



**TEHNIČKI FAKULTET  
ZAVOD ZA INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I MANAGEMENT  
KATEDRA ZA ORGANIZACIJU I OPERACIJSKI MANAGEMENT**

**Prof. dr. sc. Tonči Mikac, dipl.ing  
Asist. mr.sc. Dalibor Blažević, dipl.ing.**

# **PLANIRANJE I UPRAVLJANJE PROIZVODNjom**

**Rijeka, 2007**

## PLANIRANJE I UPRAVLJANJE PROIZVODNOM

- specifičan dio proizvodnog strojarstva  
kompleksno područje s presudnim utjecajem na efikasnost funkcioniranja poslovnog sustava
- do izražaja dolaze već stečena znanja iz kolegija:
  - organizacija proizvodnje
  - projektiranje tehnoloških procesa
  - projektiranje proizvodnih sustava

→ produbljivanje saznanja iz znanstvene discipline organizacija proizvodnje i to kroz predavanja i vježbe.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. ZNAČAJKE I TRENDVI RAZVOJA SUVREMENE INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE .....	4
3. OSNOVNI POJMOVI .....	8
3.1. PROIZVODNJA .....	8
3.2. PROIZVODNI PROCES .....	8
3.3. PROIZVODNI CILJEVI .....	8
3.4. TEHNOLOŠKI PROCES .....	8
3.5. PROIZVODNI SUSTAV .....	9
3.6. POSLOVNI SUSTAV .....	12
3.7. INFORMACIJA .....	13
3.8. INFORMACIJSKI SUSTAV .....	13
3.9. ORGANIZACIJA .....	14
3.10. ORGANIZACIJA PROIZVODNJE .....	15
4. PROIZVODNA FUNKCIJA .....	16
4.1. GLOBALNA STRUKTURA POSLOVNOG SUSTAVA .....	16
4.2. PROIZVODNA FUNKCIJA POSLOVNOG SUSTAVA .....	16
4.3. UTJECAJNI ČIMBENICI NA ORGANIZACIJU PROIZVODNE FUNKCIJE 17	
4.3.1. POSLOVNA POLITIKA .....	17
4.3.2. PROIZVODNA POLITIKA .....	18
4.3.3. PROIZVODNI PROGRAM .....	18
4.4. ORGANIZACIJSKI TIPOVI INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE .....	18
4.5. KOLIČINSKI NAČINI ODVIJANJA PROIZVODNJE .....	19
4.6. ANALITIČKO UTVRĐIVANJE TIPA PROIZVODNJE .....	22
5. OPERATIVNA PRIPREMA PROIZVODNJE .....	24
5.1. POLOŽAJ I ULOGA OPERATIVNE PRIPREME .....	24
5.2. VRSTE I OSNOVNI SADRŽAJ POSLOVA OPERATIVNE PRIPREME .....	26
5.2.1. PLANIRANJE PROIZVODNJE .....	27
5.2.2. LANSIRANJE PROIZVODNJE .....	28
5.2.3. PRAĆENJE PROIZVODNJE .....	29

5.2.4.	VOĐENJE STANJA MATERIJALNIH RESURSA.....	30
5.3.	ORGANIZACIJSKA STRUKTURA OPERATIVNE PRIPREME .....	30
5.3.1.	ORGANIZACIJA OPP-a PREMA PROIZVODNIM PROBLEMIMA .....	32
5.3.2.	GRUBA ANALIZA TOKA POSLOVA .....	33
6.	VOĐENJE PROIZVODNOG PROCESA.....	35
6.1.	DEFINICIJA POJMA OPERATIVNOG VOĐENJA PROIZVODNJE .....	35
6.2.	TEMELJNI ČIMBENICI VOĐENJA PROIZVODNJE.....	37
6.2.1.	KONSTRUKCIJSKA DOKUMENTACIJA .....	37
6.2.2.	TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA.....	50
6.2.3.	CIKLUS PROIZVODNJE.....	54
6.2.4.	PROIZVODNI SUSTAV .....	60
6.2.5.	PLAN PLASMANA FINALNIH PROIZVODA I REZERVNIH DJELOVA.....	61
6.2.6.	OKRUŽENJE PODUZEĆA .....	61
6.3.	OSNOVNI MODELI VOĐENJA PROIZVODNOG PROCESA .....	62
6.3.1.	VOĐENJE NEPONAVLJAJUĆE PROIZVODNJE.....	62
6.3.2.	VOĐENJE PONAVLJAJUĆE PROIZVODNJE.....	65
6.3.3.	TEHNIKE VOĐENJA PROIZVODNOG PROCESA .....	66
6.4.	LOGIKA POSTUPKA VOĐENJA PROIZVODNJE .....	66
6.4.1.	MAKRO KONCEPT PROTOKA INFORMACIJA.....	68
6.4.2.	MIKRO KONCEPT PROTOKA INFORMACIJA .....	70
	OSNOVNA OPERATIVNA DOKUMENTACIJA.....	72
6.4.3.	OPERATIVNI DOKUMENTI.....	72
6.4.4.	NASTAJANJE I CIRKULACIJA OPERATIVNE DOKUMENTACIJE.....	79
7.	PLANIRANJE PROIZVODNJE .....	81
7.1.	VRSTE PLANOVA .....	81
7.2.	RAZRADA GODIŠNJIH PLANOVA.....	82
7.3.	RAZRADA TERMINSKIH OPERATIVNIH PLANOVA .....	89
7.3.1.	TERMINIRANJE PROIZVODNJE.....	91
7.3.2.	OPERATIVNO PLANIRANJE PROIZVODNIH KAPACITETA.....	103
7.3.3.	TEHNIKE PRIKAZA OPERATIVNIH PLANOVA .....	109
7.4.	METODE OPERATIVNOG PLANIRANJA .....	109
7.4.1.	METODA JEDNOKRATNOG PROIZVODNOG NALOGA .....	110
7.4.2.	METODA SIGNALNIH ( MIN - MAX ) ZALIHA.....	110
7.4.3.	METODA PLANIRANJA POTREBA ZA MATERIJALOM - MRP.....	112
7.4.4.	METODA PLANIRANJA PROIZVODNIH RESURSA - MRP II.....	114
7.5.	PLANIRANJE SERIJE.....	115

8.	LANSIRANJE I PRAĆENJE PROIZVODNJE .....	118
8.1.	IZRADA I LANSIRANJE OPERATIVNE DOKUMENTACIJE .....	118
8.2.	OSIGURANJE PROIZVODNIH ČIMBENIKA .....	121
8.3.	LANSIRANJE PROIZVODNJE.....	123
8.3.1.	OBIM I FREKVENCIJA LANSIRANJA.....	125
8.3.2.	KOLIČINE U OBRADI.....	126
8.4.	PRAĆENJE PROIZVODNJE .....	127
8.5.	UPRAVLJANJE ZALIHAMA MATERIJALA.....	128
8.5.1.	VRSTE I PARAMETRI ZALIHA .....	130
8.5.2.	OPTIMIRANJE ZALIHA.....	132
8.5.3.	VREMENA DOBAVE I TROŠENJA ZALIHA.....	144
8.5.4.	SUSTAVI NABAVLJANJA MATERIJALA.....	146
8.6.	OBRAČUN PROMETA MATERIJALA .....	148
9.	RAČUNALOM INTEGRIRANA PROIZVODNJA - CIM.....	149
9.1.	RAZVOJ SUSTAVA CIM-a.....	150
9.2.	DIJELOVI SUSTAVA CIM-a .....	152
9.3.	SUSTAV PLANIRANJA I UPRAVLJANJA PROIZVODNjom - CAPPc...	153
10.	UPORABA RAČUNALA ZA VOĐENJE PROIZVODNJE.....	154
10.1.	OSNOVNE FAZE PRIMJENE RAČUNALA PRI VOĐENJU PROIZVODNJE 155	
10.2.	STRUKTURA INTEGRALNOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA.....	156
10.2.1.	HARDWARE ( OPREMA ) - OČVRSJE .....	156
10.2.2.	SOFTWARE ( SUSTAV PROGRAMA ) - NAPUTBINA .....	157
10.2.3.	DATAWARE ( BAZE PODATAKA ).....	159
10.2.4.	LIFEWARE ( KADROVI ).....	160
10.2.5.	ORGWARE ( ORGANIZACIJA IS-a ).....	160
10.3.	NAČELA PROJEKTIRANJA INFORMACIJSKOG SUSTAVA .....	161
10.4.	OSNOVNE ZNAČAJKE MRP II KONCEPTA PLANIRANJA I UPRAVLJANJA PROIZVODNIM PROCESOM .....	162
10.5.	MRP II SOFTVERSKA RJEŠENJA .....	164
10.5.1.	MICRO-MAX MRP SOFTVERSKI PAKET .....	165



## 1. UVOD

Analizirajući razvoj društva kroz povjest → uvijek je u centru pažnje bila djelatnost (rad), i to kvalitetna, na vrijeme, i sa minimalnim naporom. Stoga je osim tehnologije važna i organizacija rada.

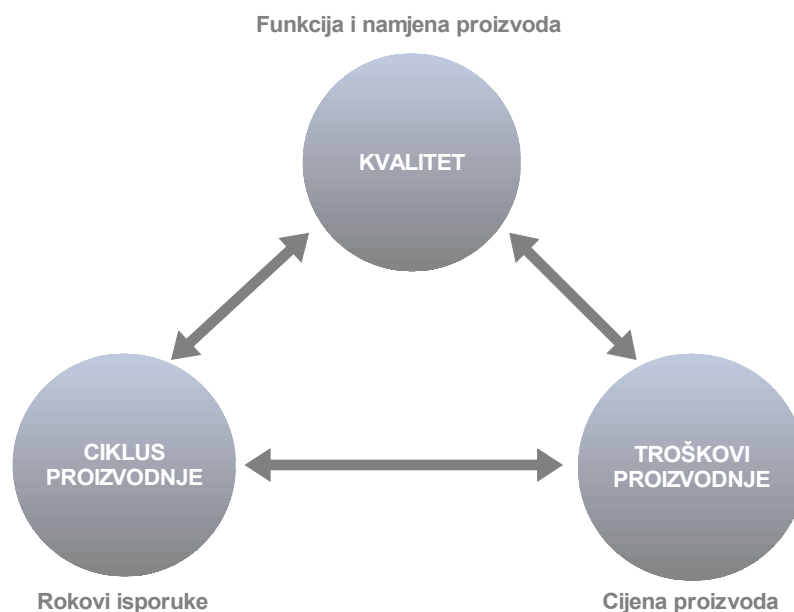
Posebna potreba za organizacijom → u trenucima kada više osoba zajedno obavlja neku djelatnost. Kod toga se razlikuju problemi tehničke, ekonomske, pa i sociološke prirode.

U početku organizacija se bavila rješavanjem proizvodnih, tehničkih problema, a kasnije s razvojem gospodarskih znanosti i s problemima poslovanja poduzeća.

**F.W.Taylor** → klasična organizacija rada ( **scientific management** ) razdvaja se na dvije cjeline:

- **management** - rješava gospodarske probleme
- **industrial engineering** - rješava tehničke probleme, a kod nas se naziva **ORGANIZACIJA PROIZVODNJE** - "znanstveno područje u oblasti tehničkih znanosti koje se bavi istraživanjem, projektiranjem i usavršavanjem proizvodnog sustava (statički dio), te istraživanjem, projektiranjem, i usavršavanjem, ali i pripremanjem, koordiniranjem i praćenjem odvijanja tehnološkog i proizvodnog procesa (dinamički dio organizacije proizvodnje).

Organizacija proizvodnje → rješava tehničke probleme smišljenog povezivanja i usklađivanja djelovanja pojedinih dijelova, kao i cjeline nekog sustava radi postizanja **cilja** : izrade proizvoda propisane kvalitete i količina u utvrđenom roku uz optimalne troškove (i roba, ali i usluga).



**Slika 1.1** Trinom kvalitet - vrijeme - novac

Za industrijska poduzeća zadatak se svodi na usklađivanje proizvodnog trinoma KVALITET - VRIJEME - NOVAC ; znači proizvodnju potrebnih količina kvalitetnih proizvoda uz tržišno prihvatljive cijene i željene rokove isporuke.

Proizvodni proces se na proizvodnim sustavima odvija određen vremenski i prostorno, znači sa:

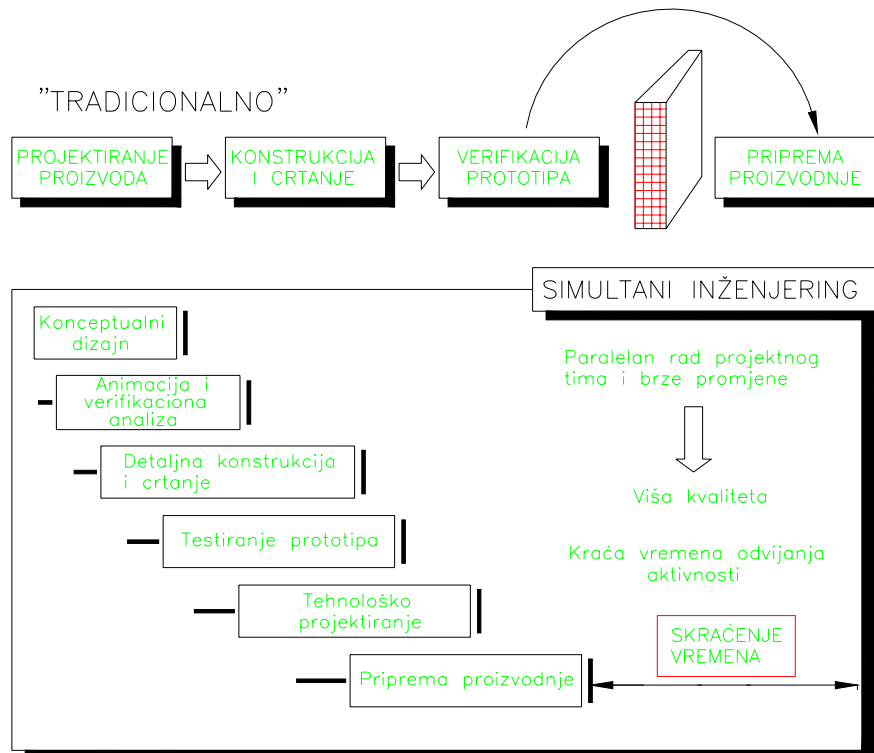
- tehnološkim aspektom ( proizvod, proizvodna oprema )
- organizacijskim aspektom ( vremenski rok odvijanja )

**ZADATAK** organizacije proizvodnje upravo je vremensko i prostorno usklađivanje rada ljudi, raspoloživih resursa i proizvodne opreme (sredstava rada), što znači da se daju odgovori na pitanja:

- **ŠTO** proizvoditi
- **KAKO** proizvoditi

Odgovore na ta pitanja dajemo u okviru sljedećih aktivnosti:

- definicija i oblikovanje proizvoda ( konstrukcija, ispitivanje, oblikovanje, usavršavanje )
- definicija, postavljanje i vođenje proizvodnog procesa



Slika 1.2 Simultani inženjering



U klasičnom smislu to su dva osnovna područja inženjerske djelatnosti, a ostvaruju se kroz sljedeće discipline:

**projektiranje proizvodnog sustava, projektiranje tehnološkog ( proizvodnog ) procesa, studij rada, planiranje i upravljanje ( vođenje ) proizvodnje, kontrola kvalitete, logistika, održavanje,**

te uz sljedeće radno osoblje:

**konstruktori, tehnolozi, projektanti procesa i sustava, pogonski inženjeri, operativci, planeri, lanseri, kontrolori, inženjeri održavanja**

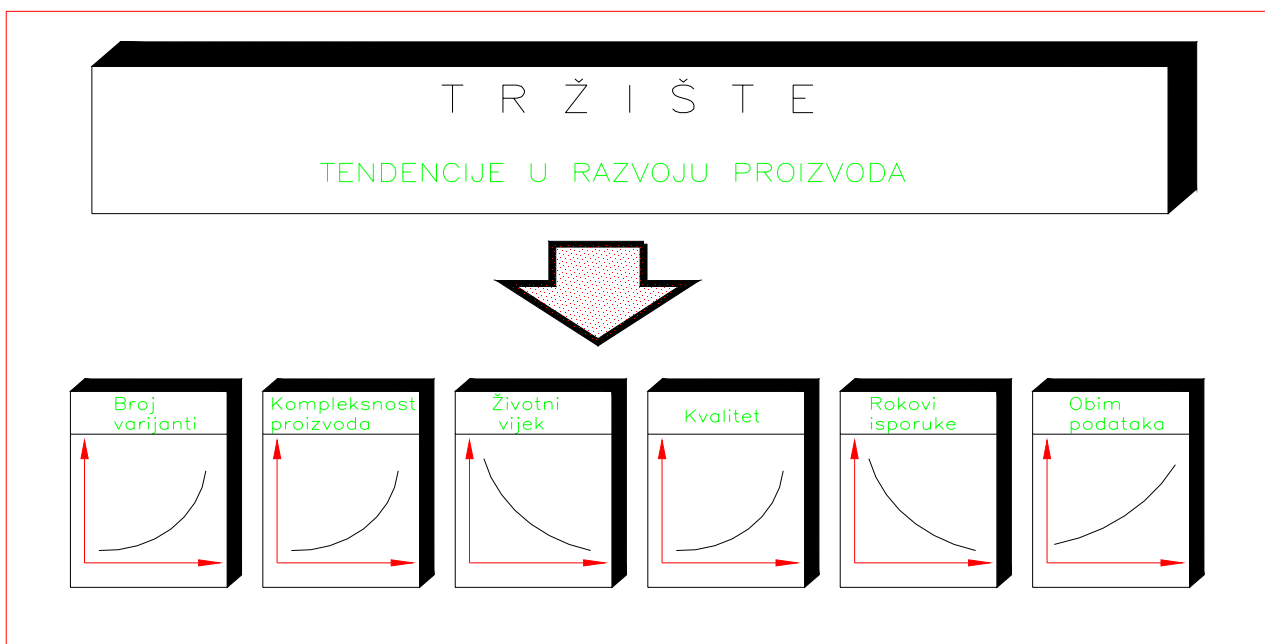
Kvalitetno vođenje proizvodnje u uvjetima oštih tržišnih zahtjeva smanjuje vremena odvijanja pojedinih aktivnosti → **SIMULTANI INŽENJERING** ( **simultaneous engineering** ) od ideje i konstrukcije, pa sve do izvođenja proizvodnje ( sa prekrivajućim, simultanim fazama ) kao što to prikazuje donja slika. Za to je nužan informacijski sustav kao integrator koji vodi ka **CIM-u**.

## 2. ZNAČAJKE I TRENDVI RAZVOJA SUVREMENE INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE

Suvremena je proizvodnja u tehničkom, tehnološkom i organizacijskom smislu rezultat evolutivnog razvoja, ali i revolucionarnih znanstvenih pronalazaka.

Korjani → manufakturna proizvodnja XVI - XVIII stoljeća. Ključni faktor kako oblikovanja, tako i izrade proizvoda bio je čovjek. Male količine, ručno, za poznatog kupca. Kvaliteta? Cijene?

postepena mehanizacija, izumi - James Watt 1769, el. energija, računalo. Oblikuju se i tržišni zahtjevi (donja slika) koje može zadovoljiti samo **racionalna** proizvodnja.



Slika 2.1. Tendencije suvremenih tržišnih zahtjeva

Tablica 2.1 Razvoj proizvodnje i informacijskih sustava

1955	Metode i sredstva za ostvarivanje strategija
<p><b>PROIZVODNJA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• velike količine MASOVNA PROIZVODNJA</li> <li>• smanjenje troškova</li> <li>• porast broja varijanti ( tipova )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- specijalizirane proizvodne linije</li> <li>- standardizacija</li> <li>- točke automatizacije</li> <li>- organizacijski sustavi i sredstva</li> <li>- planiranje i upravljanje zalihama</li> <li>- studij rada</li> <li>- kvantificiranje i analitički pristup</li> </ul>

- prvi industrijski robot ( 1958. godina )

## TRŽIŠTE

- prodaja velikih količina
- diferencirani marketing
- tržište proizvođača

- ekonomska propaganda
- kanali distribucije
- metode planiranja i prognoziranja prodaje

## INFORMATIZACIJA

- obrada podataka o poslovanju
- tehnička učinkovitost

- druga generacija računala ( transformatori a ne elektronske cijevi
- slijedna ( sekvencijalna obrada )
- poluvodički elementi i feritne magnetske memorije

1965

## PROIZVODNJA

- PROIZVODNJA VOĐENA PRODAJOM
- kontinuirani proizvodni ciklus
- kontinuirani razvojni ciklus
- rast proizvodnje i poduzeća

- povezivanje proizvodnih aktivnosti
- otoci automatizacije
- NC strojevi
- CNC postrojenja
- sistemski pristup
- MRP sustav planiranja i upravljanja

## TRŽIŠTE

- usmjereni marketing
- razvoj proizvoda usmjeren marketingom

- segmentiranje tržišta
- analize i istraživanja tržišta
- organizatori marketinga i prodaje ( product managers )

## INFORMATIZACIJA

- pravovremenost ( realno vrijeme ) i ekonomičnost obrade podataka
- kompjuterska podrška vremenski kritičnih aktivnosti

- treća generacija računala ( integrirani sklopovi i unipolni tranzistori )
- sustavi obračuna i bilanciranja
- terminalski rad korisnika
- prvi sustavi planiranja i upravljanja

- proizvodnjom
- operacijska istraživanja
  - sustavi upravljanja zalihama

1975

Metode i sredstva za ostvarivanje strategija

**PROIZVODNJA**

- KVALITETNA PROIZVODNJA - CAQ
  - smanjenje utroška energije - MRP II
  - čista proizvodnja - DNC i sustavi CAM
  - integriranje procesa planiranja - CAD
- i
- upravljanja proizvodnjom - mikroprocesorsko upravljanje
  - isporuka na vrijeme - JIT
  - kontinuirano inoviranje - upravljanje tržištem nabave
- proizvoda

**TRŽIŠTE**

- kvaliteta kao čimbenik prednosti - interni marketing
- pretvaranje tržišta "proizvođača" u tržište "kupca" - inovacije proizvoda uvjetovane marketingom
- metode pozicioniranja na tržištu
- usluge poslije prodaje

**INFORMATIZACIJA**

- kompjuterska podrška ( CA ) - četvrta generacija računala ( mikroprocesori )
- aktivnostima - CA sustavi
- integriranost podataka u poduzeću - mreže računala i jezici 4. generacije
- komunikacijsko povezivanje - projektiranje jedinstvenog modela podataka
- sustavi upravljanja bazama podataka ( SUBP )
- sustavi podrške u odlučivanju ( Decision Support Systems )
- automatsko prikupljanje podataka u pogonu

1985

**PROIZVODNJA**

- FLEKSIBILNOST - fleksibilni sustavi i CAM
- proizvodnja "opsega" a ne "količina" - CIM
- brzo uvođenje novih proizvoda - integrirani sustavi upravljanja i izvršavanja proizvodnje
  - priprema proizvodnje tokom razvoja proizvoda ( simultaneous engineering )
  - ekspertni sustavi

### TRŽIŠTE

- proizvođači prilagođeni kupcu - integracija kupca u kreiranje proizvoda
- isporuka u traženo vrijeme i na traženom mjestu - integrirani sustavi marketinga i proizvodnje
  - uvođenje proizvoda kod kupca
  - sustav isporuke po narudžbi
  - djelovanje na globalnom tržištu i njegovo kreiranje
  - informacijski servisi za kupca

### INFORMATIZACIJA

- integriranje upravljanja informacijom - hibridni sustavi i otvoreni sustavi
  - ( \* integriranje opreme različitih razina i proizvođača ) - radne stanice po mjeri korisnika
  - ( \* integriranje različitih medija ) - sustavi zasnovani na umjetnoj inteligenciji - **Artificial Intelligence**
  - komunikacija u užoj i široj okolini

### 3. OSNOVNI POJMOVI

#### 3.1. PROIZVODNJA

Proizvodnja je prostorno i vremenski određen proces svjesnog djelovanja čovjeka temeljen na znanstvenim zakonitostima pri čemu dolazi do svrsishodne korelacije više čimbenika među kojima su elementarni ljudska aktivnost, sredstva rada i predmet rada, a u cilju stvaranja materijalnih dobara i usluga. Rezultat proizvodnje je proizvod ili neka usluga.

#### 3.2. PROIZVODNI PROCES

Proizvodni je proces osnova svake industrijske proizvodnje, a podrazumjeva sve aktivnosti i djelovanja koja rezultiraju pretvaranjem ulaznih materijala (sirovina, poluproizvoda) u gotov proizvod. On obuhvaća i sva sredstva i osoblje na kojima se i sa kojima se vrše aktivnosti od skladišta ulaznog materijala do skladišta gotovih proizvoda. Sastoji se od: **tehnološkog procesa, transportnog procesa, procesa organizacije i procesa informacija**, pa predstavlja nedjeljivu cjelinu tehnike, tehnologije, organizacije i ekonomije.



Slika 3.1. Shematski prikaz čimbenika proizvodnog procesa

#### 3.3. PROIZVODNI CILJEVI

Osnovni cilj proizvodnje je ostvarenje planiranih količina proizvoda iz proizvodnog programa sa konstrukcijskim, tehnološkim i proizvodnim karakteristikama, i to:

- propisane kvalitete
- u planiranim rokovima
- po zadovoljavajućoj cijeni koštanja

#### 3.4. TEHNOLOŠKI PROCES

Tehnološki proces je bitan sastavni dio proizvodnog procesa, i to onaj dio koji se odnosi na promjenu izgleda, oblika, dimenzija i svojstava materijala (sve kvalitetne

promjene fizikalnih i kemijskih svojstava, kvalitete površine, relativan položaj ili vrstu spajanja u ugradbene cjeline) od sirovog stanja do gotovog proizvoda.

Integralni tehnološki proces u metaloprerađivačkoj industriji dijelimo na uža specijalna područja (proizvodnja poluproizvoda, dijelova, sastavljanje).

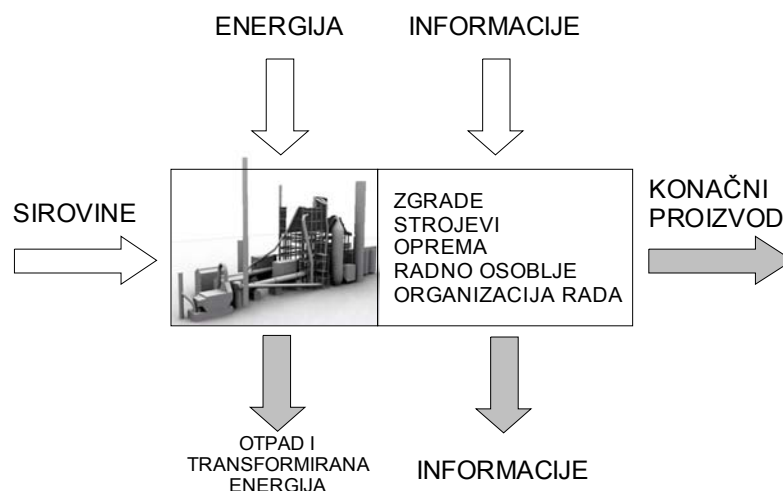
### 3.5. PROIZVODNI SUSTAV

Sustav je skup određenog broja komponenti međusobno povezanih u djelovanju. Interakcije među dijelovima mogu biti različite, pa se njihovim mijenjanjem mijenjaju kvalitativna svojstva dijelova i cjeline, pri čemu je obilježje cjeline različito od sume obilježja pojedinih dijelova.

Proizvodni sustav je prema nomenklaturi **CIRP-a** definiran kao: "organizacijski oblik koji integrira grupu različitih funkcija kao podsustava neophodnih za realizaciju industrijske proizvodnje predstavljenu skupom aktivnosti koje su usmjerene na fizičke i kemijske promjene ulaznih repromaterijala u finalne proizvode".

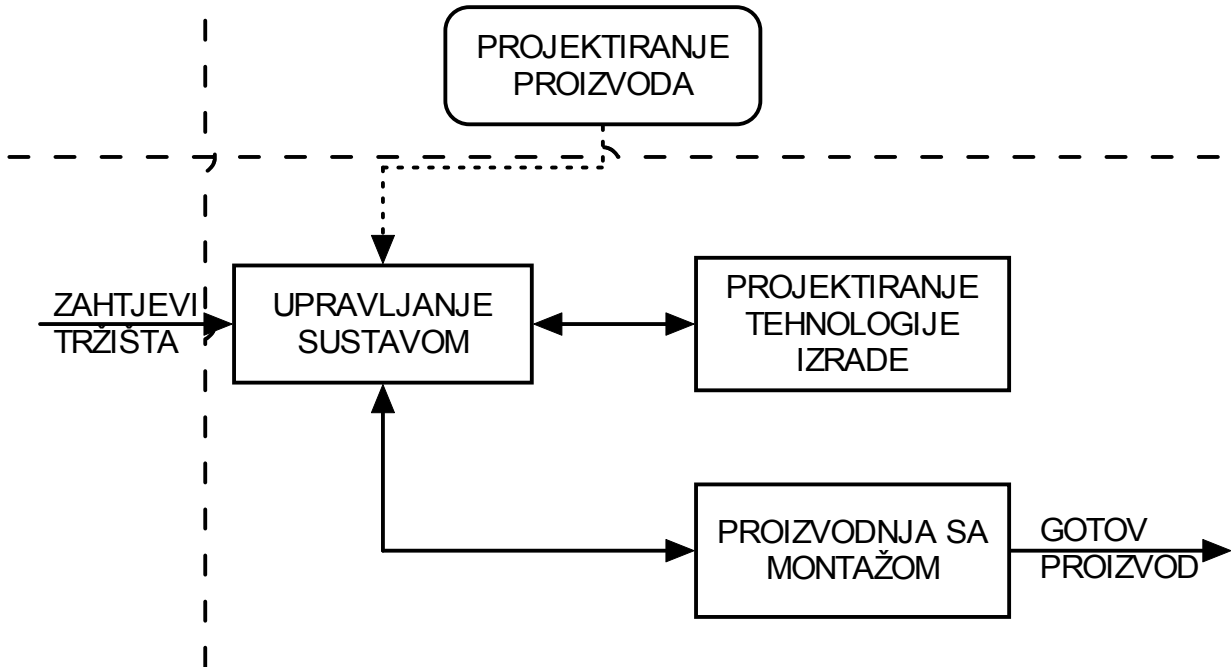
Prema **Selakoviću**: "proizvodni sustav je namjenjen obradi (izradi) proizvoda, u okviru kojeg se vrši pretvorba informacija, materijala i energije u gotov proizvod (izradak) posredstvom radnog osoblja i radnih sredstava, a sastoji se od niza temeljnih modula - osnovnih proizvodnih sustava OPS-a. Proizvodni sustav strukturiran je od više podsustava koji su aktivni tijekom funkcioniranja proizvodnog sustava kao cjeline. Razlikujemo:

- **obradni** podsustav ( izraci, oprema, alati )
- **transportni** sustav ( transport, manipulacija, skladištenje )
- sustav **prostora** ( proizvodni, pomoćni, skladišni, saobraćajni )
- **energetski** sustav ( izvori, mreže )
- **informacijski** sustav ( podloge, oprema, podrška )
- sustav **radnog osoblja** ( proizvodni i pomoćni radnici, rukovodioci )
- sustav **organizacije** ( makro i mikro organizacija, rukovođenje )



Slika 3.2. Opći model složenog PS-a

Proizvodni sustav dio je šireg poslovnog sustava, i to onaj dio u kome nastaje proizvod. Strukturu sustava čine elementi sustava, kao i odnosi među njima. Detaljnije strukturiranje izvršeno je u skladu sa narednom slikom:



Slika 3.3. Osnovni model proizvodnog sustava

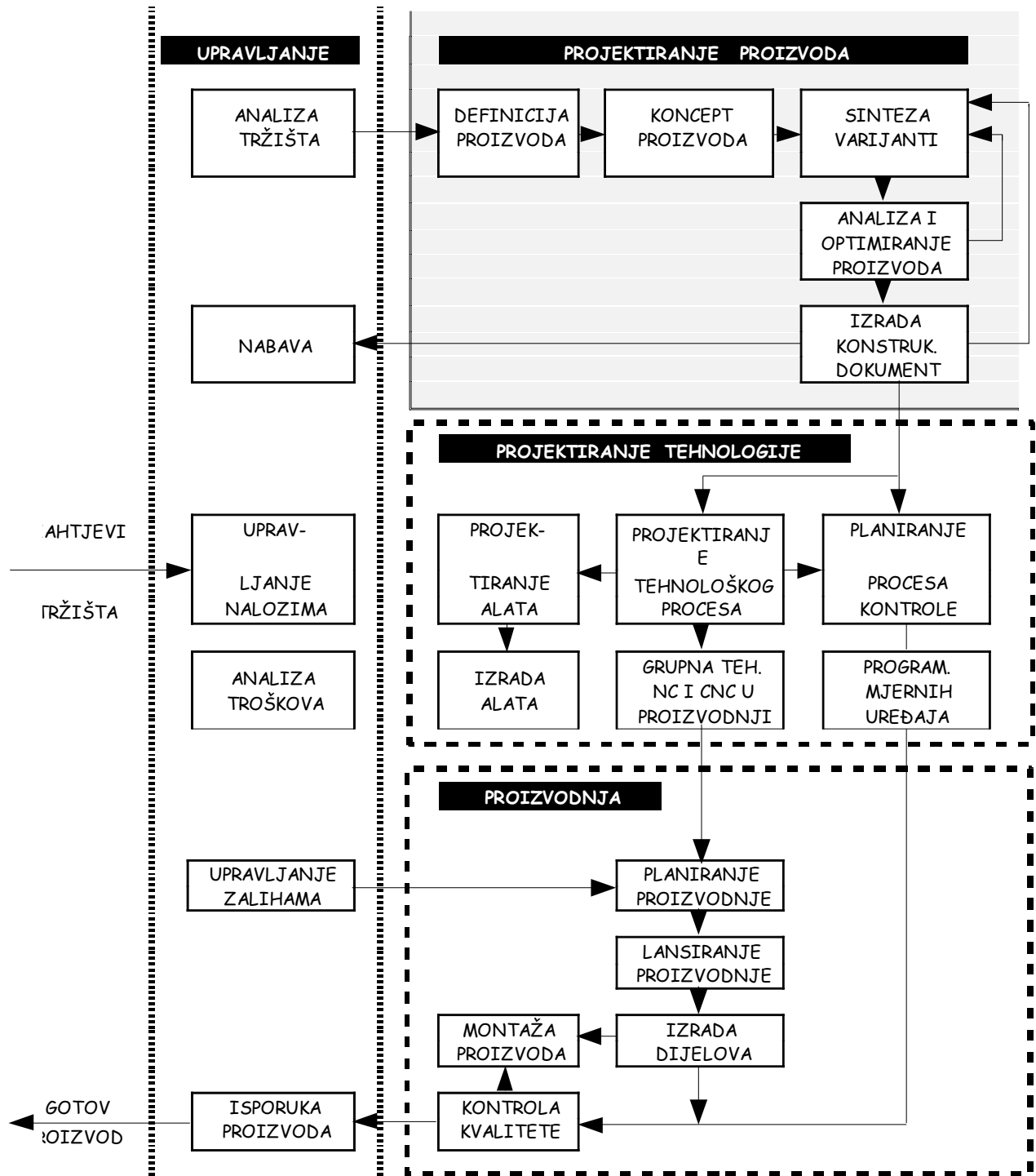
Definicija novog proizvoda (ponekad u okviru samog proizvodnog sustava) vrši se na osnovi analize tržišta. Temeljem konačne varijante proizvoda izrađuje se konstrukcijska dokumentacija kao ulaz u proizvodni sustav.

Priprema proizvodnje kroz projektiranje tehnologije obuhvaća projektiranje tehnoloških procesa, planiranje alata, izradu programa upravljanja NC strojeva i robota, projektiranje kontrole itd...

Na osnovi globalnog plana proizvodnje vrši se detaljnije terminiranje i lansiranje proizvodnje, izrada i montaža dijelova te ispitivanje i isporuka proizvoda.

Upravljanje sustavom obuhvaća jedan niz aktivnosti od kojih su neke u korelaciji sa financijsko-komercijalnim sustavom kao dijelom ukupnog poslovnog sustava. To upravljanje tokovima informacija, materijala i energije vrlo je složen zadatak, posebno u suvremenim uvjetima, te je jedan od odgovora ovakvim zadacima primjena računalne tehnologije.





