se povprečni čas čakanja delovnih nalogov v vrsti ter povprečna zamuda;
- Pravilo najkrajšega časa izvedbe operacije (angl. *Shortest Imminent Processing Time Rule*) je analogno pravilu najkrajšega pretočnega časa za terminiranje proizvodnih procesov z eno operacijo, le da upošteva čase izvedbe operacije (čas obdelave plus pripravljalno zaključni čas). Vedno, ko se delovno mesto sprosti, naj se začne izvajati čakajoče delo z najkrajšim časom izvedbe operacije na tem delovnem mestu. V praksi je zelo popularno, saj razpored čakajočih del po tem pravilu rezultira v daleč najkrajšem povprečnem pretočnem času (za delovne naloge) in najkrajših povprečnih čakajočih vrstah, kar se odraža tudi v najmanjših medfaznih zalogah. Povzroča majhno povprečno zaostajanje in zelo majhen delež zamud kljub dejstvu, da se pri določanju prioritet ne upošteva zahtevanih rokov izgotovitve (dobavnih rokov) delovnih nalogov. Slabost pravila pa je, da povzroči, da dela z dolgimi časi izvedbe operacij zamujajo. Odriva jih namreč na konec vrste, predno pa se pomaknejo proti začetku vrste in s tem pridejo na vrsto za izvedbo, prihajajo nova dela s krajšim časom izvedbe operacij in se vrinejo v vrsto pred njimi. Ker bi tako delovni nalog z dolgim časom izvedbe operacij lahko ostal v vrsti neskončno dolgo, je treba pravilo najkrajšega časa izvedbe operacije kombinirati z drugimi pravili;

- najdaljši čas izvajanja (angl. *Longest Processing Time - LPT*). Razporedi delovne naloge v zaporedje (čakajočo vrsto) po padajočem pretočnem času. To je nasprotje pravila najkrajšega časa izvajanja. To pravilo lahko uporabimo, ko proizvodnja ni obremenjena s hitrim denarnim tokom, lahko pa je povezana s vmesnimi plačili za delno opravljeno delo. Prišlo bo do velikih zamud;
- zadnji pride, prvi na vrsti (angl. *Last Arrived, First Processed - LAFP*). Je nasprotje od »prvi pride, prvi na vrsti«. To je redko učinkovito pravilo, ker pomeni, da bodo nalogi, ki so trenutno v sistemu, morali počakati na obdelavo. Vendar pa se to pravilo uporablja, ker je nalog, ki je prispel nazadnje, lahko povezan s pomembno stranko;
- najkrajši preostali čas (angl. *Least Slack Time - LST*). Nalog z najkrajšim časom med časom, ko bomo začeli z obdelovanjem naloga, do roka dobave, bo na vrsti naslednji;
- pravilo zaporedja lansiranja (angl. *First Arrival First Served Rule - FAFS*) je varianta pravila FCFS, ki razporeja dela v vrsto v enakem zaporedju, kot so bila lansirana. Tudi to pravilo razporeda ne optimira;
- pravilo najkrajšega časa izvedbe vseh operacij (angl. *Total Work Rule - TWK*) na delovnem nalogu razvršča dela po velikosti seštevka časov izvedbe vseh operacij na delovnem nalogu. Uporabno je le v okolju, kjer imajo vsi nalogi (približno) enako število operacij; če temu ni tako, bodo delovni nalogi z velikim številom operacij ostajali na koncu čakajoče vrste, ker jih bodo izpodrivali nalogi z majhnim številom operacij;
- pravilo najkrajšega preostalega časa izvedbe (angl. *Least Work Remaining Rule - LWKR*) zahteva, da se, ko se delovno mesto sprost, začne izvajati čakajoče delo z najkrajšim preostalim časom izvedbe za na delovnem nalogu še preostale operacije. S tem dobivajo višjo prioriteto operacije proti koncu proizvodnega postopka;
- če imata dve deli, ki čakata na izvedbo na nekem delovnem mestu, enako prioriteto, bi bilo nesmiselno kot prvo sprožiti delo, ki bi v nadaljevanju čakalo na naslednjem delovnem mestu, kjer se izvaja naslednja operacija, ker je le-to prezasedeno. To upošteva pravilo najkrajšega pričakovanega časa čakanja v vrsti na naslednjem delovnem mestu (angl. *Anticipated Work in Next Queue - AWINQ*), ki delom, katerih naslednja operacija se izvaja na zelo obremenjenem delovnem mestu, dodeli nižjo prioriteto in jih pomakne v čakajoči vrsti v nazaj;
- variacija pravila najzgodnejšega roka izgotovitve operacije je pravilo najzgodnejšega modificiranega roka izgotovitve operacije (angl. *Earliest Modified Operation Due Date Rule - MDD*), ki razvršča čakajoča dela po njihovem najzgodnejšem modificiranem roku izgotovitve. Le-ta je bodisi najzgodnejši rok izgotovitve za operacijo ali njen pričakovani rok izgotovitve glede na to, kateri od njiju je kasnejši;
- kritična stopnja (angl. *Critical Ratio - CR*). Je bolj sofisticirana verzija pravila »najkrajši preostali čas«, ker računa razmerje med časom, ki je na razpolago za izvedbo in preostalim pretočnim časom, tako da lažje primerjamo naloge z različnimi časi izvajanja. Kritično razmerje večje od 1 pomeni, da delovni nalog prehiteva terminski plan. Če je kritično razmerje manjše od 1, delovni nalog zaostaja za planom, če pa je negativno, je nalog zamujen. Pravilo je uporabno zlasti v okolju, kjer so časi medoperacijskih zastojev na posameznih delovnih nalogih različni (npr. transport obdelovancev med delavnicami);

- preostali čas čakanja v vrsti upošteva pravilo razmerja čakanja v vrsti (angl. *Queue Ratio Rule – QR*). Tudi v tem primeru velja, da razmerje čakanja v vrsti, ki je večje od 1, kaže na delovni nalog, ki je pred rokom po terminskem planu, razmerje čakanja v vrsti enako 1 pa, da nalog poteka usklajeno s terminskim planom. Nalog zaostaja, kadar je razmerje čakanja v vrsti manjše od 1, če pa je to razmerje 0 ali negativno, pa delovni nalog zamuja.

Katero načelo bomo uporabili, je odvisno od kriterija, ki ga hočemo zadovoljiti. Najbolj osnovni trije kriteriji so izkoriščenost opreme in ljudi, obseg zalog nedokončane proizvodnje in stopnja realiziranja planiranih dobavnih rokov. Možna je tudi uporaba kombinacij načel. Primer take kombinacije je npr. uporaba načela najkrajših izdelovalnih časov na začetnih delovnih mestih in minimalne kritične stopnje na končnih delovnih mestih pri proizvodnji, za katero je značilen prevladujoč vrstni red izvajanja operacij. Načela se lahko tudi spreminjajo (Rusjan, 1999, str. 223).

Ostale hevristične metode reševanja problema terminiranja so tudi:

- **genetski algoritmi:** (angl. *Genetic algorithms*) kot najbolj razširjeni evolucijski algoritmi so postali izjemno popularno sredstvo za hevristično reševanje optimizacijskih problemov. Bazirajo na ideji biološke evolucije organizmov (po Darwinu), kjer najboljši (selekcija rešitev) preživijo, nove generacije (populacija oz. množica rešitev) nastajajo s križanjem ali mutacijo. Rešitve se ne iščejo po vnaprej določenih poteh, sočasno se obravnava množica rešitev (Buchmeister et al, 2008, str. 69). Genetski algoritmi so v praksi univerzalni, mogoče jih je uporabljati tudi na problemih razvrščanja, katerih strukturne lastnosti niso poznane. Dokaj enostavno jih je programirati in pogosto dajo dobre globalno optimalne rešitve. Težava pa je v tem, da je čas računanja lahko zelo dolg (Ljubič, 2006, str. 263). Buchmeister in avtorji (2008, str. 69) menijo, da je metoda primerna za razvrščanje manjšega do srednjega števila delovnih nalogov (pod 100);
- **tehnike mrežnega planiranja:** največ se uporabljajo pri planiranju projektov. Obstaja veliko tehnik mrežnega planiranja. Te tehnike dajejo managerjem osnovo za odločanje, kako bodo uporabili vire za doseganje časovnih in stroškovnih ciljev. Omogočajo pregled pri izvajanju med seboj povezanih aktivnosti. Omogočajo identifikacijo najdaljših ali kritičnih poti – tistih, od katerih je odvisen končni rok izdelave izdelka oz. zaključka projekta (Kerzner, 2001, str. 494);
- **metoda lokalnega iskanja:** je v zadnjih letih vse bolj splošno uporabljana metoda za reševanje kombinatoričnih optimizacijskih problemov. Hevrizmom lokalnega iskanja pogosto pravimo tudi metahevrizmi (angl. *meta-heuristics*). Primarno so zasnovani kot metoda, ki postopoma izboljšuje začetno slabo rešitev do tega nivoja, da pride do skoraj optimalne rešitve (Błażewicz, Ecker, Pesch, Schmidt & Węglarz, 2007, str. 37). V vsakem koraku se izvede sprememba trenutne rešitve, kar privede do skoraj optimalne rešitve. Vselej izberemo potezo, ki najbolj popravi vrednost kriterijske funkcije (Buchmeister et al, 2008, str. 70);
- **simulirano ohlajanje:** (angl. *Simulated Annealing*) je metoda lokalnega iskanja, ki z neko verjetnostjo dovoli izbor trenutno slabših rešitev (za preprečevanje ustavitve pri lokalnem

- optimumu), a se ta verjetnost sčasoma zmanjša. Ideja prihaja iz termodinamike (ohlajanje taline; molekule z višjo temperaturo lažje preidejo v druga stanja, z ohlajanjem pa vse manj);
- **tabu iskanje:** (angl. *Tabu Search*) iskanje s tabu seznamom (postopek prepovedanih rešitev) deluje nad podano začetno rešitvijo. Omogoča lokalno optimizacijo. Dinamični seznam prepovedanih rešitev (tabujev) se uporablja zato, da se preiskovanje ne zacikla. Pri vsakem koraku izberemo najboljšega sosedo trenutno najboljše rešitve, ki ni na tabu seznamu. To naredimo tudi, če je nova rešitev slabša. Po vsakem koraku dopolnimo tabu seznam, ki vsebuje pregledane rešitve. Ker smo vedno blizu trenutne rešitve, je pomembno obdržati raznolikost rešitev (Buchmeister et al, 2008, str. 70);
 - **kolonija mravel:** metoda povzema sposobnost mravelj, ki so v naravi sposobne najti najkrajšo pot od izvora hrane do mravljišča brez uporabe vizualnih informacij. Svoje poti označijo s feromoni (vonj), boljša pot ima več oznak (sledilci), ki sčasom seveda izgubljajo na jakosti. Sposobne so se tudi prilagoditi spremembam v okolju, npr. najti novo najkrajšo pot, ko trenutno preseka ovira. Metoda dosega pri zapletenih problemih slabše rezultate in je potreben še nadaljnji razvoj (Buchmeister et al, 2008, str. 70);
 - **teorija mehke logike:** (angl. *Fuzzy logic*) je bila tudi uporabljena pri razvoju hibridnih pristopov k terminiranju. Uporabna je lahko pri reševanju problema terminiranja, kjer nastopajo negotovi proizvodni časi, omejitve ali pa nastavitveni časi. Te nezanesljivosti so lahko predstavljene s pripadnostno funkcijo. Običajno je ta metoda integrirana s kako drugo, npr. genetskimi algoritmi (Gradišar, 2006, str. 17).
 - **nevronske mreže:** delujejo po vzoru možganov. Osnovni gradniki – nevroni so pragovne funkcije, ki imajo več različno uteženih vhodov in en izhod. Po povezavah si nevroni pošiljajo signale. Če je vsota vhodnih signalov zadostna, se na izhodu nevrona pojavi signal. Predelava informacij se kaže v razpoznavanju vzorcev. Funkcije so nelinearne, z več vhodi in več izhodi. Uteži, povezave in prag se oblikujejo z učenjem. Tako se ti parametri nevronske mreže spreminjajo, dokler ni mreža sposobna optimalno rešiti podani problem. Bistvo nevronske mreže je v učenju, saj same ugotovijo pravilo, ki povezuje izhodne podatke z vhodnimi. Zato se lahko naučijo več in bolje kot človek (Buchmeister et al, 2008, str. 70).
 - **hibridni sistemi:** so bili razviti v zadnjem desetletju in kombinirajo dobre lastnosti posameznih metod ter dajejo še boljše rezultate. Poznani sistemi so: genetski algoritmi in lokalno iskanje, genetski algoritmi in tabu iskanje, nevronske mreže in tabu iskanje oz. kombinacije navedenih metod z drugimi hevrističnimi metodami, predvsem pri generiranju dobre začetne rešitve. Večina metod namreč začne z naključno izvedljivo rešitvijo (Buchmeister et al, 2008, str. 70).

Linearno in celoštevilsko programiranje je bilo dolgo sprejeto kot uspešna tehnika v procesni industriji, toda njihova uporabnost v drugih industrijah je omejena. Metoda »razveji in omeji« in genetski algoritmi bi sicer lahko rešili problem terminiranja, vendar pa bi v realnem okolju lahko trajalo zelo dolgo, preden bi naredili razvrstitev. Hevrizmi so dobro poznani in sprejeti v večini proizvodnih okolij in so se razvijali več let. Večina sistemov za terminiranje uporablja hevrizme za lokalno optimizacijo razvrstitve na vsaki točki odločanja. Takšne razvrstitve so dobre in izvedljive, ni pa verjetno, da bi bile optimalne (Shires, 2005). Kljub omejitvam, ki jih imajo genetski algoritmi, pa jih kot eno izmed metod za reševanje problema terminiranja uporablja tudi

SAP v svojem modulu za terminiranje APO (Advanced Planer & Optimizer) (SAP, 2010, str. 15). Ponudniki APS sistemov običajno ne razkrivajo katere algoritme so uporabili pri planskih algoritmih.

6 PROBLEMATIKA TERMINIRANJA V PRAKSI

Zahtevnost uvedbe terminiranja je v praksi pokazala na številne probleme. Npr. razvrstitve, ki temeljijo na tej tehniki se pogosto spreminjajo s strani operaterja in niso dejansko izvedene v obratu, pogosto temeljijo na poenostavljenih predstavah o obratu in tako so možne nasprotujoče si omejitve. Nekatere tehnike tudi ne računajo na motnje in je v primeru, da se te pojavijo, potrebno ponovno kompletno prerazvrščanje. To lahko vodi v nesprejemljive odzivne čase. Ker je kakovosten plan težko doseči, je prednosti terminiranja težko dokazati planerjem in operaterjem v obratu. Tako so te tehnike lahko zavrjene s strani planerjev in operaterjev. Specifične prednosti in slabosti znanja zaposlenih so pogosto podcenjene pri implementaciji terminiranja (Stoop & Wiers, 1996, str. 37).

Problemi terminiranja v realnem življenju so običajno precej drugačni od matematičnih modelov, ki so jih razvili raziskovalci v akademskih krogih in v industrijskih raziskovalnih centrih. Težko je kategorizirati vse razlike med realnimi problemi in teoretičnimi modeli, ker ima vsak praktični problem svoje posebnosti. Teoretični model običajno predpostavlja, da mora biti n nalogov razvrščenih in potem, ko teh n nalogov razvrstimo, je problem rešen. V realnem svetu je lahko v določenem trenutku v sistemu n nalogov, toda vsak dan (teden ali mesec) so dodani novi nalogi. Terminiranje trenutnih n nalogov mora biti (Pinedo & Seshadri, 2001, str. 1732–1733) izvedeno brez popolnega vedenja o tem, kaj se bo zgodilo v bližnji prihodnosti. Kljub temu pa moramo sprejeti določene ukrepe, da se pripravimo na nepričakovano. Dinamična narava problema terminiranja tako zahteva, da npr. v razvrstitve vključimo čas čakanja.

Modeli običajno ne poudarjajo problema ponovnega razvrščanja. V resničnem življenju se ta problem pogosto pojavlja. Imamo razvrstitev, ki je bila narejena na določenih predpostavkah; potem se zgodi (nepričakovan) dogodek, ki zahteva večji ali manjši popravek. Proces ponovnega terminiranja (replaniranje, rerazvrščanje) mora ustrezati določenim omejitvam. Npr. včasih želimo držati spremembe v obstoječi razvrstitvi na minimumu, čeprav na ta način ne dosegamo optimalne razvrstitve. V primeru nepričakovanega dogodka se je potrebno odločiti ali bomo problem reševali s ponovnim terminiranjem ali s prilagoditvijo stare razvrstitve novi situaciji. V primeru ponovnega terminiranja je potrebno zelo paziti na učinkovitost izračunavanja algoritmov ali hevrizmov z namenom, da dosežemo najboljše odzivne čase v realnem času (Halevi, 2001, str. 258).

Teoretični modeli običajno ne upoštevajo omejitev. V modelih je nalog lahko ali pa ne more biti izveden na določenem stroju. V praksi pa se pogosto zgodi, da je nalog lahko razvrščen na določen stroj, toda obstaja preferenca in iz takšnega ali drugačnega razloga ni razvrščen na ta stroj; razporejanje na ta stroj pa bi bilo realizirano samo v nujnih primerih. Večina teoretičnih raziskav je bila osredotočenih na modele z enim ciljem. V praksi seveda operiramo s številnimi

cilji. Ne le da imamo več ciljev, ampak se njihova pomembnost skozi čas spreminja in je lahko celo odvisna od odgovorne osebe.

Kljub razvoju številnih teorij o terminiranju je vpliv akademskih raziskav na terminiranje v industriji ostajal zelo skromen. Iz številnih poročil v literaturi lahko sklepamo, da je kompleksnost in nestabilnost proizvodnih sistemov še vedno podcenjena v številnih teoretičnih modelih terminiranja. Proces terminiranja je v večji meri prisoten v stabilnem in predvidljivem okolju. Pri zasnovanju sistema terminiranja morajo biti upoštevane tudi negotovosti in v primeru motenj mora biti sistem terminiranja zmožen popraviti zadevni del razvrstitve in preveriti, ali je rezultat terminiranja izvedljiv. Pinedo (2008, str. 428–431) ugotavlja, da večina teoretičnih modelov terminiranja ne rešuje dovolj učinkovito problema terminiranja. Našteva 12 razlik med teoretičnim in praktičnim terminiranjem in pravi, da je nasprotno kot v teoretičnih modelih v realnem svetu:

1. novi nalogi konstantno prihajajo v sistem;
2. problem ponovnega terminiranja je zelo pomemben;
3. kompleksnost je na zelo visokem nivoju;
4. različni nalogi imajo različne prioritete, ki se skozi čas spreminjajo;
5. prednost pri izbiri strojev je pomembna;
6. razpoložljivost strojev je definirana z izmenami;
7. funkcije penalov niso linearne;
8. pogosto zasledujemo več kot en cilj;
9. vložki v terminiranje (npr. razpoložljiva zmogljivost) so lahko spremenljivi;
10. časi procesiranja ne sledijo statističnim distribucijam;
11. časi procesiranja na enem stroju so pogosto v pozitivni korelaciji;
12. časi procesiranja se lahko spreminjajo glede na učenje na stroju.

Wiers (1997, str. 6) navaja 4 razloge za majhno uspešnost pri uvajanju terminiranja:

1. kompleksnost problema;
2. medsebojna odvisnost problemov terminiranja z drugimi kontrolnimi funkcijami;
3. negotovost;
4. manjkajoča povezava med matematičnimi optimizacijami in realno proizvodnjo, ki jo dosežejo ljudje s svojimi izkušnjami.

6.1 Motnje pri izvedbi plana

Obdobje termenskega planiranja je časovno zelo blizu, zato morajo biti terminski plani izdelani z veliko zanesljivostjo. Nepredvidenih dogodkov v tem obdobju običajno ni veliko; največkrat gre pri tem za izpade posameznih delovnih mest zaradi nepredvidenih okvar (ali izpada energetskih virov), za pomanjkanje posameznih vrst materiala in za nepredvideno odsotnost delavcev. S smotrnim vodenjem proizvodnega procesa (npr. s spremljanjem tehničnega stanja delovnih sredstev in planiranjem vzdrževalnih posegov, z natančnim planiranjem materialnih potreb in

potreb po orodjih ipd.) lahko dosežemo, da do večine takih dogodkov sploh ne pride (Ljubič, 2000, str. 273).

Večina odmikov med planirano proizvodnjo in dejansko izvedbo je negativnih, kar pomeni, da je dejanska realizacija slabša od pričakovane. Pričakovanja o prihodnjih izvedbah so pogosto preveč optimistična. V obratu se dnevno pojavlja veliko motenj, ki povzročajo odstopanja. Te motnje lahko razdelimo na tri kategorije:

1. motnje, povezane z zmogljivostmi;
2. motnje, povezane z naročili;
3. motnje, povezane s podatki.

Splošna značilnost prvih dveh motenj je, da sta nepričakovani. Drugi pojavi, ki lahko negativno vplivajo na izvedbo (kot so počitnice in izobraževanje operaterjev ter preventivno vzdrževanje), niso smatrane kot prave motnje, ker jih lahko vnaprej upoštevamo pri terminiranju. Motnje zmogljivosti lahko razdelimo na motnje na zmogljivostih strojev (npr. okvare strojev), motnje povzročene s strani operaterjev (npr. bolezen operaterja) in motnje na zmogljivostih orodij. Pogosto motnje na zmogljivostih povzročijo resne probleme. Takojšnje rešitve je treba poiskati s pomočjo fleksibilnosti operaterjev in z uporabo alternativnih poti.

Z vidika naročniške proizvodnje so problematične zamude naročil zaradi npr. manjkajočih materialov (ali na primer posebni dizajni). V številnih proizvodnih oddelkih uporabljajo pravilo določanja vrstnega reda, ki je velikokrat zelo enostavno in lahko se zgodi, da se operaterji ne držijo pravil in s tem vplivajo na izvedbo (še posebej motnje pri delu, kjer je razpoložljiv čas omejen, povzročajo nezanesljive dobave). Če v procesu terminiranja nedvoumno definiramo zaporedje, bo izvedba razvrstitve pod vplivom teh deviacij. Drug primer motenj, povezanih z naročili, je dospelje nujnih naročil. Ta naročila povzročajo zakasnitve na drugih naročilih, ki so že bila lansirana v proizvodnjo. Primer motnje, povezane z naročili, je tudi dodatno delo, ki mora biti razvrščeno zaradi izmeta. Včasih pričakovani izmet že vračunamo pri lansiranju naročil, vendar pa je dejanski izmet lahko popolnoma drugačen in ko se pojavlja, povzroča zamude (Stoop & Wiers, 1996, str. 41).

Motnje lahko nastajajo zaradi napak narejenih že v predhodnih fazah planiranja. Tako se lahko zgodi, da operiramo z napačnim podatkom o stanju zaloge materiala. Če je ta podatek napačen bomo že v MRP fazi planiranja naredili napako, ki se največkrat ugotovi šele pri izvedbi. Enako velja za pričakovane dobave materialov, ki jih lahko upoštevamo pri izdelovanju razvrstitve in so potem v praksi drugačne. Problematične so tudi nepopolne specifikacije izdelkov in posledično nepopolne sestavnice in tehnološki postopki. V tehnološkem postopku je tako lahko predvidena povsem drugačna pot izdelka, kot je potem dejanska, kar pomeni, da je sistemska razvrstitev napačna. Veliko je logističnih težav. Primer je neustrezno definirana kakovost materiala, kjer ima vsak udeleženec v nabavni verigi svojo definicijo o pravi kakovosti. Rezultat so lahko velike količine zavrženega materiala (Van Welle, 2005, str. 223).

Primer motnje, povezane z merjenjem podatkov, je izdelavni čas, ocenjen s strani oddelka priprave proizvodnje oz. koga drugega, odvisno od organizacije v podjetju. Planerji, ki se soočijo z veliko negotovostjo izdelavnih časov oz. časov procesiranja pogosto ugotovijo, da razvrstitev, ki je optimalna glede na deterministični ali stohastični model terminiranja, pomeni precej slabo izvedbo glede na aktualne izdelavne čase. Ta tip motnje je precej pogost v podjetjih, ki izvajajo razvoj in izdelavo po naročilu, ker nimajo preteklih podatkov o izdelavnih časih za novo razvite izdelke ali komponente. Definiranje učinkovitosti zmogljivosti je še en primer problematičnega merjenja podatkov. Razlog za ta specifičen primer je, da je definicija zmogljivosti pogosto nejasna.