Slika 3.4. Osnovni elementi proizvodnog sustava

### 3.6. POSLOVNI SUSTAV

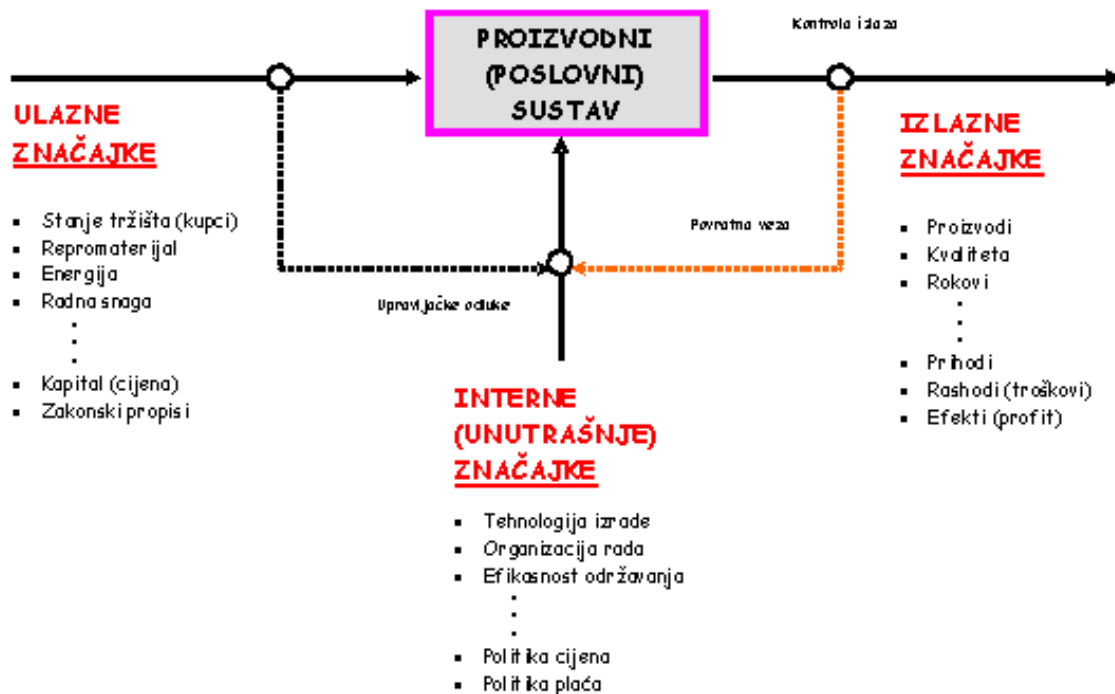
Poslovni sustav obuhvaća sve resurse i aktivnosti nužne da se realizira određeni poslovni cilj. Pri tom je osnovni zadatak industrijskog poduzeća proizvodnja odnosno realizacija određenih dobara - roba ili usluga. Poslovni sustav se organizira na način da se sve varijable, a dijelimo ih u tri osnovne skupine: → **ulazne**, → **unutarnje** i → **izlazne**, dovedu u odgovarajuće međusobne odnose kako bi se optimalno ostvarili ciljevi poslovanja. Uspješnost poslovanja ogleda se omjeru prihoda i rashoda.

Ukupni poslovi poslovnog sustava grupiraju se u više zaokruženih cjelina koje se i dalje mogu dijeliti čak do obima specifičnog posla kojeg može izvršiti pojedinac.

Osnovne grupe poslova nazivamo **funkcijama** poslovnog sustava, a tradicionalna podjela poslova u industrijskim poslovnim sustavima rezultira grupiranjem na:

- **komercijalnu funkciju** ( prodaja, nabava, servis )
- **tehničku funkciju** ( konstrukcija i razvoj, proizvodnja, kontrola, održavanje )
- **financijsku funkciju** ( financiranje, računovodstvo )
- **kadrovsku funkciju** ( osiguranje i obuka osoblja, pravni poslovi, poslovi sigurnosti )
- **specijalne funkcije** ( marketing, EOP, društveni standard )

Konkretna rasčlana ovise o objektivnim uvjetima u kojima poduzeće djeluje.



Slika 3.5. Poslovni sustav sa relevantnim grupama varijabli

### 3.7. INFORMACIJA

Informacija je jedinica mjere organizacije, predstavlja sve ono što djeluje kao ulaz u jedan organizacijski čvor, podsustav ili sustav, a pojavni su joj oblici uvijek vezani za materijal ili energiju koji su njeni nosioci, ali ne i njen sadržaj.

Svaka informacija mora imati ishodište, intenzitet i usmjerenost da bi bila jasna, pravovremena i potpuna. **Ishodište** predstavlja čvor (radno mjesto) u organizacijskoj strukturi iz kojeg je informacija potekla, **intenzitet** je svojstvo pravovremenog svladavanja svih prepreka kroz strukturu u neizmjenjenom sadržaju, a **usmjerenost** ukazuje na mjesto u kome je organizirana njena transformacija.

Protok informacija pokreće sustav iz statičke u dinamičku fazu, a pravilnost njegove definicije omogućuje dobru upravljivost.

Radi lakšeg prenošenja, obrade, memoriranja i transformacije sve informacije moraju biti definirane sa sljedećih aspekata:

- **sadržaja** ( nacrti, planovi, ugovori, nalozi...)
- **oblika** podloge i medija za prijenos ( crtež, dopis, telefon, fax, računalo...)
- **terminologije** ( jednoznačni pojmovi npr. radilica a ne koljenčasta osovina itd...)
- **analitičnosti** ( jasnoća informacije bez dodatnih aktivnosti )
- **putanje** ( kojim putem će informacija ići od ishodišta do cilja )

### 3.8. INFORMACIJSKI SUSTAV

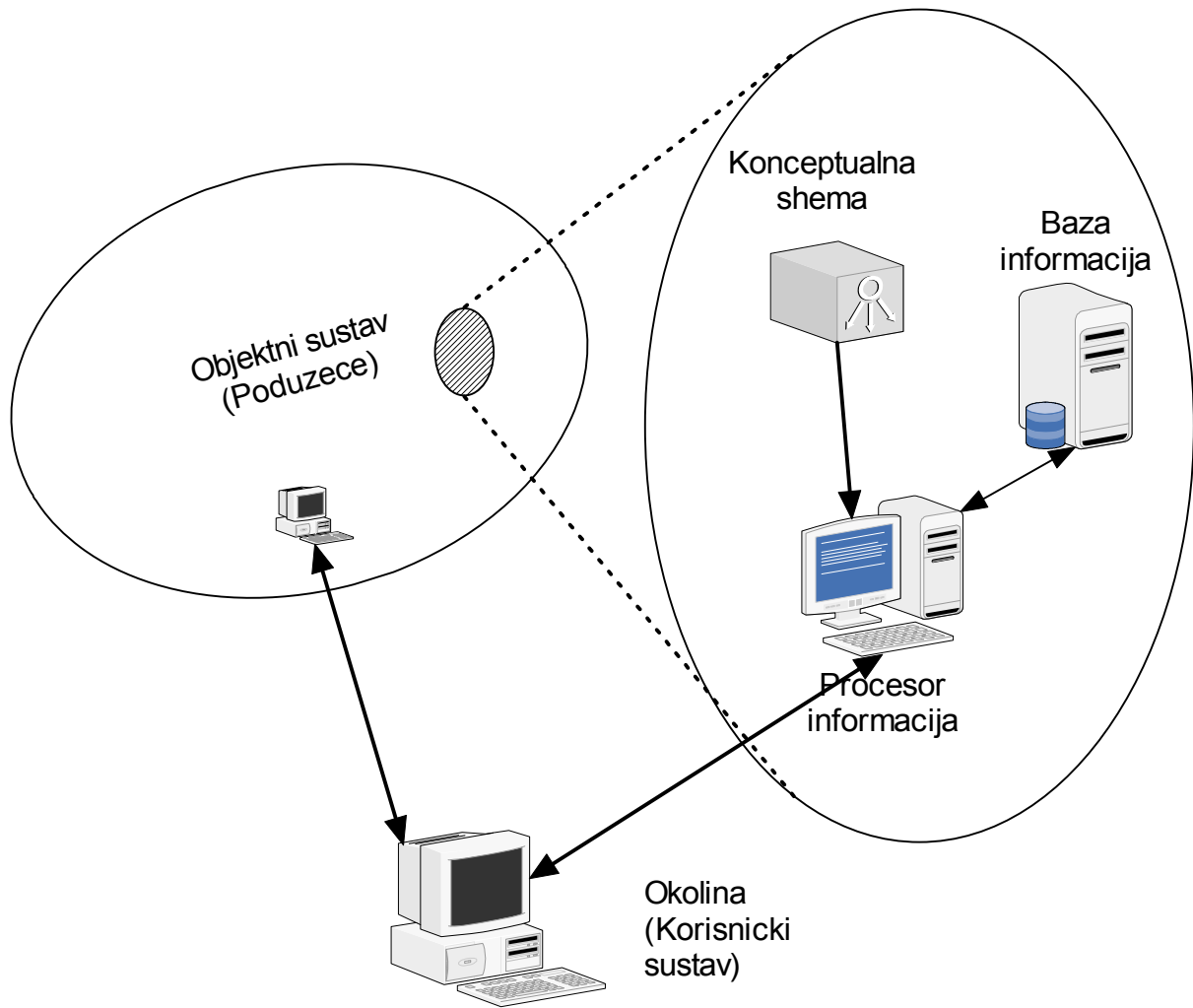
Uz tradicionalne osnovne resurse nužne za poslovanje proizvodnih poduzeća: kapital, radno osoblje, sredstva za rad, sirovine, ubrajaju se i znanja i **informacije**. Izgradnja informacijskog sustava nužna je za gospodarenje informacijama.

Svrha informacijskog sustava je pohranjivanje i manipulacija sa svim informacijama, a ostvaruje se djelovanjem **informacijskog** sustava u interakciji s **korisničkim** sustavom i **objektnim** sustavom (poduzeće kao poslovni sustav).

Objektni sustavi kao područja interesa informacijskog sustava najčeće su proizvodna poduzeća, i integriraju određen broj entiteta: radno osoblje, organizaciju, fizičke izratke, poslovne događaje.

Prema konceptualnom pogledu osnovni dijelovi informacijskog sustava su:

- **konceptualna shema** ( opis strukture objektnog sustava uključujući pravila, zakone i slično)
- **baza informacija** ( opis specifičnih objekata-entiteta )
- **procesor informacija** ( mehanizam koji nakon primanja poruke s informacijom ili komandom izvršava aktivnost na konceptualnoj razini



Slika 3.6. Konceptualni pogled na informacijski sustav

Razmjena poruka između objektnog sustava ( poduzeća ) i informacijskog sustava ide preko korisničkog sustava, pri čemu je on podsustav ukupnog objektnog sustava.

Prema tehničkom pogledu na informacijski sustav osnovni su mu djelovi strojna oprema ( **hardware** ), programska oprema ( **software** ), te **komunikacijska infrastruktura** koja ih povezuje u jednu cjelinu. Prema širem organizacijskom pogledu tu se pribraja i radno osoblje ( **lifeware** ).

Organizacija odnosa tehničkog i humanog podsustava naziva se **orgware**.

### 3.9. ORGANIZACIJA

Korjen pojma organizacija je grčka riječ "**organon**" koja označava spravu, instrument, a logički označava unutrašnju povezanost. Organizacija je svako povezivanje i usklađivanje neke djelatnosti te rješavanje problema koji iz toga proizlaze, sa svrhom postizanja zajedničkih ciljeva tj. podizanja uspješnosti. Organizacija podrazumjeva i proces organiziranja i formalnu strukturu koja je rezultat tog procesa.

Organizacija rada je oblast rješavanja tehničkih, ekonomskih, socioloških i informacijskih problema pri usklađivanju tijekom vremena i povezivanju rada u djelotvornu cjelinu.

U odnosu na vremenska razdoblja u razvoju znanosti o organizaciji razlikujemo tri teorije:

- **klasičnu teoriju** 1900-1930 ( F.W.Taylor ) - segmentiranje na bazi studija rada
- **neoklasičnu teoriju** 1930-1950 - teoriju međuljudskih odnosa
- **modernu teoriju** 1950 - temeljenu na teoriji sustava uz razlikovanje projektne, matrične i mrežne organizacije

### 3.10. ORGANIZACIJA PROIZVODNJE

Bavi se tehničkim, a ne ekonomskim dijelom organizacije proizvodnje i proučava ukupnost odnosa i veza unutar i između faktora proizvodnje u proizvodnom procesu radi nalaženja optimalnih rješenja. Zadatak organizacije proizvodnje predstavlja vremensko i prostorno usklađivanje elemenata proizvodnje: rada ljudi, raspoloživih resursa i sredstava rada.

Tako definiran cilj postiže se kroz sljedeće discipline: **projektiranje proizvodnog sustava, projektiranje tehnološkog i proizvodnog procesa, studij rada, planiranje i upravljanje proizvodnjom, kontrolu kvalitete, rukovanje materijalom, održavanje.**

## 4. PROIZVODNA FUNKCIJA

### 4.1. GLOBALNA STRUKTURA POSLOVNOG SUSTAVA

Poslovni sustav je složen sustav u kome se organiziraju poslovi radi ostvarivanja određenih zadataka, odnosno postizanja planiranih ciljeva.

Da bi se ukupni radni zadatak konkretno ostvario potrebno ga je rasčlaniti na veći broj užih, pa još užih zadataka takvog obima i strukture da ih mogu izvršiti i pojedinci uz jednoznačno određen način izvođenja i prikladna proizvodna sredstva.

Npr. PROIZVOĐENJE → nabava resursa, osiguranje radnog osoblja, proizvodni proces, ambalažiranje, prodaja...

Rasčlana nije sama sebi cilj, već se vrši radi naknadne sinteze, tj. povezivanja srodnih skupina zadataka u sve šire i šire cjeline. Na taj način definirane osnovne cjeline u cilju lakšeg upravljanja poslovnim sustavom nazivamo:

**FUNKCIJAMA** → skupine povezanih poslova kojima se najsvrsishodnije obavlja poseban zadatak poduzeća

Zavisno o složenosti, načinu organizacije i okruženju poduzeća mogu se formirati različite funkcije, pri čemu se svaka od funkcija organizira dalje u podfunkcije, grupe, itd. do mikropodjele u zavisnosti o nizu čimbenika: • vlastita obrada tržišta, • stupanj vlastite konstrukcije, • karakter proizvodnje, • poslovna politika...

Pri tom su važne i međusobne veze među funkcijama.

Tradicionalna podjela funkcija u industrijskim poduzećima podrazumjeva:

- **komercijalnu** funkciju ( veza sa tržištem, ravnomjernost proizvodnje )
- **tehničku** funkciju ( odnos razvoj-proizvodnja kod novog proizvoda )
- **financijsku** funkciju ( financiranje i računovodstvo )
- **kadrovsku** funkciju ( vaza sa tehnološkim procesom )
- **specijalne** funkcije

PROIZVODNA FUNKCIJA → odnosi se na aktivnosti neposredno vezane za proizvodnju, i predstavlja centralni dio zadataka poslovnog sustava. Za razna poduzeća karakterističan je velik broj varijacija po sadržaju i po organizacijskoj formi.

### 4.2. PROIZVODNA FUNKCIJA POSLOVNOG SUSTAVA

Proizvodna funkcija uobičajenog industrijskog poduzeća obuhvaća poslove podjeljene u tri osnovna područja:

- **PRIPREMU** proizvodnje
- **PROIZVODNJU** ( izvršenje )
- **POSLUŽIVANJE** proizvodnje

kako bi se takvom složenom aktivnošću uz prilagođenu proizvodnu opremu, odgovarajuću kvalifikacijsku strukturu radnog osoblja, te svrsishodnu tehnologiju i organizaciju proizvodnje ostvarila transformacija radnog zadatka u materijalne proizvode ili usluge.

Ponekad se i oblikovanje proizvoda uključuje u aktivnosti proizvodne funkcije.

**PRIPREMA** prethodi proizvodnom procesu, ali je izuzetno značajna jer o njoj ovise rezultati proizvodnje i poslovanja. Pripremom se daju značajni odgovori na pitanja: kako, čime, za koje vrijeme, gdje, uz kakve troškove... proizvoditi. Rasčlanjuje se na:

- **Tehnološku pripremu** - koja obuhvaća poslove izrade tehnološkog procesa, konstrukcije spec. alata, izradu normativa
- **Operativnu pripremu** - koja obuhvaća poslove operativnog planiranja, lansiranja i praćenja proizvodnje, transport, osiguranje alata i repromaterijala

**PROIZVODNJA** obuhvaća aktivnosti izrade djelova i njihovu montažu. S obzirom da se stvara višak vrijednosti orijentacija je na smanjenje svih vrsta gubitaka, te povećanje iskoristivosti materijalnih i kadrovskih resursa. Dijeli se prema vrstama aktivnosti, a organizacijski formalizira kroz pogone i radione.

**POSLUŽIVANJE** proizvodnje se u pravilu odvija tijekom proizvodnog procesa, ali može i prije i kasnije. Svakako treba spomenuti posluživanje sirovinama, alatom i energentima.

Uz to nužno je utvrditi kvalitetu proizvoda koji napušta proizvodni proces, te osigurati kontinuitet proizvodnje. To omogućuju dvije organizacijske cjeline u okviru proizvodne funkcije:

- **kontrola kvalitete** - poslovi ulazne i tekuće kontrole
- **održavanje i energetika** - tekuće održavanje i generalni remont, posluživanje energetskih postrojenja...

O svim je cjelinama bilo govora u prošlim kolegijima osim o **operativnoj pripremi**.

### 4.3. UTJECAJNI ČIMBENICI NA ORGANIZACIJU PROIZVODNE FUNKCIJE

Za dobru postavku organizacije proizvodne funkcije nužno je poznavati teoriju organizacije i samu proizvodnu aktivnost, ali i osnovne utjecajne čimbenike. Kvalitetna korelacija svih čimbenika osigurava optimalnu organizaciju proizvodne funkcije.

#### 4.3.1. POSLOVNA POLITIKA

Njom se definira razvojna politika proizvodne funkcije u okviru poslovnog sustava: mjesto, uloga i nivo razvijenosti kako bi se osiguralo uspješno poslovanje poduzeća.

### 4.3.2. PROIZVODNA POLITIKA

Proizlazi iz poslovne politike, i njom se detaljiziraju svi stavovi vezani za proizvodnju kako bi se optimalno ostvarili proizvodni ciljevi. Razlikujemo politike:

- razvoja organizacijske strukture ( prema proizvodnom programu )
- autarhičnosti ( stupanj obrade strateški bitnih pozicija )
- osiguranja alata ( spec. alat - vlastita izrada i održavanje )
- održavanje proizvodne opreme ( vlastita ili treća lica )
- financiranja ( globalno i terminski )
- raspoloživosti materijalnih sredstava ( alata, opreme )
- raspoloživosti radnog osoblja
- ostvarenja nadzora nad kvalitetom

### 4.3.3. PROIZVODNI PROGRAM

Značajan čimbenik, a posebno ga opisuju sljedeće značajke:

- konstrukcijske ( struktura sklopova, tolerancije, kvalitet površine, sličnost )
- tehnološke ( složenost postupaka izrade, tehnološka sličnost )
- proizvodne ( godišnji obim proizvodnje, dinamika, dugoročnost trajanja )

## 4.4. ORGANIZACIJSKI TIPOVI INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE

Industrijsku proizvodnju karakterizira proizvodnja za tržište ( nepoznatog kupca ), te odvojenost pripreme proizvodnje od samog izvođenja. Uz kriterije kao što su:

- količina proizvodnje
- vrsta proizvoda ( kompleksnost i obim )
- ponavljanje proizvodnje,

može biti velik broj različitih pojava oblika, pri čemu su tri osnovna **tipa** ( oblika ):

1. POJEDINAČNA
2. SERIJSKA
3. MASOVNA

Točna podjela među njima po npr. veličini nije moguća jer to nije jedini kriterij. Također je serijska proizvodnja jedno široko područje ( mala, srednja i visoka serija). U proizvodnom sustavu ne egzistira u svim pojedinostima samo jedan tip proizvodnje pa se govori o prevladavajućem tipu proizvodnje.

Osnovne značajke tipova ( pojedinačna - priprema za svaki proizvod, serijska - u okviru ciklusa više istovrsnih izradaka istovremeno, masovna - velike količine jednog ili samo par izradaka ) prikazane su u tablici 4.1.



#### 4.5. KOLIČINSKI NAČINI ODVIJANJA PROIZVODNJE

Kod odvijanja proizvodnje u osnovi prepoznajemo tri načina:

Jednokratna ( neponavljajuća ) proizvodnja

Povremeno ponavljajuća proizvodnja u određenim količinama ( serijama )

Kontinuirano ponavljajuća ( tekuća ) proizvodnja

**JEDNOKRATNA** proizvodnja - podrazumjeva da se proizvod u tom obliku izrađuje samo jednom (građevine), pa joj je priprema funkcionalna i ne treba formirati bazu podataka o proizvodu (sastavnice, tehnologija, resursi). Zbog projektne organizacije nije predmet našeg interesa.

**PONAVLJAJUĆA PROIZVODNJA ODREĐENIH KOLIČINA** - izrada pojedinih proizvoda se ponavlja u određenom vremenskom intervalu, što može biti:

- **ritmički** ( po količini izradaka  $q$  , po vremenskoj frekvenciji  $f$  )
- **aritmčki** ( po količini izradaka  $q$  , po vremenskoj frekvenciji  $f$  , ili oboje )

Kroz proizvodni proces ne prolazi svaki dio za sebe, već određena količina kao cjelina. Ta cjelina (serija) transportira se na sljedeću operaciju ( radno mjesto ) tek nakon što je i posljednji izradak obrađen na prethodnoj operaciji.

**Jedinična serija** je organizacijski pojam za određenu količinu istovrsnih izradaka koja istovremeno prolazi kroz proizvodni proces na način da se na kompletnoj količini izvršava jedna operacija uz jednokratnu pripremu i rasporedu radnog mjesta, prije daljnjeg transporta.

Za svaku seriju nužna je ponovna priprema proizvodnje što zahtjeva stabilnu organizaciju rada i formiranje baze podataka o **standardnoj praksi** ( sastavnice, tehnologija, oprema, alati...).

Organizacijska struktura proizvodnih kapaciteta ovisna je o značajkama proizvodnog programa (asortiman, količine, dinamika), te se kod manjih količina primjenjuje radionička struktura (prema vrsti), a povećanjem količina zbog specijaliziranosti kapaciteta proizvodna struktura prema svrsi (sličnog redosljeda).

Osnovni nedostaci: • dugačak ciklus izrade (velika nedovršena proizvodnja), • sporo kretanje materijala kroz proces (vezana velika obrtna sredstva), • otežana preglednost i upravljivost procesa

**KONTINUIRANA ( TEKUĆA ) PROIZVODNJA** - predstavlja viši oblik proizvodne organizacije iako se još uvijek radi o ponavljajućoj proizvodnji. Svaki izradak sam za sebe prolazi kroz proizvodni proces i odmah se transportira na sljedeće radno mjesto i obrađuje. Proizvodna oprema može biti različitog tehnološkog nivoa, ali kapaciteti ne mogu biti radionički strukturirani već barem prema svrsi, a najbolje uvjete osigurava

linijska proizvodnja (jednoprredmetne, višepredmetne - ručne, strojne, automatske).

Pretpostavke ovog tipa proizvodnje su:

- bliskost radnih mjesta,
- balansiranoš vremena obrade

Osnovni nedostaci: • nužnost velikih količina - smanjenje troškova po jedinici proizvoda

- krutost i nefleksibilnost na promjenu asortimana

Prednosti: • kratak ciklus proizvodnje (brzi protok kroz proces zbog transporta )

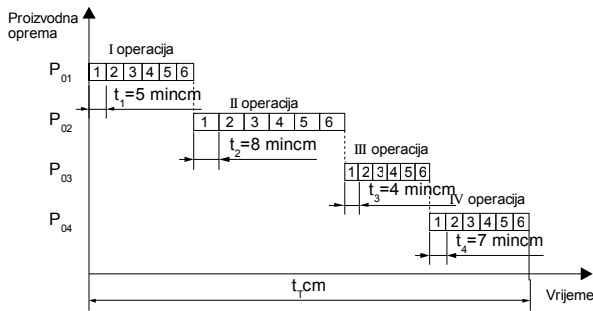
- mala obrtna sredstva ( minimalne zalihe )
- visoka preglednost i upravljivost ( posebno za automatizirane PS-e )

Tablica 4.1 Tipovi i značajke industrijske proizvodnje

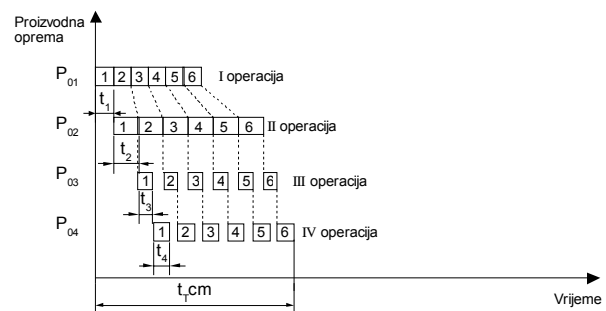
ZNAČAJKA PROIZVODNJE	TIP INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE		
	POJEDINAČNA	SERIJSKA	MASOVNA
Količina proizvoda	Mala	Velika	Vrlo velika
Asortiman proizvoda	Neograničen	Ograničen	Jedna vrsta, a iznimno nekoliko
Ponavljjanje proizvodnje jednog tipa proizvoda	Ne ponavlja se, osim u iznimnim slučajevima	Većinom se ponavlja proizvodnja istog oblika izratka	Jedna vrsta proizvoda ponavlja se neprekidno, ili se prema planu neki proizvodi ponavljaju
Mogućnost promjene asortimana tijekom izrade	Uvijek vrlo lako	Djelomično moguće. Promjena slijedi nakon duže proizvodnje iste vrste proizvoda	Nema promjena, već se tijekom dugotrajne proizvodnje radi jedna ili par vrsta proizvoda
Krajnji korisnik proizvoda	Pretežno poznati kupac	Za tržište, a rjeđe i poznati kupac	Isključivo za tržište, i to u duljem vremenu
Udio troška pripreme proizvodnje u ukupnim troškovima	Opsežna priprema sa znatnim udjelom troškova u cijeni	Troškovi pripreme proizvodnje po jedinici proizvoda znatno manji	Troškovi pripreme proizvodnje po jedinici proizvoda vrlo mali
Strukturiranje tehnološkog procesa	Grubo, podjela na zbijene operacije	Detaljno strukturiranje	Vrlo detaljna razrada na podjeljene operacije, zahvate i

			pokrete
Značajke primjenjene proizvodne opreme	Univerzalni strojevi (NC i konvencionalni)	Većinom specijalizirana, ali također univerzalna i specijalna oprema	Specijalna oprema - visokoproduktivne, mehanizirane i automatizirane linije
Oblik proizvodne organizacije	Pretežno radionički princip, tj. raspored prema vrsti	Kod manjih serija raspored prema vrsti, a kod srednjih i većih serija prema svrsi ili čak sličnog redosljeda	Automatizirane linije (pouzdanost opreme visoka)
Povezanost operacija sa određenim radnim mjestima	Ne postoji, ili je samo dio operacija povezan s određenim radnim mjestima	Na jednom radnom mjestu odvija se nekoliko operacija, ali ponekad i samo jedna	U pravilu je uz jedno radno mjesto vezana jedna operacija (ipak je moguće vezati i par)
Podloge za planiranje materijalnih resursa	Iskustveni podaci	Normativi	Detaljno određeni normativi
Specijalizacija poslova	Vrlo široka	Srednja	Uska
Stupanj iskorištenja proizvodne opreme	Nizak	Srednji	Visok
Produktivnost rada	Mala	Srednja	Visoka
Ritmičnost proizvodnje	Ne postoji	Ritmičnost moguća kod proizvoda koji se često ponovo obrađuju	U pravilu je proizvodnja strogo ritmična - takt
Trajanje ciklusa proizvodnje	Dugačko	Srednje	Vrlo kratko - mehaniziran transport
Unificiranost proizvoda	Niska	Srednje visoka	Vrlo visoka
Cijena koštanja izratka	Visoka	Srednje visoka	Niska
Kvalificiranost osoblja	Visoka	Srednja	Niska
Veličina zaliha	Vrlo visoka	Srednja	Minimalna

## Slijedni ili postupni model



## Usporedni ili paralelni model



Slika 4.1. Usporedni prikaz ciklusa izrade

## 4.6. ANALITIČKO UTVRĐIVANJE TIPA PROIZVODNJE

Proizvodni proces razlikuje se s obzirom na **tip proizvodnje** te **tok procesa** (količinski način odvijanja proizvodnje). Matematički to izražavamo **koeficijentom serijnosti**  $K_{SER}$ :

$$K_{SER} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{R} \leq 1 \quad (4.1)$$

gdje je :  $K_{SER}$  - koeficijent serijnosti

$t_i$  - vremensko opterećenje i-tog kapaciteta PS-a

$i = 1, 2, \dots, n$  - broj proizvodnih kapaciteta u PS-u

$R$  - ritam proizvodnje PS-a, predstavlja vremenski interval između dviju uzastopnih jedinica proizvoda ( u ritmičnoj proizvodnji to je takt )

Ritam proizvodnje  $R$  utvrđujemo izrazom:

$$R = \frac{K_S}{q_j} = \frac{d \cdot s \cdot h \cdot \eta_{TS}}{q_j} \quad (4.2)$$

gdje je:  $K_S$  - raspoloživi vremenski kapacitet proizvodnog sustava

$d$  - broj radnih dana u godini

$s$  - broj radnih smjena na dan

$h$  - broj radnih sati u smjeni

$\eta_{TS}$  - stupanj vremenske iskoristivosti sustava

$q_j$  - količina j-tih izradaka koji se na PS-u obrađuju

Na osnovi koeficijenta serijnosti moguće je izvesti određene kvantitativne pokazatelje o tipu proizvodnje i karakteru toka procesa (tablica 4.2).

Tablica 4.2 Određivanje koeficijenta serijnosti

Način odvijanja proizvodnje	Uvjet		
Ponavljajuća količinska (serijska proizvodnja)	$K_{SER} \leq 1$ tj. $\sum t_i \leq R$ Tehnološki ciklus < ritma	$\frac{t_{imax}}{R} < 1$ Srednjeseerijska	Veći dio $t_j < R$
	$K_{SER} > 1$ tj. $\sum t_i > R$ Tehnološki ciklus > ritma	$\frac{t_{imax}}{R} > 1$ Visokoseerijska	Veći dio $t_j > R$
Kontinuirana proizvodnja (tekuća)			

Za pojedinačnu i maloseerijsku proizvodnju ne može se postići uvjet neprekidnosti toka materijala, pa je  $K_{SER} \leq 1$ .

Kada je  $K_{SER} > 1$  još uvijek ne znači da će se proizvodnja odvijati kontinuirano. Drugi uvjet (*vrijeme najduže operacije*) razlikuje srednjeseerijsku od visokoseerijske proizvodnje. Srednjeseerijska se odvija kao ponavljajuća količinska proizvodnja, a za visokoseerijsku važi dodatna analiza pomoću *vremena trajanja većeg dijela operacija*, te može biti ponavljajućeg ili kontinuiranog tipa.

Za masovnu proizvodnju uz  $K_{SER} > 1$  uvjet je i  $t_{i\ max} / R \cong 1$ , a i ostale su operacije izbalansirane, što uvjetuje neprekinut tok proizvodnje na PS-u.

## 5. OPERATIVNA PRIPREMA PROIZVODNJE

### 5.1. POLOŽAJ I ULOGA OPERATIVNE PRIPREME

Za samu proizvodnju značajna je njezina priprema i posluživanje koji s njom moraju biti organizirani u funkcionalnoj cjelini. Stupanj organiziranosti pripreme uglavnom ovisi o karakteru i tipu proizvodnje i govori **kada** se priprema vrši, **tko** je obavlja i **koliko detaljno**.

Pet je osnovnih grupa zadataka pripreme proizvodnje:

- izrada tehnoloških procesa
- poslovi konstrukcije i osiguranja alata
- poslovi studija rada i racionalizacije
- planiranje proizvodnje i materijalnih resursa
- izrada i lansiranje operativne dokumentacije, te praćenje proizvodnje

Organizacijske jedinice u okviru kojih se realiziraju ovi zadaci su **tehnološka i operativna** priprema (obuhvaća poslove planiranja, terminiranja, lansiranja i praćenja proizvodnje).

Posebno su važni poslovi operativne pripreme - predmet su našeg interesa - jer se na osnovi tih aktivnosti definira **vremenski plan odvijanja proizvodnje** i osiguravaju svi **potrebni resursi**. No analizirajući strukturu pripremnih službi (operativnih) svedoci smo da ne funkcioniraju uvijek u potpunosti. Razlog uglavnom leži u neadekvatnom tretmanu.

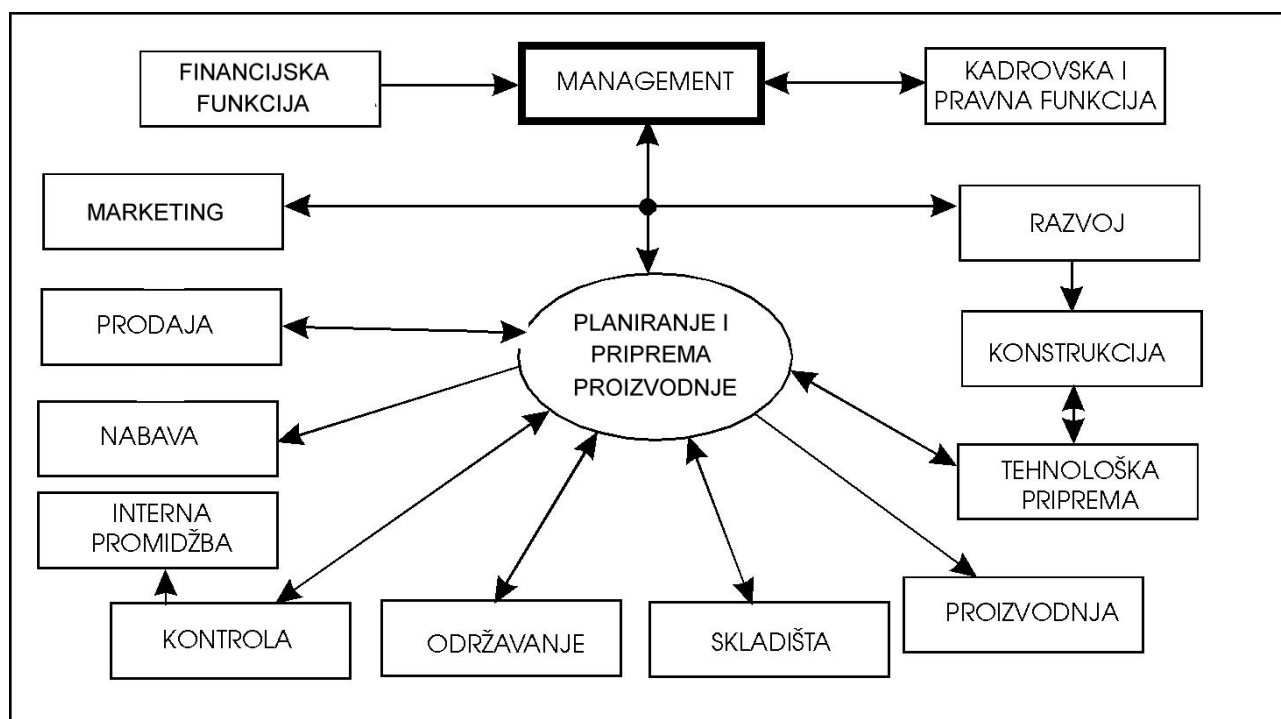
Neki od osnovnih razloga nezadovoljavajuće efikasnosti na temelju svakodnevne prakse industrijskih poduzeća jesu:

1. nedovoljno točni i nepotpuni ulazni podaci (konstrukcijska i tehnološka dokumentacija)
2. nedovoljno kvalitetna organizacijska struktura pripreme podfunkcije kao posljedica tretiranja službe kao manje značajne (? jednostavni poslovi, nekvalificirano osoblje → organizacijski jaz između opće-tehnološkog i organizacijskog nivoa)
3. neadekvatno izvršena cjelokupnost poslova planiranja i u slučajevima korektne dokumentacije kao posljedica nedovoljnog poznavanja tehnika planiranja i njihove praktične primjene u konkretnim uvjetima (ciklus proizvodnje i dinamičko planiranje kapaciteta)
4. nedovoljno posvećena pažnja dinamici funkcioniranja organizacije (ne samo formalna struktura, definiranje dokumentacije ili uporaba računala, već i kvalitetno funkcioniranje te strukture koje se ogleda u interaktivnosti i dinamičnosti prijenosa informacija na svim nivoima - strateškom, taktičkom ili operativnom)

Za razliku od tehnološke, operativna priprema se vrši svaki put prije započinjanja neke proizvodnje, tj. onoliko puta godišnje koliko se u proizvodnji lansira istovrsni proizvod (serija), i temelji se na informacijama iz tehnološkog procesa i potrebnim količinama proizvoda.

Ukratko → operativnom pripremom definira se što će se proizvoditi (koji proizvodi) i u kojim količinama, vremenski se definiraju termini početka i završetka aktivnosti proizvodnog procesa, ali se dinamički planiraju (u vremenskim terminima) i svi potrebni materijalni resursi, kapaciteti proizvodne opreme i radno osoblje. Na osnovi operativne dokumentacije proizvodnja se lansira, prati, optimira promet zaliha svih materijalnih resursa, vrši obračun troškova, te se omogućuje upravljanje aktivnostima proizvodnog procesa.

Nabrojane aktivnosti su složene i kompleksne, te direktno utječu na ekonomičnost odvijanja proizvodnje iskazanu kroz neujednačenost dovršenja izrade pojedinih pozicija, te time i na povećanje zaliha kao i produženje rokova isporuke. Stoga je očito da su kontakti operativne pripreme sa ostalim organizacijskim jedinicama, kako u okviru proizvodne funkcija tako i u okviru ukupnog poslovnog sustava, vrlo česti i dinamički kontinuirani, posebice jer planiranje, terminiranje, lansiranje i praćenje ovisi o mnoštvu informacija i njihovom prijenosu, te komunikaciji sa različitim organizacijskim jedinicama (prikaz na sljedećoj slici).



Slika 5.1. Kontakti operativne pripreme

**Konstruktivski ured i ispitni centar** - kod usaglašavanja konstrukcijske dokumentacije sa željama kupca (naručioca).

**Tehnološka priprema** - radi korištenja normativna vremena kod izrade operativne dokumentacije.

**Alatnica** - kod izrade novih ili održavanja starih alata u ispravnom stanju, a što utječe na određivanje rokova.

**Održavanje** - radi osiguravanja ispravnosti proizvodne opreme u cilju nesmetane i sigurne proizvodnje

**Kontrola** - povremeni kontakti kod nastanka škarta, prekida proizvodnje ili nove dokumentacije.

**Nabava** - najznačajniji, svakodnevni kontakti kao i sa proizvodnjom radi ispunjenja rokova utvrđenih s prodajom. Ta veza **prodaja** - OPR - nabava predstavlja najznačajniji tok informacija kod planiranja i upravljanja proizvodnjom.

**Proizvodnja** - svakodnevni kontakt jer je raspodjela poslova u proizvodnim radionama produžetak rada operativne pripreme

**Računovodstvo** - u njemu završava sva dokumentacija materijalnog i financijskog značaja formirajući neprekidni tok dokumenata.

Vidljivo je da uspješnost planiranja i upravljanja proizvodnjom zavisi o mogim službama koje u tim aktivnostima surađuju, a koordinirane su od operativne pripreme kojoj upravo planiranje količina, rokova i dinamike, te upravljanje aktivnostima njihovog osiguranja predstavlja osnovni zadatak.

## 5.2. VRSTE I OSNOVNI SADRŽAJ POSLOVA OPERATIVNE PRIPREME

Svi pripremni radovi do početka same proizvodnje, što podrazumjeva definiranje planova i njihovu detaljnu razradu, ali i aktivnosti praćenja njihovog izvršenja do predaje proizvoda u SGP, zahtjevaju sistematski rad i izvršavanje niza točno određenih zadataka uz manji ili veći stupanj specijalizacije, a obavlja ih **operativna priprema proizvodnje**. Ti specifični zadaci predstavljaju temelj za kreiranje organizacijske strukture operativne pripreme, pri čemu svaki od tih funkcijskih elemenata ima svoj informacijski ulaz, obradu (transformaciju) informacija i izlaz, koristi specifične tehnike rada i postupke, te komunicira sa ostalim funkcijskim elementima u i izvan okvira operativne pripreme.

Osnovni zadaci, odnosno funkcijski elementi operativne pripreme jesu :

- planiranja proizvodnje
- lansiranje proizvodnje
- praćenje proizvodnje
- vođenje stanja materijalnih resursa



### 5.2.1. PLANIRANJE PROIZVODNJE

Planiranje proizvodnje predstavlja prvu fazu aktivnosti operativne pripreme. Pri tom planove u osnovi djelimo na : → **godišnje** planove

→ **terminske ( operativne )** planove

**Godišnji planovi** odnose se na razdoblje od jedne godine ( kalendarske ), definiraju se na osnovi planova prodaje finalnih proizvoda i rezervnih djelova, te obuhvaćaju točno definirane zadatke i uvjete njihovog izvršenja uz kvantifikaciju ciljeva koje tijekom te godine treba ostvariti. Formiraju se kao kumulativni planovi, ali se mogu izraditi i dinamički godišnji planovi. Pri tome planiranje obuhvaća nekoliko aspekata s čime se definiraju sljedeći osnovni parametri plana :

- količine djelova koje će se proizvoditi
- opterećenje kapaciteta (proizvodne opreme)
- potrebni materijalni resursi
- potrebno radno osoblje

Godišnjim planom proizvoda definira se asortiman proizvoda, njihov obim (količina), a često i gruba dinamika. Preduvjeti njegove izrade su plan prodaje i poznavanje strukture proizvoda. No njega nije moguće ostvariti ukoliko nisu slobodni odgovarajući kapaciteti proizvodne opreme. Stvarnu iskoristivost pojedinih kapaciteta utvrđujemo usporedbom opterećenja opreme na osnovi tehnoloških podataka te vremenskog fonda sati kojim neko radno mjesto raspolaže. Pojava uskih grla uvjetuje usklađivanje plana proizvoda. Osim toga nužno je provjerom postojećih zaliha utvrditi potrebe za svim materijalnim resursima i radnim osobljem, i uskladiti plan proizvoda.

**Terminski ( operativni ) planovi** detaljnije definiraju zadatke iz godišnjih planova koji se obavljaju u kraćim vremenskim razdobljima (polugodište, kvartal, mjesec, tjedan, dan), i to na nivou manjih organizacijskih jedinica. Na izbor terminskih jedinica utječe karakter proizvodnog programa i tip proizvodnje, a terminski planovi daju odgovor na pitanja **što, koliko i kada** treba proizvoditi.

Najprije se izrađuje **terminski plan izrade proizvoda** vodeći računa o dinamici prodaje pojedinih proizvoda u skladište gotovih proizvoda, te o raspoloživim proizvodnim kapacitetima i radnom osoblju. Godišnji plan dijeli se po terminima kao što je to predočeno matricom (5.1) i dobijemo terminski plan.

Ovakvi planovi mogu se detaljizirati za manje terminske jedinice, te se njihovom izradom postiže:

- određivanje termina početka i svršetka proizvodnog ciklusa sklopova i dijelova
- grubo terminiranje operacija u okviru proizvodnog ciklusa pojedinog izratka. Tehnike izvođenja ovakvog plana su numeričke, ali i grafičke pomoću gantograma
- fino terminiranje operacija po pojedinom radnom mjestu

$$P_{pg} = \begin{array}{c|ccccccc} & T_1 & T_2 & T_3 & & & T_r & & & T_m & \Sigma \\ \hline p_1 & q_{11} & q_{12} & q_{13} & \cdot & \cdot & q_{1r} & \cdot & \cdot & q_{1m} & Q_{g1} \\ p_2 & q_{21} & q_{22} & q_{23} & \cdot & \cdot & q_{2r} & \cdot & \cdot & q_{2m} & Q_{g2} \\ p_3 & q_{31} & q_{32} & q_{33} & \cdot & \cdot & q_{3r} & \cdot & \cdot & q_{3m} & Q_{g3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ p_j & q_{j1} & q_{j2} & q_{j3} & \cdot & \cdot & q_{jr} & \cdot & \cdot & q_{jm} & Q_{gj} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ p_n & q_{n1} & q_{n2} & q_{n3} & \cdot & \cdot & q_{nr} & \cdot & \cdot & q_{nm} & Q_{gn} \end{array} \quad (5.1)$$

gdje je:  $P_{pg}$  - godišnji operativni terminski plan asortimana, količina i dinamike proizvoda iz asortimana proizvodnog programa

$p_j$  - j-ti proizvod iz godišnjeg plana

$Q_{gj}$  - godišnja količina j-og proizvoda

$q_{jr}$  - količina proizvodnje j-og proizvoda koji se treba dovršiti u r- tom terminu

$T_r$  - r-ti proizvodni termin u poslovnoj godini

S obzirom da količine pojedinih proizvoda i izradaka mogu biti raznoliko dinamički raspoređene po vremenskim terminima **operativnim terminskim planom opterećenja kapaciteta** kontroliraju se ukupna godišnja, ali i opterećenja pojedinih proizvodnih kapaciteta u pojedinim vremenskim terminima. Opterećenja se računaju na osnovi vremena operacija i količina izradaka, a u cilju utvrđivanja eventualnih preopterećenja tj. uskih grla. Vrlo finim planiranjem kapacitete moguće je pomoću gantograma planirati rad svakog pojedinog kapaciteta dinamički (kumuliranjem svih operacija koje se na kapacitetu moraju izvršiti unutar terminskog razdoblja). **Operativni terminski plan reprodukcijskog materijala** formira se za određene vremenske termine po asortimanu i količinama, i podloga je nabavnoj službi za ugovaranje u skladu sa stanjem zaliha na skladištu, te terminima prispjeća pojedinih materijala.

### 5.2.2. LANSIRANJE PROIZVODNJE

Poslove lansiranja dijelimo u tri osnovne grupe:

- izrada lansirne dokumentacije
- osiguranje proizvodnih čimbenika
- lansiranje proizvodnje

Lansirnu dokumentaciju izrađuje operativna priprema, i ona je uz konstrukcijsku i tehnološku dokumentaciju nosioc svih informacija nužnih proizvodnim radionicama za izvođenje svake pojedine operacije, a ujedno i podloga za primjenu metoda i tehnika planiranja i praćenja realizacije proizvodnih planova.

Osnovnu lansirnu dokumentaciju čine:

- **radna lista** (radni nalog) - definira koju aktivnost treba izvršiti, gdje će se izvoditi, kada i za koliko vremena, te do kada će aktivnost trajati. Popunjava se za svaku tehnološku operaciju i predstavlja nalog za izvršenje posla, podlogu za obračun troškova i osnovni informacijski dokument za praćenje dinamike odvijanja proizvodnje.
- **izručnica** - služi za podizanje reprodukcijskog materijala iz skladišta polufabrikata, gotovih dijelova i sklopova (pripremu i izdvajanje), i to u formi predviđenoj tehnološkim procesom. Sadrži podatke o entitetu, količini i vremenu izdvajanja (prema term. planu)
- **predatnica** - služi za predaju gotovih proizvoda nakon posljednje operacije u skladište gotovih proizvoda. Tim se dokumentom proizvodni sustav razdužuje od dijelova iz obrade i zadužuje skladište.

Osiguranje proizvodnih čimbenika odvija se paralelno s izradom operativne lansirne dokumentacije u cilju sprečavanja nepredviđenih zastoja i poremećaja terminskog plana izrade proizvoda. U te aktivnosti spada:

- provjera raspoloživosti materijala izrade po količini i asortimanu u skladištu
- provjera raspoloživosti i ispravnosti stanja alata u skladištu po količini i asortimanu propisanim tehnološkim procesom
- provjera spremnosti proizvodnih kapaciteta (opreme i osoblja) da ne bi kasnilo lansiranje
- provjera raspoloživosti konstrukcijske i tehnološke dokumentacije u pogonskim izdavaonama

Sva radna dokumentacija lansira se u proizvodnju u točno određenom trenutku u skladu s planskim terminima te uz provjeru raspoloživosti proizvodnih čimbenika, a to mora biti prije početka ciklusa proizvodnje pojedinih izradaka.

Lansirna dokumentacija je podloga za lansiranje proizvodnje koje je usklađeno sa terminima iz operativnih terminskih planova i sastoji se od:

- dostave izručnica skladištima radi pripreme i izdavanja materijala
- dostave radnih lista i predatnica rukovodnom osoblju proizvodnih radionica
- dopreme repromaterijala te tehnološke i konstrukcijske dokumentacije na radna mjesta

### 5.2.3. PRAĆENJE PROIZVODNJE

Vrši se na osnovu radnih lista obavljenih operacija i ličnim uvidom lansera u odvijanje procesa obrade. Pri tom se vrši:

- praćenje toka izrade lansirane količine svakog proizvoda u odnosu na planirane termine kao i evidentiranje ostvarenih termina. U slučaju kašnjenja nužna je intervencija rukovodioca.
- praćenje toka proizvodnje da ne dođe do poremećaja u njenom odvijanju (škart, lomovi alata, kvar opreme, pravovremenost transporta, tekuća kontrola) u

suradnji s rukovodiocem radione. Za slučaj velikog škarta - nužnost lansiranja dodatnih količina.

- utvrđivanje gotovosti dijelova i otprema u skladište ili na montažu

#### 5.2.4. VOĐENJE STANJA MATERIJALNIH RESURSA

Tu se podrazumjevaju aktivnosti operativnog vođenja skladišta, iako se nekad skladišta vezuju i za druge službe ili funkcije. Povoljno je da su pod OPR-om zbog konstantnog nadzora nad dva značajna čimbenika planiranja: početnim stanjem zaliha materijala i završnim stanjem proizvoda.

**Skladištenjem materijala** obuhvaćena je manipulacija repromaterijalima (prijem, skladištenje, izdvajanje), ažurno vođenje stanja (kartoteka), te naručivanje radi obnove zaliha (stanje i plan). **Skladištenje gotovih proizvoda** podrazumjeva manipulaciju gotovim proizvodima (prijem, skladištenje, izdvajanje), te vođenje stanja (kartoteka s podacima o ulazu i izlazu).

### 5.3. ORGANIZACIJSKA STRUKTURA OPERATIVNE PRIPREME

Poslovi operativne pripreme su raznovrsni, veoma obimni, složeni i odgovorni, pa ih je nužno odgovarajuće organizirati u korelaciji sa organizacijom proizvodnih pogona i tehnološke pripreme. Ovisno o aktivnostima koje OPP treba obavljati razlikujemo dvije temeljne varijante organizacije:

- prema vrsti operativnih poslova
- prema proizvodnim problemima

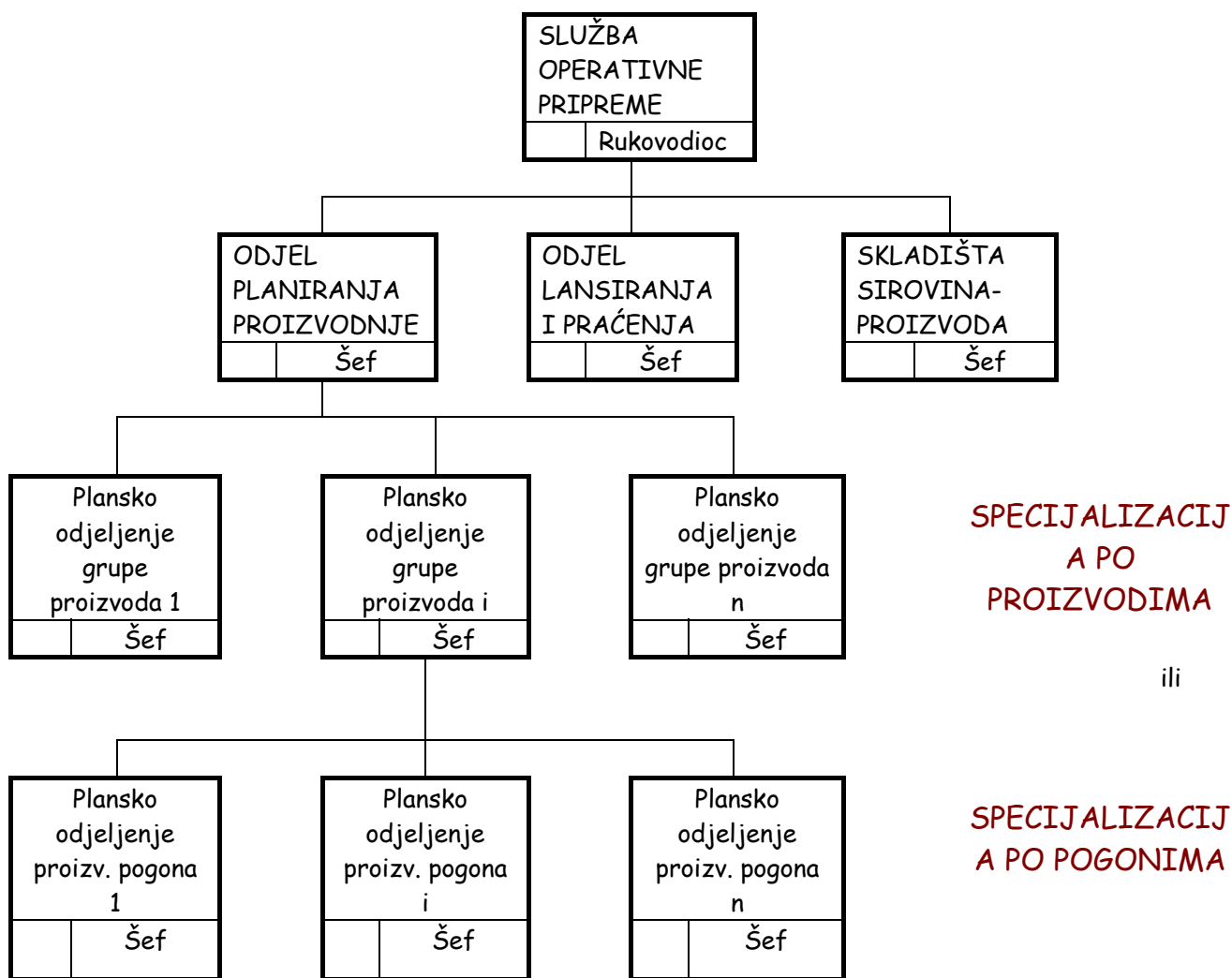
#### 5.3.1. ORGANIZACIJA OPP-a PREMA VRSTI POSLOVA

Ovaj tip organizacije zasniva se na podjeli poslova prema vrsti i specijalizaciji radnog osoblja. Tipične grupe poslova već su ranije definirane: planiranje, lansiranje, praćenje, vođenje skladišnog poslovanja. Za veće proizvodne sustave veći su i stupnjevi specijalizacije u svakoj grupi poslova.

Detaljnije organizacijsko strukturiranje moguće je izvršiti prema:

- **PROIZVODIMA** - gdje osoblje u svakom odjelu (npr. planiranje) obuhvaća sve aktivnosti vođenja proizvodnje za neki finalni složeni proizvod. Prednost je optimalnost izvođenja terminiranja, ali je nedostatak složenost planiranja kapaciteta. Naime u jednom pogonu izrađuju se pozicije različitih finalnih proizvoda, te za iste proizvodne kapacitete ima više planera, lansera, i drugih operativnih djelatnika. To iziskuje dodatnu koordinaciju poslova u pogonu. model je pogodan za složene, skupe proizvode širokog asortimana pri pretežito pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji.
- **POGONIMA** - gdje osoblje planira sve operativne aktivnosti ali vezane samo za taj pogon bez obzira kojem finalnom proizvodu pozicije pripadaju. Prednost

je u optimalnosti planiranja za pogon i racionalnom iskorištenju kapaciteta. No, problemi se javljaju oko usklađenosti termina i određivanju prioriteta izrade različitih dijelova istog finalnog proizvoda jer to rade različiti planeri. Model je pogodan za srednjeseerijsku proizvodnju čije se planiranje zasniva na mini-max metodi optimiranja zaliha.

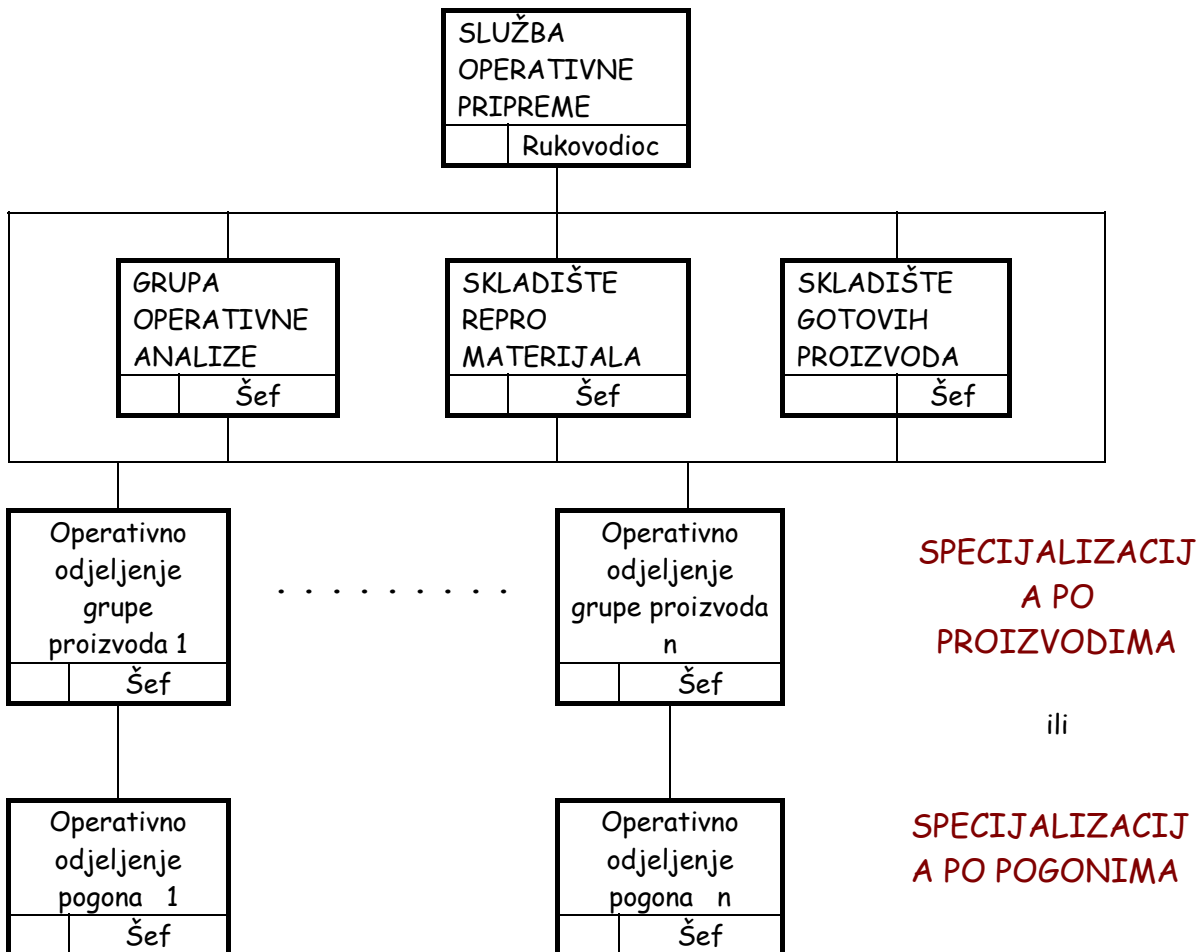


Slika 5.2. Organizacijska struktura OPP-a prema vrsti poslova

Ovakva varijanta organizacije OPP-a po vrsti poslova je elastična i lako se prilagođava promjenama proizvodnog programa (izmjena oblika i asortimana). Međutim za velike i složene sustave sa visokim stupnjem specijalizacije otežena je cirkulacija informacija, pa to utječe na efikasnost OPP-a zbog nepravovremenosti informacija. Također je zbog lančane povezanosti poslova dugačak ciklus OPP-a iako se postiže značajna minimizacija osoblja.

### 5.3.1. ORGANIZACIJA OPP-A PREMA PROIZVODNIM PROBLEMIMA

Ovakvom organizacijom OPP-a izbjegava se horizontalna sukcesivnost aktivnosti, otežana pravovremenost informacija među pojedinim vrstama poslova i dugačak ciklus OPP-a. Aktivnosti se ne izvršavaju lančano već u paralelnom toku. Struktura predviđa sveobuhvatnost svih operativnih poslova (planiranje, terminiranje, lansiranje, praćenje) za pojedini **problem** na jednom mjestu u skladu sa sljedećom slikom.



Slika 5.3. Organizacijska struktura OPP-a prema proizvodnim problemima

I ovdje se javljaju dvije podvarijante organizacije specijalizacijom tima ( prije pojedinca ) prema:

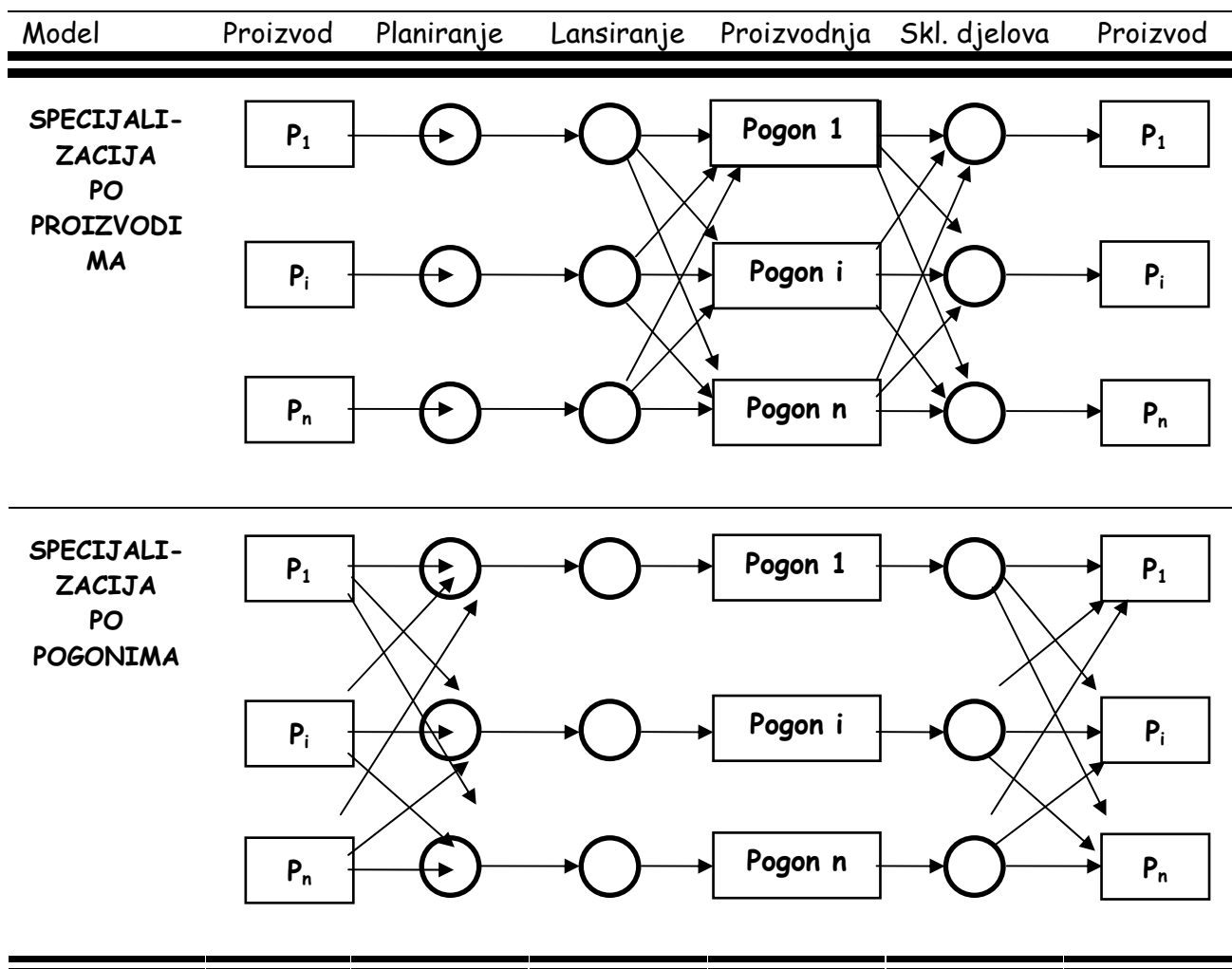
- PROIZVODIMA - gdje odjeljenje za proizvode iz svoje domene vrši sve operativne aktivnosti koje se uz to paralelno odvijaju i usklađuju. Osoblje nije strogo specijalizirano već se traži univerzalnost. Postiže se visoka efikasnost cjeline i ciklus pripreme je maksimalno skraćen. Model se koristi u slučaju pojedinačne proizvodnje složenih i skupih izradaka sa nužnošću poštivanja rokova isporuke.
- POGONIMA - gdje odjeljenje vrši sve operativne aktivnosti, ali ne po proizvodu već za sve proizvode o okviru jednog pogona. Stoga se problemi pri planiranju minimiziraju, a organizacija je prikladna u uvjetima serijske i

masovne proizvodnje jer se postiže najviši stupanj usklađenosti svih operativnih aktivnosti i skraćenje ciklusa pripreme.

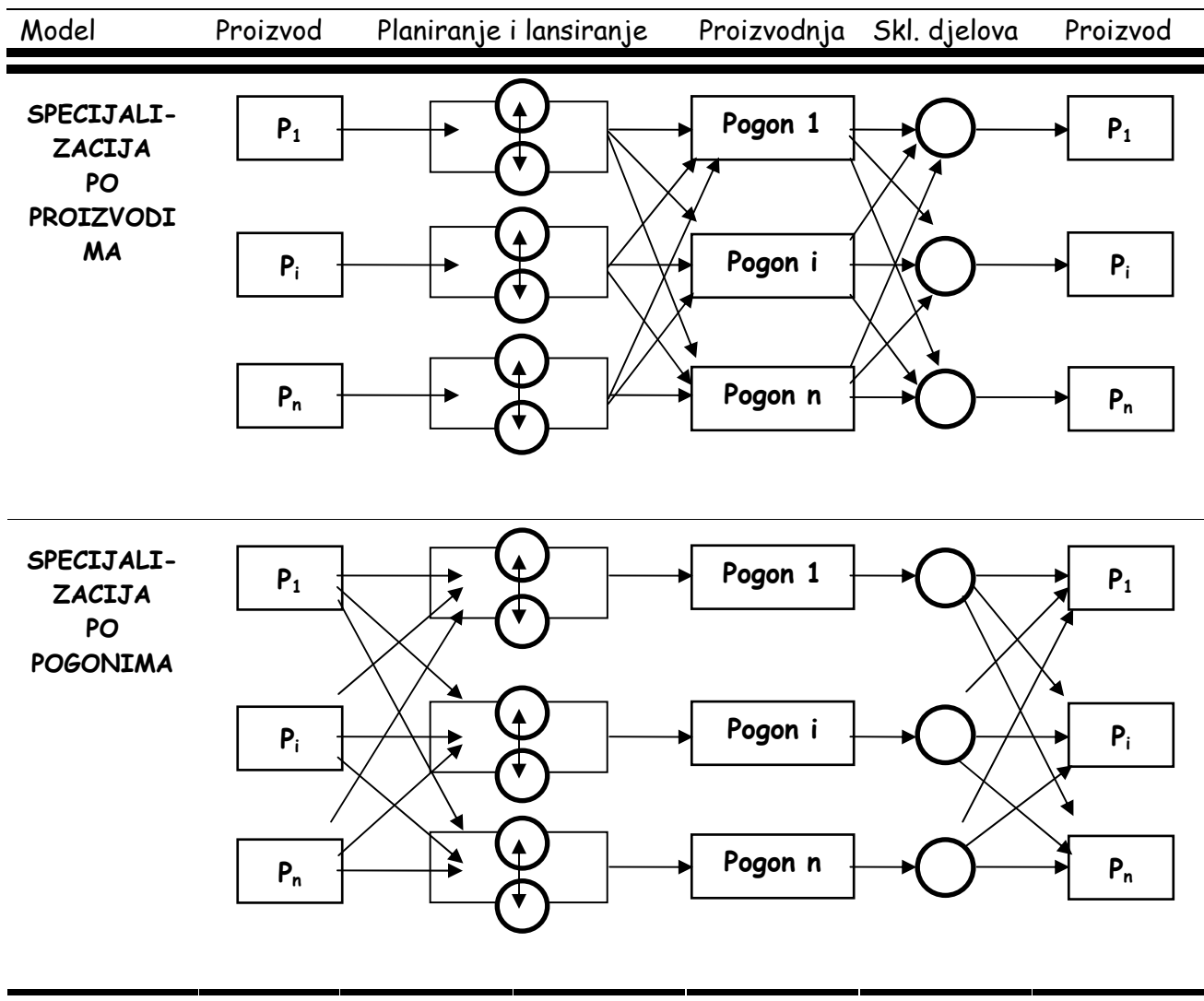
Osim ovih modela u praksi se sreću i druge varijacijem zavisno o uvjetima rada poduzeća.

### 5.3.2. GRUBA ANALIZA TOKA POSLOVA

Usporedno analizirajući opisane modele organizacije OPP-a moguće je dati grafički prikaz toka poslova OPP-a i proizvodnje (sljedeće slike), te donjeti određene zaključke.



Slika 5.4. Tok operativnih poslova za model organizacije po vrsti poslova



Slika 5.5. Tok operativnih poslova za model organizacije po proizvodnim problemima



## 6. VOĐENJE PROIZVODNOG PROCESA

### 6.1. DEFINICIJA POJMA OPERATIVNOG VOĐENJA PROIZVODNJE

Poslovna politika jednog poduzeća obuhvaća izbor i definiciju ciljeva koje se u određenom poslovnom razdoblju želi postići, kao i određivanje načina kako te ciljeve postići. Ne treba je izražavati kroz određene kvantificirane veličine, već je treba shvatiti kao filozofiju djelovanja na kojoj se zasniva poslovanje ukupnog poslovnog sustava (npr. težnja za vrhunskom kvalitetom, briga o kupcima, kult odanosti firmi itd...) u dužem vremenskom razdoblju.

U skladu sa sljedećom slikom poduzeće djeluje u okruženju koje je predstavljeno skupom ulaznih varijabli. Poslovnom politikom definiraju se globalni ciljevi poduzeća predstavljeni kroz skup izlaznih varijabli. Na temelju poslovne politike formulira se i proizvodna politika, odnosno definiraju proizvodni planovi kroz koje se izražavaju konkretni ciljevi proizvodnje i determiniraju aktivnosti, sredstva i kadrovi u interakciji s vremenom za izvršenje konkretnih zadataka. Upravljanjem poslovnim i proizvodnim procesom, na način da se provodi poslovna i proizvodna politika definirana određenim pravilima ponašanja kao skupom internih varijabli, postavljeni se ciljevi ostvaruju. Na ostvarenje poslovnih i proizvodnih ciljeva utječe se znači skupinom internih varijabli uz neophodnost konstantnog nadgledavanja i upravljanja proizvodnim procesom, kako bi izlazne veličine bile u skladu s planskim vrijednostima.

Pojam **vođenja proizvodnog procesa** sastoji se znači od aktivnosti:

- PLANIRANJA proizvodnog procesa
- UPRAVLJANJA proizvodnim procesom kako bi se planske veličine ostvarile, što podrazumjeva lansiranje i praćenje proizvodnje te donošenje raznih upravljačkih odluka

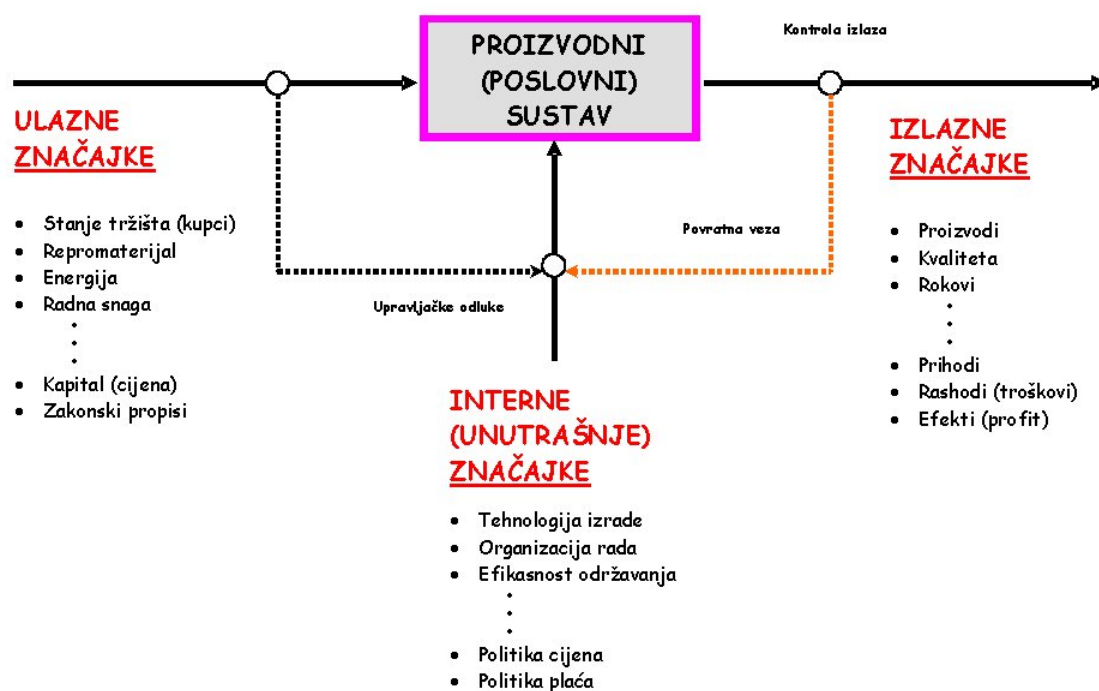
**PLANIRANJE** općenito predstavlja određivanje odnosa među događajima prije nego što oni započnu. Zasniva se na iskustvima iz prošlosti kombiniranim sa sadašnjim znanjima, metodama i tehnikama, a usmjerenim ka optimalnom rješavanju budućih problema.