Za motnje, povezane z merjenjem podatkov, obrat ali proizvodnja ne moreta biti odgovorna. Rešitev za takšne motnje je treba poiskati v drugih oddelkih, kot je npr. oddelek priprave proizvodnje. Druge vrste motenj so pogosto bolj kvalitativne narave kot kvantitativne, zaradi česar je težko ovrednotiti vpliv določene motnje na izvedbo (Stoop & Wiers, 1996, str. 41). Vse te motnje je potrebno stalno kontrolirati in spremljati, to pa je predmet kontrole proizvodnje.

6.2 Kontrola proizvodnje

Kontrola oz. spremljanje proizvodnje nam da odgovor na vprašanje »Kaj smo dejansko naredili?«. Spremljanje dejanskega začetka in konca za vsako operacijo zagotavlja ključno povezavo med planirano razvrstitvijo in tem, kar se dejansko dogaja v obratu.

Za učinkovito kontrolo operacij je nujna dobra komunikacija, torej učinkovito zbiranje in posredovanje informacij. Tako je po eni strani potrebno dati informacije iz planov tistim, ki operacije izvajajo, po drugi strani pa je potrebno zagotoviti spremljanje napredovanja vsakega posameznega naročila oz. izpolnjevanje planiranega. Na podlagi teh povratnih informacij se izvajajo tudi prilagoditve planov in terminiranja operacij, ko je to nujno ali pa smiselno (Rusjan, 1999, str. 202).

Hkrati pa proces spremljanja proizvodnje daje tudi povratne informacije o nekaterih ključnih podatkih, potrebnih za terminiranje operacij v prihodnosti. Tak primer je čas izdelave, kjer se lahko izkaže, da je v realnosti drugačen, kot smo predpostavili v tehnološkem postopku. Nujno je torej zagotoviti povratne informacije o dejanskem poteku izvajanja. Poleg dejanskega začetka in konca izvajanja operacije so druge povratne informacije še npr. informacije o stanju zalog, naročenih materialih, razpoložljivih zmogljivostih, informacije o deležih slabih proizvodov.

Operaterji v proizvodnji bi se morali držati predpisanega zaporedja operacij. Samovoljno spreminjanje zaporedja ima lahko zelo negativne posledice za ostale oddelke oz. delovna mesta, saj je razvrstitev običajno narejena tako, da gleda obrat kot celoto. Pri uvajanju sistema za terminiranje operacij je včasih težko doseči, da se operaterji res držijo tega, saj razvrstitev ni nujno optimalna za njegov stroj oz. njegovo delovno mesto in pomeni odmik od prakse, ki se je izvajala pred uvedbo sistema za podrobno terminiranje operacij.

Podatke iz proizvodnje je mogoče zajemati in zbirati na več načinov: lahko se vnašajo ročno, lahko se zajemajo neposredno iz strojev, lahko pa se zbirajo z registracijo različnih dogodkov. Vse načine pa je mogoče tudi združiti, tako da se medsebojno dopolnjujejo. Najbolj pogosti podatki pri ročnem spremljanju so (Kleindienst, 2004, str. 5):

- začetek in konec dela;
- številka delovnega naloga;
- številka operacije;
- oznaka stroja ali delovnega mesta;
- številka delavca;
- število kosov (dobri, slabi, dodelani, popravljeni ...);
- število, trajanje in tip večjih zastojev;
- specifikacija izmeta.

Pri samodejnem zajemanju podatkov se vsi podatki pridobivajo samodejno, brez posredovanja operaterjev. Delovanje strojev običajno nadzorujejo krmilniki in ti lahko vodijo tudi podatke o različnih časih, alarmih in številu izdelanih kosov. Krmilniki podatke pošiljajo nadzornemu računalniku. Posamezni stroji se v sistem avtomatskega spremljanja vključujejo iz več razlogov (Kleindienst, 2004, str. 7):

- stroški delovanja stroja so veliki, zato je potrebno zaradi boljše izrabe le-tega natančno spremljati njegovo delovanje;
- stroj predstavlja ozko grlo in je potrebno stalno nadzorovati njegovo učinkovitost;
- stroj že brez posegov nudi zadovoljive podatke, stroški vključitve v sistem avtomatskega spremljanja pa so nizki;
- za stroj je potrebno shranjevati različne parametre izdelovanja, ki se kasneje uporabljajo za nadzor kakovosti izdelkov.

Beleženje proizvodnih dogodkov predvideva sodelovanje sodelavcev in mora biti izvedeno tako, da je vnos posameznih dogodkov čim hitrejši in čim enostavnejši. Vnosna mesta je zato potrebno približati delavcem – tako v funkcionalnem kot v fizičnem smislu. Informacijski sistem mora biti zasnovan tako, da ga delavci uporabljajo brez večjih naporov med delom, hkrati pa mora nuditi kakovostne informacije o poteku dela v proizvodnji. Delavci tako prijavljajo različne dogodke: začetek dela, konec dela, začetek zastoja, konec zastoja, začetek vzdrževalnega dela, konec vzdrževalnega dela.

Za zajemanje podatkov v proizvodnji so na voljo številne tehnologije, pri izbiri pa je potrebno zagotavljati naslednje cilje:

- vse informacije morajo biti predstavljene na kratek, jednat in razumljiv način;
- vnos podatkov mora biti hiter in enostaven;
- vnos podatkov mora biti zasnovan tako, da je možnost napak ali zlorab čim manjša;
- povratna informacija mora biti na voljo v kratkem času;

- celoten postopek vnosa podatkov ne obremenjuje poslovnega procesa;
- sistem mora delovati 24 ur vseh 7 dni v tednu, v primeru izpada posameznih sklopov pa je potrebno zagotoviti nadomestilo.

Sistem, ki ne zadovoljuje vseh zastavljenih ciljev, je lahko neučinkovit, moteč za poslovni proces ali pa ne daje potrebnih in pravih podatkov. Na voljo so naslednji sistemi:

- sistemi črtne kode;
- radiofrekvenčna identifikacija (angl. *Radio Frequency Identification – RFID*);
- alfanumerični terminali;
- osebni računalniki;
- prilagojeni osebni računalniki.

Zbiranje podatkov za potrebe spremljanja proizvodnje je vključeno neposredno v proizvodni proces. Izvedeno mora biti tako, da ga čim manj obremenjuje. Na poti podatka od njegovega nastanka do izročitve informacijskemu sistemu je mogoče uporabiti različne tehnologije. Proizvodni podatki ob zajemu pogosto nimajo še nobene vrednosti za sam poslovni informacijski sistem. Z njihovim zbiranjem, obdelavo in kombiniranjem pa postanejo pomemben vir informacij o stanju in dogajanju v proizvodnji (Kleindienst, 2004, str. 2).

7 INFORMACIJSKA PODPORA TERMINIRANJA OPERACIJ

Ob vsej množici podatkov je tako planiranje kot terminiranje proizvodnje brez ustrezne informacijske podpore praktično nemogoče. Šele razvoj računalniške podpore je omogočil razmah terminiranja operacij v praksi. V zadnjem času so razvili številne sisteme za napredno planiranje in terminiranje, ki so učinkovita orodja za podporo terminiranja proizvodnje. Moduli za podporo terminiranja so lahko del poslovnih informacijskih sistemov (angl. *Enterprise Resource Planning – ERP*) ali pa gre za sisteme za napredno planiranje in terminiranje (angl. *Advanced Planning and Scheduling - APS*), ki so lahko dopolnilo ERP, ali pa delujejo samostojno.

Danes se ERP pojavlja v skoraj vseh tipih organizacij ne glede na razširjenost operacij. Čeprav bi idealni ERP sistem moral podpirati večino, če ne vseh, poslovnih procesov v podjetju, je na področju proizvodnje in še bolj na področju terminiranja proizvodnje, zaznati pomanjkanje podpore. To se dogaja kljub dejstvu, da je večina bolj poznanih ERP-jev (R/3 SAP, Oracle, People Soft in Baan) po letu 2000 vključila orodja za napredno planiranje in terminiranje, ki običajno temeljijo na teoriji omejitev (angl. *Theory of Constraints*) (Metaxiotis, Psarras, & Ergazakis, 2003, str. 223).

Funkcija terminiranja deluje vzajemno z drugimi funkcijami v podjetju. V tem kontekstu je izdelava izvedljivega optimalnega (kolikor je mogoče) proizvodnega plana brez podpore informacijskega sistema težavno dolgotrajno opravilo, ki zahteva veliko znanja o vseh podatkih in parametrih proizvodnega sistema v vsakem času, poleg tega pa tudi specifična znanja na

posameznih področjih. Dodatno velikokrat vodja proizvodnje brez orodja za podporo odločanja ni v stanju doseganja cilja terminiranja po različnih kriterijih, ker si ti kriteriji lahko medsebojno nasprotujejo. Na primer, zadovoljitev najbolj pomembnih kupcev je lahko v konfliktu s ciljem doseganja rokov dobav in to se odraža v prihodnjih odlaganjih dobav za določene kupce, ki so zaradi določenih razlogov manj pomembni za proizvodno podjetje (Metaxiotis et al, 2003, str. 223–225).

Razlogi za počasen razvoj ustreznih orodij za podporo odločanja na področju terminiranja operacij so:

- iz tehničnega vidika je problem terminiranja proizvodnje, znanstveno dokazano eden najtežjih, če ne celo najtežji problem v teoriji optimiranja. Pri problemih v realnem življenju, kjer je število virov in različnih vrst omejitev zelo veliko, postane postopek njihovega obvladovanja ekstremno težaven;
- iz vidika razvoja, so težave povezane neposredno z modeliranjem praktičnih problemov terminiranja in različnih načinov predstavljanja informacij in znanja. Prisotnost dinamičnih spremenljivk, kot so okvare strojev in orodij, odpovedi naročil, spremembe datumov odprem in stohastično prilagajanje nalogov, povečuje kompleksnost modela;
- velika raznovrstnost proizvodnih sistemov, ki jih danes najdemo v praksi, predstavlja kot nemogoč vsak poskus splošne metode reševanja problema terminiranja proizvodnje.

Ker so se tradicionalni centralizirani mehanizmi za planiranje in terminiranje proizvodnje izkazali za premalo fleksibilne, da bi se lahko odzvali na spreminjajoče proizvodne stile in zelo dinamične variacije v zahtevnosti produktov, so se številni proizvajalci odločili prilagoditi svoje rešitve. V praksi so bile razvite in dokumentirane številne aplikacije ekspertnih sistemov na področju planiranja in terminiranja.

7.1 Splošna struktura sistemov terminiranja

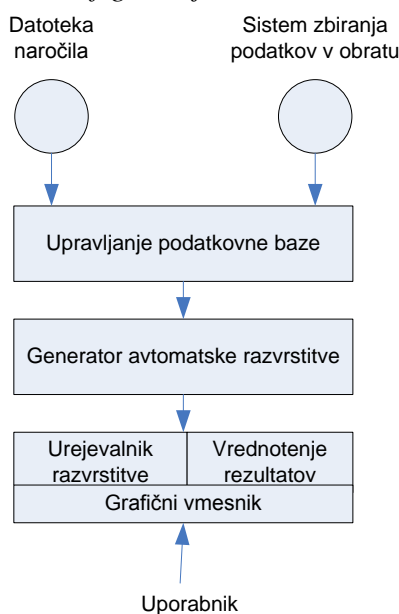
V zadnjih desetletjih so bili razviti številni računalniški sistemi terminiranja in številni od njih sedaj delujejo v različnih panogah. Iz številnih razlogov se ta implementacija običajno izkaže za vsaj tako zahtevno kot dejanski razvoj sistema. Razvoj teh sistemov je našel mesto tako v razvojnih oddelkih proizvodnih podjetij kot tudi na univerzah. Računalniški sistem terminiranja je običajno zgrajen iz treh modulov (Slika 15):

1. modul za upravljanje podatkovnih baz,
2. modul za generiranje razvrstitve,
3. uporabniški vmesnik.

Vsi trije deli igrajo ključno vlogo v funkcionalnosti sistema. V praksi je običajno potrebnih ogromno naporov, da naredimo podatkovno bazo podjetja primerno kot vložek v sistem. Da naredimo bazo ažurno, konsistentno in celotno, je običajno potrebno narediti veliko testov preden so podatki primerni za uporabo. Ta modul ima lahko možnost manipulacije s podatki,

izdelave različnih statističnih analiz in omogoča uporabniku, da vidi podatke v obliki grafov. Modul generiranja razvrstitve vključuje formulacijo ustreznega modela, formulacijo ciljne funkcije in/ali omejitev in (opcija) razvoj algoritmov. Uporabniški vmesnik (angl. *Graphical User Interface*) je zelo pomemben, še posebej z ozirom na proces implementacije. Brez dobrega uporabniškega vmesnika obstaja velika verjetnost, da sistem nikoli ne bo zaživel, kljub dobrim zmogljivostim terminiranja. Uporabniški vmesnik je običajno v obliki elektronskega Ganttovega diagrama s tabelami in grafi, ki omogočajo uporabniku, da obdeluje generirane razvrstitve. Takšnemu elektronskemu gantogramu pravimo tudi planska tabla. Ko uporabnik obdeluje razvrstitev, ki jo generira sistem, ima običajno možnost opazovati vpliv njegovih sprememb in tudi primerjavo večih razvrstitev med seboj in izdelavo naprednih kaj-če analiz.

Slika 15: Konfiguracija sistema terminiranja



Vir: L.M. Pinedo & S. Seshadri, *Handbook of industrial engineering: technology and operations management*, 2001, str. 1735.

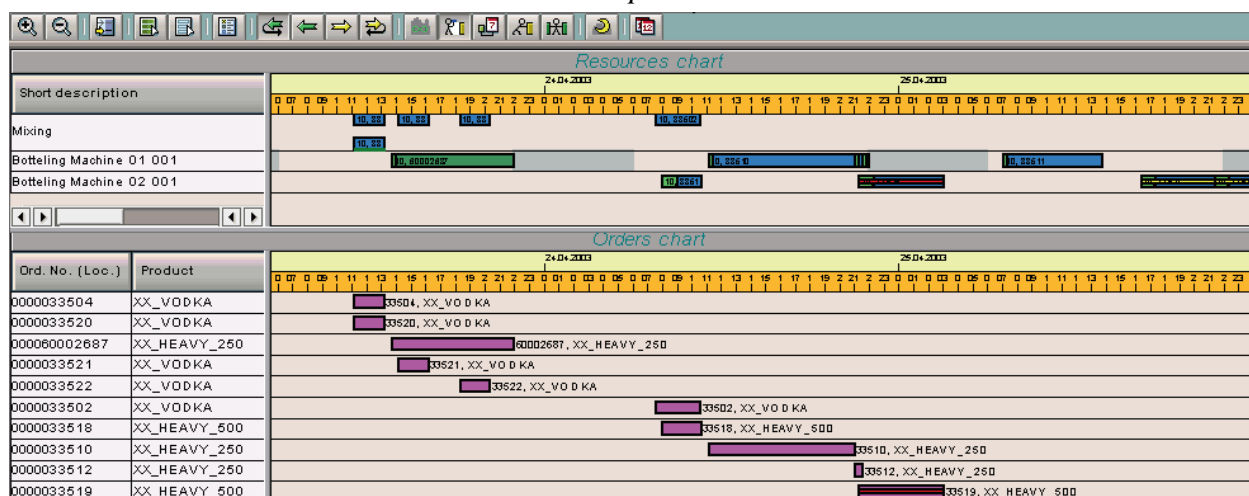
Slika 16 je ekranska slika planske table iz programskega paketa za terminiranje proizvodnje SAP APO (Advanced Planer & Optimizer). Vertikalna os lahko prikazuje številne vire (stroji, delovni centri), ki lahko izvajajo operacije v tovarni. Iz Slike 16 je razvidno, kako si aktivnosti časovno sledijo, koliko časa je na razpolago za posamezno aktivnost ter koliko je rezervnega časa, kako se nekatere od aktivnosti prekrivajo in kakšen je čas za izvedbo aktivnosti. Prikaz je enostaven, lahko razumljiv in preprost za spremljanje (kontrolno). To so glavne prednosti gantogramov. Sodoben gantogram oz. planska tabla lahko prikazuje medsebojne odvisnosti med aktivnostmi, rezervne čase posameznih aktivnosti in kritične poti.

Številni pomembni elementi planske table so razvidni iz Slike 16:

- viri: viri so prikazani na levi strani diagrama kot obarvani stolpci označeni z kodami virov;
- časovna premica: na vrhu planske table je neprekinjena časovna premica z datumi;

- delovni koledar: sivo obarvana področja v Ganttovem diagramu predstavljajo časovne periode, v katerih so viri lahko v uporabi oz. delajo. Nerazpoložljiv čas (npr. dopusti, premori, planirano vzdrževanje itd.) je prikazan s svetlim ozadjem;
- operacije: obarvani pravokotniki v jedru Ganttovega diagrama predstavljajo posamezno operacijo, ki je bila razvrščena. Glede na pozicijo operacije v Ganttovem diagramu lahko vidimo, katere vire uporablja operacija, kdaj se bo operacija začela in končala kot tudi nastavitveni čas operacije. Tekst na obarvanem pravokotniku prikazuje različne informacije, kot je npr. šifra operacije, predmet, ki ga obdelujemo in proizvodjalna količina;
- proizvodna naročila (proizvodni nalogi): operacije, ki pripadajo istemu proizvodnemu naročilu so lahko obarvane z isto barvo.

Slika 16: Ekranska slika planske table v SAP APO



Vir: J.T. Dickersbach, *Supply chain management with APO: structures, modelling approaches, and implementation peculiarities*, 2009, str. 340.

Značilnosti sodobnih elektronskih Ganttovih diagramov (Asprova, 2008):

- možnost prestavljanja operacij;
- spreminjanje delovnih koledarjev direktno v meniju;
- spreminjanje stolpcev in vrstic z miško;
- povečevanje in zmanjševanje;
- enostaven prehod na druge poglede in tabele;
- prilagajanje izpisanih tekstov;
- prilagajanje barvne sheme;
- prilagajanje vrstnega reda prikaza virov;
- filtriranje virov, ki so prikazani;
- poseben način prikaza zamujenih operacij;
- poseben način prikaza kršitev vrstnega reda operacij;
- prikazovanje časa nastavitve;
- prikazovanje linij, ki prikazujejo časovne omejitve med dvema operacijama.

Glede generiranja razvrstitev poznamo več pristopov. Dva od teh si zaslužita podrobnejšo obravnavo. Prvemu, katerega uporaba prevladuje med industrijskimi inženirji in raziskovalci proizvodnje, lahko rečemo algoritmični pristop. Drugi, ki ga pogosto uporabljajo računalniški strokovnjaki in eksperti za umetno inteligenco, je običajno imenovan pristop na osnovi baze znanja. V zadnjem času sta se ta dva pristopa začela približevati drug drugemu in razlike so postale precej zamegljene. Nekateri hibridni sistemi razviti v zadnjem obdobju uporabljajo baze znanja kot tudi precej sofisticirane hevristične metode.

Prvi pristop običajno zahteva matematično formulacijo problema, ki vključuje cilje in omejitve. Algoritem lahko temelji na katerikoli tehniki ali kombinaciji tehnik. Uporabnost te rešitve temelji na vrednosti ciljev in kriterijev učinkovitosti. Ta oblika generiranja razvrstitve je pogosto sestavljena iz treh segmentov. V prvem segmentu se naredi določena predobdelava. V tem segmentu se naredi analiza problema, številni statistični parametri so podani, kot npr. povprečni čas izvajanja, maksimalni čas izvajanja, spremenljivost roka dobave. Drugi segment sestavljajo dejanski algoritmi (in hevrizmi). Struktura algoritma je odvisna od statističnih parametrov podanih v prvem segmentu. Tretji segment lahko vsebuje poobdelavo. Rešitev, ki je rezultat drugega segmenta, je vključena v določene procedure, da vidimo, ali so možne kakšne izboljšave (Pinedo & Seshadri, 2001, str. 1736).

Drugi pristop se v številnih pogledih razlikuje od prvega. Ta pristop je pogosto bolj povezan z osnovnimi strukturami problemov, ki jih ne moremo enostavno analitično opisati. Ta pristop je pogosto uporabljen, ko je le potrebno najti izvedljivo rešitev, ki ustreza številnim omejitvam in pravilom; ker pa so nekatere razvrstitve smatrane kot »bolj zaželen« kot druge, so uporabljeni hevrizmi z namenom dobiti »želeno« razvrstitev. Ta pristop skuša najti zaporedje, ki ne krši predpisanih pravil, in zadovolji postavljene prioritete kolikor je le mogoče. Kadarkoli ne dobimo zadovoljive rešitve, ali ko planer presodi, da je takšno rešitev zelo težko najti, planer lahko na novo reformulira problem z zmanjševanjem omejitev. Zmanjševanje omejitev lahko avtomatsko izvaja tudi sistem sam. Stil programiranja, ki se uporablja pri razvoju takšnih sistemov je običajno drugačen od tistega, ki se uporablja pri prvem pristopu. Običajno se uporabljajo jeziki, kot je na primer C++.

7.2 Razvoj in implementacija programske opreme

Kar nekaj univerz je razvilo raziskovalne ali izobraževalne sisteme, ki so bili pogosto osnovani na idejah in algoritmih, ki so bili precej neobičajni. Nekateri sistemi so bili preneseni v industrijo in to je pomenilo začetek za programerska podjetja (Pinedo & Seshadri, 2001, str. 1737). V zadnjih nekaj desetletjih se je oblikovalo nekaj glavnih trendov v oblikovanju in razvoju teh komercialnih sistemov terminiranja. En trend se je začel v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so številna podjetja začela razvijati programsko opremo za terminiranje operacij. Večina teh podjetij se je na začetku osredotočila samo na določanje zaporedja. Začeli so z razvojem generične programske opreme, oblikovane za optimiranje tekočih trakov in drugih tipov strojnega okolja. Nekatera podjetja so zelo zrasla od njihovih začetkov.

Ta podjetja so morala prilagoditi svoje programe posameznim strankam. Ker so se zavedali, da bodo preživel le s prilaganjem aplikacij določenim uporabnikom, so običajno skušali obdržati svoje generatorje razvrstitev, koliko je bilo mogoče generične. Razvili so različne optimizacijske metode.

Ta podjetja, ki so se primarno osredotočala na določanje zaporedja, so v devetdesetih letih prejšnjega stoletja začela razvijati programsko opremo za obvladovanje dobavnih verig. Ta diverzifikacija je postala nujna, ker so stranke želele sodelovati s ponudniki, ki so lahko zagotavljali programske module za optimizacijo njihove celotne dobavne verige; stranke niso želele delati z različnimi ponudniki in se soočati z raznimi integracijskimi problemi.

Drugi glavni trend v razvoju programov za terminiranje ima korenine v drugem področju industrije programske opreme. Ta drugi trend se je začel v začetku devetdesetih let. Programske pakete za terminiranje so začela razvijati podjetja, ki so v osnovi specializirana za ERP sisteme, na primer SAP, Baan, J.D.Edwards in PeopleSoft. Ti ERP sistemi so ogromni sistemi, ki so hrbtenica za informacijske potrebe v podjetju. Ta »hrbtenica« pa je lahko uporabljena, da oskrbuje z informacijami vse vrste sistemov za odločanje, kot je tudi sistem za terminiranje. Ponudniki programske opreme specializirani za razvoj ERP sistemov so spoznali, da je nujno razvijati tudi sistem za podporo terminiranja. Številna od teh podjetij so kupila druga podjetja, ki so bila specializirana za razvoj programov za terminiranje (na primer Baan je kupil Berclain) ali pa so začela z lastnim razvojem programov za terminiranje (npr. SAP) ali pa so vzpostavila partnerstva s specializiranimi ponudniki programov za terminiranje.