Planiranjem se u interakciji sa vremenom predviđaju sve aktivnosti, sredstva i radno osoblje nužno za obavljanje određenog zadatka. Što je zadatak složeniji i obimniji raste potreba za planiranjem. Planiranje obuhvaća cijeli niz međusobno zavisnih varijabli te je nužno detaljiziranje svih aktivnosti, tko će ih i kada izvršiti, sa kojim materijalnim resursima (opremom, materijalom, energijom), i koliko će trajati. Definicijom organizacijske strukture poslovnog sustava i proizvodne funkcije određuje se gdje će se posao raditi, tko će ga obavljati i uz koje transformacijske (tehnološke) procese, a planom se definiraju količine proizvoda i odgovarajuća vremenska dinamika izvršenja poslova u konkretnim proizvodnim uvjetima.

**UPRAVLJIVOST** se formalno osigurava adekvatnom organizacijskom strukturom. **Dinamičku upravljivost** tijekom djelovanja poslovnog sustava definiramo kao ukupnu sposobnost sustava da uz minimalni utrošak vremena ostvari svoje vitalne ciljeve i zadatke. U tu svrhu za svaki strukturni dio proizvodnog sustava (do radnog mjesta) potrebno je osigurati osnovne uvjete upravljivosti:

1. definirati ulazne kanale (veze) kroz koje će radno mjesto primiti i slati informacije
2. odrediti proces transformacije na radnom mjestu ( definirati sadržaj i način rada )
3. definirati potrebna sredstva i energiju za realizaciju procesa transformacije
4. definirati izlazne kanale (veze) prema drugim radnim mjestima (to su i povratne veze)

Tako definirane strukturne dijelove nužno je povezati u jednu cjelinu uz definiciju toka informacija, za što je potrebno poznavati sve ulazne faktore koji na sustav djeluju, veze koje se pri djelovanju formiraju i značajke kojim sustav djeluje na okolinu. To iziskuje visokostručna znanja iz područje organizacije, planiranja i upravljanja i interdisciplinarni pristup te usku suradnja svih koji djeluju na ostvarenju krajnjeg cilja obrazloženog kroz dinamički niz zadataka određenih u svim svojim elementima. Za vođenje proizvodnog procesa to npr. znači odrediti gdje niz zadataka počinje, što je krajnji izlaz, sudionike te učestalost i intenzitet komuniciranja, koje se informacije koriste, tko, kada i kakve odluke donosi, koje se tehnike rada koriste, koje su posljedice pojave grešaka, itd...



Slika 6.1. Proizvodni sustav sa relevantnim grupama varijabli

## 6.2. TEMELJNI ČIMBENICI VOĐENJA PROIZVODNJE

Prethodno smo grubo naveli poslove koje je nužno obaviti u cilju kvalitetnog planiranja i upravljanja proizvodnjom. No, postoje i određeni čimbenici koji im prethode i koje ćemo detaljnije analizirati, a definiraju se kao:

1. konstrukcijska dokumentacija
2. tehnološka dokumentacija
3. plan plasmana finalnih proizvoda i rezervnih dijelova
4. ciklus proizvodnje
5. proizvodni sustav
6. okruženje poduzeća

### 6.2.1. KONSTRUKCIJSKA DOKUMENTACIJA

Konstrukcijska dokumentacija je osnov industrijskog načina proizvodnje, te se bez nje ne može govoriti o bilo kakvom sustavu ili sistematskom planiranju i upravljanju proizvodnjom. Njom se definira proizvod po obliku, funkciji, sastavu, kvaliteti, bilo da se radi o pojedinačnom izratku, sklopu ili kompleksnom finalnom proizvodu. U konstrukcijskom smislu to znači točno, jednoznačno, jasno i jednostavno identificiranje proizvoda. U metaloprerađivačkoj industriji konstrukcijska dokumentacija predstavlja podlogu izgradnje sustava informacija o proizvodu i najčešće obuhvaća:

- nacrt
- sastavnicu

#### 6.2.1.1. Nacrt

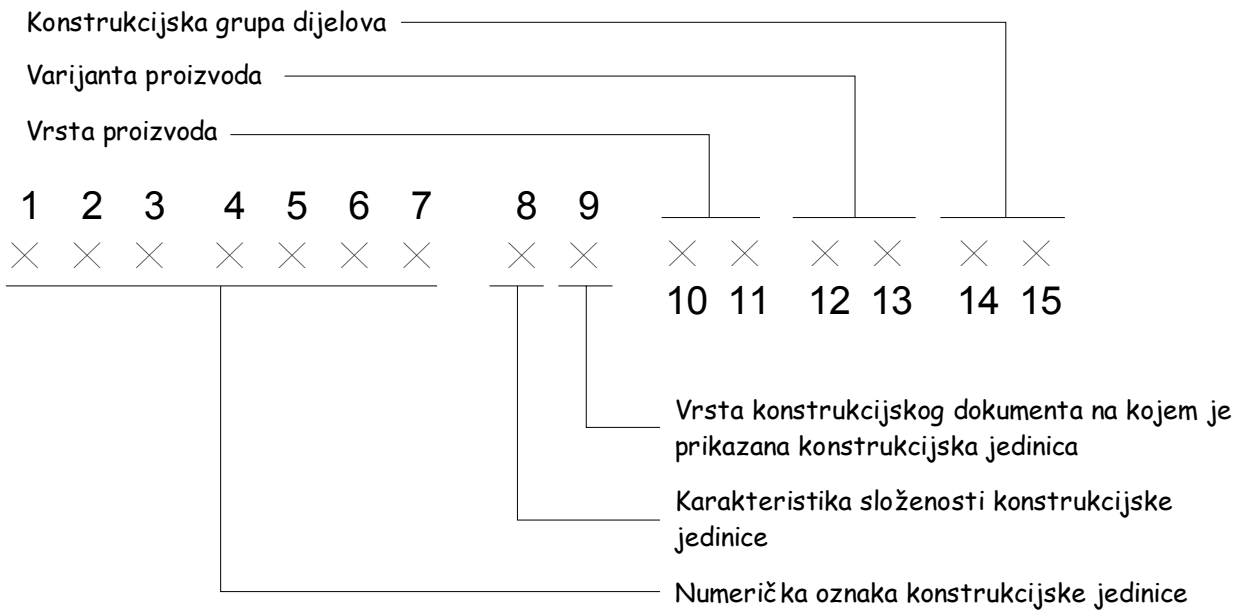
Nacrt u potpunosti definira neki proizvod, poluproizvod, sklop ili finalni proizvod na način da prikazuje njegov oblik, dimenzije, materijal izrade, nužnu kvalitetu izrade i slične karakteristike.

#### 6.2.1.2. Označavanje ( šifriranje ) proizvoda

Vođenje proizvodnje obuhvaća planiranje i upravljanje na osnovi prijenosa podataka i informacija kroz informacijski sustav. Stoga informacije, posebno o proizvodima, moraju biti vrlo jasne, jednostavne i logične, kako bi se olakšala njihova primjena i prijenos. U tu svrhu nužan je adekvatan sustav označavanja, i to za cijeli kompleks informacijskog sustava.

Sustav označavanja konstrukcijske i ostale dokumentacije mora biti jedinstven i sveobuhvatan za sve proizvode poduzeća uz postojanje jasnih upustava i politike njegove primjene u odnosu na grupe proizvoda i vrstu dokumentacije. U praksi se mogu javiti raznoliki sustavi označavanja, a mi ćemo grubo obrazložiti sistem šifriranja proizvoda primjenjen u jednom od poslovnih sustava metaloprerađivačke serijske proizvodnje varijantnih finalnih proizvoda ( Torpedo ).

Sustav je kompleksan i bazira se na 15 alfanumeričkih znakova nužnih za jednoznačnu identifikaciju konstrukcijske jedinice ( proizvod, sklop, podsklop, pozicija ).



Slika 6.12. Sustav označavanja konstrukcijske dokumentacije

Prva grupa znakova na položaju od 1 - 7 identificira konstrukcijsku jedinicu (bilo koje vrste složenosti) numeričkom oznakom na način da svaka jedinica ima zaseban broj. No ukoliko se radi o jedinici višeg stupnja složenosti (sastoji se od najmanje dviju jedinica), za potpunu identifikaciju nužno je navesti i podlogu (nacrt) na kojem je ta konstrukcijska jedinica prikazana. Ovaj dio oznake omogućuje samo najgrublju klasifikaciju, i u osnovi predstavlja redni broj - ident konstrukcijske jedinice (od pozicije do finalnog proizvoda).

Slovna oznaka na 8 položaju daje informacije o karakteristikama složenosti konstrukcijske jedinice, pri čemu su objašnjenja što koje slovo može značiti dana u tablici 6.2.

Slovna oznaka na 9 položaju daje informacije o formatu konstrukcijskog dokumenta na kojem je ta jedinica prikazana, pri čemu su objašnjenja što koje slovo može značiti dana u tablici 6.3.

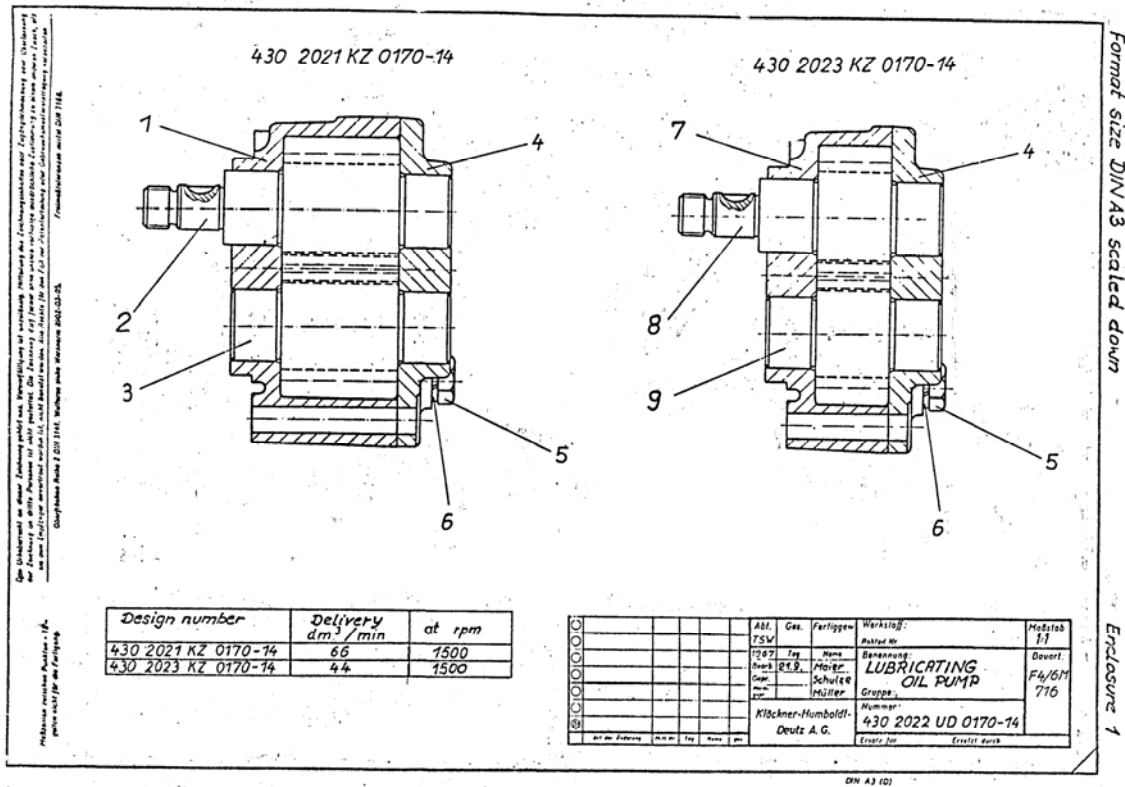
Tablica 6.1 Značenje slovne oznake na 8 položaju

<b>OZNAKA</b> (KARAKTERISTIKE SLOŽENOSTI KONSTRUKCIJSKE JEDINICE)	<b>KONSTRUKCIJSKA JEDINICA</b>	<b>PRIMJER</b>
A	Složeni proizvod	Traktor
B	Proizvod	Motor, mjenjač
E	Pojedinačni dio	Osovinica
H	Servisni materijal	
K	Garnitura ( sklop )	Priključno polužje
R	Polufabrikat	Otkivak osovine
T	Set dijelova	
U	Dokument	Nacrt. sastavnica,...
W	Materijal	

Tablica 6.2 Značenje slovne oznake na položaju 9

<b>OZNAKA FORMATA</b> (KONSTRUKCIJSKE PODLOGE)	<b>VELIČINA FORMATA</b>
A	A 0 ( DIN )
B	A 1 ( DIN )
C	A 2 ( DIN )
D	A 3 ( DIN )
E	A 4 ( DIN )
F	A 5 ( DIN )
G	nestandardne veličine
H	varijabilne veličine
Z	podloga sa setom dijelova različitih dentifikacijskih oznaka
Y ( - )	nema nacрта

Skupina brojčanih znakova na položaju od 10 - 15 služi za konstrukcijsku klasifikaciju dijelova, znači grupiranje po vrsti proizvoda, zatim po varijantama, i konačno po konstrukcijskim grupama dijelova unutar pojedine varijante. Te pogodnosti klasifikacije koriste se kod arhiviranja dokumentacije te standardizacije dijelova unutar grupe proizvoda ili čak konstrukcijske grupe. Prilikom korištenja ovih numeričkih oznaka važno je držati se pravila podjele brojeva na vrste proizvoda ( 10 - 11 ), njihove varijante ( 12 - 13 ), te konstrukcijske grupe ( 14 - 15 ), kako bi ista vrsta konstrukcijskog sklopa u svim vrstama proizvoda imala istu oznaku.



Slika 6.13. Uljna pumpa - nacrt

KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AG										EDP-PARTS LIST CHART										
Benennung/Normnummer/Erläuterung	NUS	STE	Pos.	Teilnummer	CHA	FOR	TO-Nummer	STA	O1	O2	Zur Unterlage gehörende Komplettierungen/Mengen je Konj. u. Pos.								Änderungszeile je Variante und Position	
LUBRICAT.OIL PUMP			VO1	430 2021	X	Z	0170-14	A	X											01
				430 2022	U	D	0170-14													
LUBRICAT.OIL PUMP			VO2	430 2023	K	Z	0170-14	A		X										01
				430 2022	U	D	0170-14													
PUMP CASING			01	430 1715	E	D	0170-14		1											
				430 1716	R	-	0170-14													
DELIVERY GEAR (DRIVING)			02	430 1810	E	E	0170-14		1											
DELIVERY GEAR (DRIVEN)			03	430 1811	E	F	0170-14		1											
PUMP CAP			04	430 1950	E	E	0170-14		1	1										01
				430 1951	R	-	0170-14													
HEXAGON BOLT M8x55 DIN933-M8,8		D	05	111 2362	E	-	8820-07		4	4										
SPRING WASHER B8 DIN128		D	06	110 7232	E	-	8822-02			4										
PUMP CASING			07	430 2130	E	D	0170-14		1											
				430 2131	R	-	0170-14													
DELIVERY GEAR (DRIVING)			08	430 2132	E	F	0170-14		1											
DELIVERY GEAR (DRIVEN)			09	430 2133	E	F	0170-14		1											

GROUP DRAW.W.PARTS LIST CHART

TSW 21.09.67 22.09.68

LUBRICAT.OIL PUMP 430 2022 U D 0170-14 03 0 # / 1 #

Slika 6.13. Uljna pumpa - sastavnica

### 6.2.1.3. Sastavnica

Sastavnica je popratni dokumenat uz nacrt i predstavlja osnovni oblik prikazivanja strukture proizvoda i dijelova. Svrha joj je da definira spisak svih konstrukcijskih jedinica koje sačinjavaju neki proizvod, i to na način da se ta struktura definira pripadnošću pojedinog entiteta nižeg stupnja složenosti određenom nadređenom sklopu sve do finalnog proizvoda. Jedan entitet u nekoj sastavnici može predstavljati samo sastavni dio nekog proizvoda, a za neku drugu službu ili poduzeće može predstavljati i završni proizvod.

Sastavnica mora biti točna, logično strukturno formulirana, lako čitljiva, pregledna i pogodna za sprovođenje izmjena. S obzirom na kontradiktornost pojedinih zahtjeva potreban je optimalan kompromis unutrašnje organizacije sastavnice, tako da se ona u osnovi sastoji od dva dijela: **zaglavlja** i **opisa strukture proizvoda** (naredna slika). Zaglavlje sadrži osnovne podatke nužne za upravljanje dokumentacijom (izmjene), a opisom strukture daje se spisak dijelova od kojih se sklop sastoji, njihove količine i slične informacije.

S A S T A V N I C A					
Datum izrade:		Šifra sklopa:		Broj lista:	
Datum izmjene:		Naziv sklopa:		Prethodni list:	
Varijanta:		Opis:		Sljedeći list:	
Sastavio:				Zamjena za:	
Odobrio:					
POZICIJA	ŠIFRA	NAZIV	JED. MJERE	KOLIČINA	OPIS

Slika 6.2. Sastavnica

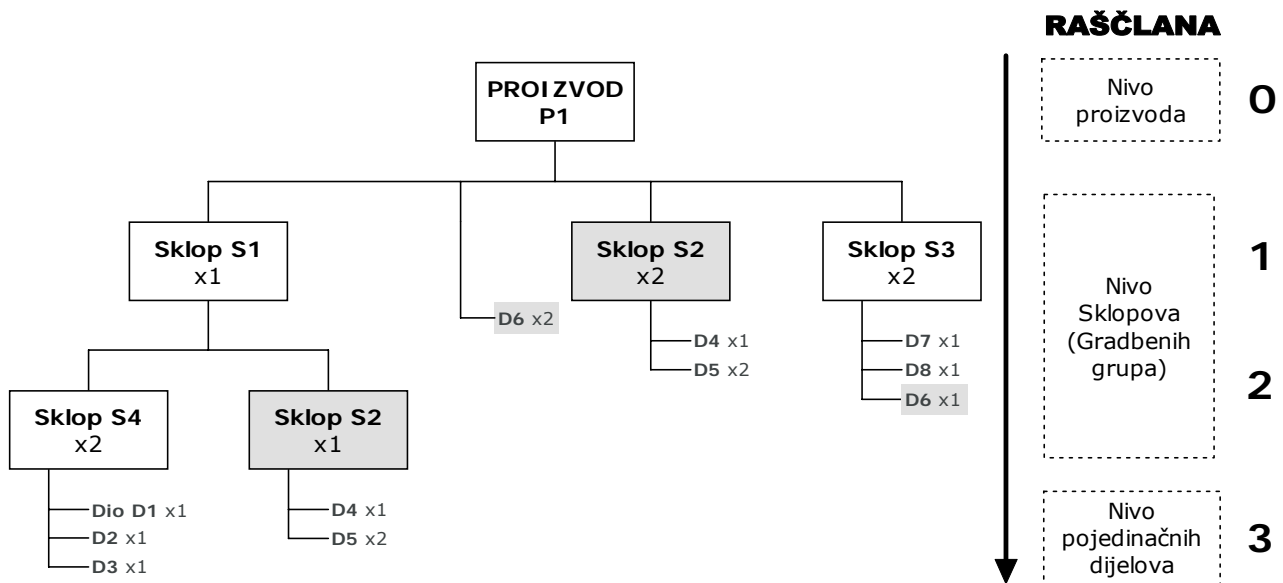
Prilikom izrade sastavnice potrebno je paziti na **sadržaj** sastavnice i njezinu **organizacijsku strukturu**.

**SADRŽAJ** - Vežano za sadržaj potrebno je unositi samo nužne minimalne podatke kojima se identificira cjelina proizvoda ili dijelovi unutar te cjeline (sklopovi i pozicije), znači podaci kodifikacije i kvantifikacije. Sve ostale tehničke podatke poželjno je ostaviti konstrukcijskim nacrtima ili drugim dokumentima (standardi, uputstva). Razlog leži u složenosti sastavnice kao dokumenta (posebno za varijantne proizvode), te delikatnosti provođenja izmjena koje se onda odražavaju i na cijelom nizu dokumenata koji kolaju poslovnim sustavom.

ORGANIZACIJSKA STRUKTURA SASTAVNICE - značajna je jer se njom osigurava logičnost, jasnoća i jednostavnost čitanja sastavnice u cilju neposredne identifikacije dijelova i sklopova u njoj strukturi. Prema suvremenoj znanosti taj se problem rješava na bazi teorije sustava primjenom tzv. **modularnog** principa, te korištenjem metode matrica. Time se osigurava povoljna baza za obradu informacija temeljenih na konstrukcijskoj dokumentaciji, a to je ujedno najveći dio ukupnih informacija na kojima se zasniva upravljanje proizvodnjom.

Osnovu ovakve organizacijske strukture predstavlja tzv. "modul" koji podrazumjeva gradbeni skup komponenti koje čine jednu cjelinu. Osnovni modul najnižeg nivoa složenosti sastoji se od pojedinačnih dijelova ili nedjeljivih sklopova (u organizacijskom smislu), a više takvih modula čini novi modul višeg nivoa složenosti, pa sve do finalnog proizvoda.

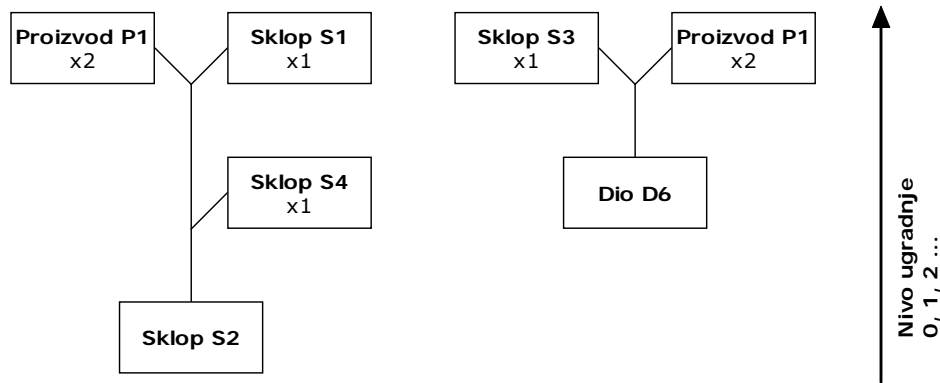
Sastavnice se najčešće prikazuju **analitički**, dajući odgovore od kojih se dijelova sastoji neki sklop i koliko je takvih dijelova u njega ugrađeno. Pri tom se pojedine komponente proizvoda javljaju na različitim nivoima ugradnje što olakšava stupnjevito izdvajanje dijelova iz skladišta i stupnjevito terminiranje proizvodnje. Analitički prikaz modularnog principa organizacije strukture sastavnice dan je na sljedećoj slici.



Slika 6.3. Modularni princip organizacije strukturne sastavnice

Za razliku od analitičkog prikaza moguć je i  **sintetički**  prikaz kojim se daje odgovor o pripadnosti, tj. prikazuje u koje se sve sklopove višeg nivoa ugradnje ugrađuje neka komponenta. To je prikazano na donjoj slici.





Slika 6.4. Sintetički prikaz ugrađenih dijelova

S obzirom na način organizacije strukture sastavnice načelno dijelimo na dvije osnovne grupe:

- NESTRUKTURIRANE sastavnice - predstavljaju popis komponenti (dijelova, sklopova) bez nekog određenog reda uz podatke o njihovim količinama, a svaka se komponenta pojavljuje samo jednom.

Nestrukturirana sastavnica uobičajeno se naziva **KOLIČINSKA** sastavnica i daje prikaz količine pojedinih sastavnih komponenti nekog proizvoda (sklopa). Pri tom se ne pokazuju odnosi između pojedinih dijelova i sklopova kroz način grupiranja dijelova. Često se u skladu sa sljedećom slikom formiraju količinske sastavnice koje prikazuju samo pojedinačne dijelova i nedjeljive sklopove, i to samo jedamput sa ukupnom količinom. Korisne su kod ručnog izdavanja materijala, za proračun cijena i izračun ukupne količine materijala.

Sklop: PROIZVOD P1			
Poz.	Dio	Kol.	Sklop
1	S1	1	+
2	S2	3	+
3	S3	2	+
4	S4	2	+
5	D1	2	
6	D2	2	
7	D3	2	
8	D4	3	
9	D5	6	
10	D6	4	
11	D7	2	
12	D8	2	

Slika 6.5. Količinska sastavnica

- STRUKTURIRANE sastavnice - predstavljaju popis dijelova, ali prema određenoj logici rasčlane sklopova na komponente. Pri tom se pojedina

komponenta može javiti i više puta ukoliko je sadržana u različitim cjelinama ukupnog finalnog proizvoda.

S obzirom na logiku rasčlane sklopova na svoje sastavne komponente koja može biti zasnovana na: **funkciji** proizvoda, ili **gradbenoj strukturi** proizvoda, moguće je izraditi i po načinu definiranja modula strukturne sastavnice dijeliti u dvije različite grupe:

1. **FUNKCIONALNA ( KONSTRUKCIJSKA ) SASTAVNICA** - koja sadrži module u kojima su obuhvaćeni dijelovi - komponente međusobno funkcionalno povezani. Npr. kod motora primjeri za to su sustav napajanja gorivom, elektroinstalacija, itd. Naime na taj ih način vidi i strukturu formulira konstruktor, iako fizički kod sklapanja ne moraju u gotovom proizvodu egzistirati kao cjelina. Takve module nazivamo "fiktivni sklopovi". Ovakve sastavnice najčešće se koriste kod održavanja i servisiranja proizvoda.
2. **GRADBENA ILI MONTAŽNA ( TEHNOLOŠKA ) SASTAVNICA** - sadrži module koji obuhvaćaju na neki način fizički povezane dijelove - komponente, i to povezane bilo redosljedom izrade ili montaže, ili nekom drugom nefunkcionalnom vezom na način kako to vidi tehnolog. Moduli pri tom u sebi sadrže izratke iz različitih funkcionalno definiranih cjelina, jer iako bi bilo najbolje, često logika funkcioniranja nije jednaka logici gradnje. Ovakve se sastavnice najčešće koriste pri projektiranju tehnologije, terminiranju proizvodnje, izdavanju materijala, prodaji, itd...

Treba naglasiti da ne postoji čisto gradbeno ili čisto funkcionalno rasčlanjivanje, pa se to i odražava u kombiniranim sastavnicama pri formiranju modula kako po vrsti, tako i po složenosti (količini nivoa). Kod toga postoje i neka ograničenja i principi, te se razlikuju dva ekstremna koncepta u gradnji proizvoda modularnom metodom:

- Ekstenzivni koncept gradnje - koji teži ka što manjem broju nivoa složenosti ali uz veću količinu modula u proizvodu koji su većinom formulirani od pojedinačnih dijelova. Jednostavan je postupak sastavljanja strukture, ali je slaba preglednost i velika glomaznost sustava sastavnica. Koristi se za prikaz neovisnih proizvoda sa malo zajedničkih dijelova.
- Intenzivni koncept gradnje - koji teži ka većem broju nivoa složenosti, tj. postupnoj gradnji viših struktura. Prednost je u mogućnosti formiranja cjelina prema željama i potrebama (rezervni dijelovi, pojedine faze proizvodnje i montaže i slično). Lako se diferenciraju varijante, ali je velik posao identifikacijskog kodiranja tolikog broja cjelina - modula, te operativno korištenje sastavnica mnogim službama (tehnologija, kontrola, konstrukcija).

U praksi treba tražiti kompromis principa i kriterija strukturiranja modula po broju vrsta (horizontalno) i nivoa složenosti (vertikalno). Zadovoljenje tih kriterija možemo promatrati sa tri aspekta:

- Sa aspekta konstrukcije proizvoda nije nužno formiranje većeg broja nivoa, već u pravilu zadovoljava model strukturiranja sa 4 nivoa složenosti u skladu sa tablicom 6.1.

Tablica 6.3 Model strukturiranja sa konstrukcijskog aspekta

Nivo ugradnje ( rasčlane )	Konstrukcijska cjelina	Konstrukcijska podloga
0	Proizvod	Matrično-modularna sastavnica proizvoda
1	Konstrukcijska grupa	Matrično-modularna sastavnica konstrukcijska grupe
2	Proizvodna ( i nabavna ) grupa	Konstrukcijski nacrt ili matrično-modularna sastavnica konstrukcijska grupe
3	Pozicija ( komad )	Konstrukcijski nacrt ili standard pozicije

Prvi nivo rasčlane proizvoda (0-tog nivoa) predstavljaju "konstrukcijske" grupe, tj. skup dijelova i međusklopova koji čine jednu veću konstrukcijsku funkcionalnu cjelinu. Drugi nivo rasčlane predstavljaju tzv. "proizvodne" grupe sastavljene od dva ili više djelova koji tvore montažnu cjelinu, ili je za njihovo sastavljanje potrebna obrada izvan montažne linije (nije često kod serijske proizvodnje). Ostali pojedinačni dijelovi strukturiraju se u konstrukcijske grupe, a i proizvodne grupe se strukturno preko konstrukcijskih grupa ugrađuju u finalni proizvod.

- Sa aspekta tehnološko - proizvodno - operativne problematike vezane za organizaciju i podjelu rada nužno je minimiziranje međufaznih uskladištenja i proizvodnog ciklusa te broja operativne dokumentacije. Sastavnice bi bilo poželjno formirati sa što manje nivoa složenosti, ali se kod većeg broja proizvodnih međufaza i međuskладиšta model rasčlane usložava i povećava broj međumodela na različitim nivoima složenosti.
- Sa aspekta komercijalno - finansijskih uvjeta na sastavnice mogu se izdvojiti uvjeti prodaje, plasmana rezervnih dijelova i nabave. Prodaji je značajna potreba variranja konstrukcijskih grupa radi utjecaja na plasman, a nabava ima identične zahtjeve tehnologiji montaže i strojne obrade. Kod prodaje rezervnih dijelova odražava se koncept minimalnog asortimana identičan zahtjevima konstrukcije proizvoda.

Kod strukturiranih sastavnica u praksi se javlja više različitih vrsta sastavnica s obzirom na način organizacije strukture, te ćemo ih opisati i slikovno prikazati.

**STRUKTURNA SASTAVNICA** - prvi je primjer strukturiranih sastavnica i prikazuje građu nekog proizvoda od svih njegovih komponenti bez obzira jesu li moduli strukturirani po logici funkcije ili gradnje. Prikaz za odabrani primjer proizvoda P1 dan je sljedećom slikom. S obzirom da se jedan dio može u strukturi sastavnice pojaviti više puta i na različitim nivoima ugradnje, ovakve sastavnice ponekad nazivamo sastavnicama više nivoa tj. **višenivojskim sastavnicama**. Nivoi ugradnje moraju biti jasno označeni, a sadržaj sastavnice obuhvaća sve dijelove (module) svih razina. Za svaku varijantu proizvoda nužno se izrađuje zasebna sastavnica, što znači da je modularnost zadržana, ali je napuštena multivarijantna matrična forma. U slučaju izmjene mijenja se cijela sastavnica.

ERC - Torpedo Šifra programa Šifra		STRUKTURNA SASTAVNICA		Rijeka; List:	
Šifra sklopa	Pozicija na nacrtu	Nacrt sklopa	Naziv sklopa	Osigurava sklop	
Nivo	Šifra dijela	Nacrt dijela	Naziv dijela	Osigur.	Broj kom.

Slika 6.6. Strukturan sastavnica

**MODULARNA SASTAVNICA** - predstavlja sastavnicu jedne određene cjeline koja se sastoji od **neposrednih** sastavnih dijelova, znači dijelova prvog nižeg nivoa ugradnje. Stoga ovu sastavnicu nazivamo **jednonivojskom sastavnicom**. Sastavnica svakog pojedinog sklopa - modula predstavlja poseban dokument. Značaj joj je u tome što različiti varijantni proizvodi mogu koristiti iste module kao svoje gradbene cjeline, pa je formiranje sastavnica brže i racionalnije. Modularni princip je zadržan, ali je napuštena multivarijantna matrična forma koja je optimalna kod familija proizvoda.

Modularna građa proizvoda, pa stoga i modularna struktura sastavnica ima niz prednosti među kojima su značajne:

- formiranje varijanti proizvoda kombiniranjem različitih modula
- lakše održavanje provjerom i zamjenom modula
- usavršavanje proizvoda zamjenom pojedinih modula sa poboljšanim modulima

Nedostaci su vezani za izmjene kada se promjenjeni modul mora izmjeniti u svim sastavnicama u kojima se on pojavljuje kao komponentni modul. To je opsežan posao, posebno ukoliko se radi o modulu nižeg nivoa ugradnje. Stoga treba i dodatno paziti da sastavnice ne sadrže nekonstrukcijske podatke kojima se otežava postupak sprovođenja izmjena i za slučaj kada se sama konstrukcija praktično ne mjenja.

Proizvod P1				Sklop S3				Sklop S2			
Poz	Ident	Kol.	Sklo	Poz	Ident	Kol.	Sklo	Poz	Ident	Kol.	Sklop
1	S1	1	+	1	D7	1		1	D4	2	
2	S2	2	+	2	D8	1		2	D5	1	
3	D6	2									
4	S3	2	+								
				Sklop S1				Sklop S4			
				Poz	Ident	Kol.	Sklo	Poz	Ident	Kol.	Sklop
				1	S4	2	+	1	D1	1	
				2	S2	1	+	2	D2	1	
								3	D3	1	

Slika 6.7. Modularna sastavnica

**VARIJANTNA SASTAVNICA** - predstavlja poseban oblik modularne sastavnice za slučaj izrazito varijantnih proizvoda, a to se u suvremenoj industrijskoj proizvodnji češće susteće. Varijante inače podrazumjevaju proizvode istog tipa uz razlikovanje u ograničenom broju detalja. Pri tom se te razlike najčešće definiraju u odnosu na osnovnu varijantu.

Varijantna sastavnica predstavlja više modularnih sastavnica proizvoda integriranih u jednu zajedničku sastavnicu sa većom preglednošću i racionalizacijom informacijskih podloga. Za takve se sastavnice crtaju adekvatno opremljeni sklopni nacrti (s oznakama varijantnih dijelova). Varijantne sastavnice dijelimo po načinu prikazivanja podataka o pojedinim varijantama, pa tako razlikujemo:

- ♦ **TIPSKU VARIJANTNU SASTAVNICU** - koja se odnosi na jedan tip proizvoda ili sklopa i predstavlja uniju dijelova svih varijanti, tj. uniju modularnih sastavnica pojedinih varijanti proizvoda. Za svaku varijantu

postoji jedan stupac u kojem su prikazane količine pojedinih dijelova u toj varijanti.

NAZIV	POZ	OZNAKA	VARIJANTA					Izmj	
			1	2	3	4	i		
Pogonsko vratilo	V1	K1	x						
Pogonsko vratilo	V2	K2		x					
Pogonsko vratilo	V3	K3			x				
Vratilo	1	P1	1	1	1				
Zupčanik	2	P2	1						
Zupčanik	3	P3		1					
Zupčanik	4	P4			1				
Sigurnosni prsten	5	P5	1	1	1				
Naziv:	Pogonsko vratilo		Podloga	.....UB				Dek 1	List 1

Slika 6.8. Tipska varijantna sastavnica

- ♦ **DIFERENCIJALNA PLUS - MINUS SASTAVNICA** pokazuje sadržaj neke varijante proizvoda u odnosu na neku odabranu osnovnu, bazičnu varijantu.