Trenutno je več kot sto ponudnikov programov za terminiranje. Večina od teh je relativno majhnih. Večji igralci so I2, Cybertec, Preactor in Manugistics, vsi pa ponujajo aplikacije za celotno dobavno verigo. Glavni ERP ponudniki SAP, Baan, PeopleSoft in J.D.Edwards vsi ponujajo pakete za terminiranje. Nekateri izmed modulov za terminiranje so bili razviti interno, drugi moduli pa so bili razviti s pridruženjem manjših programerskih podjetij specializiranih za terminiranje. Algoritmčni pristop se od podjetja do podjetja močno razlikuje. Nekatera podjetja so se specializirala v lokalnih iskalnih procedurah, medtem ko so se druga specializirala v matematičnih programerskih tehnikah, spet druga pa v hibridnih tehnikah. Za planiranje projektov je eden izmed najbolj razširjenih programov MS Project. Primer planiranja projekta z MS Project prikazuje tudi Slika 13.

Osnovne funkcionalnosti, ki jih mora imeti sistem za terminiranje so (Liddell, 2008, str. 46–47):

- zmožnost bolj natančnega planiranja na nivoju stroja;
- zmožnost planiranja na omejene in neomejene zmogljivosti za vsak stroj;
- zmožnost terminiranja z uporabo številnih omejitev (kot so tudi orodja in operaterji);
- zmožnost izračunavanja časov nastavljanja, ki so odvisni od zaporedja operacij;
- zmožnost natančnega terminiranja (na minuto ali sekundo) nasprotno od dnevnega ali tedenskega planiranja;
- zmožnost enostavne integracije z ERP sistemom in sistemom za spremljanje proizvodnje;

- zmožnost določanja zaporedja naročil na osnovi datuma dobave, prioritet ali kakšnega drugega atributa;
- zmožnost hitrega terminiranja (v nekaj minutah ali sekundah);
- zmožnost enostavnega spreminjanja, kot je na primer dodajanje naročila, sprememba prioritet, dodajanje nerazpoložljivosti stroja ...
- zmožnost usklajevanja razvrstitve z omejitvami na materialih.

Čeprav so v zadnjem desetletju številna podjetja veliko investirala v razvoj in implementacijo sistemov terminiranja, ni veliko sistemov, ki bi bili v praksi uporabljani. Sistemi, potem ko so implementirani, pogosto ostanejo v uporabi samo omejen čas; po določenem času pa se, iz takšnih ali drugačnih razlogov, ne uporabljajo več (Pinedo & Seshadri, 2001, str. 1738).

Zanimivo bi bilo poznati vzroke, zakaj nekateri sistemi niso bili nikoli implementirani ali nikoli dejansko v uporabi. V nekaterih primerih podatkovne baze niso dovolj ažurne, v drugih primerih je način, kako se meri produktivnost delavca, v nasprotju s kriteriji, na katerih temelji sistem ... Uporabniški vmesniki mogoče ne omogočajo terminerju dovolj hitrega ponovnega cikla terminiranja v primeru nepričakovanih dogodkov. Lahko se zgodi, da ne obstajajo postopki, ki bi omogočali hitro replaniranje v primeru, da terminer ni prisoten (npr., če se kaj nepričakovanega zgodi v tretji izmeni). In končno, lahko se zgodi, da sistemi nimajo dovolj časa za ustalitev oz. stabiliziranje v njihovem okolju (to lahko zahteva mesece, če ne celo leta).

Pri sami implementaciji se moramo zavedati, da je najbolj učinkovit t.i. matematični pristop k izdelavi modelov (in optimizaciji), ki pa je drugačen kot pri poslovni informatiki. Strokovno znanje o matematičnem modeliranju, vključno z optimizacijo, je nujno za izbiro pravega algoritma, razlago ustreznih metod in vzpostavitev zaupanja v planski sistem kot celoto. Brez vsaj osnovnega razumevanja optimizacije je zelo težko razumeti in pravilno interpretirati rezultate optimizacijskega procesa. Številni projekti so odloženi ali resno ogroženi v fazi, ko so prvi proizvodni plani predstavljeni planerjem. APS ima lahko vgrajeno razlagalno orodje, ki je v pomoč pri interpretaciji. To je zelo značilno za APS sisteme, saj bi bilo zelo nepraktično razlagati npr. odvisnost izbire orodja z matematičnimi formulami. Zaupanje v planski sistem mora biti vzpostavljeno, tega pa ne more biti, če se pojavljajo odprta vprašanja in noben član projektnega tima ne zna razložiti obnašanja planskega algoritma (Kallrath & Maindl, 2006, str. 101–102).

Kljub vsemu pa kaže, da bodo v prihajajočem desetletju veliki naporji vloženi v razvoj takšnih sistemov in da bodo ti sistemi igrali pomembno vlogo v informacijski podpori proizvodnje. V takšni situaciji, ko so sistemi v uporabi na bolj ali manj stalni osnovi, je splošen občutek, da operacije tečejo bolj tekoče. Sistem sam običajno ne zmanjša časa, ki ga razvrščevalec porabi v procesu terminiranja. Vendar pa sistem običajno omogoči terminerju, da naredi boljše razvrstitev. Z uporabo interaktivnega vmesnika ima razvrščevalec možnost primerjati različne razvrstitve in enostavno spremljati različne kazalce. V bistvu poleg boljše razvrstitve obstajajo še drugi razlogi za bolj tekoč potek operacij. Sistem terminiranja tudi vpelje v proizvodnjo več discipline. Pojavijo se močni vzroki za vzdrževanje ažurne podatkovne baze. Razvrstitve so

lahko natisnjene ali pa vidne na ekranih. To očitno ima vpliv na ljudi in jih spodbuja, da delajo po razvrstitvi.

7.3 Potrebni podatki za uvedbo sistema za napredno planiranje in terminiranje

Informacijski sistem za planiranje in terminiranje proizvodnje potrebuje za delovanje veliko zelo podrobnih, predvsem pa točnih podatkov. Podatki nastajajo na treh ravneh, in sicer:

- v predhodnih fazah planiranja (predvsem v operativnem in MRP planiranju);
- podatki, ki nastajajo pri spremljanju proizvodnje;
- podatki, ki se določajo posebej za terminiranje operacij.

Podatke lahko razdelimo v več skupin (Krošl, 2005, str. 48–52):

- podatki o nalogih: oznaka proizvodnega naloga, oznaka proizvajanega artikla, oznaka variante tehnološkega postopka, planirana količina, najkasnejši datum izdelave, najzgodnejši datum začetka, prioriteta, status proizvodnega naloga;
- podatki tehnološkega postopka za proizvodni nalog: zaporedna številka in naziv operacije, oznaka področja planiranja (običajno delovno mesto), oznaka skupine strojev, na katerih je mogoče izvesti operacijo z istim tehnološkim postopkom, oznaka privzetega stroja za razvrstitev operacije, čas nastavitve, število nastavljalcev, izdelavni normativ, število delavcev, oznaka orodja, prekrivanje operacije;
- podatki o sestavnici: zaporedna številka sestavnega dela, oznaka artikla – sestavnega dela, planirana poraba na mersko enoto proizvedenega artikla;
- podatki o strojih (primarnih virih) so: oznaka in opis stroja, značilnosti zmogljivosti stroja, vrednost dela;
- podatki o skupinah strojev, na katerih je mogoče izvajati posamezne operacije proizvodnega ali planskega naloga, so: oznaka upoštevanja skupine strojev, zaporedna številka stroja v skupini strojev, oznaka stroja;
- podatki o sekundarnih virih so: oznaka oz. ključ upoštevanja omejitev, oznaka omejitve, način upoštevanja omejitve, količina omejitve, vrednost dela;
- podatki o področju planiranja so: oznaka in opis področja planiranja, kar je običajno stroškovno mesto ali oddelek;
- podatki o artiklih so: oznaka artikla, klasifikacija artikla, opis artikla in vrednost artikla;
- podatki o razpoložljivosti so: podatki o stalnem urniku virov, podatki o spremenjenem urniku vira, podatki o nerazpoložljivosti vira;
- drugi podatki specifični za posamezno podjetje.

Po obdelavi podatkov mora sistem zgenerirati ustrezen plan. Rezultat obdelave so naslednji podatki (Krošl, 2005, str. 52):

- status operacije;

- zaporedna številka delitve operacije;
- planirana količina;
- stroj, na katerega je razvrščena operacija;
- planiran čas začetka nastavitve;
- planiran čas konca izdelave;
- plansko področje.

8 PREDSTAVITEV PODJETJA LIP BLED

Podjetje Lip Bled ima sedež na Bledu, svetovno znanem alpskem letovišču. Gozdarstvo, žagarstvo in predelava lesa imajo v tem delu Gorenjske bogato in dolgoletno tradicijo. Naslednik te tradicije je tudi podjetje Lip Bled, ki je bilo ustanovljeno 17. maja 1948. V več kot šestdesetih letih razvoja je preraslo v enega največjih in najuspešnejših lesnopredelovalnih podjetij v Sloveniji.

V začetnem obdobju se je podjetje ukvarjalo s predelavo hlodovine v žagan les, začetki izdelave končnih izdelkov pa segajo v šestdeseta leta. Takrat je Lip Bled začel s proizvodnjo opaznih gradbenih plošč in kasneje še s proizvodnjo vrat. Konec leta 1992 se je iz enovitega podjetja Lip Bled reorganiziral v koncern s sedmimi družbami z omejeno odgovornostjo. Leta 1997 se je koncern preoblikoval v enovito delniško družbo. Družba je bila razdeljena na več profitnih centrov (PC): Opažne plošče, Masivno pohištvo, Notranja vrata, Direkcija, Maloprodaja in inženiring. Leta 2008 je bila izvedena privatizacija. Podjetje se je preoblikovalo v družbo z omejeno odgovornostjo. Profitni center Opažne plošče je v letu 2009 prešel na novo podjetje Lip Bohinj, ki sta ga ustanovila Lip Bled (65 % lastniški delež) in avstrijsko podjetje Hasslacher (35 % lastniški delež). V drugi polovici tega leta je bil tudi ukinjen profitni center Masivno pohištvo. Dejavnost tega profitnega centra se nadaljuje v zasebnem podjetju Lip Pohištvo, kjer pa podjetje Lip Bled nima lastniških deležev. Lip Bled je na Hrvaškem ustanovil podjetje Lip Zagreb d.o.o., ki pa izvaja le prodajno funkcijo. Del dejavnosti se izvaja tudi v invalidskem podjetju Lipbled IPPS d.o.o.

Tako danes govorimo o skupini Lip Bled, ki jo sestavljajo: Lip Bled, d.o.o., Lip Bohinj d.o.o., Lipbled IPPS d.o.o in Lip Zagreb d.o.o. V nadaljevanju bomo z besedno zvezo Lip Bled razumeli Lip Bled, d.o.o.

Danes je Lip Bled, d.o.o. organizacijsko razdeljen na več profitnih centrov. Družba je razdeljena na:

- PC Notranja vrata;
- PC Direkcija (finančni sektor, splošni sektor);
- PC Maloprodaja;
- PC Inženiring;
- PC Prodaja.

Proizvodni program skupine Lip Bled obsega dve glavni skupini končnih proizvodov:

- Lip Bled, d.o.o.: notranja vrata (krila in podboji). Notranja vrata s pripadajočimi podboji so izdelana iz različnih vrst furnirja ali visoko kakovostnih folij, za stanovanja, poslovne in druge objekte, modernih in klasičnih oblik različnih površin, robov, z različnimi izrezi in dodatki, po želji s posebnimi lastnostmi za varnost in zaščito prostorov. Letno lahko izdelajo 300.000 vratnih kril ter 200.000 podbojev vrat;
- Lip Bohinj d.o.o.: opažne plošče za gradbeništvo, izdelane iz treh vodoodpornih slojev masivnega lesa smreke in jelke, z veliko upogibno trdnostjo in majhno težo. Letno izdelajo 1.500.000 m² opažnih plošč.

Več kot 3/4 proizvodnje izvozijo, predvsem na zahtevne zahodne in srednjeevropske trge. Najpomembnejši zunanjetrgovinski partnerji prihajajo iz Avstrije, Francije, Nemčije, Italije, Španije, Švice in trgov bivših jugoslovanskih republik, več kot petino izdelkov pa prodajo na slovenskem trgu. Skupina Lip Bled je največji izvoznik v slovenski lesni industriji.

Tabela 3: Povprečno število zaposlenih po organizacijskih enotah v letu 2009

Organizacijska enota	Število zaposlenih
Lip Bohinj, d.o.o.	224
PC Notranja vrata	216
PC Prodaja	20
PC Maloprodaja	30
PC Inženiring	9
PC Direkcija	22
Lip Bled, d.o.o.	297
Lipbled IPPS, d.o.o.	51
Lipbled Zagreb, d.o.o.	6
Skupina LipBled	578

Vir: Lip Bled, Letno poročilo skupine Lip Bled za leto 2009, 2010a.

Kot je prikazano v Tabeli 3, je bilo v skupini Lip Bled (brez upoštevanja PC Pohištvo, ki je bil v tem letu ukinjen) v letu 2009 v povprečju največ zaposlenih v Lip Bled, d.o.o., in sicer 297, od tega največ v PC Notranja vrata, 216. Skupni promet skupine je v letu 2009 znašal okrog 39,5 mio evrov. Od tega je bila vrednost prodaje vrat 19,5 mio evrov, opažnih plošč 17,5 mio evrov in ostalega 2,5 mio evrov.

8.1 Profitni center Notranja vrata

V delu se osredotočam le na planiranje in terminiranje proizvodnje v profitnem centru Notranja vrata (PC NV). Glavni proizvod tega profitnega centra opredeljuje že ime, in sicer so to notranja vrata. Lipova notranja vrata so znana predvsem po preverjeni kakovosti, okolju prijaznih materialih, modernih konstrukcijah in sodobnih postopkih izdelave.

Proizvajajo več vrst vratnih kril, ki jih delijo po izgledu, kvaliteti in namembnosti na:

- enostavna gladka krila;
- zahtevnejša okrasna krila (stilna, design, vivace, intarzijska);
- funkcijska krila;
- ostale izvedbe (drsna, dvokrilna).

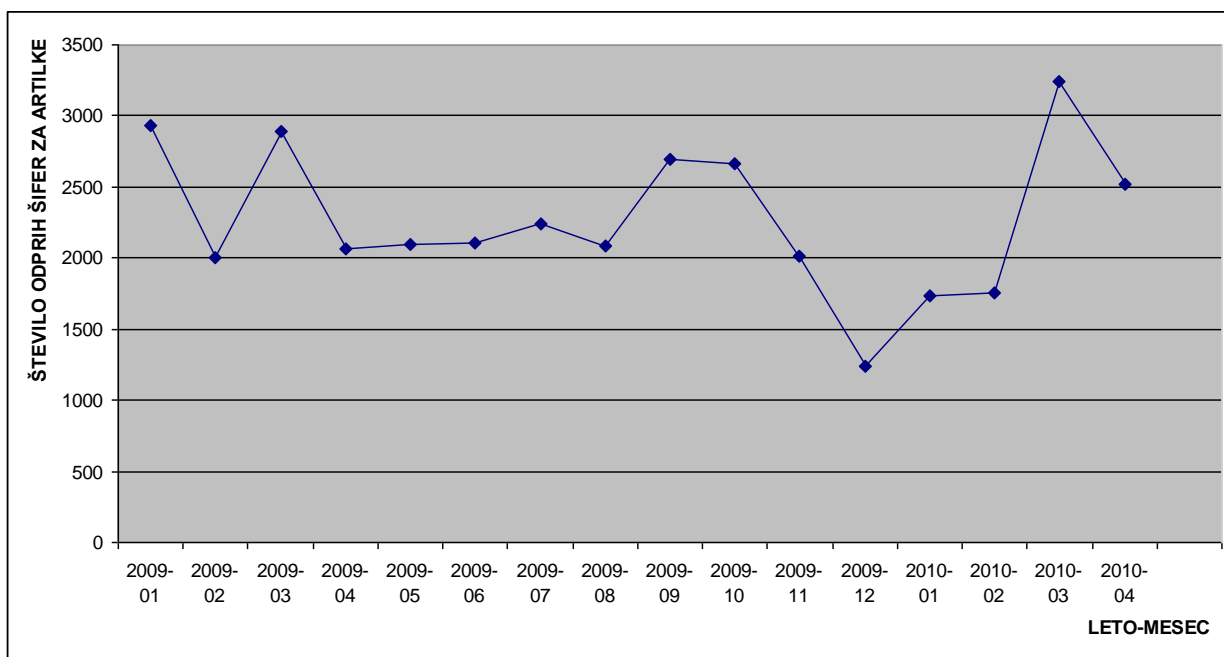
K vratnim krilom spadajo pripadajoči podboji, katere delijo po obliki oblog, vrsti robov, kvaliteti in namembnosti na:

- ostrorobe podboje;
- podboje z okrasnimi oblogami in zaokroženimi robovi;
- funkcijske podboje;
- ostale izvedbe (prehodni, dvokrilni, karnise za drsna krila, predelne stene).

Poleg furniranih kril in podbojev proizvajajo tudi izdelke, kjer je površina folirana. Za te kupujejo površinsko že obdelane pokrivne plošče. Za podboje z zaokroženimi robovi pa sami izvajajo oplačenje oblog.

Proizvodni program je širok, saj je teoretično možnih preko milijon kombinacij. Pojavlja se vse več izdelkov nestandardnih dimenzij, tako da se proizvodni program neprestano širi. Trenutno je v uporabi cca. 144.000 aktivnih šifer izdelkov, vsak mesec se jih v povprečju dodatno odpre še cca. 2000 novih. Dinamiko odpiranja novih šifer prikazuje tudi Slika 17.

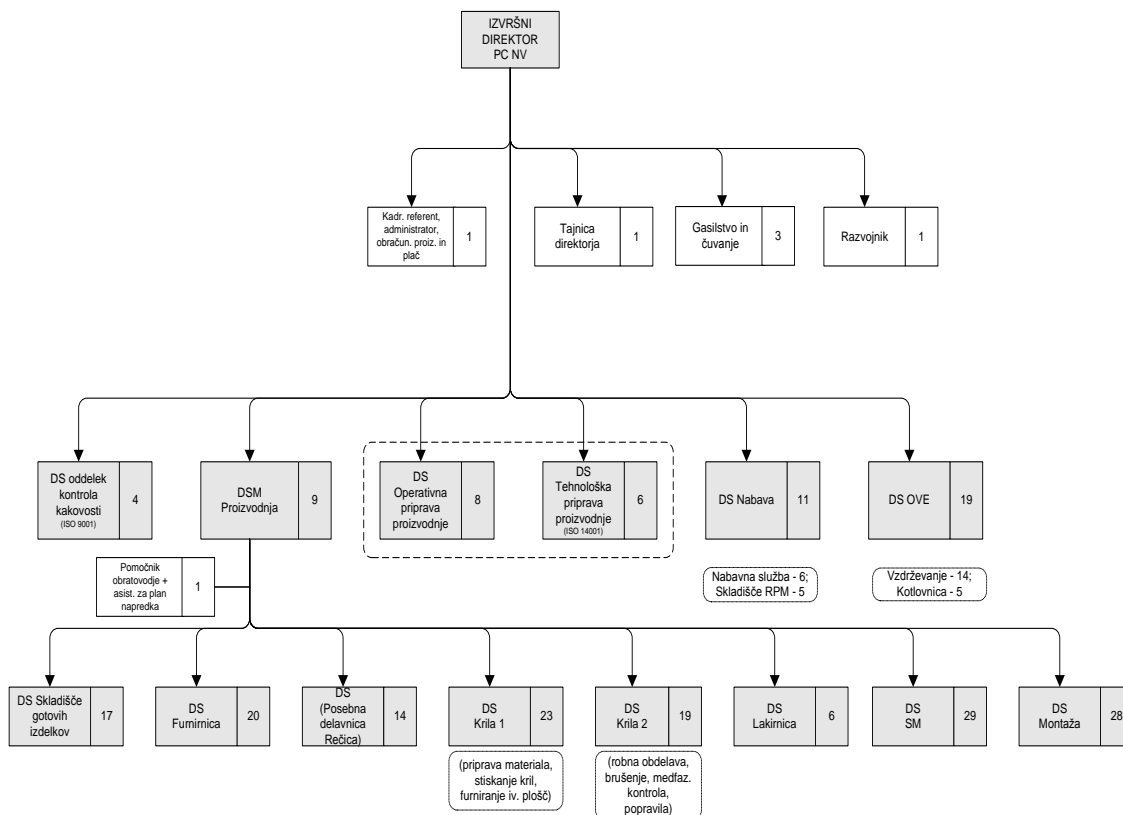
Slika 17: Število novo odprtih šifer v podjetju Lip Bled, d.o.o. po mesecih, v obdobju od januarja 2009 do aprila 2010



Poleg velikega števila novih šifer je značilna tudi izredno velika razdrobljenost naročil. Za prvo četrtletje leta 2010 velja, da je bilo na kar 80 % pozicij na internih naročilih naročenih manj kot 3 kose. Na 50 % naročil je bilo naročenih manj kot 6 kosov.

PC NV vodi izvršni direktor, ki je tudi član kolegija predsednika uprave. Celotno podjetje je organizirano po delovnih skupinah in tako tudi ta profitni center. Organiziranost po delovnih skupinah prikazuje Slika 18. V profitnem centru se izvajajo poslovne funkcije nabave in proizvodnje. Finančna služba in splošni sektor, ki opravlja tudi kadrovsko funkcijo in marketing, pa sta centralizirana na nivoju skupine Lip Bled. Ravno tako za celotno skupino storitve informatike opravlja podjetje Topinfo.

Slika 18: Organizacijska shema profitnega centra Notranja vrata



Vir: Lip Bled, Sistematizacija delovnih mest, 2009.

8.2 Proces proizvodnje podbojev

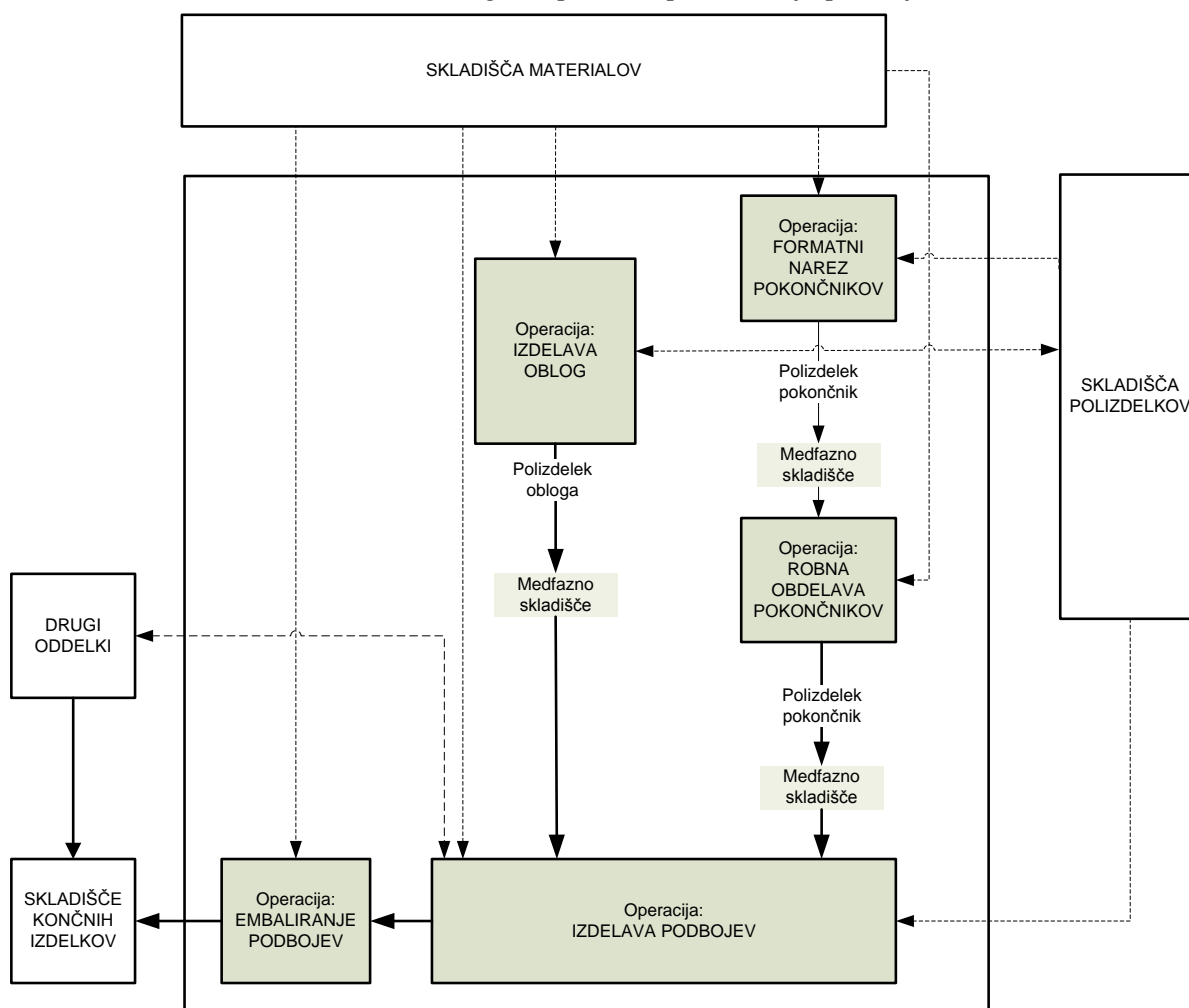
Kot je bilo že omenjeno, so notranja vrata sestavljena iz dveh izdelkov, to sta krilo in podboj. Proizvodnja teh dveh izdelkov večinoma ni fizično povezana, le na manjšem delu zasedajo iste zmogljivosti, in sicer je to lakirnica. V veliki meri pa velja, da se v oddelku, kjer se delajo podboji, ne izvajajo nobene operacije na krilih in obratno. Tudi planiranje proizvodnje se v nekem trenutku razdeli na plan kril in plan podbojev. Povprečni čas izdelave podbojev v podbojarni je 2 dni. Izdelava foliranih podbojev obsega le drugi, krajši del proizvodnega procesa izdelave podbojev. V Prilogi 3 je predstavljena struktura vrat in prikaz polizdelkov, ki sestavljajo podboj.

Proces proizvodnje podbojev je sestavljen iz naslednjih operacij (Slika 19):

- prva operacija je »formatni narez in sortiranje pokončnikov«. Dejansko gre za razrez furniranih ivernih plošč, ki so npr. formata 2200X1500 mm, na pokončnike, ki so široki npr. 150 mm. Iz te operacije se polizdelki pomaknejo na naslednjo operacijo. Vrstni red na tej operaciji določa tudi vrstni red na naslednji operaciji. Pri nekaterih vrstah podbojev te operacije ni, ker se že kupijo pokončniki ustreznih dimenzij;
- druga operacija je »profiliranje in robna obdelava pokončnikov«. Na tej operaciji se na pokončniku naredi rob podboja, ki je različen glede na tip podboja, ki bo nastal iz tega pokončnika. Zelo poenostavljeno povedano, naredi se utor, v katerega se kasneje vstavi obloga;
- vzporedno s tema dvema operacijama poteka »izdelava oblog«. Na posebni liniji se izdelujejo obloge. Za linijo za izdelavo oblog so značilni zelo dolgi časi nastavitvev pri menjavi dimenzij oblog, zato se večkrat naredijo obloge za naloge, ki se na ostalih strojih še ne izvajajo in se shranijo v medfaznem skladišču. V času, ko se ne delajo obloge za furnirane podboje, se delajo obloge, ki gredo potem na oplaččenje s folijo. Te obloge se delajo na zalogo in se pri sestavljanju podbojev potem samo dostavijo iz skladišča na ustrezno mesto. Nekatere obloge pa se že kupijo pri dobaviteljih in se potem samo dostavijo na naslednji stroj;
- oba polizdelka, narejena na prejšnjih operacijah, pokončnik in obloga, morata biti hkrati dostavljena na ustrezno delovno mesto pred zadnjo operacijo – »izdelava podboja«. Na tej operaciji se odrežejo še ustrezni prečniki, vgradijo ostali materiali in na liniji izdelava podboj. V določenih primerih prečnikov ni mogoče narediti na tej liniji in se naredijo v drugem oddelku in potem dostavijo na ustrezno delovno mesto;
- ko je podboj izdelan, sledi še embaliranje in oddaja v skladišče. V določenih primerih pa gre podboj na dodatno obdelavo v druge oddelke in se šele potem odda v skladišče v drugem oddelku. Možna pa je tudi varianta, da gre podboj na obdelavo v drug oddelk in se potem vrne v oddelk na še dodatne obdelave in se šele potem odda v skladišče.

Glede na način proizvodnje gre seveda za kosovno proizvodnjo. Določeni tipi podbojev se proizvajajo stalno, s tem, da prihaja do variacij na dimenzijah in uporabljenih materialih. Če gre za nek podboj, ki se samo dimenzijsko razlikuje od standardnih podbojev, bi tako proizvodnjo kljub vsemu lahko šteli med maloserijsko, pa čeprav se večinoma tak izdelek naredi samo enkrat in nikoli več. Potrebna pa je kompletna dokumentacija, kar je značilnost posamične proizvodnje. Veliko pa je enkratnih izdelkov, ki se naredijo samo enkrat in imajo še kakšne druge posebnosti, ne samo nestandardno dimenzijo ali nov material. V tem primeru je potreben tudi razvoj izdelka in sodelovanje projektantov, prodajalcev, tehnologov, nabavnikov. Na delovnih mestih so potrebne skice, za CNC stroje je potrebno pripraviti posebne programe. Večinoma so to objektni posli. Delež takšnih izdelkov se povečuje. Na podlagi tega lahko rečemo, da gre za kombinacijo (malo)serijske in posamične proizvodnje. Razmestitev strojev je tudi takšna, kot je prikazano na Sliki 19, gre za tipično skupinsko razmestitev.

Slika 19: Diagram procesa proizvodnje podbojev



8.3 Informacijska arhitektura v podjetju Lip Bled

Različne informacijske potrebe uporabnikov na različnih nivojih se odražajo v informacijski arhitekturi Lipa Bled. Na najvišjem nivoju je tako direktorski informacijski sistem (DIS) QlikView, ki sodi v področje poslovne inteligence (angl. *Business Intelligence*). Namenjen je predvsem managerjem na najvišjem in srednjem nivoju in jim omogoča, da merijo, nadzirajo in spremljajo učinkovitost ključnih procesov. Uporabniki lahko dostopajo do podatkov, tako na najvišji kot tudi najpodrobnejši ravni, kar omogoča vpogled v osnovne informacije, ki se nahajajo v poslovnem informacijskem sistemu. Podjetje ima svoj intranet, na katerem lahko uporabniki dobijo določena agregirana poročila. ERP Kopa je jedro informacijskega sistema in pokriva vse poslovne funkcije podjetja. Sestavljajo ga naslednji paketi: Računovodstvo in finance, Proizvodnja, Stroški dela in kadrovske viri, Komerciala. Uporablja se praktično v vseh oddelkih v podjetju. V uporabi je od leta 2001. ERP ni prisoten le na poslovnem nivoju, pač pa korenito posega tudi v proizvodni nivo, saj obstajajo številne povezave ERP-ja in proizvodnih linij, prav tako pa je ERP tudi osnova za spremljanje proizvodnje. ERP tako nadomešča sistem MES (angl. *Manufacturing Execution System*), ki ga podjetja največkrat uporabljajo na proizvodnem nivoju. V modulu Proizvodnja se tudi izvaja planiranje proizvodnje. Vsi sistemi so

med seboj integrirani in predstavljajo temelj za pravilno odločanje in učinkovito izvajanje poslovnih funkcij.

9 PLANIRANJE PROIZVODNJE V PODJETJU LIP BLED

Ker je terminiranje proizvodnje na zadnjem mestu v hierarhičnem sistemu planiranja in so rezultati višjih ravni planiranja vložek v terminiranje proizvodnje, je potrebno poznavanje celotnega procesa planiranja. Neposredno je za planiranje odgovoren oddelek operativne priprave proizvodnje, za realizacijo in kontrolo proizvodnje pa obratovodja in vodje delovnih skupin v proizvodnji. Planerji pregledujejo naročila, planirajo proizvodnjo, kontrolirajo stanje v proizvodnji. Obratovodja pa usmerja proizvodnjo na podlagi planerjevih planov.

9.1 Službe za pripravo proizvodnje

Služba operativne priprave proizvodnje (OPP) izvaja skupaj s službo tehnološke priprave proizvodnje (TPP) celotno pripravo proizvodnje, ki jo je potrebno izvesti pred začetkom proizvodnega procesa. Zaradi vse večjega obsega informacij, ki jih je potrebno obvladovati, ima priprava proizvodnje vedno bolj pomembno vlogo.

9.1.1 Služba tehnološke priprave proizvodnje

Služba tehnološke priprave proizvodnje (TPP) zagotavlja podatke za izvedbo prevzetih naročil. V TPP je 5 zaposlenih, ki tesno sodelujejo z OPP:

- vodja (usklajevanje dela, pregled in potrjevanje vprašalnikov, povpraševanj, analiziranje nedokončane proizvodnje, kalkulacije ...);
- razvojni tehnolog (razvoj funkcijskih vrat);
- projektni tehnolog (aktivno sodelovanje pri objektnih poslih);
- tehnolog za podboje (pokriva področje tehnologije za podboje, izdelava skic);
- tehnolog za krila (pokriva področje tehnologije za krila, izdelava skic).

9.1.2 Služba operativne priprave proizvodnje

Služba operativne priprave proizvodnje (OPP) je vezni člen med prodajno službo in proizvodnjo, tesno sodeluje tudi z nabavno službo in TPP. V OPP zbirajo, obdelujejo in usklajujejo številne pomembne informacije, pomembne za nemoten potek dela v proizvodnji. Je ključna služba za pripravo operativnih in MRP planov.

Osnovne naloge OPP v PC NV so:

- usklajevanje ključnih informacij med udeleženci proizvodnega procesa z namenom zagotavljanja nemotenega poteka procesa;
- preverjanje in zagotavljanje potrebnih materialov in zmogljivosti;

- potrditev terminov odprem za naročila izdelkov, ki se proizvajajo;
- izdelava operativnih in MRP planov proizvodnje;
- izdelava in razdeljevanje delovne dokumentacije;
- spremljanje in kontrola proizvodnega procesa ter ukrepanje v primerih odstopanja od plana;
- posredovanje povratnih informacij v prodajno službo.

V OPP je 5 zaposlenih:

- vodja (usklajevanje dela, naročanje materiala ...);
- planer proizvodnje, 2 delavca (izdelava planov proizvodnje, potrjevanje terminov naročil, preverjanje gotovosti naročil v proizvodnji, namestnik vodje);
- sestavničar (izdelava sestavnic in postopkov);
- lanser delovnih nalogov (lansiranje in dispečiranje delovnih nalogov).

9.2 Strateško planiranje proizvodnje

Strateško planiranje je v domeni najvišjega vodstva. Najpomembnejši dokument, ki ga družba sprejme v okviru svojega strateškega planiranja, je »Strateški poslovni načrt«, ki zadeva poslovanje podjetja v naslednjih petih letih. Obnavljajo ga vsakih pet let. Z izdelovanjem projekcij in pripravo dokumentov se večinoma ukvarja oddelek kontrolinga v okviru finančnega sektorja. Dokument Strateški poslovni načrt je sestavljen iz naslednjih poglavij:

- Ocena makroekonomskega okolja
- Lip Bled
- Ocena poslovanja podjetja
- Ocena priložnosti in nevarnosti
- Vizija in poslanstvo
- Strateški cilji
- Oblikovanje strategije
 - Strategije družbe
 - Poslovne strategije
 - Funkcijske strategije
- Finančne projekcije
- Kadri

9.3 Mesečno (agregatno) planiranje proizvodnje

Mesečno (agregatno) planiranje proizvodnje za PC Notranja vrata je v pristojnosti izvršnega vodstva. Le-to (v sodelovanju z operativnim vodstvom) konec vsakega koledarskega leta pripravi Gospodarski načrt za naslednje leto. Vodilo pri izdelavi Gospodarskega načrta so usmeritve, ki izhajajo iz dolgoročnih strateških planov podjetja Lip Bled.

Iz Gospodarskega načrta izhaja združen (agregiran) letni plan proizvodnje, ki ima sledeče naloge:

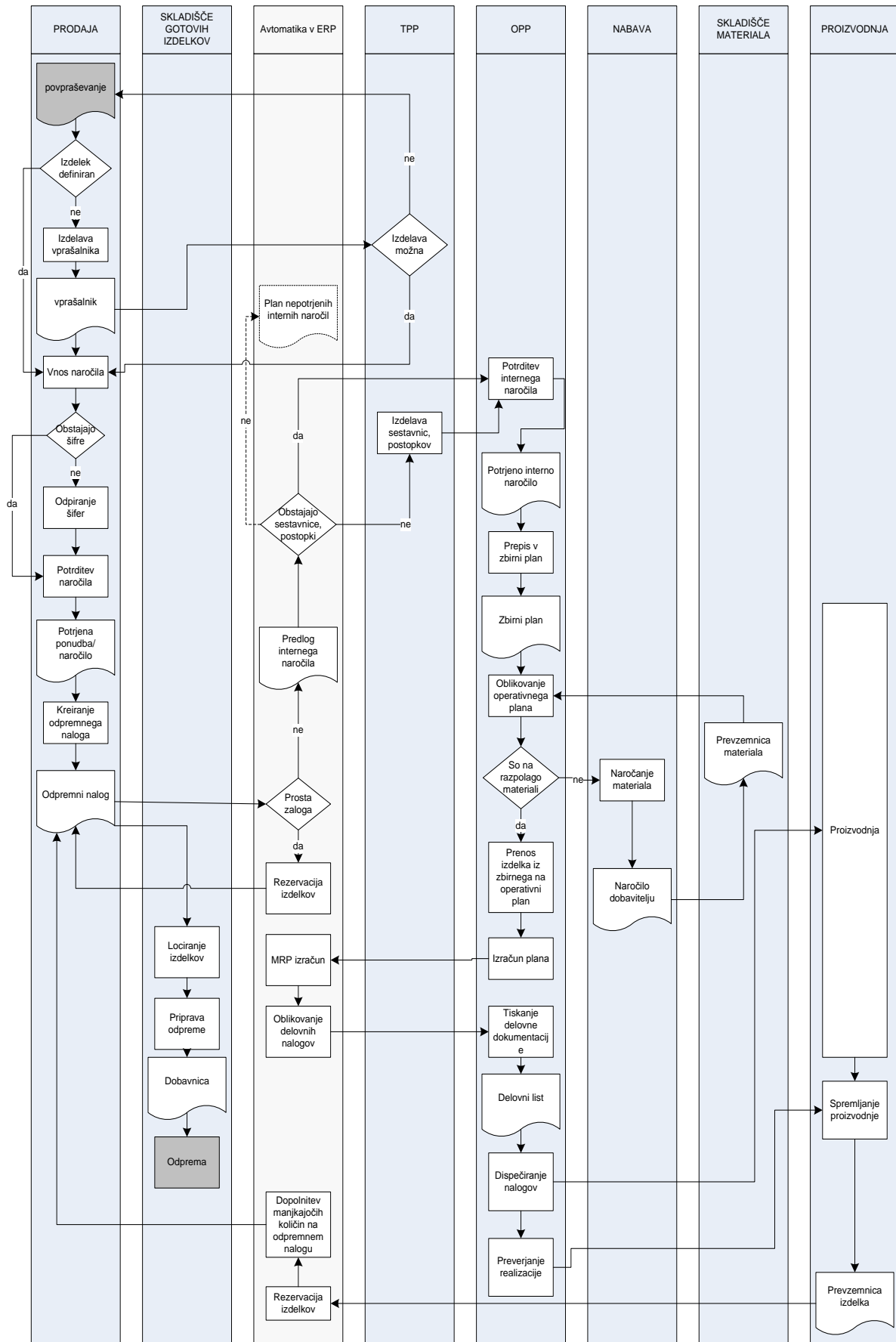
- predvideva obseg in vsebino proizvodnje. Vsebina je razdeljena po najbolj tipičnih predmetih v t.i. podskupine. Vsaka podskupina ima navedeno količino in skupni čas v norma urah. Norma ura je vsota izdelavnih časov vseh operacij, ki so potrebne za izdelavo izdelka. Pri operacijah, ki jih opravlja več delavcev, se izdelavni čas pomnoži s številom delavcev. Letni plan proizvodnje je časovno razdeljen po mesecih. To pomeni, da je časovni horizont eno leto, termimska enota pa je mesec;
- je osnova za planiranje materialnih potreb. Te se ugotovijo z razgradnjo tipičnih predstavnikov vsake podskupine s pomočjo sestavnic, v katerih so navedene normativne bruto količine materialov. Podaja okvirne smernice za oddelek nabave, predvsem po skupinah materialov;
- je izhodišče za grobo planiranje zmogljivosti. Na podlagi norma ur, ki so potrebne za izdelavo planiranih izdelkov, se ugotovi potrebno število delavcev in potrebne okvirne zmogljivosti strojev.

9.4 Operativno planiranje proizvodnje

Sam proces planiranja sestoji iz več faz. Celoten proces se začne s prejemom naročila od kupca (glej Sliko 20). Komercialist v ERP vnese ponudbo/naročilo. V primeru, da za izdelek, ki ga želi kupec, ni znano, ali ga proizvodnja lahko naredi ali ne, komercialist izpolni Vprašalnik. Oddelek TPP ga potem pregleda in potrди, zavrne ali zahteva dopolnitev. Če ga TPP potrди, potem komercialist lahko v ERP vnese naročilo. Seveda le v primeru, da so odprte vse šifre za artikle. Če niso, mora komercialist odpreti tudi šifre proizvodov. Po vnosu naročila komercialist naredi odpremni nalog in za vse proizvode, za katere ni na voljo proste zaloge, se avtomatsko kreira predlog internega naročila.

Interno naročilo je torej naročilo za proizvodnjo. Je prvi in temeljni dokument. Je prvi signal proizvodnji in tudi osnova za vsako komuniciranje s kupcem in med oddelki znotraj Lipa. Količine na internem naročilu so neto količine, zmanjšane za prosto zalogo. To zalogo samo za določene najbolj frekventne artikle stalno vzdržujejo, in sicer tako, da so določene signalne zaloge in optimalne količine naročanja. S pomočjo posebnega programa se preveri, če je razpoložljiva prosta zaloga izdelkov manjša od signalne zaloge. Če je manjša, se sproži naročilo do nivoja signalne zaloge, temu pa se prišteje optimalna količina naročanja. Pri postavitvi signalnih zalog se upošteva 2-tedenski cikel proizvodnje. Formiranje internega naročila za dopolnitev proste zaloge se izvede vsak ponedeljek. To kaže na to, da gre v primeru Lipa Bled za kombinacijo MRP in periodičnega naročanja zalog. Problem periodičnega sistema naročanja je, da temelji na preteklih podatkih in ne upošteva vzponov in padcev v povpraševanju.

Slika 20: Diagram procesa realizacije kupčevega naročila



9.4.1 Potrjevanje internih naročil

Potrjevanje internih naročil je prva in najbolj groba faza operativnega planiranja proizvodnje. Potrditev praktično pomeni določitev skrajnega datuma, ko bodo naročeni izdelki dostavljeni kupcu. Seveda hkrati predstavlja obvezo podjetja, da bo določeno naročilo realiziralo v obljubljeni količini in roku.

Potrjevanje se izvaja v ERP Kopa, v modulu Proizvodnja. V OPP dnevno preverjajo, katera nova interna naročila so izdelana in interna naročila potrdijo še isti dan ali najkasneje naslednji dan. To velja v primeru, da so izpolnjeni vsi tehnološki pogoji, torej, da so za vse izdelke na internem naročilu izdelane sestavnice, tehnološki postopki ...

Potrjevanje internih naročil je tudi že grobo planiranje zmogljivosti (RCCP). Pri potrjevanju internih naročil se planer orientira na datum planirane odpreme, ki ga določi komercialist in na proste grobo planirane zmogljivosti. Pri tem se ne upošteva dejanska zasedenost strojev po delovnih urah, ampak grobo planirana količina izdelkov za celoten profitni center na teden (npr. 4000 kril na teden). Potrjuje se vedno teden, ko bo možna odprema, takšna je tudi poslovna praksa.

Informacijski sistem omogoča pregled zasedenosti po tednih za krila in podboje. Proizvodnja kril in podbojev namreč poteka ločeno in pri potrjevanju internih naročil je potrebno upoštevati zasedenost obeh, saj so na istem internem naročilu tako krila kot podboji. Kriterij za potrditev roka je najbolj oddaljen realni termin. Hkrati mora planer upoštevati tudi vrsto posla, ki opredeljuje, ali gre za redno naročilo ali reklamacijo. Slednje imajo prednost. Vse te podatke planer vidi na posebni formi, kjer se podatki dinamično spreminjajo. Poleg števila kosov, ki so že potrjeni za določen teden, upoštevajo tudi skupno število norma ur, ki izhajajo iz že potrjenih naročil. Datum potrjene odpreme potem komercialisti posredujejo kupcem, tako da kupci dobijo informacijo, v katerem tednu lahko pričakujejo odpremo.

9.4.2 Prenos internih naročil v plan

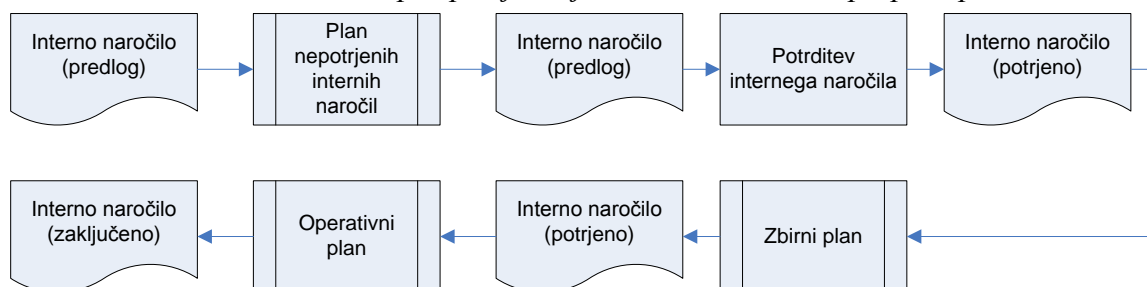
Za operativno planiranje uporabljajo Proizvodni IS in najpomembnejši dokument je »plan«, ki predstavlja osnovo za MRP. V PC NV uporabljajo tri vrste planov:

- plan nepotrjenih internih naročil;
- zbirni plan;
- operativni plan.

Če internega naročila iz kakršnega koli razloga (manjkajoče sestavnice, nedefinirani izdelki ipd.) ni mogoče potrditi, pač ostane v statusu predloga in se avtomatsko prepíše v plan nepotrjenih internih naročil (glej Sliko 21). To je poseben plan, ki se praktično uporablja samo za ugotavljanje materialnih potreb oz. za to, da ima oddelek nabave stalno sprotni pregled nad vsemi potrebnimi materiali v prihodnosti. Za vsa naročila, ki so uvrščena na ta plan, se po MRP

metodi izračunajo potrebe po materialih, ki potem lahko oddelku Nabava služijo za orientacijo pri naročanju materialov.

Slika 21: Postopek potrjevanja internih naročil in prepis v plan



Ko planer potrdi interno naročilo, ga hkrati tudi uvrsti na zbirni plan. Zbirni plan je nekakšna čakalnica za interna naročila. Takoj ko je interno naročilo uvrščeno v zbirni plan, se zbrše iz plana nepotrjenih naročil. Naročila so v zbirnem planu toliko časa, dokler jih planerji ne uvrstijo na operativni plan.

Pri oblikovanju operativnih planov planerji izvajajo prenos pozicij iz zbirnega plana v operativni plan. Ko je pozicija uvrščena v operativni plan, se izbriše iz zbirnega plana. Operativnih planov kot dokumentov je v informacijskem sistemu več, dejansko pa se vsi operativni plani skupaj obnašajo kot en dokument, razdeljen na delovne naloge.