Proizvod P1			
Poz	Ident	Kol.	Sklop
1	D1	1	
2	D2	1	
3	D3	1	
4	D4	3	

Proizvod P1: Varianta P3			
Poz	Ident	Kol.	Sklop
1	D1	1	
2	D2	1	
3	D3	1	
4	D4	3	

Plus-Minus VARIANTA A			
Poz	Ident	+/-	Ko
1	D3	-	1
2	D5	+	1

Slika 6.9. Diferencijalna plus-minus sastavnica

Zapravo je to sustav od tri sastavnice od kojih je prva sastavnica osnovne varijante tipa proizvoda ili "sastavnica osnovnog reprezentata" u obliku modularne sastavnice. Radi izbjegavanja gubitka vremena za izradu novih sastavnica za svaku novu varijantu izrađuje se diferencijalna plus - minus sastavnica koja sadrži module ili dijelove koji su izbačeni iz sadržaja nove

varijante, one koji umjesto njih dolaze, odnosno samo diferencijalni dio. Modularna sastavnica nove varijante sastoji se od dva modula: osnovne varijante i diferencije za novu varijantu. Nedostatak je što se mora održavati i dokumentacija osnovne varijante iako se taj proizvod možda i napustio, kao i to što nova diferencijalna varijanta ne može postati osnova za neku opet novu varijantu.

- ♦ **SASTAVNICA ZAJEDNIČKIH DIJELOVA** - kao još jedan oblik diferencijalne sastavnice, a predstavlja sustav od dvije sastavnice. Prva je **sastavnica svih zajedničkih dijelova** za sve varijante određenog tipa proizvoda (ili zajedničkih modula), a ne sastavnica neke odabrane bazične varijante. U konačnoj sastavnici navodi se sastavnica svih zajedničkih dijelova kao jedan modul, a zatim se navode svi ostali dodatni dijelovi (moduli) nove varijante. Karakteristike su joj slične s diferencijalnom plus - minus sastavnicom.

Proizvod P1			
Poz	Ident	Kol.	Sklop
1	D1	1	
2	D2	1	
3	D4	3	

Proizvod P1: Varianta A			
Poz	Ident	Kol.	Sklop
1	P1	1	+
2	D5	1	

Slika 6.10. Sastavnica zajedničkih dijelova

- ♦ **KOMPLEKSNA SASTAVNICA** - također je oblik varijantne sastavnice koji sadrži sve dijelove (module) koji se mogu koristiti za formiranje svih varijanti proizvoda (slika 6.11) na način da moduli koji se mogu alternativno ugrađivati u različite varijante u kompleksnoj sastavnici nose isti broj pozicije

KOMPLEKSNA SASTAVNICA				
Sklop : P2				
Poz	Dio	Varijanta	Količina	
1	S1		1	
2	S2		2	
3	S3		1	
4	S4	A	2	
4	S5	B C	2	
5	S6	B	1	
5	S7	A C	1	

Slika 6.11. Kompleksna sastavnica

Osim sastavnica sa analitičkim prikazom postoje i određene vrste sastavnica za sintetički prikaz strukture proizvoda. To su različite sastavnice pripadnosti, a kod računalom podržanih informacijskih sustava mogu se iz analitičkih sastavnica automatski izraditi. Jedan od primjera je **sastavnica modularne pripadnosti** koja pomaže u preglednosti različitih varijanti u slučaju nepostojanja varijantne sastavnice na način da ukazuje u koje se sve nadređene strukture neki modul stvarno ugrađuje.

### 6.2.2. TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA

- Definira sve elemente proizvodnog procesa (proizvodna oprema, alati, operacije i njihov redosljed, vremena operacija, reprodukcijski materijal...)
- Nužna je podloga za planiranje proizvodnje (godišnji plan, operativni terminski planovi)
- Nužna je podloga za posluživanje i upravljanje proizvodnjom (nabava i osiguranje alata, repromaterijala, radnog osoblja)

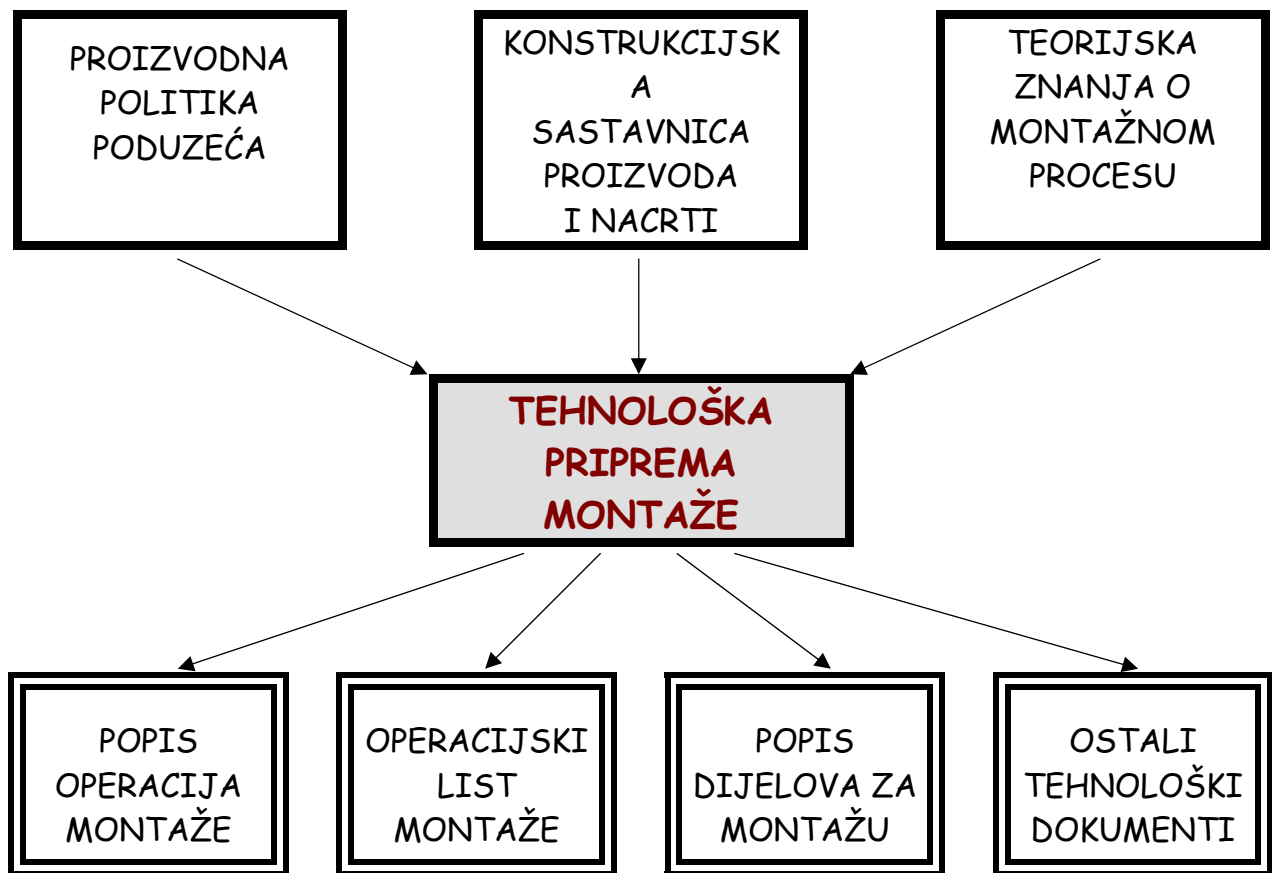
Organizacijski nije uputno da se sve tehnološke informacije nalaze na jednom dokumentu, jer sve one nisu nužne za različite korisnike, a i sprovođenje izmjena kod takvog složenog dokumenta bilo bi otežano. Stoga se koristi cijeli set tehnoloških dokumenata, posebno za serijski tip proizvodnje.

U skladu sa odvijanjem tehnološkog procesa razlikujemo tehnološke dokumente strojne obrade i tehnološke dokumente montaže finalnog proizvoda.

#### 6.2.2.1. Tehnološka dokumentacija montaže

U okviru organizacijske jedinice tehnološka priprema montaže formiraju se osnovni tehnološki dokumenti montaže u skladu sa sljedećom slikom :





Slika 6.14. Tijek osnovnih ulaznih i izlaznih informacija u tehnološkoj pripremi montaže

Tehnološki proces montaže kao podloga planiranja i upravljanja proizvodnjom podrazumjeva određivanje montažnih operacija i njihovog redosljeda, definiciju radnih mjesta i opreme za njihovo izvođenje, određivanje potrebnih vremena ( $t_{pz}$ ,  $t_o$ ) i radnog osoblja (količine i kvalifikacije). Jasno je da to treba uskladiti sa uvjetima vlastitog proizvodnog sustava (prostor, oprema, kadrovi...).

Sve se to definira dokumentom OPERACIJSKI LIST MONTAŽE, i on je osnovni dokument na osnovi kojeg se izrađuju svi ostali dokumenti. Sadrži opis svih aktivnosti na temelju kojih se vrši montaža određenog broja pozicija u jednu cjelinu, uz podjelu na zahvate koji se u pravilu vežu za montažu jedne pozicije.

POPIS OPERACIJA MONTAŽE predstavlja sastavnicu tehnološkog procesa, te se iz njega vidi količina operacija, redosljed, vremena (za planiranje proizvodnje), uz još jedan važan podatak o ciklusu montaže, kao djelu ukupnog ciklusa izrade proizvoda. Ukoliko se taj podatak ne nalazi u dokumentu nužno ga je računati radi aktivnosti operativnog planiranja. Također se u dokumentu definiraju proizvodni kapaciteti na kojima se operacije odvijaju, te će o tome ovisiti planiranje kapaciteta, ali o značajkama i prostornoj organizaciji te opreme i brzina protoka izradaka kroz proizvodni proces, odnosno dinamička upravljivost kapacitetima. Na osnovi ovog

dokumenta izrađuje se jedan dio lansirne dokumentacije, kao i kalkulacija planskih cijena koštanja.

Uz ova dva dokumenta automatski se formira i POPIS POZICIJA ZA MONTAŽU, u kojem se navode pozicije po konstrukcijskim grupama i rastućim identifikacijskim brojevima uz definiciju pojma "dobavlja" (isporučuje, osigurava, proizvodi, nabavlja). Bilo kakva izmjena ovog podatka provodi se samo na ovom dokumentu bez mjenjanja konstrukcijske dokumentacije ili tehnološkog postupka montaže. Ovim dokumentom može se iskazati još jedan važan podatak o dozvoljenim minimalnim i maksimalnim količinama pojedine pozicije na zalihama, i to zbog definicije prostora i rasporeda djelova pri montažnim aktivnostima, te za određivanje frekvencija i količina jednokratne dobave pozicija u sklopu izrade operativnih planova. Osim toga, uz popis operacija montaže podloga je za formiranje cijene koštanja.

Na osnovi ovakvog dokumenta formira se onoliko poddokumenata koliko ima različitih dobavljača (nabava, obrada A, obrada X...), i to na način da se izbace podsklopovi.

Za montažu se ponekad mogu formirati još neki dokumenti kao "PLAN RASPOREDA POZICIJA ZA MONTAŽU" (raspored poslova za manipulaciju i skladištenje).

NAZIV konstr.	ZALIHE		Dobavlja	%	OZNAKA POZICIJE				Varijante				T <sub>7m</sub>	
	Min	Max			R	Ident	K	F	Klasi	1	2	3		i
Datum prvog izdanja					Datum zadnje izmjene									
Popis pozicija za montažu										Dek/str				

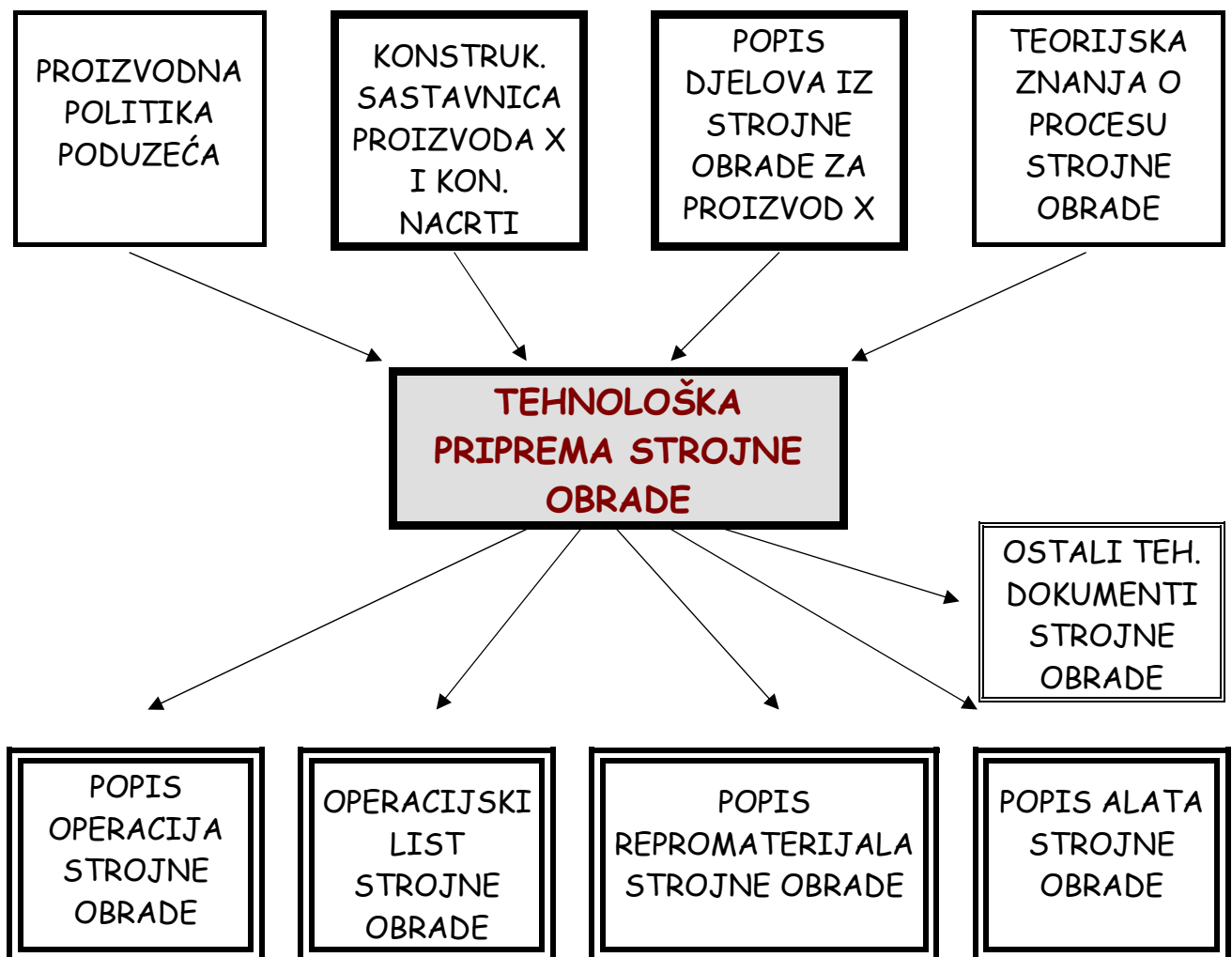
Slika 6.15. Obrazac "Popis pozicija za montažu"

Općenito dokumentacija se može izvesti u multivarijantnoj-matričnoj formi što je količinski svodi na minimum, te mora biti sistematična i lako izmjenjiva omogućujući standardizaciju u primjeni.

### 6.2.2.2. Tehnološka dokumentacija strojne obrade

Organizacijska jedinica tehnološka priprema strojne obrade (na istom nivou ljevanje, kovanje, topla obrada i slično) izrađuje cjelokupnu tehnološku dokumentaciju nužnu za realizaciju proizvodnog procesa i upravljanje proizvodnjom (materijalima, kapacitetima, radnim osobljem). Kod toga se priprema strojne obrade bavi finalnim proizvodom samo djelimično u vidu pozicija i sklopova koje treba obraditi.

Sljedeća slika pokazuje tijek osnovnih ulaznih i izlaznih informacija (dokumenata) tehnološke pripreme strojne obrade.



Slika 6.16. Tijek osnovnih ulaznih i izlaznih informacija ( dokumenata ) tehnološke pripreme strojne obrade

Temeljni dokument je OPERACIJSKI LIST, a daje instrukcije radniku za izvođenje proizvodnih aktivnosti. POPIS OPERACIJA je "sastavnica" tehnološkog procesa i sadrži informacije nužne za planiranje i upravljanje materijalnim resursima (broj operacija, redosljed, vremena, sve informacije o polufabrikatu - kvalitet, oblik, količina, težina, definiciju proizvodne opreme radi izračuna kapaciteta, informacije o radnom osoblju po količini, specijalizaciji i klasifikaciji). No za optimalno planiranje

nužan je i jedan poseban dokument POPIS REPROMATERIJALA STROJNE OBRADNE sličan po formi i sadržaju dokumentu tehnologije montaže. U njemu se definiraju i dodatne informacije o dobavljačima, zalihama i postotku rastura (škart, lom, gubljenje). Na osnovi ovakvog dokumenta mogu se formirati **rekapitulacije** za cijeli proizvodni program u planskom razdoblju kao npr. popis po dobavljačima, popis odljevaka, popis i-te vrste sirovine itd...

POPIS ALATA služi za planiranje i upravljanje alatima i priborom, a može se pojaviti i dokument "PLAN RASPOREDA REPROMATERIJALA U STROJNOJ OBRADI" koji govori o manipulaciji i uskladištenju sirovina, a s obzirom na organizaciju postavljenog proizvodnog sustava pomaže pri definiranju brzine protoka materijala kroz proizvodni sustav izraženog **ciklusom izrade** (ciklus montaže + ciklus obrade).

NAZIV I OPIS	OZNAKA				ZALIHE		Dob.	%	MATERIJAL			Izmjena
	Ident	K	F	Klasif.	Min	Max			R	Kvalitet	Oblik , dimenz.	
Popis repromaterijala			Datum prvog izdanja			Datum zadnje izmjene						
Naziv konstrukcijske jedinice												Dek/str

Slika 6.17. Obrazac "Popis reprodukcijskog materijala"

### 6.2.3. CIKLUS PROIZVODNJE

Bez poznavanja vremenske komponente proizvodnog procesa koja je predstavljena brzinom protoka materijala kroz proizvodni proces praktično je nemoguće planirati i upravljati proizvodnjom. Kao pokazatelji brzine protoka koriste se različiti termini, definirani na razne načine. Najčešće se spominju : → **ciklus proizvodnje** , → **ciklus izrade**.

**CIKLUS PROIZVODNJE** obuhvaća kalendarski odsječak vremena od momenta ulaska izratka (pozicije, sklopa) u proizvodni proces, pa do njegovog izlaska u vidu gotovog proizvoda. Kod toga se uključuju i ciklus izrade proizvoda, ali i prekidi koji nisu

uvjetovani tehnološkim ili organizacijskim postavkama porocesa (neradni dani i smjene, zastoji zbog kvarova opreme, nedisciplina radnog osoblja). Težimo da on bude što kraći.

**CIKLUS IZRADE** predstavlja samo dio ciklusa proizvodnje i obuhvaća ukupno vrijeme izvođenja svih operacija kao i vremena svih tehnički i organizacijski uvjetovanih prekida tijekom radnog vremena. On podrazumjeva ciklus obrade i ciklus montaže ukoliko se finalni proizvod sastavlja od više komponenti (pozicija, sklopova).

Ciklus izrade karakterizira tok materijala tijekom proizvodnog procesa, i načelno ga izražavamo :

$$t_{cj} = \sum_{i=1}^n t_i = t_{kj} + t_{tj} + t_{sj} \quad (6.1)$$

$$t_{cj} = \left( \sum_{r=1}^n t_{rij} \right) + \left( t_{uj} + \sum_{m=1}^n t_{mj} + t_{ij} \right) + \left( \sum_{m=1}^n t_{rij} \cdot (q_{mj} - 1) + \sum_{z=1}^n t_{zj} \right) \cdot h \quad (6.2)$$

- gdje je:
- $t_{cj}$  - vrijeme trajanja ciklusa izrade  $j$ -tog proizvoda
  - $t_i$  - vrijeme trajanja  $i$ -te aktivnosti ili događaja tijekom ciklusa
  - $i = 1, 2, \dots, n$  - broj aktivnosti ili događaja
  - $t_{kj}$  - tehnološko vrijeme obrade  $j$ -tog izratka
  - $t_{tj}$  - ukupno vrijeme transporta  $j$ -tog izratka
  - $t_{sj}$  - ukupno vrijeme stajanja  $j$ -tog izratka
  - $t_{rij}$  - vrijeme  $r$ -te operacije koja se izvodi na  $i$ -tom kapacitetu pri izradi  $j$ -tog izratka
  - $r = 1, 2, \dots, n$  - broj operacija za obradu  $j$ -tog izratka
  - $t_{uj}$  - vrijeme ulaznog transporta (od skladišta repromaterijala SRM do prve operacije) pri izradi  $j$ -tog izratka
  - $t_{mj}$  - vrijeme  $m$ -tog međuoperacijskog transporta pri izradi  $j$ -tog izratka
  - $m = 1, 2, \dots, n$  - broj međuoperacijskih transporta
  - $t_{ij}$  - vrijeme izlaznog transporta (od zadnje operacije do skladišta gotovih proizvoda SGP) pri izradi  $j$ -tog izratka
  - $*$  - vrijeme formiranja transportnog lota
  - $q_{mj}$  - količina  $j$ -tih izradaka u  $m$ -tom međuoperacijskom transportu poslije  $r$ -te operacije
  - $t_{zj}$  - vrijeme  $z$ -tog zastoja tijekom procesa izrade  $j$ -tog izratka
  - $z = 1, 2, \dots, /$  - broj različitih zastoja tijekom procesa

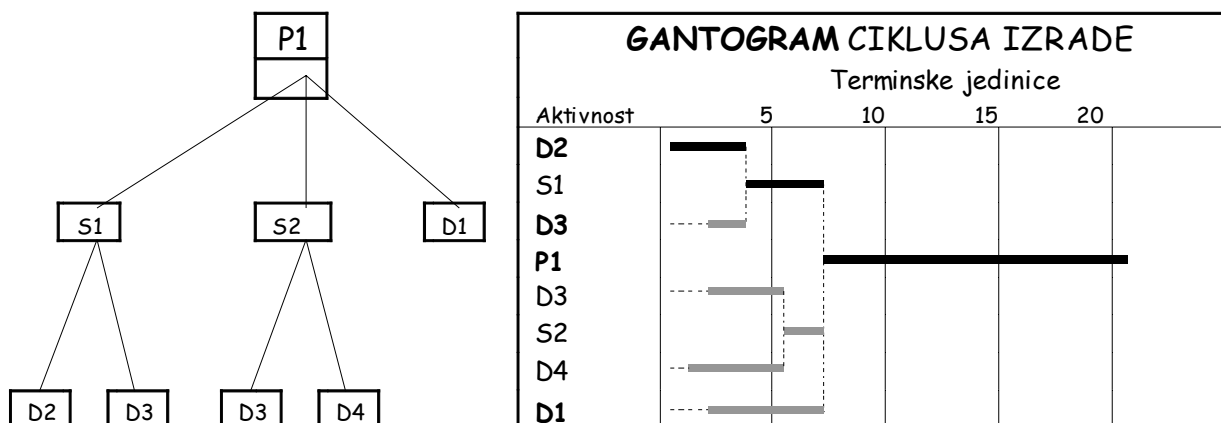
Na ciklus izrade prema prethodnom izrazu utječu različiti čimbenici :

- **tehnološki** preko vremena operacija (  $\sum t_{rij}$  ) točno utvrđenih na osnovi tehnološkog procesa

- ostali kao odraz značajki modela proizvodnog sustava i njegove prostorne strukture
  - Vremena transporta ovisna o hodogramu obrade i redosljedu odvijanja operacija (  $\sum t_{mj}$  ), te prostornom rasporedu radnih mjesta i udaljenostima skladišta repro-materijala (  $t_{uj}$  ) i skladišta gotovih proizvoda (  $t_{ij}$  ).
  - Značajna je i taktika operativnog vođenja procesa s obzirom na vremena različitih zastoja (od završetka prethodnog do početka narednog događaja). Utjecaj na te zastoje, uz čimbenike ovisne o organizaciji izvođenja proizvodnog procesa ima količina izradaka koja se odjednom transportira između radnih mjesta (  $\sum t_{rij} (q_{mj} - 1)$  ), pri čemu je najpovoljniji slučaj tekuće proizvodnje

Proces koji se odvija na nekom proizvodnom sustavu sastoji se od niza parcijalnih procesa pojedinih djelova ukupnog finalnog proizvoda, odnosno parcijalnih procesa proizvoda iz ukupnog asortimana proizvodnog programa. Stoga je njihovo usklađivanje i integriranje u cilju ekonomičnog vođenja proizvodnje vrlo složen posao. Pri tom je naša težnja postizanje velike brzine protoka izradaka uz male količine materijala u proizvodnom procesu. Time se smanjuju zalihe materijala, odnosno troškovi, i bitno povećava upravljivost sustava

Izračunavanje takvog ciklusa izrade vezano je uz cijeli niz problema jer je osim poznavanja vremena pojedinih operacija potrebno poznavati i vremena između tih operacije što direktno ovisi o organizaciji izvođenja proizvodnje. Pri tom s obzirom na planirane rokove isporuke, odnosno završetak izrade pojedinih pozicija proizvoda treba računati sa paralelnom proizvodnjom i preklapanjem pojedinih termina. Ukupni ciklus izrade finalnog proizvoda koji se sastoji od više komponenti - pozicija ovisi o najdužem ciklusu izrade određene njegove komponente a najčešće se prikazuje **gantogramima**.

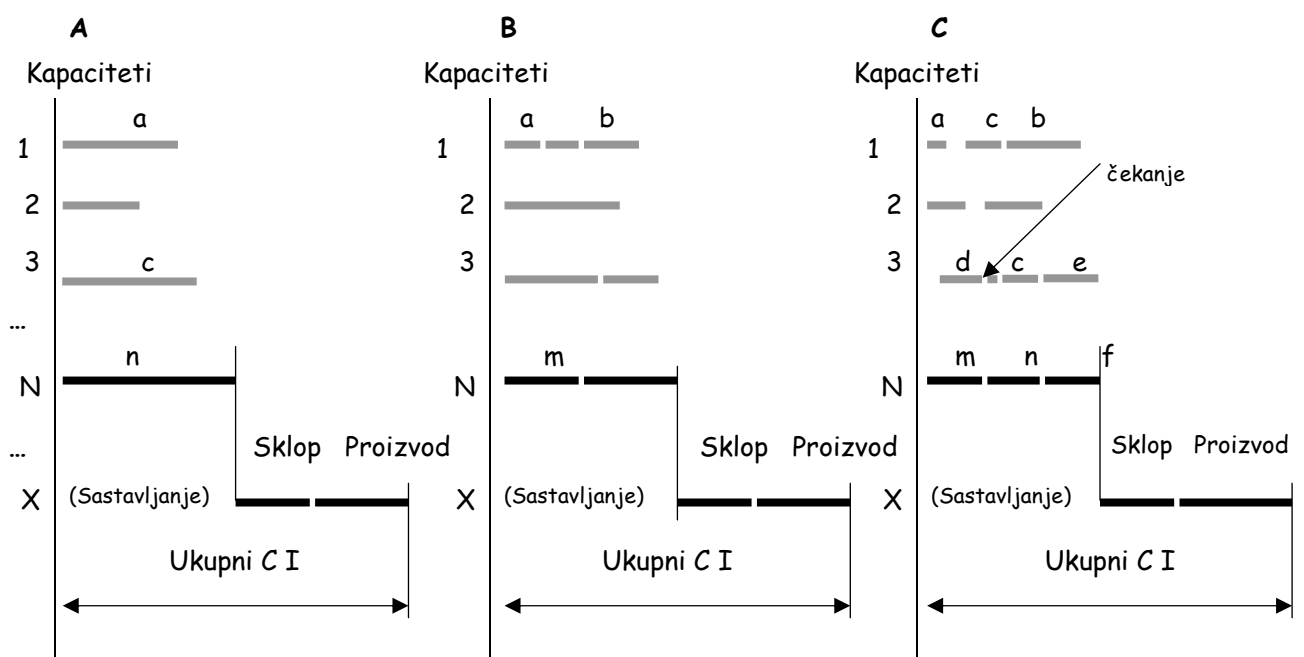


Slika 6.18. Gantogramski prikaz ciklusa izrade

Na osnovi tehnološkog procesa te načina organizacije proizvodnje definiramo različite **MODELE ciklusa izrade** koji se dobiju različitim sastavljanjem faza procesa izrade. Modeli se najčešće prikazuju gantogramima ili mrežnim dijagramima, pri čemu sastavljanje faza može biti provedeno unaprijed ili unazad. Trajanje ciklusa izrade jednako je trajanju kritičnog puta na mrežnom dijagramu ili gantogramu.

Ukoliko se ciklus izrade utvrđuje za jedan izradak iz serije nazivamo ga **JEDINIČNIM CIKLUSOM IZRADE**, pa s obzirom da se proizvodnja obično vodi u serijama treba ga korigirati. Upravo je veličina serije jedna od ključnih varijabli različitih modela ciklusa izrade.

Ukazati će se na neke aspekte problema organizacije izvođenja proizvodnje i utjecaj na veličinu ciklusa izrade. Kao primjer poslužiti će analiza različitih slučajeva kompleksnog proizvoda (količina komponenti  $n$ ), pripadajućih tehnoloških procesa i adekvatno pridruženih osnovnih proizvodnih sustava ( $N$  radnih mjesta određenog prostornog rasporeda), kao i različitog načina protoka izradaka kroz proizvodni sustav.



Slika 6.19. Mogući slučajevi ciklusa izrade

**Slučaj A**  $n = N$  pa se kompletna proizvodnje neke pozicije obavlja na zasebnim kapacitetima. Ukupni ciklus izrade identičan je najdužem ciklusu obrade ( $n$ ) na što se nadovezuje vrijeme spajanja sklopova i montaža finalnog proizvoda. Ciklus izrade je relativno kratak, a vezan je za kapacitete organizirane u jednopredmetne linije ili pojedinačne kapacitete namjenjene obradi većih količina izradaka.

**Slučaj B**  $n > N$ , ali se još uvijek svaka pozicija kompletno obrađuje na jednom kapacitetu (više predmetni sustavi), pa je ciklus izrade duži.

**Slučaj C**  $n \gg N$ , kada pozicije prolaze obradu na više različitih kapaciteta, koji pak sudjeluju u obradi većeg broja različitih pozicija. Pri tom se u procesu proizvodnje radovito javljaju gubici zbog čekanja pojedinih pozicija na obradu. To je slučaj koji se često javlja kod manjih količina izradaka, i najsloženije je upravljanje proizvodnjom.

Pojedini **modeli ciklusa izrade** najviše se međusobno razlikuju po načinu protoka izradaka kroz sustav tijekom odvijanja proizvodnje što je vidljivo i sa slike 6.20:

1. **Slijedni ( postupni ) način proizvodnje** - pojedine faze proizvodnog procesa teku postupno, te sljedeća faza započinje nakon završetka prethodne. Slučaj je karakterističan za maloserijsku i srednjeserijsku proizvodnju uz grupnu organizaciju kapaciteta. Tehnološki ciklus tada iznosi :

$$t_r = \sum t_i \cdot n \quad (6.3)$$

gdje je:  $\sum t_i$  - suma vremena pojedinih operacija pri izradi jedinog izratka,  
 $n$  - količina izradaka u seriji

2. **Usporedni ( paralelni ) način proizvodnje** - javlja se kod većih serija kada se interval izrade skraćuje na način da sljedeća faza započinje prije nego prethodna faza završi na cijeloj seriji proizvoda. Pojedini izraci ostvaruju tekući protok kroz sustav jer na sljedeću operaciju prelaze odmah nakon završetka prethodne (bez čekanja da ostali izraci iz serije budu završeni). Izračun ciklusa je jednostavan jer su neki članovi izraza za ciklus jednaki nuli, ali se javljaju i određena čekanja zbog neizbalansiranih vremena pojedinih operacija (takt je jednak vremenu najduže operacije). Proizvodni sustav ima linijski organizirane proizvodne kapacitete. Tehnološki ciklus ( vrijeme isključivo radnih, proizvodnih aktivnosti ) se računa prema izrazu :

$$t_r = \sum t_i + (n - 1) \cdot t_{max} \quad (6.4)$$

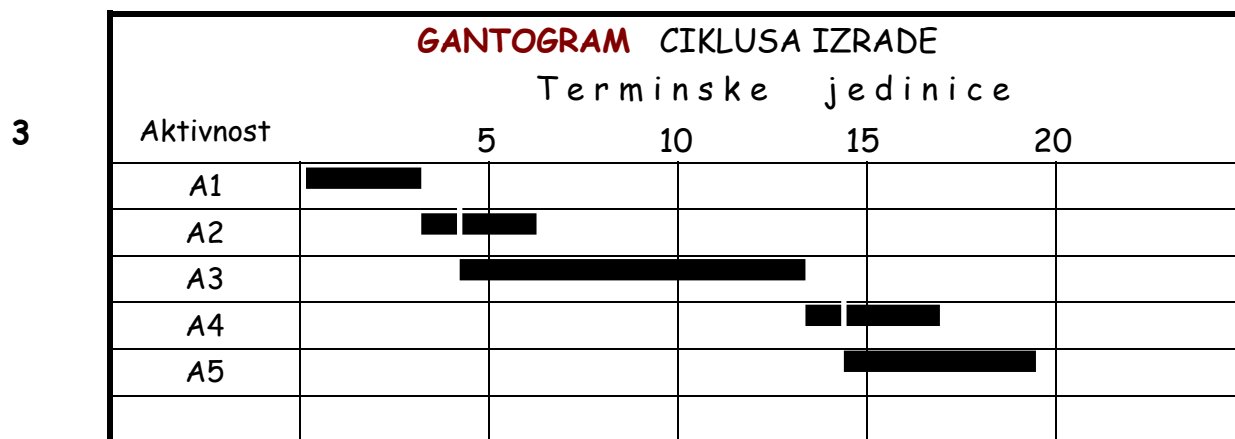
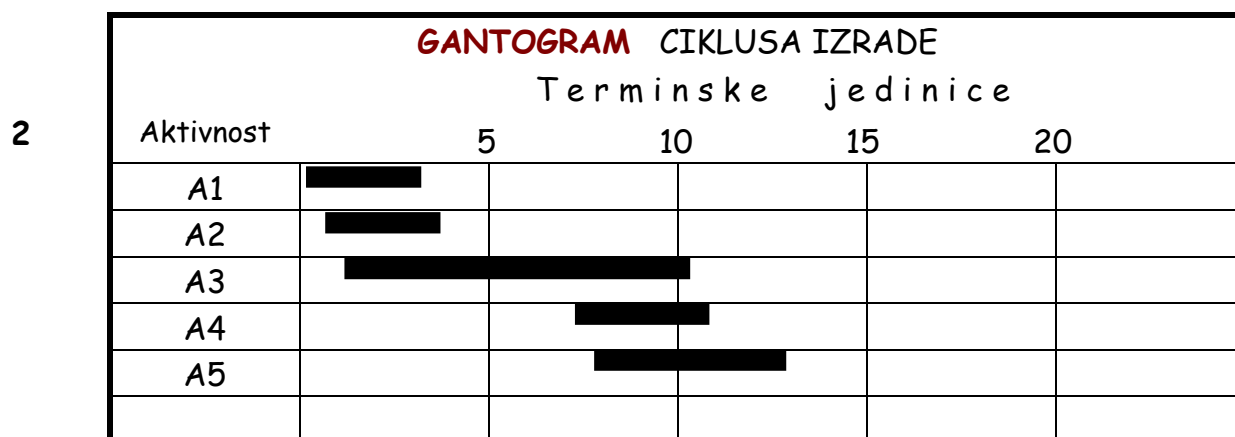
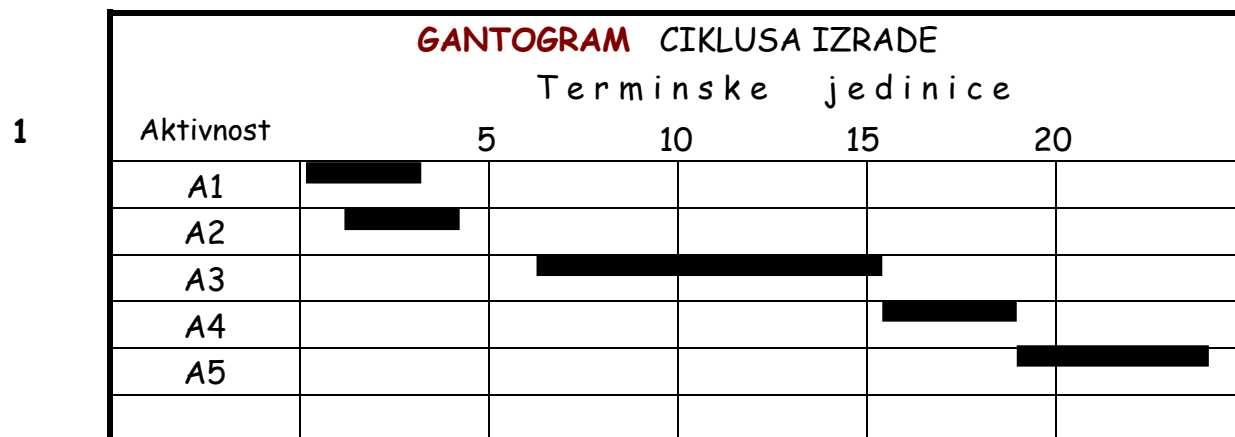
gdje je:  $t_{max}$  - vrijeme najduže operacije

3. **Kombinirani način proizvodnje** - primjenjuje se za slučaj kada neka faza proizvodnje traje puno duže od ostalih, te se u cilju početka proizvodnje u toj fazi serija cjepa u manje cjeline. Time se na operacijama koje traju kraće u odnosu na prethodne operacije formiraju određene zalihe koje omogućuju kontinuiran rad (pufferi), i uklanjaju zastoje zbog nebalansiranosti vremena. Tehnološki se ciklus računa :



$$t_r = \sum t_i + (n-1) \cdot (t_M - t_m) \quad (6.5)$$

gdje je  $t_M$  - suma vremena operacija sa većim tehnološkim vremenom od susjednih  
 $t_m$  - suma vremena operacija sa kraćim tehnološkim vremenom od susjednih



Slika 6.20. Različiti modeli ciklusa izrade s obzirom na protok izradaka

Za izračun ciklusa moguće je primjeniti analitičku i grafo-analitičku metodu ( Selaković - PPS ), ali je nužno poznavati tehnološki proces, primjenjen proizvodni sustav i njegov prostorni raspored, asortiman proizvoda, terminske jedinice, te stupnjeve iskoristivosti proizvodne opreme.