Potrjevanje internih naročil je prva faza grobega planiranja. Pri potrditvi se že določijo roki izdelave (angl. *Due Date*), ki so kasneje vodilo pri oblikovanju operativnih planov in je tudi vhodni podatek za terminiranje proizvodnje. Praktično to velikokrat že predstavlja okvir za operativni plan. Plan nepotrjenih internih naročil in Zbirni plan se praktično uporabljata samo za ugotavljanje materialnih potreb in zasedenosti zmogljivosti, medtem ko je Operativni plan namenjen tudi za razpis delavniške dokumentacije. Ves čas pa planerji spremljajo gibanje materialnih potreb. Avtomatsko se po metodi MRP preračunavajo materialne potrebe za interna naročila, ki še niso potrjena in so torej v planu nepotrjenih naročil, ter materialne potrebe za interna naročila, ki so v zbirnem in operativnem planu.

Potrjevanje internih naročil in prepis v zbirni plan je opravilo, ki se vsak dan izvaja v oddelku OPP. Formiranje operativnih planov pa se običajno opravlja enkrat tedensko, kar pomeni, da so plani tedenski. Je najpomembnejši del planiranja. Poleg tedenskih pa obstajajo tudi izredni operativni plani, kamor so uvrščena tista naročila, ki jih je treba hitro realizirati, npr. reklamacije ali posebni dogovori s kupci. Planski horizont je od 4 do 7 tednov in se spreminja odvisno od zasedenosti proizvodnje, pri čemer je najpomembnejša sezonska komponenta (najdaljši je spomladi in jeseni). Kot lahko vidimo, se v podjetju prepletata dve stopnji planiranja, in sicer operativno planiranje in MRP planiranje.

9.4.3 Oblikovanje delovnih nalogov in njihovo lansiranje

Delovne naloge oblikujejo tako, da upoštevajo naročila kupcev, zaloge, naročila dobaviteljem (kooperantom), sestavnice, tehnološke postopke in stanje zmogljivosti. Na podlagi teh podatkov izračunajo potrebe po sestavnih delih. Rezultat planiranja so pripravljene delovni nalogi in potrebe po materialu. Delovni nalogi in potrebe po materialu so opredeljene količinsko in časovno. Osnovni dokument je operativni plan, na katerem so zbrana interna naročila.

Formiranje delovnih nalogov poteka v več korakih:

Prvi korak je oblikovanje operativnih planov, ki predstavlja prenos pozicij iz zbirnega plana na operativni plan. Prvo merilo za uvrstitev izdelka na operativni plan je rok izdelave, ki je določen na podlagi potrjenega termina dobave kupcu. Potrjeni roki se običajno gibljejo okrog štirih tednov, proizvodni proces pa traja brez komisioniranja dva tedna, tako da obstaja določena časovna rezerva za primer, da na razpolago ni potrebnih materialov ali pa ni prostih zmogljivosti. Drugi kriterij za uvrstitev na operativni plan je razpoložljivost materialov. S tem ko so na operativni plan uvrščene pozicije iz internih naročil, je že določen nivo 0, ki je osnovni nivo za kasnejši MRP izračun plana.

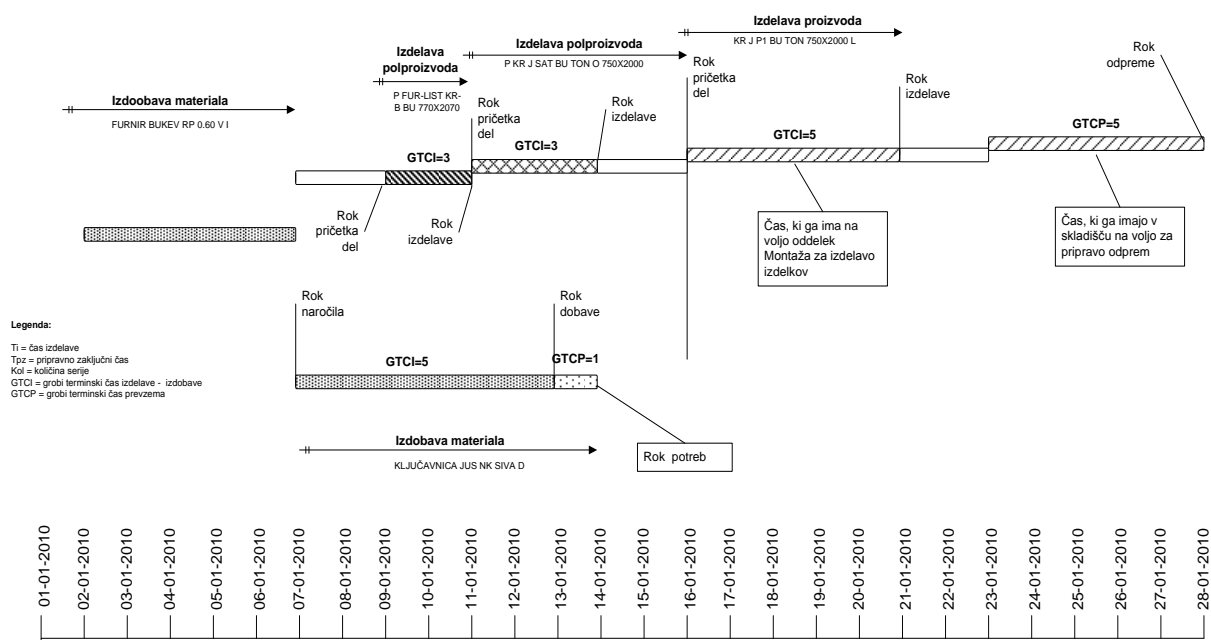
Drugi korak je MRP izračun. Pri izračunu se na podlagi izdelkov, ki so uvrščeni na operativni plan po metodi MRP izračunajo potrebni polizdelki in materiali. ERP omogoča več možnosti izračuna, npr. lahko se upoštevajo polizdelki, ki so na zalogi, lahko se izračunajo bruto potrebe brez upoštevanja zalog ... V Lipu Bled uporabljajo planiranje sestavnih delov nazaj oz. tek v levo. To pomeni, da planirajo roke od potrjenega roka nazaj. Od potrjenega roka odštejejo pretočne čase sestavnih delov in dobijo rok, ko je treba začeti z izdelavo, hkrati je določeno, kdaj bo potreben določen material. Vodilni čas v IS Kopa imenujejo »grobi terminski čas«. Vsak sestavni del ima določen grobi terminski čas v dnevih. Obstajata dve vrsti grobih terminskih časov, in sicer grobi terminski čas prevzema in grobi terminski čas izdelave. S prvim označijo npr. čas, potreben za pripravo materiala ali komisioniranje izdelkov, z drugim pa pretočni čas v proizvodnji.

Od datuma potrjene odpreme računalniški program odšteje grobi terminski čas prevzema za izdelke in na ta način določi rok izdelave za izdelke (glej Sliko 22). Od tega se potem odšteje grobi terminski čas izdelave za ta izdelek in tako so določeni roki izdelave za polizdelke, ki vstopajo v ta izdelek. Hkrati so za to obdobje določene materialne potrebe. Nato se tak izračun ponovi skozi celotno strukturo do zadnjega nivoja. Gre za klasičen MRP preračun.

Tretji korak je oblikovanje delovnih nalogov. Operativni plan razdelijo na delovne naloge. Delovni nalog je poslovni subjekt, ki združuje sorodne izdelke. Kriterij za določitev delovnih nalogov so klasifikacije predmetov. Združeni so izdelki, ki imajo enako drevesno vrsto, enak rob, enako površinsko obdelavo. Na ta način so na enem delovnem nalogu združeni sorodni izdelki, kar je nujno za urejen tok proizvodnje. Oblikovanje delovnih nalogov je korak proti podrobnemu planiranju oz. terminiranju proizvodnje. Številka delovnega naloga se avtomatsko

dodeli vsem izdelkom in enako številko delovnega naloga imajo pripadajoči polizdelki in materiali. Delovni nalog je osnova za razpis delavniške dokumentacije in tudi celotno spremljanje proizvodnje poteka na osnovi delovnih nalogov. Združevanje izdelkov na tak način je deloma posledica odsotnosti formalnega terminiranja operacij. Postavitev optimalnega vrstnega reda nalogov je namreč ena izmed temeljnih funkcij terminiranja operacij.

Slika 22: Izračun časov po MRP metodi



Četrti korak je lansiranje operativnega plana. Pri lansiranju se lahko formirajo naslednji dokumenti: predajnice za polizdelke in izdelke, izdajnice za materiale, predlogi medskladišnic, delovni listi, spremni listi.

9.4.3.1 Razpis proizvodne dokumentacije

Po izračunu in lansiranju operativnega plana sledi razpis proizvodne (delovne, delavniške) dokumentacije. Delovna dokumentacija je namenjena vodjem delovnih skupin in neposrednim delavcem, ki v proizvodnji opravljajo določene operacije. Vodja delovne skupine (mojster) dobi izpis operativnega plana.

Operativni plan je sestavljen iz delovnih nalogov. Za vsak delovni nalog se za posamezno delovno mesto izpiše še delovni list, za katerega se uporablja kar izraz delovni nalog. Na delovnem nalogu so vsi podatki, ki jih potrebuje delavec pri opravljanju določene operacije. Včasih je delovnemu nalogu priložena še skica oz. načrt polizdelka ali izdelka. Delovni nalogi so prilagojeni vsakemu delovnemu mestu in tudi količina podatkov se po delovnih mestih razlikuje. V določenih primerih delovni nalogi opravljajo funkcijo navodil za delo. Na nekaterih linijah delovna dokumentacija ni več potrebna. Operater poskenira črtno kodo na polizdelku in na ekran dobi vse podatke, ki jih potrebuje.

9.4.3.2 Ugotavljanje materialnih potreb

Ugotavljanje materialnih potreb je eden izmed najbolj pomembnih, a hkrati najbolj zahtevnih procesov. Če želijo dobiti pravilno stanje, je potrebno upoštevati veliko število različnih informacij, ki prihajajo iz različnih delov podjetja. Gre za stalno iskanje ravnovesja med potrebami in zalogami.

Potrebe po materialih se izračunavajo po sistemu MRP. Osnova so izdelki na določenem planu, ki so na najvišjem nivoju. Postopek izračunavanja planov je enak za plan nepotrjenih internih naročil, zbirni plan in operativne plane. Na podlagi sestavnice izdelka potem z eksplozijo potreb pridejo do zadnjega nivoja materialov. Na ta način dobijo za določen plan potrebe po polizdelkih in materialih. Če je potreben izdelek na zalogi, IS to zazna že prej in izdelek sploh ne pride na interno naročilo oz. na plan. Polizdelkov večinoma ne delajo na zalogo, tako da večinoma ni proste zaloge polizdelkov. Razlog za to je velika razdrobljenost naročil. Stroški zalog in manipulacije s polizdelki bi preseglji stroške nastavitvev na strojih. Na ta način so bruto in neto potrebe po polizdelkih večinoma enake in posledično tudi bruto in neto potrebe po materialih. Izjema so polizdelki furnirane iverke in oplaščene obloge, ki se planirajo samostojno in se delajo na zalogo. Iverke furnirajo na zalogo, ker je čas trajanja obdelave predolg in ob izdelavi konkretnega naloga za podboj mora biti polizdelek že na zalogi. Pri oblogah pa je pri vsaki menjavi nekaj izmeta na materialu in se zaradi tega izogibajo menjavam. Rezultat planiranja potreb po materialih so izračunane količine potrebnih materialov in polizdelkov po vrstah in v času.

Pri ugotavljanju materialnih potreb je potrebno upoštevati:

- potrebe plana nepotrjenih internih naročil;
- potrebe zbirnega plana;
- potrebe operativnih planov;
- zaloge v skladiščih materiala;
- zaloge v skladiščih v proizvodnji (medfazna skladišča) oz. nedokončano proizvodnjo;
- odprta naročila dobaviteljev.

Za zagotovitev točnega stanja morajo vsi v podjetju skrbeti, da imajo v informacijskem sistemu red na svojem področju. Če se na primer zgodi, da dejanska zaloga v skladišču odstopa od zaloge, ki je v informacijskem sistemu, se lahko zgodi, da se v proizvodnjo lansirajo nalogi, za katere ni na voljo ustreznega materiala. Za pregled materialnih potreb obstaja veliko različnih pregledov (Slika 23). Možno je preveriti materialne potrebe za eno interno naročilo, za en operativni plan, za celotno skladišče materialov in za celotno organizacijsko enoto. ERP omogoča preverjanje materialov pred lansiranjem plana. V primeru, da za določene izdelke ni na voljo dovolj materiala, je mogoče tak izdelek umakniti iz operativnega plana.

Pri planiranju materialnih potreb pa ni dovolj le ugotavljanje potrebnih količin, ampak je izjemno pomembna tudi časovna komponenta. Tako v planu določijo, kdaj bodo potrebovali

določen material (datum potrebe), na naročilu dobavitelju je določen dan dospetja materiala. Na ta način je mogoče ugotavljati, kakšno je stanje materialnih potreb za prihodnje obdobje. Kot je razvidno iz Slike 21, so za nekatere materiale določene tudi signalne zaloge. To je potrebno zaradi dolgih dobavnih rokov za te materiale, ki so daljši, kot je še sprejemljiv rok izdelave za izdelek. Drugi razlog pa je nenatančnost podatkov o stanju zalog v IS. Tako je tudi na področju materialov značilna kombinacija naročanja po MRP in s pomočjo signalnih zalog.

Slika 23: Primer izpisa za pregled materialnih potreb

Datum: 15-05-2010
Stran: 7/33

Izpis PNRTIME Izpis materialnih potreb: Termini

DDG 9 Naziv : pnrtime Vsf : 1 PLANSKE KOLIČINE Šifra OE : 121 Naziv OE: NOTRANJA VRATA
Šifra PS : 2300 Naz. PS : SKL_SM_SKUPAJ Od datuma : 01-02-2010 Do datuma : 30-09-2010

Matično skl: 2009 SKLADIŠČE LES. TVORIV

Šifra	Naziv predmeta	EM	KT	Skupaj na razpolago	Rezervirano	Povprečna mes. por.	Sig. Zal.	Zaloga	Skupaj potrebe nar. dobav	Odprta zaloga na možna nar. dobav	Nedovr. šena	Lansirani	
055630	PL.CPL 0,8 MM BELA 2800X1300	KOS	10-19	8.00	23.00	18.00	16.00	8.00			2.00	2.00	
			10-20	4.00			12.00						
			10-21	24.00				20.00					
			10-22										
055780	PL.CPL 0,8 MM BUKEV 2800X1300	KOS	10-19	4.00	5.00	4.00	12.00	8.00				8.00	
			10-22										
258089	PL.CPL 0,8 MM ČVERILA 3050X1300	KOS	10-19	14.00	0.50		17.00	3.00			45	3.00	
229646	PL.CPL 0,8 MM HRAST LUŽ.-1 L1 2800X1300	KOS	10-19	5.00	3.33	2.00	12.00	7.00				3.00	7.00
			10-21	17.00				12.00					
			10-22										
141065	PL.CPL 0,8 MM HRAST SV.-3 2150X1020	KOS	10-19	50.00	8.17	8.00	50.00					-13.00	
			10-20	47.00				3.00					
			10-22										
228368	PL.CPL 0,8 MM HRAST SV.-4 L3 2150X1020	KOS	10-19	12.00	3.17	3.00	12.00						
			10-20	22.00				2.00	12.00				
			10-22										
			10-23	20.00				4.00					
242040	PL.CPL 0,8 MM HRAST SV.-4 L3 2800X1300	KOS	10-19	15.00	12.17	9.00	19.00	4.00				4.00	
			10-22										
047574	PL.CPL 0,8 MM JAVOR 2150X1020	KOS	10-19	19.00	4.67	2.00	21.00	2.00					2.00
			10-20	17.00				4.00					
			10-22										
016834	PL.CPL 0,8 MM JESEN BE. 2150X1000	KOS	10-19	46.00	21.00	19.00	51.00	5.00					5.00
			10-20	45.00				6.00					1.00
			10-21	-91.00				142.00					
			10-22										
222549	PL.CPL 0,8 MM OREH-2 2150X1020	KOS	10-19	26.00	20.83	19.00	27.00	1.00					1.00
			10-22										
			10-22										
			10-22										
058306	PL.CPL 0,8 MM SIVA-4 2150X1020	KOS	10-19		1.17	1.00	2.00	2.00				2.00	
			10-22										
064747	PL.CPL 0,8 MM SIVA-4 2800X1300	KOS	10-19	16.00	9.33	9.00	198.00	182.00				3.00	182.00
			10-22										
229930	PL.CPL 0,8 MM VANILIJA-1 2150X1000	KOS	10-19	8.00			12.00	4.00				4.00	4.00
			10-22										
262574	PL.CPL 0,8 MM VANILIJA-1 2800X1300	KOS	10-19	24.00			30.00	6.00			10.00	6.00	
264493	PL.CPL 0,8 MM ZELENA-S 2800X1300	KOS	10-19	6.00			60.00	54.00					
035608	PL.CPL 0,8 MM ČEŠNJA 2150X1020	KOS	10-19	4.00	3.17	3.00	6.00	2.00					2.00
			10-22										

Vir: Lip Bled, Poročila poslovnega informacijskega sistema Kopa, 2010b.

9.5 Terminiranje operacij

OPP pripravi operativni (in MRP) plan in ga dostavi mojstru. Hkrati s planom dostavi tudi mape z natisnjenimi delovnimi nalogi, v takšnem številu, kot jih rabijo delavci na strojih. Mojster naloge pregleda in jih razvrsti tako, kot misli, da bi bilo za proizvodnjo najbolj optimalno. To naredi tako, da pregleda vse odprte delovne naloge in potem naredi vrstni red delovnih nalogov tako, da združi tiste, ki imajo enak tip podboja oz. takšen, da zahteva čim manj nastavitvev na liniji za izdelavo podbojev in čim manj menjav materialov. Pri tem se zanaša na svoje izkušnje in poznavanje dela v oddelku. Pri izdelavi vrstnega reda upošteva tudi, katere delavce ima na razpolago. Če npr. nima operaterja na stroju za izdelavo oblog, izbere takšne naloge, ki ne zahtevajo obdelave na tem stroju. Če ima informacijo, da kakšen material manjka, tudi to upošteva pri izdelavi vrstnega reda. Velikokrat ima informacijo, da je treba kakšen nalog narediti prioriteten in tudi to ustrezno upošteva. Približno oceni koliko izdelkov je na nalogih, da na ta način zapolni vsaj en dan. Vrstni red nalogov naredi tudi v informacijskem sistemu, in sicer tako, da poskenira barkode na delovnih nalogih v zelenem vrstnem redu. Nato mape z nalogi v

takšnem vrstnem redu dostavi na delovna mesta. V skladišče mojster dostavi seznam potreb po materialih. Delavci delajo po tem vrstnem redu. V primeru, da pride do spremembe, npr. da iz skladišča sporočijo, da kakšnega materiala ni na razpolago oz. je neustrezen, mojster to sporoči delavcem, da spremenijo vrstni red. Enako se dogaja tudi v primeru nujne izdelave kakšnega izdelka. Tak postopek ponovi vsak dan. Poleg rednih planov se vsak teden pojavljajo tudi izredni plani, zato je treba naloge iz teh planov vriniti med naloge iz izrednih planov. Plansko obdobje je en dan, frekvenca osveževanja je lahko enkrat ali večkrat dnevno, odvisno od nepredvidenih dogodkov. Terminiranje proizvodnje v proizvodnji podbojev v podjetju Lip Bled se izvaja ročno, po presoji mojstra, na podlagi njegovega znanja, informacij in izkušenj.

Terminiranje se izvaja že na višjih nivojih, vendar pri tem ne gre za terminiranje operacij, ampak le za določanje rokov, npr. izdelave izdelkov na naročilu. Tako npr. pri operativnem in MRP planiranju določijo za vsak polizdelek in oddelek predviden datum začetka, ki ni zavezujoč, in datum končanja, ki je dejansko lahko prej, nikakor pa ne sme biti kasneje. Vkolikor se kasneje razmere glede razpoložljivosti materiala in zmogljivosti pomembno spremenijo, se tudi ti datumi popravijo.

ERP Kopa sicer omogoča terminiranje operacij, vendar se v praksi ne uporablja iz več razlogov:

- izdelavni časi operacij v informacijskem sistemu so zelo približni in pogosto odstopajo od realnih časov. Za planiranje proizvodnje se ne uporabljajo, pač pa le za namene kalkulacij;
- časi nastavitvev in menjav niso določeni in so lahko odvisni od vrstnega reda operacij;
- operativni plani se pogosto popravljajo, veliko je izrednih planov, ki spreminjajo stanje. Operativni plan je zelo nestabilen. Ne obstaja t.i. »frozen zone«, niti v formalni niti v neformalni obliki. V informacijskem sistemu je določanje vrstnega reda komplicirano in dolgotrajno. Odprte operacije namreč izhajajo iz velikega števila operativnih planov. Naknadnih sprememb je toliko, da bi bilo potrebno v določenih primerih večkrat dnevno izvajati ponovno razvrščanje, kar pa je lahko zelo zamudno in v praksi neizvedljivo;
- informacijski sistem je na tem področju precej tog oz. preveč statičen in tudi ne omogoča izdelave razvrstitev po različnih algoritmih.

Analiza stanja v oddelku je pokazala še na ostale pomanjkljivosti:

- nastavitve oz. menjave na nekaterih linijah povzročajo veliko zastojev, zato izkoriščenost strojev in delavcev ni optimalna;
- glede na to, da je planiranje tedensko, je rok izdelave običajno postavljen na konec tedna. Znotraj tedna pa roki niso predpisani in tako nalogi nimajo določenih priorit, oz. se o prioritetah dogovarjajo sproti, največkrat v povezavi z nabavo in prodajo. Posledica tega je, da večkrat kakšen nalog ni realiziran, ker pač ni prišel na vrsto, medtem ko je realiziran kakšen drug nalog, ker je bilo pač tako dogovorjeno. Hkrati tudi ostali uporabniki vedo samo to, da bo določen podboj narejen v določenem tednu, ne vedo pa točno na kateri dan;
- dnevno se pojavlja izmet, ki ga je treba urgentno dodelati in s tem se ruši optimalni vrstni red. Količina izmeta po dnevih zelo niha. Izmet ni toliko problematičen, če ga je mogoče

takoj nadomestiti. Če pa to ni mogoče in je potrebna ponovna priprava materialov in nastavljanje strojev, je to precej zamudno;

- operaterji na posameznih strojih izvajajo lokalno optimizacijo, ki pa ni nujno usklajena z drugimi oddelki oz. stroji in ni nujno optimalna za celotni proizvodni proces oz. celotni oddelek;
- ker ni določen fikсни vrstni red nalogov in posledično ni določen vrstni red operacij, tudi ni mogoče zanesljivo ugotavljati zasedenosti strojev, lahko se naredijo le zelo okvirne ocene. Dejansko zasedenost je mogoče ugotavljati le za nazaj.
- problematični so tudi ustni dogovori o pospešitvi realizacije določenih delovnih nalogov, npr. med OPP in obratovodjem ali komercialistom in obratovodjem. To povzroči, da imajo določeni nalogi prioriteto, o tem pa je seznanjen le določen ožji krog sodelavcev;
- za posamezne delovne naloge so sicer določeni roki izdelave, vendar pa se vse prevečkrat dogaja, da najprej realizirajo »lepe« naloge, se pravi tiste z velikimi količinami, majhni nalogi pa ostajajo odprti;
- večkrat se zgodi, da za delovne naloge ni na razpolago dovolj materiala ali pa je neustrezen. To se velikokrat ugotovi tik pred izvedbo, potem pa je treba umikati delovne naloge. Večkrat se pojavi problem, če se barvni toni oblog in pokončnikov ne ujemajo;
- za izdelavo dobrega vrstnega reda nalogov oz. operacij je potrebno veliko izkušenj in poznavanja razmer v obratu in če takšnega delavca ni, je sestavljeni vrstni red lahko zelo napačen;
- dogaja se, da je linija za izdelavo podbojev preobremenjena, ostali stroji pa nimajo kaj početi. S spreminjanjem proizvodnega miksa se spreminja zasedenost strojev.

Trenutni sistem zahteva veliko koordinacije in sodelovanja. Zaradi čedalje bolj razdrobljene proizvodnje in vedno večjega števila vedno manjših nalogov celoten proces postaja vedno težje obvladljiv.

Ugotovili smo že, da imamo v proizvodnji podbojev kombinacijo (malo)serijske in posamične proizvodnje. Vsaka operacija se naredi na celotni seriji (delovnem nalogu), potem pa se premakne na naslednjo serijo. Imamo prekinjen pretok, proizvod ne gre takoj na naslednjo operacijo, ampak šele ko je operacija zaključena na vseh proizvodih v seriji (nalogu). Poti izdelkov niso vedno enake. Glavni razlog za to je v tem, da se v določenih primerih kupijo že narejeni sestavni deli, npr. obloge, v drugem primeru pa se polizdelek naredi v oddelku, na stroju za izdelavo oblog. V takem primeru se ne izvaja nobena operacija na določenem stroju. V majhnem številu se določeni polizdečki naredijo v drugih oddelkih, v izdelek pa se vgradijo na liniji za izdelavo podbojev. Potem imamo še situacijo, ko gre izdelek še na dodatne obdelave v druge oddelke. Razmestitev strojev je torej skupinska razmestitev.

Če upoštevamo navedena dejstva:

- širok proizvodni program – ogromno število različnih izdelkov in posledično tudi polizdechkov;
- kombinacija serijske in posamične proizvodnje;

- skupinska razmestitev strojev;
- različne poti izdelkov skozi proizvodnjo;
- problematična kontrola materialov;
- veliko število različnih materialov;
- neuskklajene zmogljivosti strojev in proizvodnih linij;
- veliko različne delovne dokumentacije;
- ogromno število proizvodnih nalogov, ki so hkrati v proizvodnji itd.

lahko hitro ugotovimo, da terminiranja operacij za takšno proizvodnjo ročno ni mogoče uspešno izvajati. Nujno je najprej organizacijsko in sistemsko najti optimalne rešitve, na to pa dodati ustrezno informacijsko podporo. Pri tem pa je nujna optimizacija celotnega procesa in vseh poslovnih funkcij, saj le-to lahko pripelje do uspešnejšega poslovanja podjetja kot celote. Treba se je pa kljub vsemu zavedati, da je informacijski sistem sestavljen iz treh komponent: ljudi, podatkov in informacijske tehnologije. Ljudje so še vedno ključni dejavnik uspešnega poslovanja, saj imajo vse informacijske tehnologije svoje omejitve, ki se jih moramo zavedati.

Z uvedbo programa za napredno planiranje in razvrščanje vseh težav seveda ne bi mogli odpraviti. Nepredvidenim in neplaniranim dogodkom se ne moremo izogniti. Pomembno izboljšavo bi lahko dosegli z zmanjšanjem števila nastavitvev strojev. Menjav in nastavitvev v okviru enega tedna na liniji za izdelavo podbojev je bilo junija 2010 v povprečju 203. Različnih nastavitvev pa je bilo v povprečju 140 na teden. Točne vrednosti so prikazane v Tabeli 4. V idealnih pogojih bi se ena vrsta nastavitve naredila enkrat na teden in če bi to realizirali, bi bilo menjav in nastavitvev za 30 % manj kot sedaj. Takšni rezultati v praksi niso verjetni, zadovoljiv rezultat bi bilo že zmanjšanje nastavitvev za 10 %. Niso pa vse menjave in nastavitve enakovredne, saj nekatere trajajo dlje kot druge.

Tabela 4: Število nastavitvev na liniji za izdelavo podbojev po koledarskih tednih v juniju 2010

Koledarski teden	Število vseh nastavitvev	Število različnih nastavitvev
23	282	220
24	217	141
25	181	110
26	131	89
Skupaj	811	560

10 PREDLOG INFORMATIZACIJE TERMINIRANJA OPERACIJ

Že v prejšnji točki je bilo navedeno, da bi bila za izboljšanje terminiranja nujna informacijska podpora. V tem primeru bi bila potrebna nadgradnja obstoječega ERP (KOPA), kar zaradi kompleksnosti problema in pomanjkanja izkušenj ponudnika ERP ni najboljša možnost. Druga varianta je integracija s specializiranim programom za planiranje in terminiranje proizvodnje (angl. *Production Planning and Scheduling Software*) ali drugače rečeno s programom za napredno planiranje in terminiranje (angl. *Advanced Planning and Scheduling - APS*). Eden

izmed najbolj razširjenih takšnih programov v Evropi je Preactor. Za sisteme za planiranje in terminiranje proizvodnje uporabljamo izraz sistemi PTP (PTP – planiranje in terminiranje proizvodnje).

10.1 Zahteve sistema za planiranje in terminiranje proizvodnje

Z uvedbo računalniškega sistema za terminiranje operacij mora podjetje doseči:

- stopnja podrobnosti planiranja mora biti zelo detajlirana;
- upoštevati se morajo realne zmogljivosti virov;
- planski horizont do enega tedna;
- osnovni planski element mora postati proizvodna operacija;
- do minute natančno planiranje;
- rezultat planiranja mora biti zavezujoč vrstni red izvajanja operacij na stroju oz. liniji.

Sistem PTP mora zagotavljati uporabniško-prijazno, interaktivno podporo planerjem pri njihovem delu. Zasnovan mora biti tako, da bo omogočal hitro, enostavno ter natančno:

- izmenjavo podatkov med integriranimi sistemi z izbiro akcijskih gumbov;
- posredovanje zavezujočega plana izvajalcem proizvodnega procesa ter podporo tiskanju delovnih nalogov;
- informiranje o terminih ter vrstnem redu dostave materialov/polizdelkov za DN na mesto porabe;
- informiranje o pretoku delovnih nalogov skozi proizvodni proces ter upravljanje s statusi nalogov in operacij;
- informiranje o zasedenosti razpoložljivih proizvodnih virov;
- prikazovanje planiranega procesa izdelave povezanih operacij;
- beleženje urnikov planskih zmogljivosti;
- generiranje ali preplaniranje podrobnega plana z upoštevanjem planskih in spremenjenih zmogljivosti ter proizvedenih količin;
- shranjevanje in primerjavo planov operacij;
- upravljanje ozkih grl.

Proizvodni modul v ERP Kopa teh zahtev ne dosega, kar je še dodaten argument za uvedbo specializiranega programa za napredno planiranje in terminiranje. Uporabniki takšnih sistemov morajo razumeti celoten koncept terminiranja in ne samo tehnike oz. uporabe računalniških aplikacij. Le na ta način bodo lahko oblikovali takšen informacijski sistem, ki bo res pomagal izboljšati proizvodni proces. Projektno skupino za uvedbo sistema PTP bi sestavljali: planer, tehnolog, obratovodja oz. mojster v oddelku, informatik in zunanji svetovalec, določen s strani ponudnika informacijskega sistema za napredno planiranje in terminiranje.

10.2 Podatki v procesu terminiranja

Za uvedbo in delovanje sistema PTP je potrebnih precej vhodnih podatkov. Nekateri nastanejo v predhodnih nivojih planiranja, drugi pa se zbirajo ločeno. Kakovost podatkov je odločilnega pomena za kakovost izdelanega plana. Vzdrževanje podatkov se večinoma izvaja v ERP in se preko integracijskega vmesnika pošljejo v sistem PTP. Glede na obstoječe stanje bo treba nekatere podatke revidirati (npr. čase trajanja operacije), nekatere pa bo potrebno še na novo definirati (npr. značilnosti proizvodov). Kakovost podatkov je treba stalno spremljati in izboljševati.

10.2.1 Podatki o proizvodnih zmogljivostih

Zmogljivosti oz. viri v primeru proizvodnje podbojev so stroji oz. proizvodne linije. To so:

- stroj za formatni narez pokončnikov;
- linija za izdelavo oblog;
- linija za robno obdelavo pokončnikov;
- linija za izdelavo podbojev.

V sami proizvodnji podbojev sodelujejo še drugi stroji, ki pa v ta model niso vključeni. Poleg strojev lahko opredelimo tudi skupine strojev. To pomeni, da lahko sistem za PTP operacijo razporedi ali na stroj a ali na stroj b. V proizvodnji podbojev trenutno takšnega primera ni, ga pa srečamo v proizvodnji kril. Bil pa je v preteklosti tudi v proizvodnji podbojev, kjer sta bili dve liniji za izdelavo podbojev. Kot je že bilo navedeno, je razmestitev strojev skupinska, kar že nakazuje na precejšnjo kompleksnost problema.

Ko imamo vire opredeljene in vnesene v sistem, je treba za vsak vir narediti urnik. Urnik v bistvu določa zmogljivost vira. Seveda sistem omogoča kopiranje urnikov, izdelavo predlog itd. Za vsak vir je treba definirati:

- začetek izmene, npr. 6:00;
- konec izmene, npr. 14:00;
- status, npr. dela, ne dela, vzdrževanje, praznik, dopust;
- učinkovitost, npr. 100 %, 90 %, 0 % ...

Na koncu mora biti rezultat takšen, da je za vsak stroj vedno jasno, kdaj obratuje. To velja tudi za nedelavnike, koledar mora biti definiran, da se ve, da ta vir takrat ne dela. Urnik je lahko zelo dinamičen. Odvisno od zasedenosti proizvodnje, predvidenih vzdrževalnih del, planiranih dopustov itd. se stalno spreminja in ga je treba urediti pred vsakim ponovnim terminiranjem. Definitivno pa ne sme biti razhajanj med urnikom stroja, ki je postavljen v sistemu, in dejanskim urnikom v obratu. Ob tem lahko omenim, da obratovodja takšne urnike v bistvu že ima, s tem, da jih ima narejene v Excelu. Narejeni so za en teden naprej in kot taki niso primerni za nadaljnjo obdelavo v informacijskem sistemu. Z upoštevanjem tega dejstva bo to pomenilo določen zasuk

v organizaciji. Sedaj ko ni sistemsko rešenega podrobnega planiranja, obratovodja na podlagi podatkov o zasedenosti naredi urnike za naslednji teden. Z uvedbo računalniškega sistema za terminiranje operacij pa se bosta morala OPP in obratovodja uskladiti in narediti takšne urnike, da bodo sprejemljivi za vse.

Vedno je treba narediti razumno presojo o tem, katere vire je smiselno vključiti v sistem PTP. Tistih zmogljivosti, kjer vrstni red ni ključen in ne vplivajo na ostale zmogljivosti, ali pa ne moremo zagotoviti dovolj točnih podatkov, ni smiselno vključevati. Drugače se lahko zgodi, da je virov preveč in model postane nepregleden. Zaradi tega je ključno dobro poznavanje razmestitve strojev. V situacijah ko so stroji v liniji, je ključno, da lociramo ozko grlo in terminiranje prilagodimo stroju, ki je ozko grlo, saj ta določa pretočnost sistema.

10.2.2 Podatki o izdelkih, tehnologiji ter podatki iz operativnih in MRP planov

Večina podatkov se zagotovi že v predhodnih stopnjah planiranja proizvodnje. Nekatere podatke dobimo s spremljanjem proizvodnje. Točni podatki so ključni za pravilnost delovanja sistema za planiranje in terminiranje proizvodnje in izdelavo realne in izvedljive razvrstitve. Sama vsebina in struktura podatkov se razlikuje od podjetja do podjetja. V nadaljevanju so prikazani vzorčni podatki za planiranje in terminiranje podbojev. Slike od 24 do 27 so ekranske slike iz demo verzije Preactorja, številka na sliki ob tekstu podatka pa je enaka številki ob opisu v nadaljnjem besedilu.

Slika 24: Vhodni podatki o operacijah in proizvodnih nalogih

Edit Jobs Information			
1	Status PN	Lansiran	Sestavnica <input type="button" value="Edit .."/>
2	PN	2278681	Stroji <input type="button" value="Edit .."/>
3	Operacija	10	Časi Operacije <input type="button" value="Edit .."/>
4	Opis Operacije	IZDELAVA PODBOJEV, KONTF	Znacilnosti <input type="button" value="Edit .."/>
5	Predmet	264941	Napredovanje <input type="button" value="Not Started"/>
6	Naziv Predmeta	PO SM51 JA LAK 150X750X211	Planiran Zacetek Nastavitve <input type="button" value="24-05-2010 07:17"/>
7	Earliest Start Date	17-05-2010	Planiran Zacetek Operacije <input type="button" value="24-05-2010 07:19"/>
8	Due Date	28-05-2010	Planiran Konec Operacije <input type="button" value="24-05-2010 07:21"/>
9	Prioriteta	10	Interno narocilo <input type="button" value="121091868"/>
10	Kolicina	1.00	Status OP <input type="button" value="1"/>
	Prosta Kolicina	1.00	Zap St Delitve <input type="button" value="0"/>

Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

1. **Status proizvodnega naloga.** Možni statusi so: MRP, Planiran, Potrjen, Operativen, Lansiran, Zaključen, Za dopolnitev (izmet).
2. **Številka proizvodnega naloga.** Proizvodni nalog je unikatna številka, ki predstavlja določen izdelek ali polizdelek znotraj enega naročila. Če imamo na istem naročilu dva različna izdelka, ki vsebujeta enak polizdelek, imamo za vsak izdelek svoj proizvodni nalog,

polizdelka pa sta združena na en proizvodni nalog. Proizvodni nalog je sestavljen iz operacij. Proizvodnega naloga v takšni obliki še ni in ga bo potrebno še zagotoviti.

3. **Številka operacije.** Podatek se določi že ob formiranju postopka za izdelek ali polizdelek v ERP.
4. **Opis operacije.** Podatek se določi že ob formiranju postopka za izdelek ali polizdelek v ERP.
5. **Šifra predmeta.** Gre za tipičen matičen podatek o predmetu.
6. **Naziv predmeta.** Gre za tipičen matičen podatek o predmetu.
7. **Najzgodnejši rok izdelave** (angl. *Earliest Start Date (ESD)*). Je datum, pred katerim izvajanje operacij ni možno. ESD se določa na nivoju proizvodnega naloga in je določen že v okviru operativnega planiranja.
8. **Rok izdelave** (angl. *Due Date (DD)*). Je datum, do katerega mora biti proizvodni nalog realiziran. Določen je že v okviru operativnega planiranja.
9. **Prioriteta.** Določa prioriteto operacije. V primeru proizvodnje podbojev se ne uporablja. Če je treba kakšen nalog narediti urgentno, se to rešuje s prestavitvijo DD.
10. **Planirana količina.** Je naročena količina izdelkov oz. po MRP izračunu določena količina polizdelkov. V primeru, ko je količina delno realizirana in pride do ponovnega razvrščanja, se planirana količina zmanjša za realizirano, tako da se razvršča res samo odprta količina.
11. **Številka internega naročila.** Za samo terminiranje ni pomembna, ker terminiramo operacije, pomembna pa je zaradi lažje sledljivosti in pregleda narejenega plana.
12. **Status operacije.** Pove ali je operacija že v delu ali je delno narejena in deljena ali je zaključena ali gre za nadomestno operacijo zaradi izmeta. Podatek dobimo na podlagi plana in informacij iz spremljanja proizvodnje.

Slika 25: Vhodni podatki o značilnostih artikla in operacije

13

Edit Jobs Znacilnosti Information	
Površina	FURNIR
Višina/Dolžina	2150
Površinska obdelava	JA LAK
Tip podboja	SM51
Dimenzija oblog	65
Vrsta obloge	OSTRA
Opombe	<input type="text"/> ...
Dokument	<input type="text"/> ... View ...
Previous... Cancel	

Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

13. **Značilnosti operacij na strojih.** So parametri, ki vplivajo na določanje zaporedja, in so podrobneje razloženi v naslednjem poglavju.
14. **Čas nastavitve stroja pred izvajanjem operacije.** Je čas nastavljanja stroja preden začnemo s serijo in je odvisen tudi od zaporedja proizvodnih nalogov. Poleg nastavljanja stroja sem spadajo tudi menjalni časi zaradi zamenjave (priprave) novih materialov.

15. **Čas izdelave.** Je čas trajanja operacije. Je normiran čas. Potrebno je stalno spremljanje dejanskih časov in jih tako dolgo urediti, da se v zelo velikem odstotku ujemajo z dejanskimi, drugače zasedenost virov ni pravilna. Pri izdelkih, kjer se je določena operacija že izvajala, je čas izvajanja znan, kar nekaj pa je novih operacij, kjer se sprva lahko dajo le ocene, ki se naknadno zamenjajo z realnimi podatki.

Slika 26: Vhodni podatki o časih

Edit Jobs Časi Operacije Information	
Čas uvodne nastavitve	0 Hours 00 Mins
Tip izdelavnega normativa	Time Per Item
Izdelavni normativ	0 Hours 01.4400 Mins
14 Skupni čas nastavitve	0 Hours 02 Mins
15 Čas izdelave	0 Hours 01 Mins
16 Prosti čas pred naslednjo operacijo	0 Hours 03 Mins

Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

16. **Prosti čas pred naslednjo operacijo.** Je čas čakanja oz. čas, ki mora preteči po končanju operacije, preden lahko začnemo z izvajanjem operacije na predmetu.

Slika 27: Podatki o strojih

Edit Jobs Stroji Information	
17 Skupina strojev	21501
18 Zahtevan stroj	LINIJA POLNE ZAJERE (ISE)
19 Stroj	LINIJA POLNE ZAJERE (ISE)
20 Področje planiranja	215

Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

17. **Skupina strojev.** V primeru proizvodnje podbojev skupin strojev ni, za vsako operacijo je na razpolago le en stroj.
18. **Zahtevan stroj.** S tem določimo želeni stroj na katerem naj se izvaja operacija.
19. **Stroj.** Prikazuje dejansko izbrani stroj.
20. **Področje planiranja.** S tem največkrat določimo oddelek, v katerem se izvaja operacija.

10.2.3 Podatki o značilnostih proizvodov

Značilnosti artiklov, ki jih apliciramo na stroj in operacijo, so nujno potrebne za izdelavo optimalnega vrstnega reda. Značilnosti so kriterij za definiranje vrstnega reda. Primer značilnosti je npr. »dimenzija obloge« na stroju za izdelavo oblog. Ta je lahko 50, 60 ali 70 mm. Menjava dimenzije na stroju lahko pomeni tudi čas menjave. Ti podatki se razlikujejo od podjetja do podjetja, v nekaterih primerih jih rabimo drugič pač ne. Tudi sama vsebina je povsem različna in

odvisna od dejavnosti, s katero se podjetje ukvarja, od značilnosti tehnologije, proizvodnega procesa in proizvodov.

V okviru določanja značilnosti je treba pripraviti tudi matriko vseh možnih kombinacij značilnosti. Tako na Sliki 28 vidimo, da je čas nastavitve na stroju pri prehodu iz obloge 60 na 70 tri ure. Sistem PTP potem pri formiranju ustreznega vrstnega reda upošteva značilnosti. To je še posebej pomembno npr. pri APS algoritmu »minimiziraj čas nastavitvev«, kjer glede na zgoraj opisano matriko naredi vrstni red operacij tako, da je nastavitvev čim manj.

Slika 28: Ekranska slika določanja matrike dimenzij in menjalnih časov

		Dimenzija oblog							
		From							
To	70	60	65	59	38	75	50	20	
70	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
60	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
65	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
59	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
38	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
75	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
50	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins
20	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	3 Hours 00 Mins	0 Hours 00 Mins

Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

Pri proizvodnji podbojev je treba upoštevati vsaj 6 značilnosti, ki skupaj zavzamejo več kot 100 vrednosti:

- površina (npr. furnir, dekor, cpl ...);
- površinska obdelava (npr. bukev lakirano, hrast dekor, javor cpl ...);
- višina podboja (npr. 2040, 2150, 2151 ...);
- tip podboja (npr. SM14, SM43, SMO14 ...);
- dimenzija obloge (npr. 50, 60, 70 ...);
- vrsta podboja (EI30, UNI, VZ ...).

Značilnosti so dodeljene strojem, pa ima tudi vsaka operacija opredeljene ustrezne značilnosti. Na stroju mora biti opredeljeno, katera značilnost velja za stroj in vse možne vrednosti (Slika 29). Točno število potrebnih značilnosti se bo verjetno pokazalo šele pri uvedbi sistema.

Na operaciji pa mora biti opredeljena konkretna vrednost značilnosti za določeno operacijo. Katere značilnosti moramo opredeliti na določenem stroju oz. operaciji, lahko določimo samo na podlagi izkušenj oz. dobrega poznavanja procesov, strojev in naprav. Običajno operaterji na strojih in tehnologi najbolj vedo, katere so tiste karakteristike izdelka, zaradi katerih je potrebna nastavitve stroja in kakšne karakteristike morajo imeti izdelki oz. polizdelki, da se lahko obdelujejo skupaj. Zato je pomembno, da pri uvedbi sistema sodelujejo tudi tehnologi, mojstri in operaterji.

Slika 29: Lastnosti določene stroju

Number	215004
Name	LINIJA IZD. FOLDING O.LEHBRINK
Finite or Infinite	Finite
Efficiency %	100.00
Preferred Sequence	Edit ..
Vrsta furnirskega lista	Edit ..
Rob	Edit ..
Debelina	Edit ..
Brazda	Edit ..
VisinaDolzina	Edit ..
Okovje	Edit ..
Dimenzija oblog	Edit ..
Sredica krila	Edit ..
Drevesna vrsta	Edit ..

Nastavitve potekajo sočasno
 Menjave potekajo sočasno
 Menjave in nastavitve potekajo sočasno

OK Cancel

Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

10.2.4 Podatki o sestavninah

Sistem PTP nujno rabi podatek o toku proizvodnje. Glavni namen teh podatkov je, da se določi pot izdelave, le-to pa lahko razberemo že iz strukture sestavnice. Npr. proizvodni nalog a vstopa v proizvodni nalog b, ta pa naprej v proizvodni nalog c. Na ta način se prepreči, da bi sistem PTP določil izdelavo nekega izdelka v takšnem terminu, ko še ne bi bili narejeni vsi polizdelki, potrebni za ta izdelek. Podatki o tem so zagotovljeni že v predhodnih stopnjah planiranja, saj tudi MRP izračuna ni mogoče narediti brez sestavnice. Potrebni podatki so:

- številka proizvodnega naloga;
- zaporedna številka pozicije v sestavnici;
- artikel;
- enota mere;
- količina;
- številka vhodnega proizvodnega naloga.

10.3 Potrebni ukrepi

Za uvedbo informacijske podpore za terminiranje proizvodnje, s katero bi rešili del prej omenjenih pomankljivosti, bi bili na področju planiranja potrebni naslednji ukrepi:

- termimska enota ne bi bila več teden, ampak dan;
- potrebno bi bilo določiti fiksno obdobje, npr. dva dni z rezervacijo zmogljivosti za izdelavo izmeta. Na ta način bi bolj stabilizirali plan;
- potrebno bo stalno vzdrževanje delovnega koledarja tudi na nivoju strojev. Sedaj je koledar določen samo na nivoju profitnega centra in oddelkov;
- izboljšati bo potrebno kakovost podatkov o izdelavnih časih.

Na novo pa bo treba:

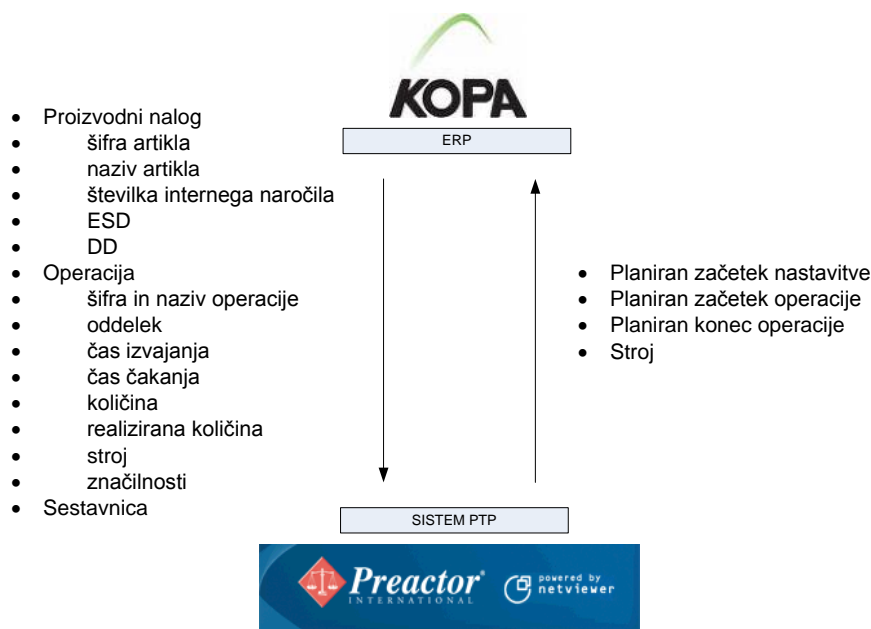
- pridobiti podatke o časih nastavitve strojev in menjav glede na predhodno operacijo;
- zbirati podatke o prisotnih delavcih, planiranih dopustih;
- urediti zbiranje podatkov o stanju strojev;
- zbrati podatke o značilnostih artiklov;
- ugotoviti, kakšen bi bil optimalni vrstni red operacij za celotno proizvodnjo in postaviti algoritem za optimiranje vrstnega reda z uporabo APS.