Stvarni ciklus izrade razlikuje se od opisanih modela jer sadrži međuoperacijske zastoje kao posljedice zauzetosti proizvodnih kapaciteta i eventualnih organizacijskih propusta. Određeni pokazatelj odnosa trajanja stvarnog ciklusa izrade prema tehnološkom ciklusu definiranim modelom sljednog protoka proizvodnje predstavlja **koeficijent prolaza f** prema izrazu :

$$f = 8 \cdot k = 8 \cdot \frac{\sum_{d=1}^n d}{\sum t_i \cdot n} = \frac{t_{cSTVARNI}}{t_T} \quad (6.6)$$

gdje je : 8 - vrijeme trajanja radne smjene u satima

$d$  - broj dana od početka rada do predaje u skladište (zadržavanje u pogonu)

$\sum t_i \cdot n$  - teoretski tehnološki ciklus prema postepenom (serijskom) protoku izradaka, a sastoji se od umnoška zbroja vremena operacija i broja izradaka u seriji

Svako poduzeće za svoje vlastite uvjete izračunava **k**. **Koeficijent prolaza f** se kreće u rasponu od  $2 \div 3$ , pa i više.

**CIKLUS ISPORUKE** je onaj vremenski interval u kojem je moguće isporučiti finalni proizvod krajnjem korisniku u odnosu na ulaz polufabrikata u proizvodni proces. On nije identičan sa ciklusom proizvodnje (izrade), već može biti znatno duži, ali i kraći. To ovisi o nizu čimbenika, a najvažniji su :

- postojeće zalihe sirovina
- zauzetost proizvodnih kapaciteta
- mogućnost da se djelovi, podsklopovi ili sklopovi izrađuju za skladište unaprijed

#### 6.2.4. PROIZVODNI SUSTAV

Ukupnost značajki proizvodnog sustava na kome se proizvodnja odvija utječu na aktivnosti planiranja i upravljanja proizvodnjom.

Proizvodna oprema i njen prostorni raspored bitno određuju veličinu ciklusa izrade, a time utječu i na poslove vođenja proizvodnje. Važna je značajka i fleksibilnost primjenjene opreme (NC oprema) jer utječe da  $t_{pz} \rightarrow 0$ , što smanjuje ciklus obrade. Osim toga na upravljivost utječe prostorni raspored opreme (linijski, grupni,

pojedinačni) zbog međuoperacijskog transporta i zastoja. Vrsta opreme utječe direktno na vremena obrade.

Transportna oprema uvjetuje dužinu trajanja transporta među operacijama, ali i prema skladištima. Alati, pribor i radne naprave uvjetuju eventualno smanjenje vremena obrade, a bitna značajka je i količina i kvalifikacija radnog osoblja prilagođena primjenjenom modelu PS-a.

Također je bitan i način protoka i obrade informacija, pa stoga informacijske podloge (dokumentacija), oprema (hardware), i programska podrška (software) mogu pozitivno djelovati na smanjenje ciklusa obrade. Važan je još način organizacije poslova, kao i metode upravljanja i rukovođenja.

### 6.2.5. PLAN PLASMANA FINALNIH PROIZVODA I REZERVNIH DJELOVA

Planiranje mora biti usklađeno sa postavkama poslovne politike. Iz dugoročnih planova za pojedina područja, pa tako i za proizvodnju, formiraju se godišnji planovi. Nužan čimbenik za planiranje i upravljanje proizvodnjom je i **plan plasmata proizvodnje** (finalnih proizvoda i rezervnih djelova), kojim se potpuno kvantificiraju ciljevi koje je u toku godine potrebno ostvariti, te uvjeti za izvršenje takvog zadatka.

Plan definira prodajna funkcija, i sadrži sva dobra (proizvodi, R.D., usluge) koja realizira poslovni sustav, te je podloga za izradu godišnjeg plana proizvodnje. Donosi se dovoljno rano (3÷4 mjeseca prije početka poslovne godine), a kako se temelji i na pretpostavkama, za njegovu definiciju potrebno je primjeniti metode visokog stupnja pouzdanosti ( **analiza tržišta** → potrebe, kupovna moć, uvjeti prodaje, cijene, kreditiranje, garancije, servis, **analiza kapaciteta** → pripremljenost, korekcija asortimana i količina, opterećenja, **analiza razvoja programa** → planirani novi proizvodi, promocija na tržištu...).

Plan plasmata izražava se analitički (često i po proizvodima i zbirno), te sadrži informacije o nazivu i oznakama, ukupnoj godišnjoj količini, dinamici prodaje, cjenama, ali ima i tekstualne djelove o dinamici promotivnih aktivnosti, izložbi i sajмова, demonstracija proizvoda, planu reklame i ukupnim troškovima prodaje.

### 6.2.6. OKRUŽENJE PODUZEĆA

Kako npr. plan plasmata kao nužni čimbenik planiranja ne može biti izrađen bez tržišta, jasna je važnost **okruženja** poslovnog sustava.

**Tržište** s jedne strane predstavljaju **kupci**, ali i dobavljači. Prodajni ciklus započinje zahtjevom kupca, a procesi prodaje se metodološki razlikuju za slučajeve poznatog ili nepoznatog kupca (zahtjev kupca - ponuda prodaje - narudžba - ugovor → plan plasmata - plan proizvodnje - radni nalog proizvoda ..... otprema sa SGP, transport, carinjenje, fakturiranje). Za slučaj nepoznatog kupca ugovor o prodaji sa veletrgovinom i dilerima u distributivnom lancu. Ostale aktivnosti prodaje su: konfiguriranje varijanti proizvoda, pružanje dodatnih i servisnih usluga, suradnja sa krajnjim korisnikom što je osnov strategije marketinga.

Tržište **dobavljača** opslužuje nabavna funkcija, čime se ostvaruju nužni uvjeti za nesmetan tok proizvodnog procesa. Osnovni ciljevi nabave su pravovremenost, kvaliteta, pouzdanost i ekonomičnost osiguranja proizvodnih sredstava i predmeta rada. Aktivnosti nabave su istraživanje tržišta, planiranje količina, izbor dobavljača, ugovaranja i preuzimanja robe, kontrola i evidentiranje robe, te analiza nabavnog poslovanja.

U okruženje spada i potencijalno **radno osoblje** koje se pravilnom kadrovskom politikom profilira u raspoloživu radnu snagu (količine, specijalnosti, kvalifikacije).

Kvalitetno i ekonomično odvijanje poslovnog procesa zahtjeva praćenje **financijskom komponentom**. Pri tom nužna je dovoljna količina inicijalnog kapitala, ali i pravilno dinamičko praćenje procesa i kvalitetan obračun poslovanja.

Za stabilnost odvijanja proizvodnje nužna je i **socijalna stabilnost** okruženja, te **pravna regulativa** i propisi koji omogućuju poslovanje u skladu sa pozitivnim zakonskim propisima.

Svi ti čimbenici okruženja poslovnog sustava ujedno su i temeljni čimbenici vođenja proizvodnje.

### 6.3. OSNOVNI MODELI VOĐENJA PROIZVODNOG PROCESA

Odgovor na pitanje kako voditi proizvodnju, odnosno koje metode planiranja i upravljanja primjeniti kako bi se postigli osnovni proizvodni ciljevi (kvalitet, cijena, rokovi), zavisi o organizacijskim tipovima industrijske proizvodnje, te njihovom karakteru vezanom za količinski način odvijanja.

S obzirom na ove činjenice razlikujemo :

- model vođenja **jednokratne** (neponavljajuće) proizvodnje
- model vođenja **ponavljajuće** proizvodnje

#### 6.3.1. VOĐENJE NEPONAVLJAJUĆE PROIZVODNJE

Neponavljajuća proizvodnja podrazumjeva da se finalni proizvod ili usluga pojavljuje samo jednom u tom obliku (građevine, postrojenja, brodogradnja). To znači da ima projektni karakter, pa se primjenjuje projektna organizacija rada za koju je priprema funkcionalno organizirana i ne bazira se na bazama podataka (sastavnice, tehnološki procesi, nacrti...).

Projekt označava posebni organizacijski oblik izvođenja određenog zadatka, poduhvata. Osnovna obilježja projekta jesu :

- jedinstvenost u okviru određenog organizacijskog sustava (neponavljanje u istom obliku)
- definiran projektni zadatak, ograničeno trajanje, podjela na faze čiji se pojedini izvršeni poslovi mogu mjeriti na unaprijed definiran način
- vlastiti izvori financiranja, te za neke aktivnosti unaprijed planirani resursi

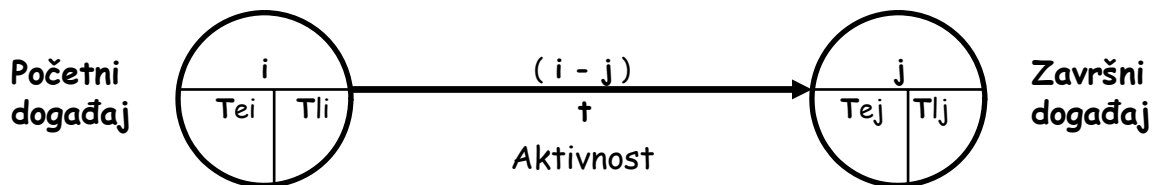
- nije potrebna klasična funkcionalna organizacija, već privremena projektna organizacija
- karakterističan upravljački proces (planiranje, upravljanje, obračun, kontrola) uz točno utvrđen utrošak resursa radi postizanja unaprijed određenih ciljeva

Osnovne aktivnosti vođenja projekta jesu :

1. **utvrđivanje ciljeva projekta** - na način da se definira skup posrednih i neposrednih ciljeva vezanih za rokove, kvalitetu i cijenu projektnog poduhvata
2. **definiranje strukture ( dijelova ) projekta** - definiraju se podprojekti kao cjeloviti djelovi ciljnog proizvoda. Osim toga definiraju se i vremenski parametri projekta, te mehanizmi provjere (kontrolne). Vremenske aktivnosti između dviju kontrolnih aktivnosti nazivaju se etapama, a prikazuju se gantogramima uz određenje početka, trajanja i kraja etape.
3. **utvrđivanje vremenskog tijeka projekta** - nakon formiranja gantograma kao upravljačkog dokumenta slijedi mrežno planiranje poslova metodama mrežnog planiranja koje omogućuju prikaz međuzavisnosti odvijanja aktivnosti od ideje do realizacije. Time se omogućuje utvrđivanje najkraćeg vremena u kojem se planirani zadatak može izvršiti, ili najkritičniji poslovi pri realizaciji plana. Moguća je i laka usporedba različitih varijanti.

**MREŽNO PLANIRANJE** - može biti vođeno **rokovima** (trajanjem poslova) ili **raspoloživošću resursa**. Prvi slučaj koristimo kod vremenski kritičnih projekata, a drugi kod poslova s vremenski ograničenim osiguranjem resursa. Kod prvog pristupa poslovima se pridružuje vremensko trajanje i formira mrežni dijagram na osnovi prethođenja i slijedenja pojedinih aktivnosti (usklađivanje unaprijed ili unatrag). **Kritični put** određuju međusobno povezani projekti između početka i kraja projekta. Drugi pristup je sličan grubom planiranju kapaciteta kod vođenja proizvodnje, a najveća se pažnja poklanja vremenski kritičnim i vremenski vodećim resursima (osiguranje vremenski ograničeno).

Mrežno planiranje je inače grafička metoda razvijena na teoriji grafova (D. Koenig ~1930). Tehnike mrežnog planiranja su dijagramske tehnike, pri čemu mrežni dijagram sadrži sve poslove dobivene funkcionalnom ili strukturnom rasčlanom ukupnog projekta. Temeljni element mrežnog plana prikazan na sljedećoj slici sastoji se od aktivnosti (posla), te njenog početnog i završnog događaja.



gdje je:  $i$  - redni broj ( numerička oznaka ) početnog događaja  
 $j$  - redni broj ( numerička oznaka ) završnog događaja  
 $( i - j )$  - numerička oznaka aktivnosti  
 $t$  - vrijeme trajanja aktivnosti  
 $Tei$  - termin najranijeg mogućeg početka aktivnosti  
 $Tli$  - termin najkasnijeg dozvoljenog početka aktivnosti  
 $Tej$  - termin najranijeg mogućeg svršetka aktivnosti  
 $Tlj$  - termin najkasnijeg dozvoljenog svršetka aktivnosti

Slika 6.21. Simboli i značenja početnog i završnog događaja u PERT logici mrežnog planiranja

Osnovni koncept mrežnog dijagrama je da postoji jedan početni i jedan krajnji događaj, a sve povezane aktivnosti među njima čine put. Kritični put najduže traje. Najpoznatije metode mrežnog planiranja (prikaz kroz primjer) jesu :

- **CPM** ( critical path method ) - **metoda kritičnog puta**. Razvijena 1957. godine. Orjentirana je ka aktivnostima (poslovima) koji se na dijagramu označuju strijelicama. Kritični put je onaj put na kojem nema vremenske rezerve, a označava se debljim crnim strijelicama.
  - **PERT** ( program evolution and review technique ) - **metoda razvoja i kontrole projekta**. Razvijena je 1958. godine, i orjentirana je događajima. Čvorovi mrežnog dijagrama predstavljaju događaje, a orjentirane spojnice aktivnosti sa definiranim vremenima trajanja koja je teško vremenski točno prognozirati (optimističko, vjerojatno, pesimističko)
  - **AON** ( activity on the node ) - **metoda čvorova**. Razvijena je 1958. godine, i orjentirana je aktivnostima iako se događaji na dijagramu posebno ne označavaju. Čvorovi reprezentiraju aktivnosti, a spojnice smisao prethodnje ili sljedeća. Postoje i fiktivne aktivnosti.
  - **PDM** ( precedence diagram method ) - **metoda prethodnosti**. Razvijena je 1973. godine, i orjentirana je aktivnostima. Razvojem računala njom se mogu prikazati i složnije veze aktivnosti, a ne samo prethodnih i narednih. Aktivnost može započeti i prije potpunog završetka prethodne, što je i čest slučaj u praksi. Osnova je mnogih sustava kompjuterski podržanog mrežnog planiranja.
4. **formiranje zahtjeva i utvrđivanje raspoloživosti resursa** - što je zapravo jedna vrsta tehnološke pripreme uz izradu određene dokumentacije. Utvrđivanje zahtjeva za resursima svodi se na množenje pojedinih veličina iz

dokumentacije izrađene za posao neke nazivne veličine sa faktorom složenosti ili veličine stvarnog posla. Uz to definira se radni kalendar organizacijskih jedinica, ljudi, strojeva i njihove zauzetosti, te se pojedinačni resursi pridružuju poslovima a da se ne prekorače definirana ograničenja.

5. **izračun osnovne kalkulacije** - koja se sastoji od varijabilnih troškova (resursa) i fiksnih troškova, a prikazuje se zbirno za pojedine poslove, faze, te cijeli projekt.
6. **izrada osnovnog plana** - uz prikupljanje svih planskih i kalkulacijskih dokumenata. Procjenjuju se utjecajni čimbenici i optimira plan sa stanovišta opterećenja resursa i troškova, te promjenama dinamike obavljanja pojedinih poslova. Izlazni dokument je osnovni plan u obliku podesnim za praćenje odvijanja.
7. **upravljanje napredovanjem projekta** - sastoji se u praćenju planskih veličina i usporedbi sa ostvarenim rezultatima i troškovima. U određenim slučajevima donose se odluke o korekcijskim akcijama.
8. **obračun i dokumentiranje** - predstavlja procese procjene značajki, te obračuna i dokumentiranja. To su završni kontrolni i obračunski procesi važni i za buduće projekte.

### 6.3.2. VOĐENJE PONAVLJAJUĆE PROIZVODNJE

Ponavljajuća proizvodnja podrazumjeva ponavljanje izrade pojedinih proizvoda u određenom vremenskom intervalu bez obzira radi li se o kontinuiranoj (procesnoj) ili diskontinuiranoj (serijskoj) proizvodnji. Pri tom je kod kontinuirane proizvodnje proizvodnja djelova usklađena sa proizvodnjom finalnih proizvoda, te nema nagomilavanja i čekanja djelova, a značajka joj je i visok stupanj automatizacije. Različito je kod diskontinuirane proizvodnje, gdje ne postoji usklađenost u proizvodnji djelova i finalnog proizvoda, pa se djelovi privremeno uskladištuju i uzimaju preme potrebi. **Diskontinuirana, povremeno ponavljajuća** proizvodnja može biti :

1. **ritmička** - po količini proizvoda  $q$  ili po vremenskoj frekvenciji  $f$
2. **aritmička** - po količini proizvoda  $q$ , po vremenskoj frekvenciji  $f$ , ili po obje značajke

Bez obzira o kojem je tipu proizvodnje riječ karakterizira je prolaz određene količine djelova kroz proizvodni proces od operacije do operacije, radnog mjesta, skladišta, kao cjeline ( **serija** ). To uvjetuje specifičnu organizaciju proizvodnog i poslovnog sustava, ne više funkcionalnog tipa već stabilnu organizaciju proizvodnje koju karakterizira detaljna i svaki put ponovna priprema proizvodnje sa standardizacijom poslova i bazom podataka **standardne prakse** (sastavnice proizvoda, tehnološki procesi, repromaterijali, alati, oprema, te ostali resursi uz konzekventan sustav označavanja).

Vođenje ovakvog tipa proizvodnje podrazumjeva koncept koji se ne zasniva samo na upravljanju planskim aktivnostima, već i na vođenju (planiranju i upravljanju) svakog naloga (nabavne ili proizvodne stavke) na osnovi :

- **detaljnog planiranja** svake pojedine stavke bazirano na sastavnici proizvoda
- **uvida u stanje skladišta** te procesa konstantne analize i usporedbe sa planskim potrebama svih resursa, posebno materijala i polufabrikata
- **detaljnog osiguranja, lansiranja i praćenja** realizacije potreba materijala i poluproizvoda

Ovakav pristup osigurava određen broj suvremenih metoda vođenja primjenjivih kod ponavljajuće proizvodnje, npr. sustava nabavljanja **OPT** i **KANBAN** u okviru **JIT** ( just in time ) načela, te **MRP II** koncept ( manufacturing resource planning ), posebno uz računalnu podršku u okviru CIM-a. Kod toga JIT ima nekih prednosti u području izvršenja proizvodnje, a MRP II u okviru planskih aktivnosti. O sustavu planiranja proizvodnih resursa MRP II detaljnije ćemo govoriti kasnije.

### 6.3.3. TEHNIKE VOĐENJA PROIZVODNOG PROCESA

Pod tehnikama vođenja proizvodnog procesa podrazumjevamo način obrade informacija u cilju planiranja i upravljanja proizvodnjom. Razlikujemo :

- **ručnu obradu** - kada sve faze procesa obrađujemo primjenom klasičnih ručnih metoda
- **mehaniziranu ( ručno - automatsku ) obradu** - kada se pojedine faze obrađuju ručno, a pojedine pomoću računala ( CAM )
- **automatsku obradu** - kada se sve faze obrađuju računalom ( CAPPC, CIM )

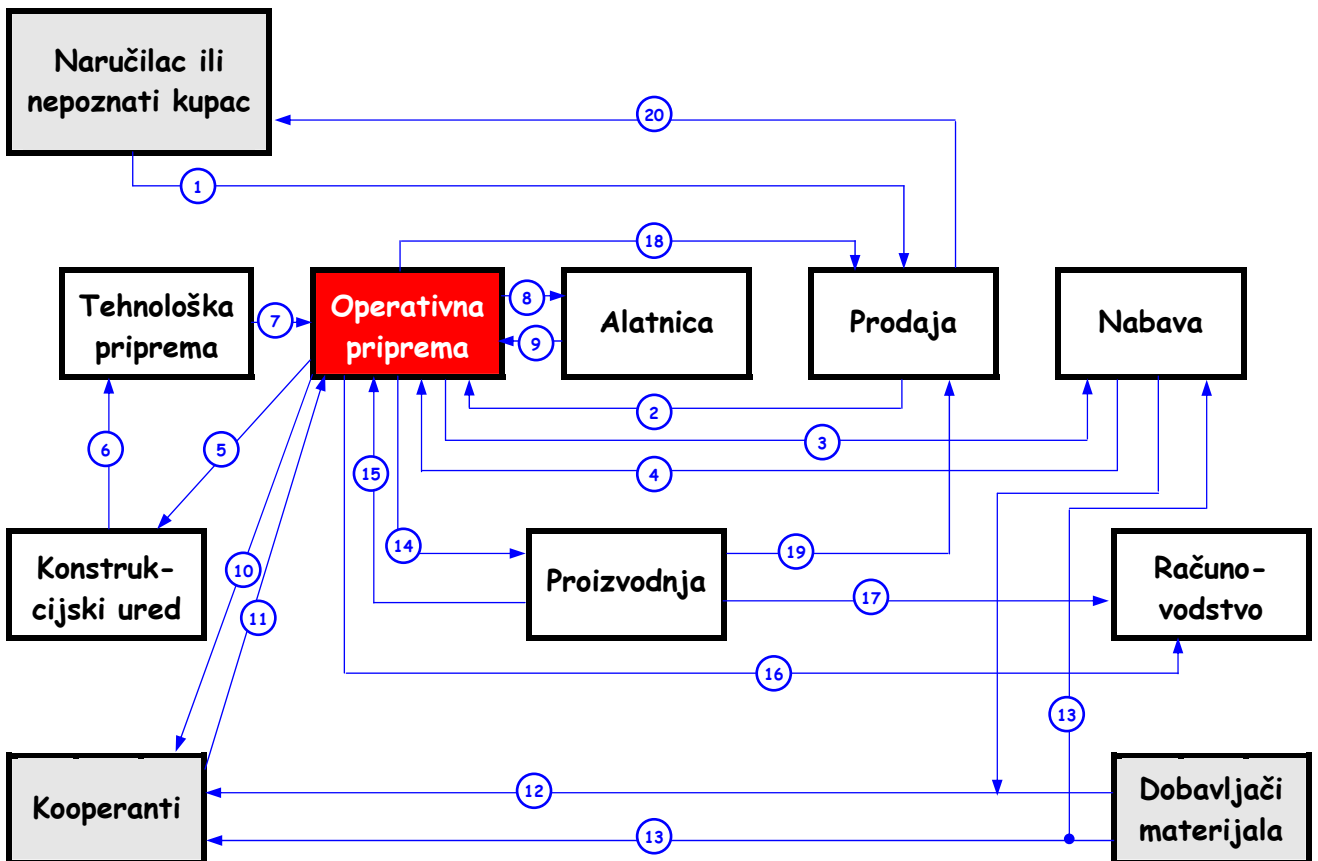
O nekim detaljima vezano za tehnike vođenja govoriti će se naknadno.

### 6.4. LOGIKA POSTUPKA VOĐENJA PROIZVODNJE

Koji se postupci i aktivnosti primjenjuju prilikom procesa vođenja proizvodnje ? → odgovor se dobija analizom organizacijske strukture poslovnog sustava, i načinom njezinog funkcioniranja. Naime promatranje same organizacijske strukture, čak i u slučaju detaljne mikro razrade do nivoa pojedinog radnog mjesta, a bez određivanja interakcija među njenim segmentnim sastavnim djelovima, ne daje odgovor kako funkcionira, funkcionira li uopće ispravno, odnosno jesu li upotrebljene ispravne metode planiranja kao i komuniciranja informacijama koje doprinose ispravnim upravljačkim odlukama.

U cilju prikaza funkcioniranja organizacije razmatra se konačni cilj ili rezultat niza poslova obavljanih s nekom svrhom. Pri tom se neka organizacijska jedinica (npr. prodaja ili računovodstvo) ne promatra sama za sebe, jer ona može izvrsno funkcionirati ali na krivim podacima.





Slika 6.22. Organizacijska struktura poduzeća za ostvarivanje "zadatka"

Znači treba se analizirati ukupni krajnji cilj na način da se definiraju strukturni elementi, definiraju interakcije među njima, te odredi niz aktivnosti koje trebaju izvršiti razne službe i odjeli kako bi zamišljena organizacija funkcionirala pri realizaciji tog cilja. Analizirati ćemo primjer zadatka : ISPORUKA PROIZVODA NA VRIJEME U SKLADU SA DEFINIRANIM ROKOM. Za to ćemo najprije prikazati organizacijsku strukturu, a spojnice među odjelima prikazivati će potrebne aktivnosti u vremenskom intervalu između narudžbe i isporuke. Aktivnosti se odvijaju određenim slijedom u određenom vremenskom intervalu, i prikazane su na slici 6.22.

Kod toga se neke petlje u interakcijama ( npr. petlja 3 - 12 - 13 - 14 ) mogu zasebno ponoviti više puta, što definiciju rokova može izmjeniti kao rješenje postavljenog zadatka.

Iz primjera je jasno da svaka organizacija traži određeno strukturiranje, ali je bit njezinog funkcioniranja u praksi ispunjenje zadataka koji se od nje traže. U ovom primjeru treba odrediti zadatke svake službe, odjela, referade, što znači odrediti način planiranja, prijenosa informacija i donošenja odluka. S obzirom da se time zadire u raznorodne službe, zahtjeva se interdisciplinarni rad i suradnja svih onih koji sudjeluju u realizaciji zadatka.

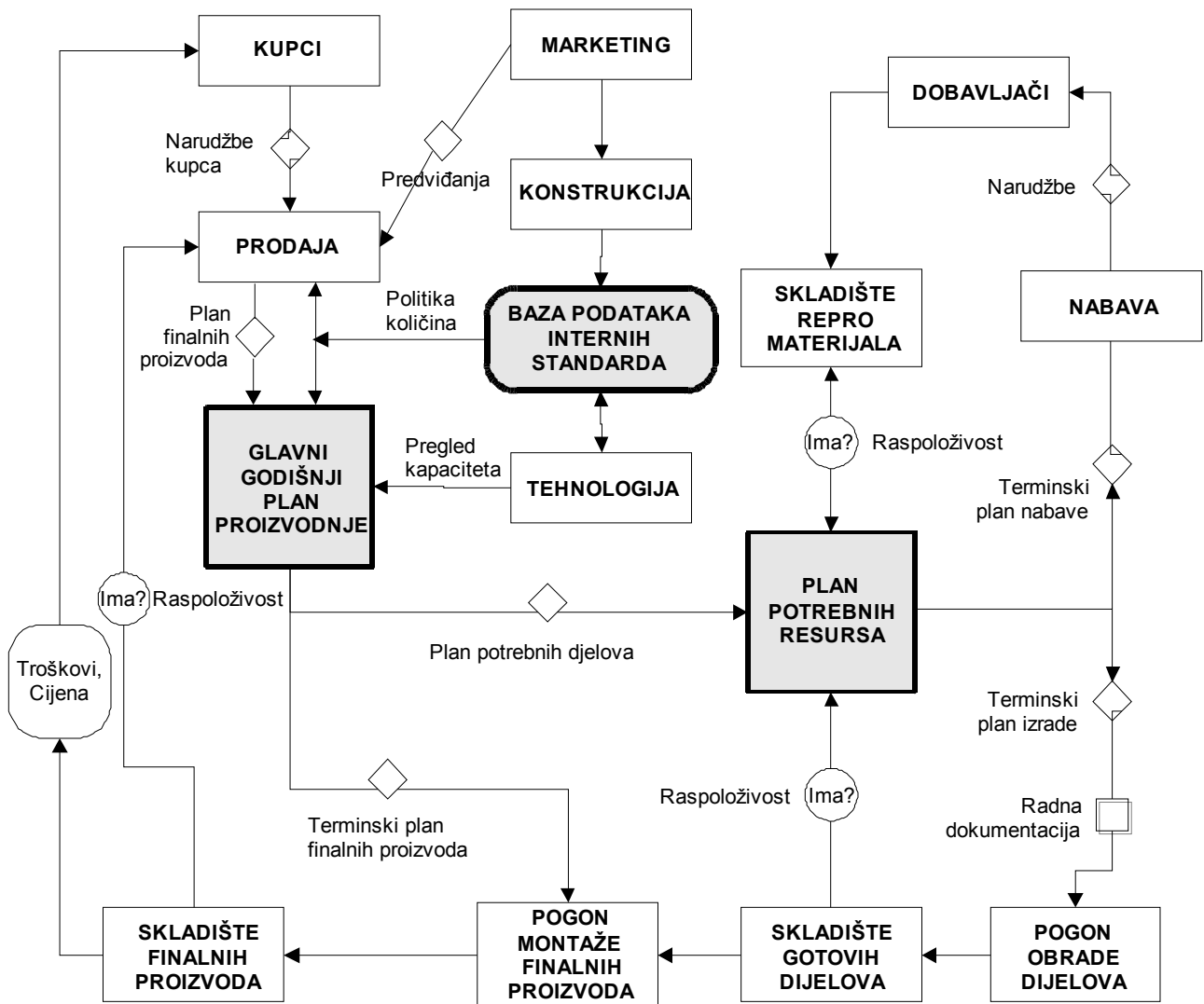
Tablica 6.4 Aktivnosti pri nješavanju "zadatka"

Spojna crta	Aktivnost
1	Prijem narudžbe u prodaji
2	Odlazak zahtjeva prodaje u operativnu pripremu proizvodnje
3	Provjera stanja zaliha na skladištu polufabrikata i/ili zahtjev za nabavu određene količine
4	Odgovor nabave o stanju zaliha i mogućnostima nabave
5	Zahtjev konstrukcijskom uredu za dopunu dokumentacije odnosno za izradu konstrukcijske dokumentacije
6	Odlazak konstrukcijske dokumentacije u tehnološku pripremu radi eventualne dopune tehnološkog procesa i eventualnih izmjena u normativima materijala i vremena
7	Predaja usaglašene konstrukcijske i tehnološke dokumentacije operativnoj pripremi
8	Provjera ispravnosti postojećih alata i/ili narudžbe za izradu novih
9	Odgovor alatnice, u slučaju izrade novih alata, i isporuka izrađenih alata
10	Kontakti sa kooperantima
11	Odgovori kooperanata i/ili isporuka nekih poluproizvoda, dorada na vlastitim proizvodima i slično
12	Kontakti sa dobavljačima, a eventualno i s nekim od kooperanata
13	Odgovori dobavljača i/ili odgovarajuće isporuke
14	Lansiranje radnih naloga u proizvodnju
15	Kontinuirane povratne informacije iz proizvodnje u operativnu pripremu proizvodnje
16	Lansiranje određene dokumentacije iz operativne pripreme u računovodstvo
17	Lansiranje proizvodne dokumentacije u računovodstvo
18	Kontinuirane informacije prodaji o stanju dovršenosti, svim eventualnim poteškoćama, zahtjevi za eventualnim kontaktima sa kupcem itd...
19	Isporuka gotove robe prodaji na skladište
20	Isporuka naručene robe kupcu

#### 6.4.1. MAKRO KONCEPT PROTOKA INFORMACIJA

Slika organizacijske strukture ipak ne daje točan uvid u slijed zbivanja i izvršavanja pojedinih aktivnosti, te prijenos svih potrebnih informacija u okviru ukupnih aktivnosti vođenja proizvodnje. To se ne može prikazati na organizacijskoj strukturi već se prikazuje jednom drugom tehnikom tzv. **dijagrama toka ( blok dijagrama )**.

Makrokoncept toka informacija u obliku dijagrama toka kao grubo, pojednostavljeni prikaz toka informacija i zbivanja u okviru aktivnosti koje se pri planiranju i upravljanju proizvodnjom javljaju prikazan je na slici 6.23.



Slika 6.23. Makro koncept protoka informacija

Sve započinje na **tržištu**, bilo da se radi o kupcu sa konkretnom narudžbom, ili **marketing** na osnovi statističkih predviđanja i prognoza te istraživanja tržišta formira potraživanja kao ulazni podatak **prodaji**. To su ulazni podaci za izradu **PLANA PLASMANA FINALNIH PROIZVODA**, na osnovi kojeg se formira **GODIŠNJI PLAN PROIZVODNJE** sa mjesečnom dinamikom. Ovaj plan mora biti usklađen sa temeljnim proizvodnim kapacitetima (proizvodna oprema i radno osoblje) ili se cijeli postupak njegovog donošenja mora ponoviti. Na temelju glavnog plana proizvodnje, ali i tekućih ugovaranja tijekom godine (nije cijeli godišnji plan fiksni), nastaje **PLAN POTREBNIH RESURSA** koji zauzima centralno mjesto u kompleksnom sustavu planiranja proizvodnje. Ovaj plan mora biti u detalje usaglašen sa raspoloživim proizvodnim kapacitetima i sa stanjem skladišta, te se na osnovi njega formiraju **TERMINSKI PLANI NABAVE I IZRADJE** (govore o netto potrebama : što i kada). Planovi su podloge za formiranje **NARUDŽBE** prema **dobavljačima** i **NALOGA ZA IZRADU** u vlastitim **pogonima** na osnovi izdane radne dokumentacije. Radna dokumentacija služi kao nalog početka izvođenja proizvodnih aktivnosti izrade dijelova i montaže finalnih proizvoda u vlastitim pogonima, te mora biti usklađena sa slobodnim proizvodnim

kapacitetima, terminima početaka i završetaka ciklusa proizvodnje pojedinih finalnih proizvoda, pozicija, pa i sa terminima pojedinih operacija. Istovremeno radna dokumentacija služi i kao povratna informacija o dovršenju pojedinih operacija, odnosno kompletnih finalnih proizvoda. Realizacijom tih aktivnosti mijenja se stanje na **skladištima repromaterijala i gotovih djelova**, što utječe na aktivnosti finog planiranja pri izradi terminskih planova narednih vremenskih jedinica (mjeseci, tjedni, dani). Finalni proizvodi se skladište u **skladištu gotovih proizvoda - SGP**, te se uz izvješća o isporuci proizvoda plasiraju na tržište konkretnim kupcima.

Dijagram toka informacija na **makro** nivou prikazan na prethodnoj slici nema za cilj definiciju formalne organizacije, i ne obuhvaća mnoge detalje kompleksnog niza aktivnosti planiranja i praćenja proizvodnje koji se odvijaju u različitim službama, pa čak i funkcijama. Svrha prikaza je određivanje značaja koji treba pokloniti pravilnom funkcioniranju takvog sklopa aktivnosti, te u skladu s tim i izboru informacija, tokovima informacija, definiciji i upotrebi adekvatnih metoda i tehnika planiranja i međusobnog komuniciranja, definiranju točaka donošenja odluka i slično.