Za ostale podatke pričakujem, da so že v ERP dovolj dobro strukturirani in kvalitetni, da so lahko uporabni za terminiranje proizvodnje. Dejansko uporabnost teh podatkov pa lahko ugotovimo šele s prvimi testiranjmi.

10.4 Integracija informacijskih sistemov

ERP Kopa je jedro informacijskega sistema. Integracija med obema sistemoma bo izvedena preko izmenjevalnih tabel. S strani ERP se bodo v izmenjevalne tabele pošiljali vsi podatki, ki jih potrebuje Preactor (Slika 30). Slednji pa bo po obdelavi podatkov vrnil podatke o planiranem začetku nastavitve, planiran začetek in konec operacije in izbrani stroj v primeru skupine strojev.

Slika 30: Integracija sistemov ERP in APS



Sistema uporabljata različne baze podatkov. Kopa uporablja podatkovno bazo Oracle, Preactor pa MS SQL. Izmenjevalne tabele bodo postavljene na bazi Oracle.

10.5 Definiranje algoritma terminiranja

Najbolj pravilno je, da najprej postavimo cilj, ki ga želimo doseči. Določitev cilja je pogoj za izbiro pravega algoritma terminiranja. V primeru proizvodnje podbojev v Lipu Bled je kratkoročni cilj dosledno izpolnjevanje obljubljenih dobavnih rokov, srednjeročni in dolgoročni pa kontinuirano krajšanje dobavnih rokov. Pritiski na dobavne roke so vse večji, zato je nujno potrebna hitra odzivnost in to je razlog za uvedbo takšnega sistema. Trenutno je ozko grlo linija za izdelavo podbojev. Vsi predhodni stroji in linije imajo veliko večje zmogljivosti in lahko v eni izmeni naredijo toliko kot linija za izdelavo podbojev v dveh izmenah. Dejstvo, da se ozko grlo ne premika v odvisnosti od strukture naročil, predstavlja precejšnjo poenostavitev modela. Število narejenih kosov na izmeno niha od 150 do 300 in v tem je bistvo problema. Vzroki za takšno nihanje so zelo različni, od okvar na strojih, izmeta, neustreznih materialih, do neoptimalnega vrstnega reda in prepogostega nastavljanja strojev. Treba se je izogniti situacijam, ko se naredi le 150 in se čimbolj približati številki 300.

Tudi z vidika števila delavcev, ki delajo na posameznem stroju, bi za optimizacijo izbrali linijo za izdelavo podbojev. Število delavcev na posameznih strojih je naslednje:

- stroj za formatni narez pokončnikov: 1(2);
- linija za izdelavo oblog: 3;
- linija za robno obdelavo pokončnikov: 2;
- linija za izdelavo podbojev: 12.

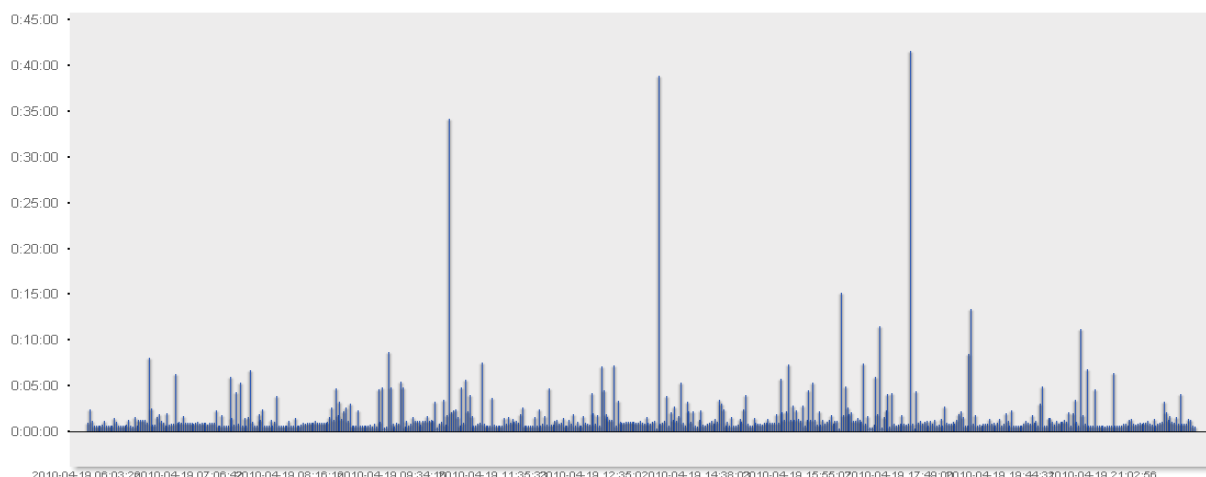
Glede na neuskrajene zmogljivosti strojev in dejstva, da največ delavcev dela na liniji za izdelavo podbojev, lahko definiramo podcilj: največja možna izkoriščenost linije za izdelavo podbojev. Stroj in ljudje so najboljše izkoriščeni, če je čim manj zastojev. Na vse zastoje ne moremo vplivati, na določene pa lahko in nastavitev stroja je tak primer. Na podlagi vseh teh ugotovitev lahko sprejmemo sklep, da bi bil najprimernejši algoritem »Pravilo najkrajšega časa preurejanja« (angl. *Minimize Overall Setup*), in sicer na liniji za izdelavo podbojev. Drugače povedano, treba je narediti takšen vrstni red, da bo na liniji za izdelavo podbojev čim manj zastojev, da bo linija neprestano delovala. Ob tem pa se lahko zgodi, da se zaradi povečane pretočnosti na liniji za izdelavo podbojev zmanjša pretočnost na predhodnih strojih. V Preactorju pravijo, da je kar 98 % optimizacij narejenih z zmanjševanjem časov nastavitvev in to zato, ker je čas nastavitve edini parameter, ki je odvisen od zaporedja nastavitvev (Preactor, 2009).

Stolpci na Sliki 31 prikazujejo čas v minutah, ki preteče med končanjem izdelave enega izdelka in končanjem izdelave naslednjega izdelka. Najbolj problematične so t.i. špice oz. visoki stolpci, kjer je ta čas na primer 35 minut ali celo več. Na prvi pogled lahko vidimo, da se v tem dnevu (konkretno je to 20. 4. 2010) pojavijo tri obdobja daljša od 30 minut. To pomeni, da v tem času ni bil narejen noben podboj. Razen tega vidimo tudi zelo veliko frekvenco obdobja daljših od 3 minut. Idealno bi bilo, da v obeh izmenah ne bi bilo nobenih obdobja daljših od ene minute, kolikor je deklariran čas za izdelavo podboja na liniji. Ena izmed možnosti, kako se takšnih

nihanj lahko delno znebimo, je tudi postavitve takšnega vrstnega reda, ki bo zahteval čim manj nastavitvev na stroju oz. menjav materialov.

Razvrstitev je smiselno delati za celoten oddelek. Vsi predhodni stroji se morajo prilagajati »liniji za izdelavo podbojev« glede na to, da je njihova zmogljivost veliko večja. Cel oddelek bi tako gledal isto sliko. Vsi bi lahko vedeli, kaj morajo delati, do kdaj morajo zaključiti z določeno operacijo, kateri delovni nalog je naslednji na vrsti. Skladiščniki oz. pripravljavci materiala bi imeli jasno sliko o tem, kateri material, ob katerem času in kam morajo dostaviti. Veliko manj bi bilo komunikacije in usklajevanja.

Slika 31: Takt linije za izdelavo podbojev



Celoten sistem temelji na predpostavki, da so vsi materiali na razpolago oz. se lahko z zelo veliko verjetnostjo zanesemo na to, da bodo v določenem času na določenem mestu. Brez tega ni mogoče narediti izvedljivega plana. Preverjanje materialov se ugotavlja v predhodni fazi planiranja. V sistem PTP lahko pridejo samo tisti proizvodni nalogi, za katere je dovolj materiala. Odločitev planerja pa je, ali bo upošteval tudi planirane dohode materialov ali pa bo res lansiral samo tiste naloge, za katere je material že v skladiščih. Sodobni APS sistemi omogočajo tudi vključitev materialnega poslovanja.

10.6 Izdelava plana

Ko imamo zagotovljene vse potrebne podatke, narejene vse nastavitve v sistemu PTP, sprogramiran algoritem za terminiranje, lahko začnemo z določanjem vrstnega reda. Za prikaz vrstnega reda se uporablja t.i. planska tabla (Slika 32). To je v bistvu neke vrste elektronski gantogram.

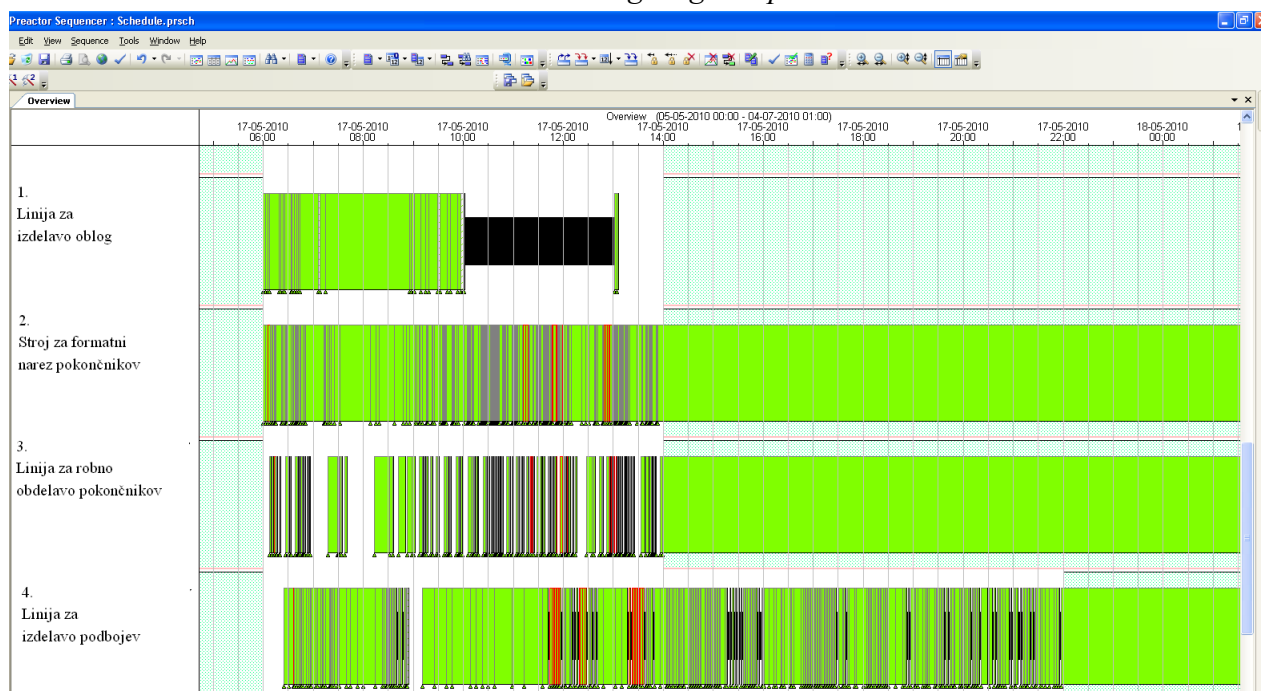
Razlaga planske table:

- navpično so razporejeni stroji, vodoravno imamo časovno premico;
- belo področje v ozadju predstavlja razpoložljiv čas oz. čas, ko stroj obratuje. Obarvano področje v ozadju pa je čas neobratovanja. Iz primera vidimo, da imajo linija za izdelavo

oblog (1), stroj za formatni narez pokončnikov (2) in linija za robno obdelavo pokončnikov (3) nastavljen 8 urni delavnik, ki se začne ob 6:00 in konča ob 14:00. Linija za izdelavo podbojev pa ima 16-urni delavnik z začetkom ob 6:00 in zaključkom ob 22:00. Na tem urniku niso določene malice in menjave izmen. To bi bilo smiselno vključiti, saj na primer malica traja pol ure na izmeno, kar je 6,25 % delovnega časa in za toliko bodo zmogljivosti v tem primeru realno preobremenjene;

- navpični pravokotniki oz. črte na belem ozadju predstavljajo razporejene operacije. Širši kot je pravokotnik, daljše je trajanje operacije. Če se operacija ne konča pred koncem izmene, se raztegne čez področje neobratovanja in nadaljuje naslednji dan (primer stroji 2, 3, 4);
- temnejše navpične črte predstavljajo operacije, ki so že zamujene, to pomeni, da je njihov DD pred datumom, na katerega so razporejene.
- ozke črne črte (najbolj očitno je to na stroju 1) predstavljajo čas nastavitve. Npr. na stroju 1 ta čas znaša kar 3 ure.

Slika 32: Primer možnega izgleda planske table



Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

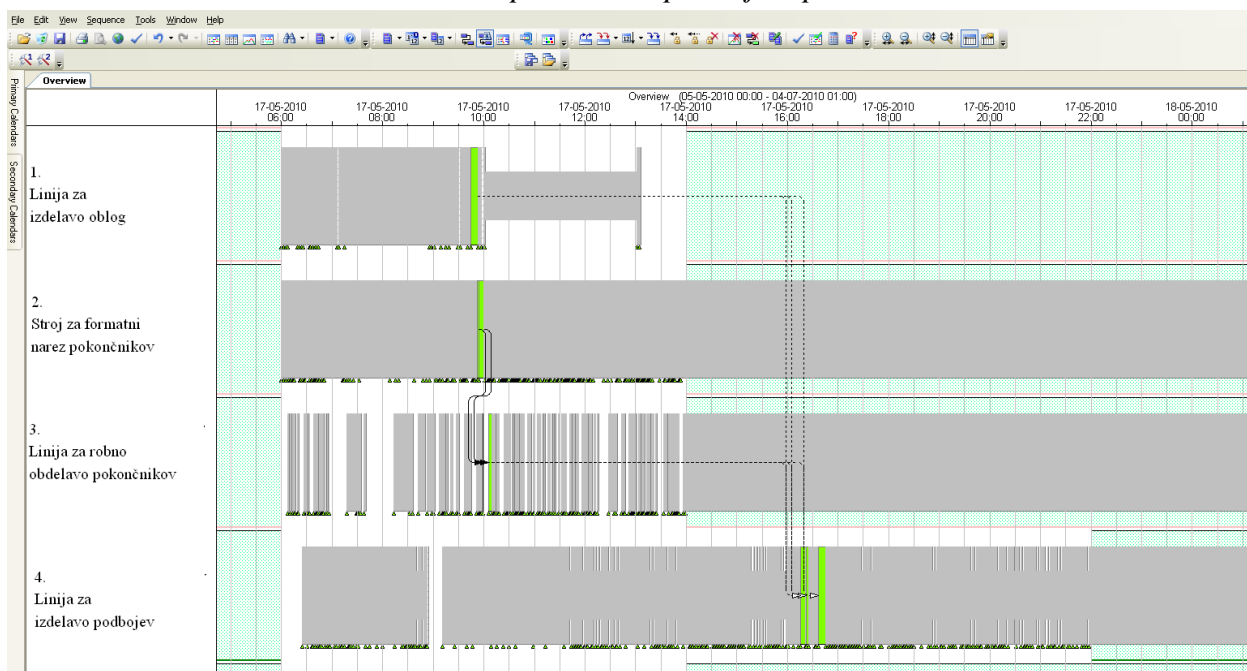
Terminiranje se izvaja naprej (v desno), z uporabo algoritma »najkrajši časi preurejanja«. Glede na že opredeljeno veliko razdrobljenost proizvodnje je problematično premikanje posameznih naročil. Najbolje je, da planska tabla deluje kot »black box«, kjer čim več dela glede določanja vrstnega reda prepustimo računalniku, sami pa poskrbimo za to, da zagotovimo prave podatke in na planu izvajamo kar se da malo ročnih posegov. Vendar pa je to bolj kot ne teoretična predpostavka.

Preactor ima ogromno funkcionalnosti, ki lahko planerju pomagajo pri pripravi (skoraj) optimalnega plana. Naj jih naštejemo samo nekaj:

- iskanje naročil na planski tabli z lokatorjem;

- prikaz povezanih operacij (Slika 33);
- prikaz kritičnih operacij;
- pregled zasedenosti strojev;
- ročno razvrščanje in prerazvrščanje;
- vpogled v že opravljeno proizvodnjo,
- primerjava različnih razvrstitev.

Slika 33: Prikaz povezanih operacij na planski tabli



Vir: Preactor (2010). Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija, 2010.

Zelo pomembno je, da je tak sistem odziven. Če ni dobre odzivnosti ali pa če operiramo z napačnimi podatki, je zelo pomembno, da lahko podatke hitro popravimo in jih ponovno razvrstimo.

Eno izmed močnejših orodij v Preactorju je izdelava simulacij. Tako lahko naredimo več razvrstitev in jih primerjamo med sabo in na ta način iščemo načine za izdelavo še boljše razvrstitve. Takšne simulacije so lahko tudi dober pripomoček pri odločanju o novih investicijah v opremo.

Rezultat procesa izdelave plana je oblikovanje proizvodnih nalogov na nivoju izdelkov in polizdelkov in razporeditev operacij iz teh proizvodnih nalogov po virih, v pravilnem zaporedju s čim manj nastavitvami in zamudami. Tako dobimo zavezujoč proizvodni plan, ki upošteva razpoložljivost materialov in zmogljivosti virov. Ta plan je treba v ustrezni obliki dostaviti uporabnikom. To lahko naredimo v papirni ali elektronski obliki. Trenutno že obstajajo različni pregledi nerealiziranih delovnih nalogov, ki pa imajo definiran le rok izdelave na nivoju izdelka, nimajo pa definiranega točnega planiranega roka začetka izvajanja operacije. Z uvedbo sistema PTP bo na voljo tudi ta podatek in bo možno dopolniti te preglede. Seveda pa bo potrebno narediti tudi dodatna nova poročila.

10.7 Kontrola proizvodnje

Kontrola oz. spremljanje proizvodnje je zagotavljanje podatkov o opravljenih operacijah in je nujno za uspešno terminiranje proizvodnje. V primeru, da tega ne zagotovimo, se nam lahko zgodi, da nam v sistemu PTP zmogljivosti zasedajo operacije, ki so v resnici že narejene in rezultat so neuporabni plani. Zaradi tega so v proizvodnji podbojev že postavljene 4 točke, kjer spremljajo realiziranost delovnih nalogov. Pokriti so vsi stroji in linije in s tem vse ključne operacije. Spremljanje poteka na 3 načine:

- skeniranje črtnih kod na delovnih nalogih. Problem v tem primeru je, da zajem ne poteka v realnem času, saj delavec na liniji poskenira realizirane naloge le dvakrat na izmeno. V tem primeru bo za potrebe terminiranja verjetno potrebno povečati frekvenco skeniranja;
- avtomatski zajem podatkov – na nekaterih linijah je urejen prenos podatkov o delovnih nalogih iz ERP sistema in nazaj;
- skeniranje kod na etiketah končnih izdelkov – pred oddajo izdelkov iz proizvodnje v skladišče gotovih izdelkov delavec poskenira črtno kodo na etiketi in na ta način zabeleži podatek o tem, kateri izdelki iz določenega delovnega naloga so bili oddani v skladišče končnih izdelkov.

Zajem podatkov večinoma poteka v realnem času (razen v primeru skeniranja na delovnih nalogih) in podatki se uporabljajo tudi za druge namene. Pri svojem delu jih uporabljajo tako planerji kot obratovodja in tudi komercialisti, ki imajo vpogled v to, do katere mere je realizirano njihovo interno naročilo. Pred vsakim novim ciklom terminiranja moramo poskrbeti za to, da so vnešeni tudi vsi podatki o realiziranih operacijah. Obstoječi sistem spremljanja proizvodnje bi bilo možno na ključnih operacijah tudi nadgraditi, in sicer tako, da bi merili tudi dejanske čase izvajanja operacij.

10.8 Pričakovane motnje pri izvedbi plana

Pri terminiranju operacij je potrebno stalno spremljati, kakšna je realizacija in do kakšnih odklonov prihaja ter kakšni so vzroki zanje. Motnje lahko razdelimo na tiste, ki so pričakovane in jih lahko vključimo v plan, in tiste, na katere ne moremo vplivati. Pomembno je, da se predvsem na slednje dobro pripravimo in pripravimo scenarij ukrepov, ki jih je potrebno izvesti, ko do motnje pride.

Osnova je seveda izvedljiv plan operacij. Tega je treba pravočasno dostaviti na ustrezna delovna mesta. Delavci se morajo držati tega plana, pri tem pa jih je potrebno kontrolirati in usmerjati. Motnje v procesu izvedbe, ki posledično vplivajo na terminiranje operacij, bodo enake kot pred uvedbo terminiranja operacij, le da jih bo potem potrebno upoštevati in jih postopoma odstranjevati z ustreznimi organizacijskimi ukrepi. Takšne motnje so na primer:

- tik pred izvedbo se ugotovi, da je material neustrezen. Ukrep: pravočasno preverjanje kakovosti materiala. Če to še ne bo dovolj, je na primer potrebno predpisati, da se vse naloge,

- za katere je material neustrezen, umakne in nadaljuje po predpisanem vrstnem redu. Pri naslednjem osveževanju plana je treba to ustrezno upoštevati;
- okvare na strojih. Ukrep: Če je le mogoče, se po odpravi napake nadaljuje po predpisanem vrstnem redu. Če gre za večjo okvaro, se lahko naredi ponovno razvrščanje z upoštevanjem nedelovanja določenega stroja. Lahko pa vrstni red ostane enak, kot je bil prvotni in se operacije samo časovno prestavijo. Lahko se problem rešuje z nadurami;
 - odsotnost delavca. Če je planirana, je treba to že predhodno upoštevati pri izdelavi plana. V kolikor gre za neplanirano, je treba rešiti z nadomestnim delavcem, ali pa prilagoditi plan.
 - dobava materiala je zamujala, zato se zamuja tudi z izdelavo izdelka in ko material pride mora izdelek nujno v delo. Pomembno je, da so takšni dogodki zajeti v informacijskem sistemu. Če material zamuja, pomeni, da se spremeni najzgodnejši datum začetka. Zaradi takšnega dogodka bo potrebno ponovno terminiranje. Možen ukrep je tudi rezervacija zmogljivosti na primer 20 minut dnevno za nujne izdelave in dodelave izmeta;
 - spremeni se datum odpreme. Nalog je treba narediti prej kot je bilo prvotno definirano. Potreben je ponoven cikel terminiranja.

Manj kot je motenj, bolj stabilen bo plan in lažja bo izvedba. Potrebno bo določiti t.i. zamrznjeno obdobje, v katerem bo plan fiksen. Tako obdobje bo na primer 2 dni. Tendence mora biti, da je to obdobje čim daljše in da se sčasoma doseže npr. obdobje enega tedna. Podaljševal pa se bo tudi planski horizont, in sicer vsaj na dva tedna ali več. Našteti je le nekaj motenj, v praksi jih bo gotovo precej več. Ravno zaradi takšnih situacij je nujno, da je sistem za planiranje in terminiranje proizvodnje izredno odziven. Če izdelava nove razvrstitve ni možna v nekaj minutah in z le nekaj kliki z miško, potem bo sistem težko zaživel. To je potrebno upoštevati že pri izbiri takšnega sistema in temu prilagoditi tudi zbiranje ustreznih informacij, kot je npr. podatek o opravljenih operacijah na proizvodnih nalogih.