Prikazani dijagram toka može se uz identifikaciju svih nužnih elemenata, bez obzira na granice funkcija, službi ili odjela, detaljno razraditi na **mikro** nivou pri čemu je pogodno korištenje matričnog pristupa vidljivo u sljedećem poglavlju.

#### 6.4.2. MIKRO KONCEPT PROTOKA INFORMACIJA

Detaljna razrada blok dijagrama informacijsko - komunikacijskih tokova vođenja proizvodnje na mikro nivou moguća je identifikacijom svih značajnih elemenata, što znači da je nužno konstatirati:

- gdje započinje niz aktivnosti ovako formuliranog zadatka
- što je krajnji izlaz
- tko s kim komunicira
- koje se informacije prenose i kakva se dokumentacija koristi
- tko, kada i kakve odluke donosi
- kome se konačni izlaz prenosi, i kako se i zašto koristi
- koje su posljedice grešaka, kako u nizu aktivnosti tako i na izlazu

Sve je to nužno predvidjeti jer je organizacija planiranja i upravljanja proizvodnjom vrlo složen proces sastavljen od niza aktivnosti i realiziran vrlo kompleksnim tokom informacija uz kontinuiranu komunikaciju svih učesnika.

Integrirani slijed svih aktivnosti u procesu vođenja proizvodnje razrađen matričnim prikazom postupaka - aktivnosti i resursa kao elemenata komunikacije i prijenosa informacija prikazan je na sljedećoj slici, kao i blok dijagramom za određeni konkretan zadatak.

U cijeli taj proces ugrađene su različite odluke u svezi prihvaćanja planova, pojedinih elemenata plana, korekcije planova, prekidima izrade, promjenama termina, količina i slično...

Konkretnom planiranju proizvodnje nije moguće pristupiti ukoliko ne postoji baza standardne prakse. Ona obuhvaća kompletnu konstrukcijsku dokumentaciju (sastavnice) i tehnološku dokumentaciju (popis operacija i operacijske listove). Uz poznatu strukturu proizvoda te njegovu cijenu, a za poznatog kupca prema narudžbama i ugovorima kao i prognozama službe marketinga, prodaja formira plan prodaje finalnih proizvoda. To je ujedno osnovna podloga za izradu godišnjeg zbirnog i dinamičkog, te operativnog terminskog plana proizvodnje od strane operativne pripreme, ali uz poznavanje stanja na skladištu gotovih proizvoda. Taj plan mora biti usklađen sa postojećim proizvodnim kapacitetima i temelj je formiranja terminskog plana izrade dijelova, jasno uz poznavanje stanja na skladištu dijelova. I taj plan izrađuje operativna priprema, a podrazumjeva terminiranje svakog radnog naloga, odnosno serije proizvoda. Taj se plan uz tehnološki dokument popis operacija koristi za izračun i usklađivanje opterećenja proizvodne opreme, a uz tehnološki popis materijala i stanja na skladištu repromaterijala za izradu plana potrebnog repromaterijala. Uz lansiranje određene radne i operativne dokumentacije nabava prema tom planu osigurava potrebne repromaterijale od dobavljača i njima puni skladište repromaterijala. Istodobno operativna priprema temeljem terminskog plana izrade dijelova lansira predatnicu proizvoda, temeljem popisa operacija radne liste, te temeljem popisa materijala izručnicu materijala. Time u proizvodnju lansira podloge za izradu dijelova i proizvoda. Na osnovi izručnice iz skladišta se izdaje repromaterijal u radionu na pripadajuću proizvodnu opremu. Na osnovi radnih lista u radionici se izrađuju dijelovi i predatnicom predaju u skladište gotovih dijelova. Nadalje se u radionici montaže na osnovi radnih lista i izručnicom materijala podignutih dijelova iz skladišta gotovih dijelova montiraju gotovi finalni proizvodi, koji se uz predatnicu uskladištavaju. To je ujedno i završna faza prije nego se iz skladišta isporučuju kupcu u skladu sa planom prodaje proizvoda.



**RESURS →**

**↓ POSTUPAK - NOSIOC**

R.B.	Opis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Sastavnica	Popis operacija	Popis materijala	Plan prodaje finalnih proizvoda	Operativni term. plan fin. proiz.	Operativni term. plan izrade	Plan opterećenja opreme	Plan potrebnog repromaterijala	Radne liste	Izručnice materijala	Predatnice proizvoda	Čijena koštanja	Skладиште finalnih proizvoda	Skладиште gotovih dijelova	Skладиште repromaterijala	Gotovi dijelovi	Gotovi finalni proizvodi	Kupci	Dobavljači	Radione - proizvodna oprema
1	Izrada sastavnica Konstrukcija	①																			
2	Izrada tehnologije obrade Tehnološka priprema	①	②	③									④								
3	Izrada plana prodaje Prodaja	①			④								②						③		
4	Izrada operativnog terminskog plana finalnih proizvoda Operativna priprema				①	③								②							
5	Izrada operativnog terminskog plana izrade dijelova Operativna priprema					①	③								②						
6	Izrada plana korištenja proizvodne opreme Operativna priprema		②				①	③													
7	Izrada plana potreba reprodukcijских materijala Operativna priprema			②			①		④							③					
8	Nabavka reprodukcijского materijala Nabava								①							③				②	
9	Lansiranje proizvodnje dijelova i finalnih proizvoda Operativna priprema		③	⑤			①			④	⑥	②									
10	Izdavanja reprodukcijского materijala Operativna priprema										①					②					③
11	Izdavanje dijelova Radionica obrade									①							③				②
12	Uskladištenje dijelova Operativna priprema											②			③		①				
13	Montaža finalnih proizvoda Radionica montaže									①	②				③			⑤			④
14	Uskladištenje finalnih proizvoda Operativna priprema											②		③				①			
15	Ispорука finalnih proizvoda Prodaja				①									②				③	④		

① Korišteni resurs

② Formirani resurs

## OSNOVNA OPERATIVNA DOKUMENTACIJA

Operativna dokumentacija nastaje u okviru operativne pripreme, složena je, a može biti formirana skupom malog ili velikog broja dokumenata ovisno o činjenici koliko je razvijen sustav planiranja odnosno dostavljaju li se radni nalozi u proizvodnju bez posebnog plana. Sve to ovisi o konkretnoj organizaciji rada u pojedinom poduzeću, tj. o poslovima koji spadaju u domenu operativne pripreme. Objektivni razlozi razvijenosti operativne dokumentacije jesu:

- grana industrije i tip proizvodnje
- veličina poduzeća
- kompleksnost proizvoda
- veličina asortimana finalnih proizvoda
- znanja iz područje organizacije proizvodnje, posebice planiranja

Ishodište nastajanja operativne dokumentacije jesu tehnološke podloge te godišnji planovi proizvodnje. U nastavku će se ukazati na osnovnu, principijelnu operativnu dokumentaciju kao dio sustava planiranja i upravljanja, a nužnu za razumjevanje njegovog funkcioniranja i efikasnost realizacije njegovih aktivnosti.

Tehnološke podloge (kopije) koje dolaze u operativnu pripremu su sljedeće: **popis operacija, popis materijala i operacijski listovi**. Prva dva dokumenta nužna su referadi operativnog planiranja i lansiranja radi izrade operativnih terminskih planova i izrade osnovnih operativnih dokumenata: **radnog lista, izručnice materijala i predatnice gotove robe**. Operacijske listove OPP prosljeđuje u pogonsku izdavaonu kako bi se njima uz konstrukcijske nacрте služilo radno osoblje prilikom izvođenja proizvodnje, te kontrolori prilikom kontrole kvalitete proizvoda nakon pojedinih operacija kao i prilikom završne kontrole finalnog proizvoda.

U nastavku će se prikazati pojedini osnovni dokumenti, kao i način njihove cirkulacije.

### 6.4.3. OPERATIVNI DOKUMENTI

Da bi probleme primjene i umnožavanja većeg broja dokumenata pojednostavnili i ublažili dokumentaciju je potrebno standardizirati po obliku i sadržaju. Time se smanjuje potreba za prepisivanjem i optimira upotrebljivost dokumentacije. Principi jednostavnog oblikovanja jesu:

- da su svi dokumenti standardnih dimenzija (A4, A5)
- da se nepromjenjivi podaci na dokumentu nalaze uvijek na istom mjestu
- da se promjenjivi podaci (ovisni o radnom mjestu i seriji) također pokušaju smjestiti na približno ista mjesta
- da je osnovni tekst dokumentacije isključivo vezan za tehnološki proces
- da je predviđen prostor za unos naknadnih podataka i napomena

Dokumentacija se ispisuje ili ručno (pisaćim strojem), strojem za umnožavanje, te kompjuterski. U nastavku će se dati informacije i uputstva kako je pojedini operativni





### 6.4.3.2. Radni list ( radni nalog )

To je dokument koji se ispostavlja za svaku pojedinu operaciju pri izradi određenog entiteta (pozicije), i njime se naređuje izvršenje proizvodnje na način da se definira:

- što treba izvršiti
- gdje će se to obaviti
- u kom trenutku ( terminu )
- za koliko vremena tj. do kada posao treba obaviti.

Za taj dokumenat moguće su varijacije po sadržaju i obliku, naročito pri obradi informacija računalom. U njega se unose podaci sa popisa operacija - lansiranog kartona te operativnog terminskog plana proizvodnje, i to samo one informacije koje su nužne da se naređenje (aktivnost) može izvršiti.

Ovaj je dokument osnovni informacijski dokument za praćenje i analizu dinamike odvijanja proizvodnje, te se nakon izvršenja operacije koristi i za obračun troškova kao i obračun radnog vremena radnika.


<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; margin-right: 10px;">TFR</div> <h2 style="margin: 0;">RADNI LIST</h2> </div>		PROIZVODNI NALOG	REDNI BROJ LISTA																			
NAZIV ENTITETA	OZNAKA ENTITETA	NAZIV OPERACIJE	BROJ																			
NAZIV RADNOG MJESTA	OZNAKA STROJA	MJ. TROŠKA	SL. POSL.																			
T <sub>pz</sub>	IME I PREZIME IZVRŠIOCA		ŠIFRA																			
LANSIRANO	ŠKART	DOBRO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">IZVRŠIOCI</td> <td style="width: 15%;">LANSER</td> <td style="width: 15%;">IZVRŠIOCI</td> <td style="width: 15%;">POSLOVOĐA</td> <td style="width: 15%;">KONTROLOR</td> <td style="width: 15%;">POENTER</td> </tr> <tr> <td>DATUM</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>POTPIS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		IZVRŠIOCI	LANSER	IZVRŠIOCI	POSLOVOĐA	KONTROLOR	POENTER	DATUM						POTPIS					
IZVRŠIOCI	LANSER	IZVRŠIOCI			POSLOVOĐA	KONTROLOR	POENTER															
DATUM																						
POTPIS																						
NS/KOM	NORMA	EFEKTIVA																				

Slika 6.26. Radni list

### 6.4.3.3. Izručnica

Na osnovi izručnice iz odgovarajućih skladišta podiže se za potrebe proizvodnje i montaže repromaterijal u obliku sirovina, polufabrikata, standardne robe, gotovih dijelova ili sklopova. Dokumentom se skladištu daje nalog za pripremu i izuzimanje repromaterijala u obliku predviđenim tehnološkim procesom, te se time ujedno vrši i razduživanje skladišta.


Izručnica u pravilu sadrži samo neophodne informacije iz popisa operacija i terminskog operativnog plana koje govore o namjeni i identifikaciji resursa, količinama, vremenu i mjestu izuzimanja tj. trošenja resursa. Izgled dokumenta moguće je varirati po obliku i sadržaju, ali uz uvjet da sadrži sve nužne informacije i da ima dovoljno prostora za njihov upis.

		<h1>IZRUČNICA</h1>		PROIZVODNI NALOG	RED. BR. IZRUČNICE
NAZIV ENTITETA	OZNAKA ENTITETA		MJESTO TROŠKA	SKLADIŠTE	
MATERIJAL	OZNAKA MATERIJALA		JED. MJERA	DIMENZIJA	
TRAŽENO	IZDANO	STANJE	JEDIN. CIJENA	UKUPNA CIJENA	
IZVRŠIOČ	LANSER	SKLADIŠTAR	IZVRŠIOČ	KONTROLOR	POENTER
DATUM					
POTPIS					

Slika 6.27. Izručnica

#### 6.4.3.4. Predatnica

Predatnica je operativni dokument kojim se gotovi dijelovi, sklopovi i finalni proizvodi nakon posljednje operacije i kontrole predaju iz pogona u skladište gotove robe. Time se proizvodni pogon razdužuje sa djelovima iz proizvodnje (obrade) i zadužuje skladište. I ovaj se dokument može varirati po obliku i sadržaju, a sadrži samo osnovne informacije vezane za tu aktivnost.

		<b>PREDATNICA</b>		PROIZVODNI NALOG	RED. BR. PREDATNICE
NAZIV ENTITETA		OZNAKA ENTITETA		PREDAJE:	SKLADIŠTE
LANSIRANO	ZA PREDAJU	PRIMLJENO	STANJE		
JED. MJERE		JEDINIČNA CIJENA		UKUPNA CIJENA	
IZVRŠIOČ	LANSER	IZVRŠIOČ	SKLADIŠTAR	KONTROLOR	POENTER
DATUM					
POTPIS					

Slika 6.28. Predatnica





Ponekad se u proizvodnji javlja potreba da se neki entitet prebaci iz jednog u drugo skladište. Ta se aktivnost provodi pomoću **međuskladišnice**, kojom se jednom skladištu nalaže izdavanje (izuzimanje) entiteta, a drugom prijem određene količine istog entiteta. Međuskladišnica sadrži samo one informacije koje su nužne za identifikaciju entiteta i njegov transfer iz jednog u drugo skladište.

#### 6.4.3.8. Zahtjevnica za nabavu

Za operativno planiranje i praćenje eksploatacije alata nužno je uspostaviti sličnu dokumentaciju kao za repromaterijale, ili će se koristiti ista (karton alata, stanje skladišta alata). Osim izrade repromaterijala i njegova nabava mora biti informacijski pokrivena. U tu svrhu OPP ispostavlja dokument **zahtjevnica za nabavu**. Dokument se formira na temelju godišnjih i operativnih terminskih planova potrošnje reprodukcijских materijala i alata, i njime se daju podaci o entitetu, količini koju treba nabaviti i terminima u kojim tijekom godine pojedine količine trebaju pristići.

#### 6.4.4. NASTAJANJE I CIRKULACIJA OPERATIVNE DOKUMENTACIJE

Operativna se dokumentacija izrađuje na temelju tehnoloških podloga, i to nakon što su formirani godišnji i operativni terminski planovi. Jedan dio dokumentacije ostaje u arhivama referada OPP-a dok se drugi dio dokumenata lansira u proizvodnju ili druge službe poslovnog sustava.

Za prikaz toka nastajanja i cirkulacije operativnih dokumenata zgodno je korištenje matrične metode. Time se može zorno reproducirati tok operativnih aktivnosti kao i redosljed nastajanja pojedinih dokumenata s njihovim informacijama.

Moguće su dvije varijante obrade informacija:

- **ručna izrada dokumentacije** uz korištenje tradicionalnih metoda kopija i kartoteka
- **automatska obrada podataka** uz pomoć računala (planiranje, izrada i distribucija operativne dokumentacije)

Za obje varijante dati će se osnovni makro prikaz aktivnosti u pojedinim organizacijskim cjelinama, kao i njihove međusobne interakcije preko pojedinih operativnih dokumenata.

I za jedan i za drugi slučaj izostavljeni su detalji kao npr. prikaz međuskladištenja te dokumenti i postupci oko alata koji bi prikaz znatno zakomplicirali, a odvijaju se po istoj logici kao i aktivnosti navedene u ovakvim makro matričnim opisima.

Narednom tablicom prikazani su osnovni operativni dokumenti, mjesto njihovog nastajanja i makro hodogram cirkulacije za slučaj "ručne" obrade informacija. Pri tom su prikazani samo osnovni dokumenti, dok su neki dokumenti (međuskladišnica, alati) i postupci izostavljeni.

Nešto drugačiji hodogram cirkulacije dokumenata javlja se u slučaju automatske obrade informacija. Podaci sa originalnih dokumenata u tom se slučaju unose u

odgovarajuće banke podataka i koriste uporabom adekvatnih softverskih programa. Prednost leži u mogućnosti automatske izrade i reprodukcije određenih operativnih dokumenata. Time se smanjuje potreba za radnim osobljem u OPP-u te povećava brzina i kvaliteta (točnost) rada.



## 7. PLANIRANJE PROIZVODNJE

### 7.1. VRSTE PLANOVA

Temeljnu aktivnost sustava planiranja i upravljanja proizvodnjom predstavlja izrada proizvodnih planova. Planiranje pokriva taktičku i operativnu razinu upravljanja, i spona je strategijske i izvršne razine. U osnovi razlikujemo:

- **GODIŠNJE** planove ( taktičke )
- **TERMINSKE** planove ( operativne )

Godišnjim planovima kvantificiraju se ciljevi koji se tijekom godine trebaju ostvariti, a temelj im je **godišnji plan proizvodnje**. Njime se definira asortiman, obim, pa čak i gruba dinamika proizvodnog programa koji se tijekom poslovne godine treba ostvariti (završiti). Uvjeti ostvarenja ovakvog zadatka analiziraju se sa aspekta potrebnih materijalnih resursa, potrebnih kapaciteta (proizvodne opreme) i potrebnog radnog osoblja.

Godišnji plan proizvodnje se u literaturi najčešće izražava kao **MPS** ( master production schedule ), i prikazuje se zbirom svih finalnih entiteta i njihovih količina, te analitički po svakom proizvodu posebno ( **zbirni godišnji plan** ).

**Dinamički godišnji plan** prikazuje grubu dinamiku po mjesecima određujući termine dovršetka izrade pojedinih proizvoda ili serija (u slučaju većeg broja varijanti a malih količina prikaz za predstavnike grupa proizvoda). Pri tom je ta dinamika usklađena sa kapacitetima proizvodne opreme po pojedinim mjesecima što nije baš uvijek jednostavno.

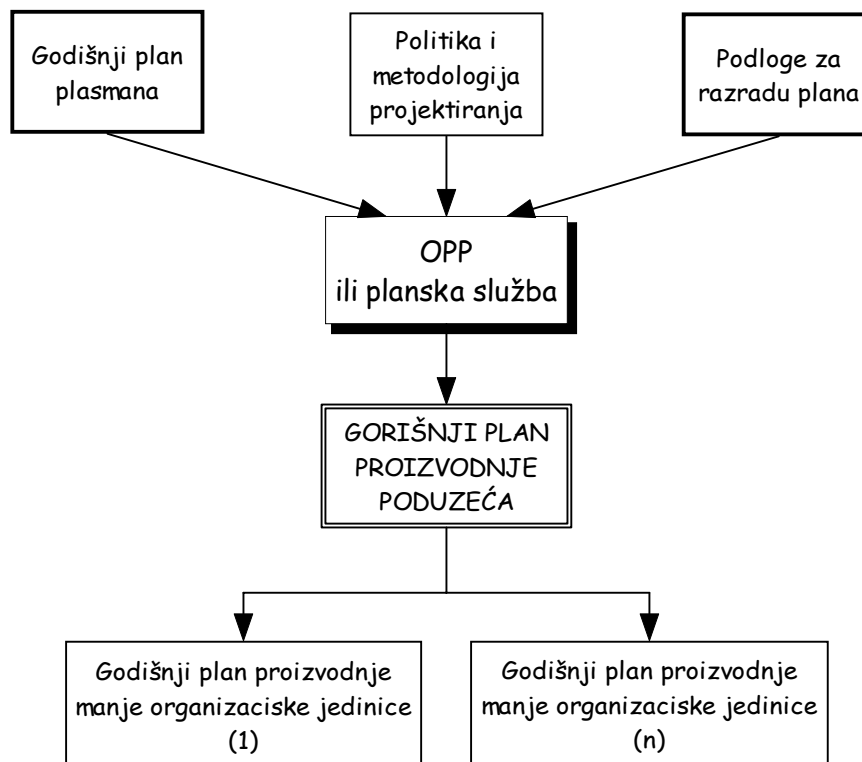
Za širok asortiman finalnih proizvoda vrlo je teško precizno predvidjeti potrebne količine, a pogotovo dinamiku koju tržište zahtjeva. Stoga se u tom slučaju koristi **klizni dinamički godišnji plan** u kojem se razaznaju dva perioda vremena: period **A** s fiksnim količinama i dinamikom, te period **B** koji slijedi nakon njega a gdje su količine i dinamika u tom trenutku još približne i temeljene na predviđanjima i prognozama prodaje. Ovaj se plan kontinuirano u određenim vremenskim intervalima obnavlja i dopunjuje čineći predstojeći vremenski interval fiksnim uz dopunu novim predviđanjima. Pri tom, pri izradi bilo kojeg godišnjeg plana moraju biti usklađeni i ostali aspekti planiranja: materijalni resursi, proizvodni kapaciteti i radno osoblje, čineći osnovnu podlogu za izradu terminskih planova.

Terminski ( operativni ) planovi se izrađuju za kraća vremenska razdoblja (npr. kvartal, mjesec, tjedan, ili još manju terminsku jedinicu) i detaljno definiraju zadatke iz godišnjih planova. Ovakvi se planovi donose i na nivou manjih organizacijskih jedinica, čak do nivoa pojedinca za razliku od godišnjih koji se donose na nivou poduzeća. I kod operativnih planova vodi se računa o raspoloživim resursima, kapacitetima i osoblju, te oni predstavljaju rezultat druge faze planiranja. Njima se

definiraju termini početka i završetka izrade svakog pojedinog entiteta, a prikazuju se numerički ili grafički na dokumentaciji, ekranu računala ili listinzima.

## 7.2. RAZRADA GODIŠNJIH PLANOVA

Godišnji plan proizvodnje je osnovni plan taktičke razine planiranja i upravljanja. Njime se definira asortiman, obim i dinamika proizvodnog programa. Odnosi se na razdoblje jedne godine, i uz neophodne tehnološke podloge predstavlja temelj naknadnom operativnom planiranju. Godišnji plan razrađuje operativna priprema (ili planska služba poduzeća) na temelju plana plasmana gotovih proizvoda, kao i ostalih raspoloživih podloga u skladu sa sljedećom slikom. Godišnji se plan definira na nivou ukupnog poslovnog sustava - poduzeća, ali se može razbiti i na manje samostalne organizacijske jedinice. Može biti specifičan ovisno o vrsti proizvodne cjeline za koju je formiran (obrada, montaža).



Slika 7.1. Tok razrade godišnjeg plana proizvodnje

Godišnji plan proizvodnje predstavlja plan dovršenja izrade i predaje u SGP pojedinih finalnih proizvoda i rezervnih dijelova u skladu sa izrazom:

$$Q_{gj} = P_{uj} + R_{dj} - Z_{pj} + Z_{zj} + \check{S}_{dj} \quad (7.1)$$

gdje je:  $Q_{gj}$  - godišnja količina  $j$ -tih dijelova koje treba proizvesti

- $P_{uj}$  - godišnja količina  $j$ -tih dijelova za prvu ugradnju ( montažu ) u finalne proizvode  
 $R_{dj}$  - godišnja količina  $j$ -tih dijelova koji će se izraditi za potrebe rezervnih dijelova  
 $Z_{pj}$  - početne zalihe  $j$ -tih dijelova na početku godine  
 $Z_{zj}$  - završne zalihe  $j$ -tih dijelova na kraju godine  
 $\check{S}_{dj}$  - godišnja količina  $j$ -tih dijelova koji će se pojaviti kao škart

Zbirni godišnji plan proizvodnje iskazuje se u naturalnim veličinama na osnovi plana plasmana s jedne strane te raspoloživih zaliha (i politike prema zalihama) s druge strane, kao i saznanja o strukturi finalnih proizvoda te politici i metodologiji planiranja.

Planom plasmana obuhvaćeni su zahtjevi i narudžbe kupaca kao i predviđanja i prognoze tržišne potražnje, te je on redovito klizni. Pri tom je jedan dio fiksna, a drugi varijabilan u zavisnosti o točnosti prognoza i dinamici pristizanja konkretnih narudžbi. Na temelju plana plasmana definira se plan proizvodnje određivanjem termina i količina predaje proizvoda na skladište SGP-a. Stoga se ovisno o stanju proizvoda na SGP-u na koncu tekuće godine, mogućnosti prodaje tih količina, te poslovne politike poduzeća prema zalihama, veličine u godišnjem planu proizvodnje mogu razlikovati (to je čest slučaj), umanjiti ili uvećati, od godišnjeg plana plasmana. Za slučaj da se ti planovi poklapaju neće se na kraju godine stvarati nove zalihe proizvoda, ali se ni postojeće neće smanjivati.

U najvećem broju slučajeva, posebice kod serijske proizvodnje, politika prema zalihama je takva da su početne i završne zalihe jednake (  $Z_{pj} = Z_{zj}$  ). No kod maloserijske ili pojedinačne proizvodnje intencija je da nema niti početnih niti završnih zaliha (  $Z_{pj} = Z_{zj} = 0$  ), kako se ne bi opterećivala ekonomičnost poslovanja.

Količina rezervnih dijelova egzaktno se definira godišnjim planom, a određuje se na temelju konkretnih narudžbi i predviđanja formiranih na temelju izvještaja servisne službe.

Ukupne godišnje količine u planu nužno je povećati za količine predviđenog škarta temeljene na statističkim podacima, i to za svaki pojedini entitet.

Za određivanje potrebnog broja dijelova iz prve ugradnje nužno je poznavanje strukture proizvoda i idealno se obavlja uz pomoć računala. Za izračun se koristimo izrazom:

$$P_{uj} = \sum_{i=1}^m X_j \cdot n_i \quad (7.2)$$

- gdje je:  $P_{uj}$  - godišnja količina  $j$ -tih dijelova za prvu ugradnju (montažu) u finalne proizvode  
 $X_j$  - količina  $j$ -te vrste dijelova u  $i$ -tom finalnom proizvodu  
 $n_i$  - količina  $i$ -te vrste finalnih proizvoda

$i = 1, 2, \dots, m$  - vrsta finalnih proizvoda

Ukupnu količinu dijelova za proizvodnju dobijemo na osnovi izraza:

$$Q = \sum_{j=1}^n Q_{gj} \quad (7.3)$$

gdje je:  $Q_{gj}$  - godišnja količina  $j$ -tih dijelova koje treba proizvesti  
 $j = 1, 2, \dots, n$  - broj vrsta (različitih) dijelova

Nakon što se na ovaj način kroz **zbirni godišnji plan** odrede proizvodne količine za sljedeću plansku godinu nužno je analizirati sve aspekte ostvarenja takvog plana, znači potrebne proizvodne kapacitete, alate, reprodukcijске materijale, te radno osoblje. Za izuzetno složen asortiman to se ne vrši za svaki entitet posebno, već za reprezentativne pojedinih grupa proizvoda.

Kod utvrđivanja proizvodnih kapaciteta potrebno je izračunati opterećenje proizvodne opreme na osnovi planskih veličina (količine) i tehnološke dokumentacije (popis operacija). Tako dobijamo:

$$t_{gi} = \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^z t_{rij} \cdot Q_{gij} \quad (7.4)$$

gdje je:  $t_{gi}$  - godišnje vremensko opterećenje  $i$ -te proizvodne opreme (proizvodnog kapaciteta)  
 $t_{rij}$  - vrijeme operacije  $j$ -tog izratka na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $Q_{gij}$  - godišnja količina  $j$ -tih izradaka koji se obrađuju na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $r = 1, 2, \dots, z$  - broj operacija koje se izvode na  $i$ -toj opremi pri obradi  $j$ -tog izratka

Nama je zanimljivo odrediti iskorištenje pojedinih kapaciteta kako bi se utvrdilo ili nedovoljno iskorištenje opreme ili postojanje uskih grla. Kumulativnu godišnju iskoristivost opreme računamo:

$$\eta_i = \frac{t_{gi}}{K_{gi}} = \frac{t_{gi}}{d \cdot s \cdot h \cdot \eta_T} \quad (7.5)$$

gdje je:  $\eta_i$  - stupanj vremenske iskoristivosti  $i$ -te proizvodne opreme ( proizvodnog kapaciteta )  
 $t_{gi}$  - godišnje vremensko opterećenje  $i$ -te proizvodne opreme ( proizvodnog kapaciteta )  
 $K_{gi}$  - godišnji vremenski raspoloživi kapacitet  $i$ -te proizvodne opreme ( kapaciteta )  
 $h$  - broj radnih sati u smjeni

$s$  - broj radnih smjena na dan ( 1, 2, 3 )

$d$  - broj efektivnih radnih dana godišnje ( ~ 260 )

$\eta_T$  - stupanj iskoristivosti bruto raspoloživog vremena  $i$ -tog kapaciteta  
( 0,7 ÷ 0,9 )

Nama je interesantan vremenski kapacitet, iako je kapacitet moguće izraziti i količinski kroz količinu proizvoda koje je neko radno mjesto u stanju proizvesti u jedinici vremena. Za to je preduvjet klasifikacija proizvodne opreme u tehnološke grupe ili detaljno klasificiranje i identificiranje kao zasebni kapacitet. Tako se utvrđuje zbirni godišnji kapacitet koji nam stoji na raspolaganju, te se u slučaju viška ili manjka kapaciteta omogućuje korekcija godišnjeg plana.

Opterećenja i stupnjeve iskoristivosti pogodno je za potrebe zbirnog godišnjeg plana računati ne na nivou pojedinačne proizvodne opreme, već na nivou pojedinih proizvodnih podsustava: OPS-a, radiona ili pogona, pa čak i specifičnih proizvodnji (npr. toliko sati ljevanja, obrade, montaže,...). Iskoristivost nekog podsustava računamo:

$$\eta_s = \frac{\sum_{i=1}^n t_{gi}}{\sum_{j=1}^m K_{gi}} \quad (7.6)$$

gdje je:  $\eta_s$  - stupanj vremenske iskoristivosti proizvodnog (pod)sustava  
 $n$  - broj proizvodnih kapaciteta koji učestvuju u izradi  $i$ -tog dijela  
 $m$  - broj proizvodnih kapaciteta koji su uključeni u proizvodni podsustav

Pri ocjeni pokrivenosti godišnjeg zbirnog plana proizvodnje s raspoloživim radnim osobljem uglavnom se fond sati proizvodne opreme pri izradi dijelova izjednačava s fondom sati radnog osoblja. Takav je pristup pojednostavljen i nije uvijek racionalan jer ne pravi razliku između normiranog vremena stroja i vremena radnika. U praksi se javlja cijeli niz slučajeva kada jedan radnik posluhuje više strojeva s djelomično ili potpuno automatiziranim radom. Realan broj radnog osoblja računamo prema izrazu:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n t_{Rij}}{h \cdot d \cdot \eta_T} \quad (7.7)$$

gdje je:  $R_i$  - godišnji potreban broj radnog osoblja  $i$ -te vrste zanimanja i kvalifikacije prilikom izrade  $j$ -tog izratka  
 $t_{Rij}$  - ručno vrijeme operacije izrade  $j$ -tog izratka koju izvodi radnik  $i$ -te vrste zanimanja i kvalifikacije  
 $\eta_T$  - stupanj iskoristivosti bruto raspoloživog vremena radnika ( ~ 0,75 )

Ukupno potreban broj radnika za izvršenje godišnjeg plana dobivamo:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad (7.8)$$

Pri utvrđivanju neophodnih repromaterijala (sirovina, standardnih dijelova, poluproizvoda kooperanata) za godišnji plan proizvodnje i to prema vrsti i potrebnim količinama koristimo se normativima iz tehnoloških procesa te planiranim godišnjim količinama iz planskih dokumenata. Potrebe za pojedinim vrstama repromaterijala računaju se prema izrazu:

$$M_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \cdot Q_{gj} \quad (7.9)$$

gdje je:  $M_i$  - godišnja potreba  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala  
 $g_{ij}$  - količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala za izradu jedne  $j$ -te komponente  
 $Q_{gj}$  - godišnja količina  $j$ -tih izradaka koje treba proizvesti

Ukupno potrebne količine repromaterijala dobivamo:

$$M = \sum_{i=1}^n M_i \quad (7.10)$$

gdje je:  $M$  - ukupni asortiman i godišnje količine repromaterijala

Određeno detaljiziranje zbirnog godišnjeg plana proizvodnje pruža **dinamički godišnji plan proizvodnje**, a predstavljamo ga matricom:

$$P_{pg} = \begin{array}{c|cccccccc} & T_1 & T_2 & T_3 & & & T_r & & & T_m & \Sigma \\ \hline P_1 & q_{11} & q_{12} & q_{13} & \cdot & \cdot & q_{1r} & \cdot & \cdot & q_{1m} & Q_{g1} \\ P_2 & q_{21} & q_{22} & q_{23} & \cdot & \cdot & q_{2r} & \cdot & \cdot & q_{2m} & Q_{g2} \\ P_3 & q_{31} & q_{32} & q_{33} & \cdot & \cdot & q_{3r} & \cdot & \cdot & q_{3m} & Q_{g3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ P_j & q_{j1} & q_{j2} & q_{j3} & \cdot & \cdot & q_{jr} & \cdot & \cdot & q_{jm} & Q_{gj} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ P_n & q_{n1} & q_{n2} & q_{n3} & \cdot & \cdot & q_{nr} & \cdot & \cdot & q_{nm} & Q_{gn} \end{array} \quad (7.11)$$

gdje je:  $P_{pg}$  - godišnji dinamički plan proizvodnje dijelova (proizvoda)  
 $P_j$  -  $j$ -ti proizvod iz godišnjeg plana  
 $Q_{gj}$  - godišnja količina proizvodnje  $j$ -te vrste dijelova (proizvoda)

$T_r$  -  $r$ -ti vremenski termin u godini  
 $q_{jr}$  - količina  $j$ -te vrste dijelova (proizvoda) koja mora biti gotova u  $r$ -tom terminu

Pojam **termin** podrazumjeva određeno parcijalno terminsko razdoblje na koje je podjeljena poslovna godina, pri čemu se za godišnji plan kao termin koristi mjesec. Na izbor terminske jedinice kod pojedinih poslovnih sustava utječe karakter (vrsta) proizvodnog programa i tip proizvodnje. Velikoserijska proizvodnja kratkih ciklusa izrade podrazumjeva kratke terminske jedinice, a maloserijska i pojedinačna proizvodnja s dužim ciklusima izrade podrazumjeva duže (veće) terminske jedinice. Kraće terminske jedinice osiguravaju preciznije planiranje, ali je potrebno više planskih aktivnosti s povećanim obimom operativnih postupaka. S druge strane s većim terminskim jedinicama planiranje je jednostavnije, ali nepreciznije. Kod serijske proizvodnje optimalan je izbor tjedna kao terminske jedinice zbog visokog stupnja preciznosti i razumnog broja operativnih postupaka.

Matricu dinamičkog godišnjeg plana proizvodnje moguće je rastaviti (obično pomoću računala) na nove specifične matrice upotrebljive za podsustave ukupnog proizvodnog sustava: montažu, strojnu obradu, lijevanu, nabavu, itd...

$$P_{Pg} = | P_{Pg1}, P_{Pg2}, \dots, P_{Pgf}, \dots, P_{Pgn} | \quad (7.12)$$

gdje je:  $P_{Pgf}$  - godišnji dinamički plan  $f$ -te vrste proizvodnje ili nabave

S obzirom da pojedini proizvodi prema karakteru proizvodnog programa i veličinama (količinama) iz godišnjeg plana mogu biti dinamički različito raspoređeni u pojedinim vremenskim terminima tijekom godine, nužno je radi uravnoteženja opterećenja proizvodnih kapaciteta izvršiti analizu takvog plana kontrolom vremenskog opterećenja proizvodne opreme:

$$t_g = \begin{array}{c|ccccccc|c} & K & T_1 & T_2 & & & T_r & & T_m & \Sigma \\ \hline K_1 & & t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & t_{1r} & \cdot & \cdot & t_{1m} & t_{g1} \\ K_2 & & t_{21} & t_{22} & \cdot & \cdot & t_{2r} & \cdot & \cdot & t_{2m} & t_{g2} \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot \\ \hline K_i & & t_{i1} & t_{i2} & \cdot & \cdot & t_{ir} & \cdot & \cdot & t_{im} & t_{gi} \\ \hline K_n & & t_{n1} & t_{n2} & \cdot & \cdot & t_{nr} & \cdot & \cdot & t_{nm} & t_{gn} \end{array} \quad (7.13)$$

gdje je:  $t_g$  - godišnje opterećenje (plan sati izrade)  
 $K_i$  -  $i$ -ta vrsta proizvodnog kapaciteta

$t_{ir}$  - fond potrebnih sati  $i$ -tog kapaciteta za obradu dijelova u  $r$ -tom vremenskom terminu

$t_{gi}$  - godišnje opterećenje (fond planiranih sati)  $i$ -te vrste proizvodnog kapaciteta

Pri tom se vrijednosti pojedinih parcijalnih opterećenja proizvodne opreme računaju prema izrazu:

$$t_{ir} = \sum_{j=1}^n t_{rij} \cdot q_{jr} \quad (7.14)$$

gdje je:  $t_{ir}$  - vremensko opterećenje  $i$ -te vrste proizvodne opreme u  $r$ -tom terminu  
 $t_{rij}$  - vrijeme operacije  $j$ -tog izratka na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $q_{jr}$  - količina  $j$ -te vrste izradaka koja mora biti gotova u  $r$ -tom vremenskom terminu

Ovakvom  $t_g$  **matricom** vrši se usporedbom sa raspoloživim kapacitetima provjera javljaju li se na pojedinim kapacitetima uska grla u pojedinim vremenskim terminima, ili je ustanovljen nizak fond potrebnih sati obrade. To onda u slučaju uskih grla zahtjeva određena tehnološka rješenja ili korekciju plana, a kod malih opterećenja nuđenje kapaciteta trećim licima.

Analizu godišnjeg dinamičkog plana potrebno je provesti i sa stanovišta terminiranja i pristizanja za proizvodnju nužnih reprodukcijjskih materijala. Pri tom je potrebno u obzir uzeti veličine ciklusa izrade ili osiguranja pojedinih entiteta, jer se repromaterijali za njihovu izradu moraju osigurati najmanje toliko vremena ranije kako bi se postigla tražena gotovost prema terminima godišnjeg dinamičkog plana. Veličina parcijalnih količina repromaterijala za pojedini vremenski termin računa se prema sljedećem izrazu omogućujući predočavanje plana osiguranja repromaterijala matricom:

$$m_{ir} = \sum_{j=1}^n g_{ij} \cdot q_{jr} \quad (7.15)$$

gdje je:  $g_{ij}$  - potrebna količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala za izradu  $j$ -tog proizvoda  
 $q_{jr}$  - količina  $j$ -te vrste izradaka koja mora biti gotova u  $r$ -tom vremenskom terminu



$$M = \begin{array}{c|cccccc}
 & T_1 & T_2 & & & T_r & & & T_m & \Sigma \\
 1 & m_{11} & m_{12} & \cdot & \cdot & m_{1r} & \cdot & \cdot & m_{1m} & M_1 \\
 2 & m_{21} & m_{22} & \cdot & \cdot & m_{2r} & \cdot & \cdot & m_{2m} & M_2 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 i & m_{i1} & m_{i2} & \cdot & \cdot & m_{ir} & \cdot & \cdot & m_{im} & M_i \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 n & m_{n1} & m_{n2} & \cdot & \cdot & m_{nr} & \cdot & \cdot & m_{nm} & M_n
 \end{array} \quad (7.16)$$

gdje je:  $M$  - godišnji dinamički plan potreba reprodukcijских materijala  
 $i = 1, 2, \dots, n$  - vrsta reprodukcijского materijala  
 $m_{ir}$  - potrebna količina  $i$ -te vrste  $i$  kvalitete repromaterijala u  $r$ -tom vremenskom terminu  
 $M_i$  - godišnja količina  $i$ -te vrste  $i$  kvalitete reprodukcijского materijala

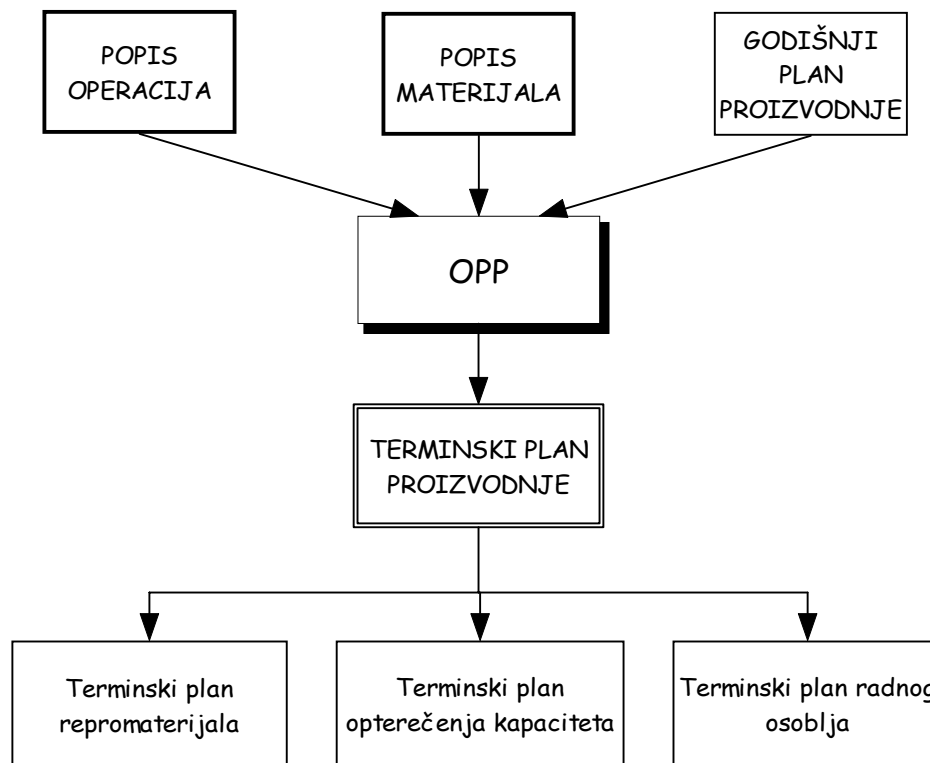
Razrada godišnjeg dinamičkog plana nije jednostavna za slučajeve širokog asortimana a malih količina, posebice kod velikog broja varijanti proizvoda. Vrlo se teško precizno unaprijed za cijelu godinu definiraju količine i termini dovršenja kao i isporuke. Stoga se to vrši za predstavnika cijele skupine proizvoda jer postoji velik broj dijelova, podsklopova i sklopova koji su im zajednički. Na taj se način osigurava dovoljno točna razrada planova proizvodnje kao i planova ostalih resursa (kapaciteta, materijala, radnog osoblja). Svaka izmjena ili rebalans plana mora se provesti organizirano i po metodološkom postupku po kojem je plan i početno donešen. Praktično se to ogleda u izradi **godišnjeg kliznog dinamičkog plana**. On podrazumjeva detaljnu razradu (dinamizaciju) samo jednog kraćeg vremenskog perioda **A**, a ostali period **B** obrađuje se globalno sa približnim količinama i dinamikom temeljenim na prognozama prodaje, statističkim saznanjima te politici prema zalihama. Istekom perioda **A** sukcesivno se detaljno obrađuje novi nadolazeći period, ali on ne smije biti kraći od dužine najdužeg ciklusa proizvodnje pojedinog proizvoda!

### 7.3. RAZRADA TERMINSKIH OPERATIVNIH PLANOVA

**Operativno planiranje (terminiranje)** spada u tzv. drugu fazu planiranja jer slijedi iza faze izrade globalnih godišnjih planova na nivou ukupnog poduzeća. Osnovni zadatak operativnog planiranja je izrada terminskih planova proizvodnje kojima se u prvom redu definira što, koliko i kada treba proizvesti u nekom proizvodnom sustavu (tvornica, pogon, radiona, pojedinačni kapacitet) za neki određeni vremenski period manji od jedne godine (kvartal, mjesec, tjedan). Osim toga nužno je terminske planove

proizvodnje uskladiti i sa potrebama i mogućnostima proizvodnih resursa: repromaterijala, proizvodnih kapaciteta, radnog osoblja.

Operativna će priprema tim uspješnije izvršiti svoj zadatak oko izrade terminskih planova ukoliko ima bolje podloge na osnovu kojih se planiranje vrši. Sljedećom slikom daje se prikaz osnovnih ulaznih dokumenata, te dokumenata koji predstavljaju rezultat takvih aktivnosti. Pri tom svako se operativno planiranje svodi na uspostavu korelacija među parametrima koji su definirani tehnološkim procesom (operacija, radno mjesto, vrijeme, repromaterijal) i godišnjim planom proizvodnje, a sve u skladnom odnosu sa realno raspoloživim proizvodnim kapacitetima.



Slika 7.2. Tok razrade terminskih operativnih planova proizvodnje

Izradom terminskih planova postiže se:

- **terminiranje proizvoda** - određivanje termina početka i završetka proizvodnog ciklusa finalnih proizvoda, podsklopava, dijelova i polufabrikata odnosno njihovih serija, čije se osiguranje ostvaruje nabavom ili proizvodnjom u okviru vlastitog proizvodnog sustava
- **grubo terminiranje operacija** - u okviru proizvodnog ciklusa svakog pojedinog izratka pomoću različitih tehnika
- **fino terminiranje operacija** - po pojedinom radnom mjestu, i to za određeni terminski period unaprijed kako bi se utvrdila opterećenja proizvodnih kapaciteta

### 7.3.1. TERMINIRANJE PROIZVODNJE

Terminiranje podrazumjeva određivanje početka i završetka određenih faza proizvodnje, pojedinih proizvodnih aktivnosti i operacija, koje sačinjavaju ciklus proizvodnje svakog od sastavnih dijelova ukupnog finalnog proizvoda, i to prije početka same proizvodnje.

**Terminiranjem proizvoda** definiraju se termini (rokovi) početka i dovršetka bilo kojih (svih) pozicija, podsklopova i sklopova godišnjim planom definiranih količina finalnih proizvoda za određeni vremenski interval. Cilj te aktivnosti je planiranje dinamike izrade proizvoda, te provjera plana potreba za materijalima sa stanovišta proizvodnih kapaciteta.

**Terminiranjem operacija** određuju se vremena početka i završetka pojedinih operacija u okviru aktivnosti izrade pojedinog izratka. Ciljevi su ostvarenje ravnomjernog opterećenja radnih mjesta, smanjenje međuoperacijskih zastoja i izvršenje planskog ciklusa proizvodnje. Terminiranje operacija je ujedno i fino planiranje kapaciteta.

Svako terminiranje ujedno predstavlja i planiranje kapaciteta, te obrnuto. Za slučaj velikoserijske i masovne proizvodnje kod koje je osigurano tržište operativno planiranje je u prvom redu vođeno što boljim iskorištenjem kapaciteta, te govorimo o planiranju kapaciteta. No kod pojedinačne proizvodnje i malih serija za poznate kupce operativno planiranje je u prvom redu vođeno rokovima, pa govorimo o terminiranju proizvodnje.

Terminski plan proizvodnje detaljno određuje neki od vremenskih intervala godišnjeg plana proizvodnje (kvartal, mjesec, tjedan, dan) definirajući termine (rokove) u kojima proizvodi trebaju biti izrađeni (dovršeni i uskladišteni). To se odnosi na raznolike proizvode, kao npr. proizvode sa velikim brojem tipova čiji su poluproizvodi već pripremljeni na zalihama, proizvode za koje naručioc definiše određene parametre, proizvode koji se izrađuju po posebnim zahtjevima, proizvode kratkih ciklusa proizvodnje s potpuno osiguranim sirovinama, proizvode dužih ciklusa proizvodnje čije poluproizvode i sirovine tek treba osigurati, itd...

Terminiranju proizvodnje pristupa se odmah nakon razrade godišnjeg dinamičkog plana proizvodnje, a izvodi se uvijek na temelju stvarnog **ciklusa proizvodnje** (danas često i na temelju tehnoloških sastavnica i modela stvarnih ciklusa proizvodnje pohranjenih u bankama podataka o modelima u računalima, a koje je pripremila tehnološka priprema). Kod toga se javlja nekoliko značajnih termina koji prilikom izrade terminskih planova moraju biti definirani unaprijed kako bi se proizvodi mogli na vrijeme proizvesti, uskladištiti i isporučiti krajnjem korisniku (kupcu-naručiocu):

- termini narudžbe i prispjeća potrebnih sirovina i repromaterijala
- termini početka i završetka ciklusa izrade
- termini početka i završetka pojedinih proizvodnih faza u okviru ciklusa proizvodnje (izrada, montaža, ispitivanje, i slično)
- termini početka i završetka ciklusa isporuke

Terminiranje je uglavnom zasnovano na metodama mrežnog planiranja, na način da se počinje od termina u kojem neki proizvod mora biti dovršen i uskladišten (\*pa čak i isporučen), a vezano za terminski interval na koji se plan odnosi. Zadatak planera je da tzv. **proračunom unatrag** odredi termine početaka pojedinih aktivnosti ukupnog proizvodnog procesa (montaže, strojne obrade, nabave, ljevanja, itd...) kako bi se ostvarili rokovi dovršenja i ne bi došlo do kašnjenja zbog nepravovremene gotovosti pozicija u pojedinoj proizvodnoj fazi, kako se ne bi formirale nepotrebne zalihe, i kako bi se optimalno iskoristili proizvodni kapaciteti. Vidljivo je da je to cijeli niz složenih i često međusobno kontradiktornih zahtjeva za čije je rješenje pri operativnom planiranju nužan visok stupanj kreativnih sposobnosti.

U nastavku biti će prikazan redosljed postupaka pri terminiranju za jedan opći slučaj, i to u matricnoj formi kao jednostavnoj podlozi i za izradu plana uz pomoć računala. Osnovu za te aktivnosti predstavlja godišnji dinamički plan proizvodnje koji se segmentira na kraće vremenske periode. Polazište predstavlja matricom  $P_p$  po terminima razrađen terminski operativni plan proizvodnje finalnih proizvoda za određeno vremensko razdoblje (npr. mjesec):

$$P_p = \begin{array}{c|ccccccc} P & T_1 & T_2 & & & T_r & & & T_m \\ \hline P_1 & q_{11} & q_{12} & \cdot & \cdot & q_{1r} & \cdot & \cdot & q_{1m} \\ P_2 & q_{21} & q_{22} & \cdot & \cdot & q_{2r} & \cdot & \cdot & q_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot \\ \hline P_j & q_{j1} & q_{j2} & \cdot & \cdot & q_{jr} & \cdot & \cdot & q_{jm} \\ \hline P_n & q_{n1} & q_{n2} & \cdot & \cdot & q_{nr} & \cdot & \cdot & q_{nm} \end{array} \quad (7.17)$$

*nova matrica*

gdje je:  $P_p$  - terminski operativni plan dovršetka i predaje finalnih proizvoda u SGP  
 $P_j$  -  $j$ -ta vrsta finalnog proizvoda  
 $T_r$  -  $r$ -ti termin (tjedan) u planskom intervalu (kvartal, mjesec)  
 $q_{jr}$  - količina  $j$ -te vrste proizvoda koju treba dovršiti i uskladištiti u  $r$ -tom terminu

Na osnovi tako uređene matrice  $P_p$  izrađuje se terminski plan pristizanja dijelova (komponenti) u skladište montaže, na način da sa za svaki finalni proizvod, tj. za svaki  $j$ -ti red matrice  $P_p$  formira nova matrica tipa  $P_j$  čiji redovi predstavljaju popis pozicija (dijelova) za montažu tog finalnog proizvoda.

No, unaprijed se zna da montaža mora započeti ranije kako bi se finalni proizvodi na vrijeme predali u SGP. Taj će pomak biti jednak za sve komponente (dijelove) finalnog proizvoda, i odgovarati će veličini ciklusa montaže finalnog proizvoda  $C_{mj}$ . Stoga će se u novoj matrici pojaviti novi termini sa oznakom  $T_{rm}$  koji su raniji od prethodnih termina  $T_r$  a računaju se prema izrazu (7.18).

$$T_{rmj} = T_r - C_{mj} \quad (7.18)$$

gdje je:  $T_{rmj}$  -  $rm$ -ti termin u kojem treba započeti montažu  $j$ -tog proizvoda da bi bio izrađen (montiran) i predan u skladište gotovih proizvoda SGP u  $r$ -tom terminu  
 $C_{mj}$  - ciklus montaže  $j$ -tog finalnog proizvoda izračunat određenom metodologijom

Novoformirana matrica tipa  $P_j$  ima sljedeći oblik:

$$P_j = \begin{array}{c|ccccccc} D & T_{1m} & T_{2m} & & & T_{rm} & & T_{mm} \\ \hline D_1 & q_{11m} & q_{12m} & \cdot & \cdot & q_{1rm} & \cdot & \cdot & q_{1mm} \\ D_2 & q_{21} & q_{22m} & \cdot & \cdot & q_{2r} & \cdot & \cdot & q_{2m} \\ & m & & & & m & & & m \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & & \cdot \\ D_i & q_{i1m} & q_{i2m} & \cdot & \cdot & q_{irm} & \cdot & \cdot & q_{imm} \\ D_n & q_{n1m} & q_{n2m} & \cdot & \cdot & q_{nr} & \cdot & \cdot & q_{nmm} \\ & & & & & m & & & \end{array} \quad (7.19)$$

gdje je:  $P_j$  - terminski operativni plan dijelova za montažu  $j$ -tog proizvoda u određenom razdoblju  
 $D_i$  -  $i$ -ti dio (pozicija) koja se ugrađuje u  $j$ -ti finalni proizvod  
 $T_{rm}$  -  $rm$ -ti termin (tjedan) u kojem moraju biti na raspolaganju dijelovi za montažu  
 $q_{irm}$  - količina  $i$ -te vrste dijelova potrebna za montažu  $j$ -tog proizvoda u  $rm$ -tom terminu

Ta se matrica  $P_j$  može prema dobavljačima razložiti na niz matrica prema izrazu:

$$P_j = | P_j^{S1}, P_j^{S2}, \dots, P_j^{Sx}, \dots, P_j^N | \quad (7.20)$$

gdje je:  $P_j^{Sx}$  - plan potrebnih dijelova (pozicija, komponenti) za montažu  $j$ -tog finalnog proizvoda kojeg isporučuje  $Sx$ -ta strojna obrada (pogon, proizvodnja)  
 $P_j^N$  - plan potrebnih dijelova za montažu  $j$ -tog finalnog proizvoda kojeg isporučuje nabava

Kada se ovakva procedura provede za sve stavke (finalne proizvode) iz matrice  $P_p$  formira se cijeli niz matrica  $P_j$ , odnosno odgovarajući broj submatrica  $P_j^{Sx}$  i  $P_j^N$ . U nastavku ćemo daljnju analizu terminiranja provesti za strojnu obradu.

Za strojnu je obradu nužno napraviti sintezu po pojedinoj poziciji  $D_i$ , jer se planiranje, terminiranje i nakon toga lansiranje vrši po pojedinom dijelu (poziciji), a ne po finalnim proizvodima. Da bi stoga utvrdili koliko i kada treba proizvesti pojedinih pozicija za montažu u pojedinom terminskom intervalu potrebno je formirati matricu tipa  $D_i$  prema izrazu:

$$D_i = \begin{array}{c|ccccccc|c} P & T_{1m} & T_{2m} & & & T_{rm} & & T_{mm} & \Sigma \\ \hline P_1 & q_{11m} & q_{12m} & \cdot & \cdot & q_{1rm} & \cdot & \cdot & q_{1mm} & n_{i1} \\ P_2 & q_{21} & q_{22m} & \cdot & \cdot & q_{2r} & \cdot & \cdot & q_{2m} & n_{i2} \\ & m & & & & m & & m & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ P_j & q_{j1m} & q_{j2m} & \cdot & \cdot & q_{jrm} & \cdot & \cdot & q_{jmm} & n_{ij} \\ \\ P_n & q_{n1m} & q_{n2m} & \cdot & \cdot & q_{nr} & \cdot & \cdot & q_{nmm} & n_{in} \\ & & & & & m & & & & \\ \Sigma & q_{1m} & q_{2m} & \cdot & \cdot & q_{rm} & \cdot & \cdot & q_{mm} & Q_{rm} \end{array} \quad (7.21)$$

gdje je:  $D_i$  - terminski operativni plan izrade  $i$ -tog dijela (pozicije) koju treba izraditi (predati i uskladištiti) strojna obrada za potrebe montaže u određenom planskom razdoblju

$P_j$  -  $j$ -ti finalni proizvod

$T_{rm}$  -  $rm$ -ti termin (tjedan) u kojem moraju biti na raspolaganju dijelovi za montažu

$q_{jrm}$  - količina  $i$ -te vrste dijelova (pozicije) koje proizvodi strojna obrada potrebnih za montažu  $j$ -tog proizvoda u  $rm$ -tom terminu

$n_{ij}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste dijelova (pozicije) koje proizvodi strojna obrada za potrebe montaže  $j$ -tog proizvoda u određenom planskom razdoblju

$q_{rm}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste dijelova (pozicije) koje mora biti raspoloživa za potrebe montaže u  $rm$ -tom terminu

$Q_{rm}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste dijelova (pozicije) za kompletno plansko razdoblje

Podatak o  $q_{rm}$  potreban je za praktičnu primjenu u operativnoj pripremi strojne obrade, te se matrica  $D_i$  dovodi u jednostavniju plansko-terminsku formu tako što se sumiraju kolone iz prethodne matrice:

$$D_i = | q_{1m}, q_{2m}, \dots, q_{rm}, \dots, q_{mm} | \quad (7.22)$$

No time su tek utvrđeni krajnji termini dovršenja i uskladištenja pojedine pozicije (komponente)  $D_i$  i njezina spremnost za montažu. Važno je pitanje kada tu poziciju treba lansirati, tj. započeti njezinu proizvodnju kako bi se osiguralo njeno dovršenje u planiranom terminu s obzirom da je u proizvodnji nužno određeno vrijeme za izvršenje svih aktivnosti (lansiranje, obrada, transport, čekanje...). To vrijeme definiramo kao ciklus izrade  $C_i$ . Termin početka izrade (lansiranja)  $T_{rs}$  računamo prema izrazu:

$$T_{rs} = T_{rm} - C_i \quad (7.23)$$

gdje je:  $T_{rs}$  -  $rs$ -ti termin u kojem treba započeti izrada (lansiranje)  $i$ -tog dijela (pozicije) da bi bio spreman za montažu u  $rm$ -tom terminu  
 $C_i$  - ciklus izrade  $i$ -tog dijela (pozicije) izračunat određenom metodologijom (analitički, grafički, modelom)

Primjenom relacije  $T_{rs}$  na izraz za  $D_j$  dobivamo novu matricu tipa  $M_i$  sa terminima osiguranja potrebnog  $i$ -tog repromaterijala za izradu dijelova (pozicija) u određenom planskom razdoblju:

$$D_j = \begin{matrix} & M & T_{1s} & T_{2s} & & T_{rs} & & T_{ms} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ \cdot \\ M_i \\ M_n \end{matrix} & = & \begin{matrix} q_{11s} & q_{12s} & \cdot & \cdot & q_{1rs} & \cdot & \cdot & q_{1ms} \\ q_{21s} & q_{22s} & \cdot & \cdot & q_{2rs} & \cdot & \cdot & q_{2ms} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot & & & \cdot \\ q_{i1s} & q_{i2s} & \cdot & \cdot & q_{irs} & \cdot & \cdot & q_{ims} \\ q_{n1s} & q_{n2s} & \cdot & \cdot & q_{nrs} & \cdot & \cdot & q_{nms} \end{matrix} \end{matrix} \quad (7.24)$$

$$M_i = \begin{matrix} & D & T_{1s} & T_{2s} & & T_{rs} & & T_{ms} & \Sigma \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_2 \\ \cdot \\ D_j \\ D_n \\ \Sigma \end{matrix} & = & \begin{matrix} q_{11s} & q_{12s} & \cdot & \cdot & q_{1rs} & \cdot & \cdot & q_{1ms} & m_{i1} \\ q_{21s} & q_{22s} & \cdot & \cdot & q_{2rs} & \cdot & \cdot & q_{2ms} & m_{i2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ q_{j1s} & q_{j2s} & \cdot & \cdot & q_{jrs} & \cdot & \cdot & q_{jms} & m_{ij} \\ q_{n1s} & q_{n2s} & \cdot & \cdot & q_{nrs} & \cdot & \cdot & q_{nms} & m_{in} \\ \hline q_{1s} & q_{2s} & \cdot & \cdot & q_{rs} & \cdot & \cdot & q_{ms} & Q_{rs} \end{matrix} \end{matrix} \quad (7.25)$$

- gdje je:  $M_i$  - terminski operativni plan osiguranja  $i$ -te vrste i kvalitete reprodukcijskog materijala potrebnog za izradu pozicija u strojnoj obradi u određenom planskom razdoblju
- $D_j$  -  $j$ -ti dio (pozicija)
- $T_{rs}$  -  $rs$ -ti vremenski termin (tjedan) u kojem treba biti osigurana  $i$ -ta vrsta i kvaliteta repromaterijala za obradu dijelova
- $q_{jrs}$  - količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala kojeg je potrebno osigurati za izradu  $j$ -tog dijela (pozicije) u  $rs$ -tom terminu
- $m_{ij}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste dijelova (pozicije) koje proizvodi strojna obrada za potrebe montaže  $j$ -tog proizvoda u određenom planskom razdoblju
- $q_{rs}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala (sirovina, otkivak, odljevak, itd.) koja mora biti osigurana za potrebe izrade dijelova (pozicija) u  $rs$ -tom terminu
- $Q_{rs}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala za kompletno plansko razdoblje

Izraz se može i pojednostaviti, a posebice kada se radi o pojedinačnim dijelovima a ne proizvodnim sklopovima, formirajući izraz:

$$M_i = | q_{1s}, q_{2s}, \dots, q_{rs}, \dots, q_{ms} | \quad (7.26)$$

Teoretski gledano na osnovi ovako izrađenog terminskog plana može se vršiti lansiranje, i tako se u praksi i postupa, ali ima i mnogo slučajeva kada se lansiranje vrši i na drugačiji način vezano za količine i termine, o čemu će biti govora u posebnom poglavlju.

Opisanom matricom formiraju se količine i termini osiguranja pojedinih repromaterijala u promatranom planskom periodu. Ukoliko se u okviru vlastitog proizvodnog sustava obavlja i proizvodnja nekih repromaterijala (npr. odljevka) važno je odrediti i termin početka te proizvodne faze, odnosno krajnji dozvoljeni termin osiguranja nužnih sirovina za proces ljevanja odljevka. Odgovor o tome dobijamo preko ciklusa ljevanja  $C_l$  koji obuhvaća sve aktivnosti koje je u procesu ljevanja odljevka potrebno obaviti. Termin određujemo izrazom:

$$T_{rl} = T_{rs} - C_l \quad (7.27)$$

- gdje je:  $T_{rl}$  -  $rl$ -ti termin u kojem treba osigurati nužne sirovine odnosno započeti (lansirati) ljevanje  $i$ -tog repromaterijala da bi bio spreman za obradu u  $rs$ -tom terminu
- $C_l$  - ciklus ljevanja  $i$ -tog repromaterijala (odljevka) izračunat određenom metodologijom



Primjenom relacije  $T_{rl}$  na izraz za  $M_j$  i uzimanjem u obzir popisa potrebnih sirovina za izradu odljevka, dobivamo novu matricu tipa  $S_i$  i termine osiguranja sirovina za izradu određenih odljevaka (repromaterijala) u određenom planskom razdoblju prikazano matricom (7.28).

$$S_i = \begin{matrix} & M & T_{1l} & T_{2l} & & T_{rl} & & T_{ml} & \Sigma \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ \cdot \\ M_j \\ \cdot \\ M_n \\ \Sigma \end{matrix} & \left| \begin{matrix} q_{11l} & q_{12l} & \cdot & \cdot & q_{1rl} & \cdot & \cdot & q_{1ml} \\ q_{21l} & q_{22l} & \cdot & \cdot & q_{2rl} & \cdot & \cdot & q_{2ml} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ q_{j1l} & q_{j2l} & \cdot & \cdot & q_{jrl} & \cdot & \cdot & q_{jml} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ q_{n1l} & q_{n2l} & \cdot & \cdot & q_{nrl} & \cdot & \cdot & q_{nml} \\ \hline q_{1l} & q_{2l} & \cdot & \cdot & q_{rl} & \cdot & \cdot & q_{ml} \end{matrix} \right| \begin{matrix} S_{i1} \\ S_{i2} \\ \cdot \\ S_{ij} \\ \cdot \\ S_{in} \\ Q_{rl} \end{matrix} \end{matrix} \quad (7.28)$$

- gdje je:  $S_i$  - terminski operativni plan osiguranja  $i$ -te vrste sirovine potrebne za izradu repromaterijala (odljevka) u određenom planskom razdoblju  
 $M_j$  -  $j$ -ti polufabrikat (odljevak)  
 $T_{rl}$  -  $r$ -ti vremenski termin u kojem treba osigurati  $i$ -ta vrstu sirovine za izradu repromaterijala  
 $q_{jrl}$  - količina  $i$ -te vrste sirovine koju treba osigurati za izradu  $j$ -tog repromaterijala (odljevka) u  $rl$ -tom terminu  
 $S_{ij}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste sirovine namjenjene izradi  $j$ -tog repromaterijala (odljevka) u određenom planskom razdoblju  
 $q_{rl}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste sirovine koja mora biti osigurana za izradu repromaterijala u  $rl$ -tom vremenskom terminu  
 $Q_{rl}$  - ukupna količina  $i$ -te vrste sirovine za kompletno plansko razdoblje

Na temelju terminskog plana potrebnih dijelova za montažu u određenom planskom razdoblju potrebno je osim terminiranja strojne obrade (odnosno izrade u vlastitim pogonima) izraditi i terminski plan potrebnih dijelova, repromaterijala i sirovina koje isporučuje nabava. Takav je plan rezultat rada operativne pripreme, a transformiran u terminske **specifikacije** potrebnih roba predstavlja podlogu nabavnoj službi za izradu **terminskog plana nabave** na osnovi kojeg se vrše aktivnosti oko ugovaranja isporuka roba od dobavljača.

Da bi se mogao izaditi terminski plan nabave potrebno je imati specifikacije sirovina, polufabrikata i gotove robe temeljene na tehnološkim podlogama uz definiranu dinamiku na osnovi terminskih operativnih planova montaže, obrade i izrade polufabrikata, ali i izračunate cikluse nabave kao i podloge o planskoj cijeni kao osnove za ugovaranje isporuka robe.

Ciklus nabave relevantan je ciklusu montaže ili ciklusu izrade u procesu proizvodnje, a definira se kao vrijeme koje proteče od ugovorenog termina isporuke robe (skladište isporučioaca) do termina kada će ta roba biti uskladištena kod kupca. Ciklus nabave računamo prema izrazu (7.29).

$$C_n = t_z + t_t + t_p + t_u \quad (7.29)$$

gdje je:  $C_n$  - vrijeme trajanja ciklusa nabave  $i$ -tog resursa  
 $t_z$  - moguće vrijeme kašnjenja dobavljača u odnosu na ugovoreni termin  
 $t_t$  - vrijeme transporta od isporučioaca do kupca  
 $t_p$  - vrijeme preuzimanja robe (bilo kod proizvođača ili kod kupca)  
 $t_u$  - vrijeme manipulacije oko uskladištenja u skladište kupca

Vidljivo je da definicija ciklusa nabave ne obuhvaća aktivnosti ugovaranja i same proizvodne aktivnosti kod isporučioaca za koje također treba neko vrijeme, ali negdje se treba zaustaviti definirajući granicu izračuna vremena kod ciklusa, i to onu granicu koju je moguće odrediti s dovoljnom preciznošću. Kod ciklusa nabave to je ugovoreni termin isporuke.

Nakon utvrđivanja planskih cijena i ciklusa nabave utvrđuju se termini u kojima treba ugovoriti pojedine robe (sirovine, repromaterijali, dijelovi, podsklopovi) sa tržišta. Termini u kojima najkasnije mora započeti isporuka pojedinog resursa (robe) izračunava se uspostavljanjem korelacija između ciklusa nabave svake pojedine stavke nabavnog asortimana i njima relevantnih terminskih matrica tipa  $P_j^N$ ,  $D_j^N$ ,  $M_j^N$ ,  $S_j^N$ . Termin isporuke računamo prema općem izrazu:

$$T_{rn} = T_{rx} - C_n \quad (7.30)$$

gdje je:  $T_{rn}$  - termin u kojem treba biti ugovorena i započeta isporuka  $i$ -tog resursa (robe) da bi na vrijeme, u  $rx$ -tom ( $rm$ -tom,  $rs$ -tom,  $r$ -tom) terminu započela naredna proizvodna faza  
 $T_{rx}$  -  $rx$ -ti termin u kojem će početi prerada  $i$ -tog resursa ( robe )  
 $C_n$  - ciklus nabave  $i$ -tog resursa ( robe )

Korištenjem ove relacije mogu se formirati kako godišnji planovi nabave, tako i terminski operativni planovi nabave kao rekapitulacije slijedećeg tipa (npr. za slučaj gotovih dijelova):

$$N_D = \begin{array}{c|ccccccc} D & T_{1n} & T_{2n} & & & T_{rn} & & T_{mn} & \Sigma \\ \hline D_1 & q_{11n} & q_{12n} & \cdot & \cdot & q_{1rn} & \cdot & \cdot & q_{1mn} & q_1 \\ D_2 & q_{21n} & q_{22n} & \cdot & \cdot & q_{2rn} & \cdot & \cdot & q_{2mn} & q_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & \cdot & & \\ D_i & q_{i1n} & q_{i2n} & \cdot & \cdot & q_{irn} & \cdot & \cdot & q_{imn} & q_i \end{array} \quad (7.31)$$

$$D_n \left| \begin{array}{cccc} q_{n1n} & q_{n2n} & \dots & q_{nrn} & \dots & q_{nmn} \end{array} \right| q_n$$

gdje je:  $N_D$  - terminski operativni plan nabave gotovih dijelova za određeno plansko razdoblje

$D_i$  -  $i$ -ta gotova roba (pozicija) koju je potrebno nabaviti

$T_{rn}$  -  $rn$ -ti vremenski termin u kojem treba osigurati gotovost robe kod dobavljača, odnosno započeti isporuku

$q_{irn}$  - količina  $i$ -te gotove robe (pozicije) koja mora biti ugovorena za isporuku u  $rn$ -tom terminu

$q_i$  - ukupna količina  $i$ -te gotove robe (pozicije) koja mora biti ugovorena za isporuku u određenom planskom razdoblju

Ukupni asortiman resursa koji nabava treba osigurati u određenom planskom razdoblju predstavljamo relacijom:

$$N = [ N_p + N_D + N_M + N_S ] \quad (7.31)$$

gdje je:  $N$  - ukupni program nabave reprodukcijских resursa (podsklopova, dijelova, materijala-polufabrikata, sirovina)

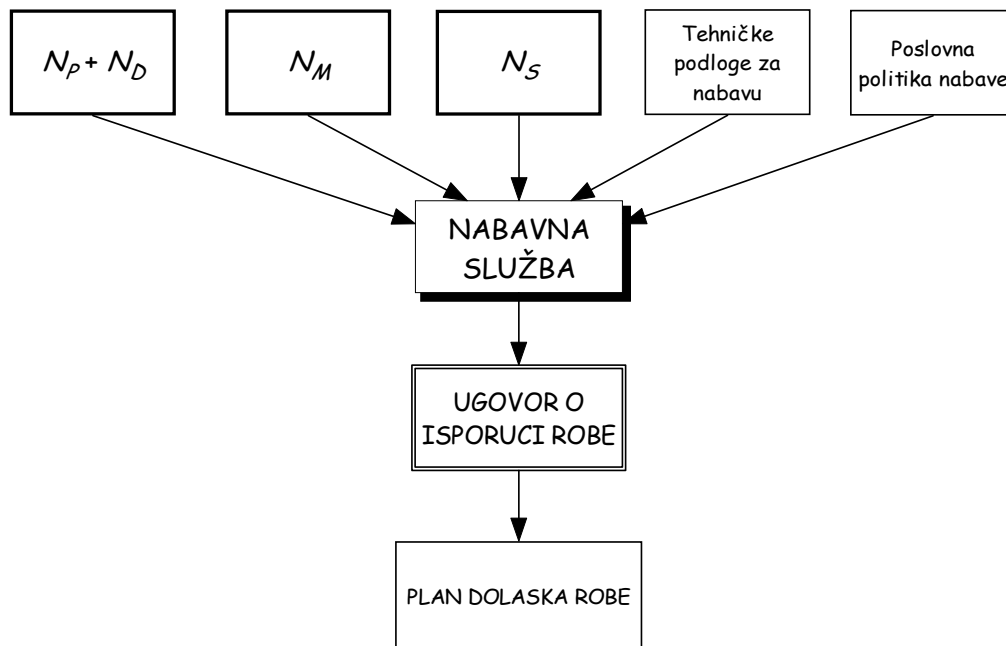
$N_p$  - specifikacija nabave gotovih proizvoda (podsklopova)

$N_D$  - specifikacija nabave