Omenil sem že, da je terminiranje veliko lažje izvedljivo v stabilnem in predvidljivem okolju. Zato bi morali hkrati z uvedbo informacijskega sistema sprejeti tudi ostale npr. organizacijske ukrepe, ki bodo zagotovili čim bolj stabilno in predvidljivo okolje. Potrebne bodo tudi organizacijske spremembe, saj bo pripravo podrobnih razvrstitev morala prevzeti OPP.

10.9 Pričakovane koristi

Za vsak projekt je potrebno postaviti merljive cilje in ovrednotiti uspešnost projekta. Pričakovani učinki uvedbe informacijsko podprtega terminiranja operacij so v skladu s teoretičnimi spoznanji. Cilji projekta so usklajeni s splošnimi cilji terminiranja operacij. Po zaključku projekta tako pričakujem:

- izdelava boljše razvrstitve kot jo naredijo ročno;
- lažje planiranje materialnih potreb, saj bo za vsak dan točno znano, kateri materiali so potrebni;
- boljšo pretočnost proizvodnje, proizvodni cikel se bo skrajšal. Merilo za to je čas od lansiranja naloga do oddaje izdelka v skladišče. Boljšo pretočnost bodo dosegli z manjšim

- številom nastavitev na liniji za izdelavo podbojev, ki je ozko grlo. Posledična korist bo pravočasno izpolnjevanje obljubljenih dobavnih rokov;
- boljša informiranost o predvidenih začetkih in zaključkih izdelave proizvodnih nalogov. Koristna informacija za uporabnike v proizvodnji kot tudi za komercialiste in kupce. Prodajni oddelki bodo tako dobili natančne informacije o stanju naročil;
 - lažja organizacija transportov in montaž, saj bo točno znano kateri dan bodo izdelki na razpolago za odpremo ali za montažo;
 - boljša informacija o zasedenosti zmogljivosti in posledično lažje planiranje potrebnih delavcev;
 - točna informacija o tem, kdaj in kam morajo biti dostavljeni materiali in polproizvodi. To bo tudi pomenilo zmanjšanje medfaznih zalog;
 - z ustreznim določanjem vrstnega reda se bo povečala velikost serij, kar pomeni tudi manj transportnih poti za pripravo materiala;
 - izdelava vrstnega reda ne bo več odvisna od izkušenj mojstra;
 - povečala se bo natančnost podatkov o izdelavnih časih. Kot stranska korist tega so tudi bolj realne in točne kalkulacije;
 - povečala se bo stabilnost plana, uvedeno bo t.i. zamrznjeno obdobje, v katerem bo plan fiksni;
 - nadgradnja obstoječega sistema spremljanja proizvodnje;
 - izboljšala se bo kvaliteta storitve za stranke.

Samo uvedba informacijskega sistema ne bo dovolj, potrebne bodo še ustrezne organizacijske spremembe. Ena takšnih je tudi frekvenca in čas lansiranja plana. Ob obstoječem sistemu se lansirajo tedenski plani, se pravi enkrat tedensko. Ob uvedbi terminiranja operacij se bo frekvenca povečala na 1x dnevno ali vsaj nekajkrat tedensko.

Tak projekt bi bil lahko neke vrste prototip. V nadaljnjih fazah bi bilo smiselno terminiranje operacij razširiti na celotno proizvodnjo, nadalje pa razširiti na celotno preskrbovalno verigo. Uvedba mora biti samo del nenehnega izboljševanja procesa proizvodnje.

SKLEP

Terminiranje proizvodnje je na zadnjem nivoju v hierarhičnem sistemu planiranja, je najbolj podrobno in se pojavlja tik pred izvedbo. Kakovost predhodnih ravni planiranja je zelo pomembna tudi za kakovost terminiranja, zato je nujno potrebno, da podjetje najprej uredi vse predhodne faze planiranja. Bistvo terminiranja je v tem, da na razpoložljive vire, ki so običajno stroji, razporedimo proizvodne naloge oz. operacije in s tem dosežemo nek cilj, npr. čim manj nastavitev strojev. Učinkovito terminiranje lahko prispeva k uspešnemu doseganju dobavnih rokov in tudi zmanjšuje medfazne zaloge in pretočne čase v proizvodnji. Rezultat terminiranja proizvodnje je vrstni red operacij, kjer je za vsak stroj določen predviden čas začetka in čas zaključka operacije. Terminiranje je neposredno povezano s kontrolo proizvodnje, ki stalno ugotavlja odmike in vzroke zanje in ti podatki se potem uporabijo pri ponovnih ciklih terminiranja.

V praksi je terminiranje postalo prezahtevno, da bi ga bilo mogoče izvajati ročno. Zato so bili razviti specializirani programski moduli za napredno planiranje in terminiranje proizvodnje, to so APS sistemi. Ti sistemi so lahko del poslovnih informacijskih sistemov ERP, ali pa gre za samostojne module, ki jih ustrezno integriramo z ostalimi informacijskimi sistemi v podjetju. V proizvodnji podbojev v podjetju Lip Bled terminiranja proizvodnje še nimajo sistemsko urejenega, kar povzroča precej problemov. Obseg operacij in podatkov je prevelik, da bi bilo možno ročno obvladovanje terminiranja operacij. Poleg tega je za proizvodnjo značilna skupinska razmestitev strojev in kombinacija maloserijske in posamične proizvodnje, kar še dodatno poveča kompleksnost problema. Nujna je informacijska podpora terminiranja operacij. Analiza je pokazala, da je obstoječi informacijski sistem na področju planiranja proizvodnje dosegel svoje meje in ga bo potrebno nadgraditi s programom specializiranim za terminiranje proizvodnje.

Predlagana rešitev za izboljšanje situacije je uvedba APS sistema Preactor. Gre za program, ki je preizkušen v več kot 3000 podjetjih na svetu in ga uporabljajo tudi podjetja iz lesne panoge. Ta sistem bi morali integrirati s sedanjim ERP sistemom KOPA. Večina podatkov, potrebnih za terminiranje operacij, se rabi že pri operativnem in MRP planiranju. Nekatere podatke bo potrebno dopolniti in ažurirati, druge pa zbrati povsem na novo. Tako bo treba urediti in stalno vzdrževati delovni koledar. Podatki, ki so rezultat planiranja na višji ravni, se pravi operativnih in MRP planov, so ustrezen vhodni podatek za terminiranje operacij. Točnih in zanesljivih podatkov o časih izvajanja operacij, časih čakanja po in pred operacijo, časih menjav in časih nastavitvev strojev, ki so ključni za algoritem terminiranja, še ni. Potrebno bo še zagotoviti njihovo zbiranje. Ravno tako še ni podatkov o značilnostih proizvodov, ki so prav tako nujni za oblikovanje pravilnega vrstnega reda.

Glede na to, da je ozko grlo linija za izdelavo podbojev, bi se morali pri uvedbi terminiranja operacij osredotočiti na to, da bi naredili takšen raspored proizvodnih nalogov, da bi bilo potrebnih čim manj nastavitvev. To pomeni, da bi pri določanju ustreznega vrstnega reda uporabili pravilo »čim krajši čas preurejanja/nastavitvev«. Smer terminskega računanja bo naprej. Spremljanje proizvodnje, ki zagotavlja povratne informacije o izvedbi planirane razvrstitve bo potrebno na enem stroju dopolniti, da bodo planerji imeli ustrezne informacije pri naslednjem ciklu planiranja. Potreben ukrep bo tudi uvedba fiksnega plana oz. t.i. zamrznjenega obdobja. To obdobje bo na začetku kratko, mogoče 2 ali 3 dni. S stalnim izboljševanjem terminiranja in tudi izvedbe pa bi se lahko to obdobje tudi podaljševalo. Podaljševal se bo tudi planski horizont.

Uvedba informacijsko podprtega planiranja proizvodnje se bo odražala tudi v boljši pretočnosti proizvodnje, hkrati pa bo prinesla tudi večjo kakovost informacij o predvidenih rokih izdelave naročila, potrebnega št. delavcev, o dejanskih časih izvajanja itd. Potrebne bodo tudi organizacijske spremembe, saj se s terminiranjem operacij planerji sedaj ne ukvarjajo, z uvedbo tega sistema pa bo moral nekdo skrbeti tudi za plan operacij, izdelavo plana in njegovo ažuriranje, spremembe v primeru motenj, kontrolo pravilnosti podatkov. Rezultat uvedbe sistema PTP mora biti zavezujoč vrstni red izvajanja operacij na strojih oz. proizvodnih linijah. Temu pa

mora slediti tudi uspešna izvedba. Od uspešne izvedbe planiranih aktivnosti pa je odvisna tudi uspešnost in konkurenčnost podjetja.

LITERATURA IN VIRI

- 1 Aghazadeh, S.M. (2003). MRP contributes to a company's profitability. *Assembly Automation*, 23(3), str. 257–265.
- 2 Algeo, M.E., & Barkmeyer, J. E. (2001). Enterprise Resource Planning Systems in Manufacturing. V Salvendy, G. (ur.), *Handbook of industrial engineering: technology and operations management* (str. 324–354) (3. izdaja). New York: John Wiley & Sons.
- 3 Asprova (2008). *Gantt chart*. Najdeno 13. 9. 2008 na spletnem naslovu http://www.asprova.com/en/asprova/gantt_chart.html.
- 4 Błażewicz, J., Ecker, K. H., Pesch, E., Schmidt, G., & Węglarz J. (2007). *Handbook on scheduling : from theory to applications*. Berlin Heidelberg: Springer.
- 5 Brown, S., Blackmon, K., Cousins, P., & Maylor, H. (2001). *Operations management: policy, practice and performance improvement*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 6 Buchmeister, B., Palčič, I., & Pavlinjek, J. (2008). *Nekonvencionalne metode terminiranja proizvodnih procesov*. Orodjarstvo 2008, *Organizacija kot gonilo poslovnih izboljšav: dobavitelj – kupec – orodjar*,. Portorož 7–9. Oktober (str. 67–74). Ljubljana: GZS.
- 7 Caramia, M., & Dell'Olmo, P. (2006). *Effective resource management in manufacturing systems: optimization algorithms for production planning*. Berlin: Springer.
- 8 Deloitte & Touche (2002). *Practical Programme of Revolution in Factories and Other Organisations (PPORF) (20 ključev)* (Gradivo za svetovalce). Bled: Lip Bled, d.o.o.
- 9 Dickersbach, J.T. (2009). *Supply chain management with APO: structures, modelling approaches, and implementation peculiarities* (3. izdaja). Berlin Heidelberg: Springer.
- 10 Dumond, J.E. (2005). Understanding and using the capabilities of finite scheduling. *Industrial Management & Data Systems*, 105(4), 506–526.
- 11 Fan, P.J., & Winley, G.K. (2008). A Heuristic Search Algorithm for Flow-Shop Scheduling. *Informatica*, 32(4), 453–464.
- 12 Gaither, N., & Frazier, G. (1999). *Production and operations management*. Cincinnati: South-Western College.
- 13 Gianesi, G.N.I. (1998). Implementing manufacturing strategy through strategic production planning. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(3), 286–299.
- 14 Gradišar, D. (2006). *Računalniško podprta gradnja modelov za potrebe razvrščanja proizvodnih opravil* (doktorska disertacija). Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
- 15 Halevi, G. (2001). *Handbook of Production Management Methods*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 16 Harrison, E. F. (1995). Strategic planning maturities. *Management Decision*, 33(2), 48–55.
- 17 Heričko, M. (2006). *Proizvodni informacijski sistemi*. (študijsko gradivo). Najdeno 20. marca 2006 na spletnem naslovu <http://lisa.unimb.si/student/predmeti/pris/literatura/Osnove20PRIS.pdf>.

- 18 Hugos, M. (2003). *Essentials of Supply Chain Management*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- 19 Jonsson, P., & Mattson, S. A. (2006). A longitudinal study of material planning applications in manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(9), 971–995.
- 20 Kallrath, J., & Maindl T.I. (2006). *Real Optimization with SAP APO*. Berlin Heidelberg: Springer.
- 21 Kerzner, H. (2001). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York: John Wiley & Sons.
- 22 Kleindienst, J. (2004). *Razvoj in uvajanje informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje* (magistrsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- 23 Krajewski, L.J., & Ritzman, L.P. (1996). *Operations management: strategy and analysis*. 4. izdaja. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- 24 Kraus, S., Harms, R., & Schwarz E. J. (2006). Strategic planning in smaller enterprises – new empirical findings. *Management Research News*, 29(6), 334–344.
- 25 Krošl, M. (2005). *Prenova in informatizacija procesa planiranja kosovne proizvodnje z integracijo razvrševalnika* (magistrsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- 26 Liddell, M. (2008). *The Little Blue Book on Scheduling*. Palmeto, Florida: JoshuaInine Publishing.
- 27 Lip Bled, d.o.o. (2009). *Sistematizacija delovnih mest* (interno gradivo). Bled: Lip Bled, d.o.o.
- 28 Lip Bled, d.o.o. (2010a). *Letno poročilo skupine Lip Bled za leto 2009*. Bled: Lip Bled, d.o.o.
- 29 Lip Bled, d.o.o. (2010b). *Poročila poslovnega informacijskega sistema Kopa*. Bled: Lip Bled, d.o.o.
- 30 Lipičnik, B. (1997). *Organizacija podjetja*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- 31 Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
- 32 Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
- 33 Meredith, R.J., & Shafer, J.M. (2002). *Operations management for MBAs* (2. izdaja). New York: John Wiley & Sons.
- 34 Metaxiotis, S.K., Psarras, J.E., & Ergazakis, K.A. (2003). Production scheduling in ERP systems: An AI-based approach to face the gap. *Business Process Management Journal*, 9(2), 221–247.
- 35 Možina, S., (ur.), Kavčič, B., Tavčar, M., Pučko, D., Ivanko, Š., Lipičnik, B., Gričar, J., Repovž, L., Vizjak, A., Vahčič, A., Rus, V., & Bohinc, R. (1994). *Management*. Radovljica: Didakta.
- 36 Pan, L., & Kleiner, B. H. (1995). Aggregate Planning Today. *Work Study*, 44(3), 4–7.
- 37 Persona, A., Regattieri, A., & Romano, P. (2004). An integrated reference model for production planning and control in SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(7), 626–640.
- 38 Petroni, A. (2002). Critical factors of MRP implementation in small and medium-sized firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(3), 329–348.

- 39 Pinedo, L.M. (2005). *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*. New York: Springer Science and Business Media.
- 40 Pinedo, L.M. (2008). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. New York: Springer Science and Business Media.
- 41 Pinedo, L.M., & Seshadri, S. (2001). Scheduling and Dispatching. V Salvendy, G. (ur.), *Handbook of industrial engineering: technology and operations management* (3. izdaja). (str. 1718–1739). New York: John Wiley & Sons.
- 42 Polajnar, A. (1998). *Priprava proizvodnje*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- 43 Preactor (2009). *Preactor user guide*. Najdeno 4. septembra 2009 na spletnem naslovu http://www.oemscorp.com/preactor_downloads.htm.
- 44 Preactor (2010). *Aplikacija Preactor v9.2 demo verzija*. Bled: Lip Bled, d.o.o.
- 45 Pučko, D. (1991). *Strateško poslovanje in planiranje v podjetju*. Radovljica: Didakta.
- 46 Pučko, D. (2006). *Planiranje in kontrola*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- 47 Rusjan, B. (1999). *Management proizvodnje*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- 48 Russell, R.S., & Taylor W.B. (1998). *Operations management* (3.izdaja). New Jersey: Prentice Hall.
- 49 SAP (2010). Production Planing and Detailed Scheduling with SAP Advanced Planer & Optimizer. Najdeno 2. aprila 2010 na spletnem naslovu http://www.sap.com/solutions/business-suite/scm/pdf/BWP_Prod_Plan.pdf.
- 50 Shires, N. (2005, februar). Optimisation Techniques and Their Application to Production Scheduling. Preactor. Najdeno 17.7.2010 na spletnem naslovu <http://www.preactor.com/Company/Publication-Documents/White-Papers/Optimisation-Techniques-and-Their-Application-to-P.aspx>.
- 51 Stoop, P.P.M., & Wiers, V.C.S. (1996). The complexity of scheduling in practice. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(10), str. 37–53.
- 52 Tasič, B., Buchmeister, N., & Ačko, B. (2007). Razvoj naprednih metod za vodenje proizvodnih postopkov. *Strojniški vestnik*, 53(12), 844–857.
- 53 T'kindt, V., & Billaut, J.C. (2006). *Multicriteria scheduling: theory, models and algorithms* (4. izdaja). Berlin: Springer.
- 54 Van Welle, A.J. (2005). *Purchasing and supply chain management : analysis, strategy, planning and practice*. 4.izdaja. London: Cengage Learning.
- 55 Voß, S., & Woodruff, D. (2006). *Introduction to Computational Optimization Models for Production Planning in a Supply Chain* (3. izdaja). Berlin Heidelberg: Springer.
- 56 Vovk, A. (2004). *Izboljšanje planiranja in kontrole proizvodnega procesa Tovarne pohištva Krasoprema* (magistrsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- 57 Yang, Y.H., Haddad, K., & Chow W.C. (2001). Capacity Planning Using Monte Carlo Simulation: An Illustrative Application of Commonly Available PC Software. *Managerial Finance*, 27(5), 33–54.
- 58 Yeh, C.H. (2005). Sequencing shop floor operations: a practical approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(5), 531–541.
- 59 Waters, C.D.J. (2003). *Inventory control and management*. New York: John Wiley & Sons.
- 60 Wiers, V.C.S. (1997). *Human-computer interaction in production scheduling* (doktorska dizertacija). Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

PRILOGE

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Slovar tujih izrazov in okrajšav.....	1
Priloga 2: Primer razporeda operacij iz podjetja Lip Bled.....	3
Priloga 3: Prikaz sestave vrat in podboja.....	4

Priloga 1: Slovar tujih izrazov in okrajšav

- Advanced Planning and Scheduling (APS) - napredno planiranje in terminiranje
- Advanced Planning and Scheduling Systems (APS) - sistemi za napredno planiranje in terminiranje
- Aggregate Planning - agregatno oz. letno planiranje
- Anticipated Work in Next Queue (AWINQ) - pravilo najkrajšega pričakovanega časa čakanja v vrsti na naslednjem delovnem mestu
- Approximation Methods - aproksimativne metode
- Assemble to Order (AtO) - sestavljanje po naročilu
- Business Intelligence - poslovna inteligenca
- Branch and Bound - razveji in omeji
- Capacity Requirements Planning (CRP) - podrobno kratkoročno planiranje zmogljivosti
- Critical Ratio (CR) - kritična stopnja
- Cumulative Lead Time - pretočni čas ali kumulativni vodilni čas
- Due Date - rok končanja oz. dobave
- Earliest Modified Operation Due Date Rule (MDD) - pravilo najzgodnejšega modificiranega roka izgotovitve operacije
- Earliest Start Date - najzgodnejši možni datum začetka
- Exact Methods - ekzaktne metode
- Exhaustive Enumeration - metoda terminiranja polno pregledovanje
- Finite Capacity Scheduling (FCS) - terminiranje z upoštevanjem omejenih zmogljivosti virov
- First Arrival First Served Rule (FAFS) - prednostno ravilo zaporedja lansiranja
- First Come, First Served (FCFS) - prednostno pravilo Prvi pride, prvi na vrsti
- Flow Shop - linijska razmestitev
- Flexible Flow Shop - fleksibilna linijska razmestitev
- Flexible Job Shop - fleksibilna skupinska razmestitev
- Gantt Chart - gantogrami
- Graphical User Interface - (grafični) uporabniški vmesnik
- Genetic algorithms - genetski algoritmi
- Job Shop - skupinska razmestitev strojev
- Job Shop Models - modeli skupinske razmestitve
- Just in time (JIT) - ob pravem času
- Last Arrived, First Processed (LAFP) - prednostno pravilo Zadnji pride, prvi na vrsti
- Least Slack Time (LST) - prednostno pravilo Najkrajši preostali čas
- Least Work Remaining Rule (LWKR) - pravilo najkrajšega preostalega časa izvedbe
- Loading - razporejanje
- Longest Processing Time (LPT) - prednostno pravilo Najdaljši čas izvajanja
- Manufacturing Resource Planning (MRPII) - planiranje proizvodnih virov
- Make to Order (MtO) - izdelava po naročilu
- Make to Stock (MtS) - izdelava na zalogo
- Master Production Schedule (MPS) - glavni plan proizvodnje
- Master Production Scheduling - grobo, operativno planiranje
- Material Requirements Planning (MRP) - planiranje materialnih potreb

- Manufacturing Execution System (MES) - sistem za upravljanje proizvodnje
- Minimize Overall Setup - pravilo najmanjšega časa nastavitve (preurejanja)
- Mono Operation Problem - mono-operacijski problem terminiranja
- Multi Operation Problem - multi-operacijski problem terminiranja
- Priority rules - prednostna pravila
- Production Control - kontrola proizvodnje
- Production Planning and Scheduling Software - program za planiranje in terminiranje proizvodnje
- Production Scheduling - podrobno razvrščanje operacij
- Radio Frequency Identification (RFID) - radiofrekvenčna identifikacija
- Resource Requirement Planning - planiranje proizvodnih virov
- Rough-Cut Capacity Planning (RCCP) - grobo planiranje zmogljivosti
- Queue Ratio Rule (QR) - pravilo razmerja čakanja v vrsti
- Scheduler - oseba v podjetju, ki se ukvarja s terminiranjem
- Scheduling Problem - problem terminiranja
- Sequencing - določanje zaporedja
- Shortest Imminent Processing Time Rule - pravilo najkrajšega časa izvedbe operacije
- Shortest Processing Time (SPT) - prednostno pravilo Najkrajši čas izvajanja
- Simulated Annealing - simulirano ohlajanje
- Tabu Search - tabu iskanje
- Theory of Constraints - teorija omejitev
- Total Work Rule (TWK) - pravilo najkrajšega časa izvedbe vseh operacij na delovnem nalogu
- Work in Progress (WIP) - medfazne zaloge

Priloga 2: Primer razporeda operacij iz podjetja Lip Bled

delovni nalog	artikel	proizvodni nalog	stroj	OP	naziv operacije	začetek nastavitve	začetek izdelave	konec izdelave	KOL
458748	PO SM33 OR LAK 210X724X2087 ROL	1629118	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:00	19.2.2009 6:00	19.2.2009 6:01	1
458748	PO SM33 OR LAK 210X904X2087 ROD	1629122	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:01	19.2.2009 6:01	19.2.2009 6:03	1
458748	PO SM33 OR LAK 120X824X2087 ROL	1629132	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:03	19.2.2009 6:03	19.2.2009 6:05	1
458748	PO SM33 OR LAK 210X904X2087 ROL	1629133	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:05	19.2.2009 6:05	19.2.2009 6:07	1
458748	PO SM33 OR LAK 210X624X2087 ROL	1629134	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:07	19.2.2009 6:07	19.2.2009 6:09	1
458748	PO SM33 OR LAK 120X904X2087 ROD	1629136	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 6:09	19.2.2009 6:09	19.2.2009 6:10	1
458748	PO SM33 OR LAK 120X804X2087 ROD	1629137	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:10	19.2.2009 6:10	19.2.2009 6:12	1
458748	PO SM33 OR LAK 120X824X2087 ROD	1629141	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA RO PODBOJEV, KONTROLA	19.2.2009 6:12	19.2.2009 6:12	19.2.2009 6:14	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 120X800X2070 L	1596661	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:04	19.2.2009 8:06	19.2.2009 8:07	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 175X900X2000 L	1596608	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:07	19.2.2009 8:09	19.2.2009 8:11	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 160X750X2000 L	1596618	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:11	19.2.2009 8:11	19.2.2009 8:12	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 150X850X2000 D	1596626	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:12	19.2.2009 8:12	19.2.2009 8:14	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 130X850X2000 D	1596639	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:14	19.2.2009 8:14	19.2.2009 8:15	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 140X850X2000 L	1596647	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:15	19.2.2009 8:15	19.2.2009 8:17	1
459852	PO SMSB14 JŠ TON 150X900X2000 D	1596654	SKUPINA ISE	10	IZDELAVA PODBOJEV, KONTROLA, EMBALIRANJE	19.2.2009 8:17	19.2.2009 8:17	19.2.2009 8:18	1

Priloga 3: Prikaz sestave vrat in podboja



Profil podboja:

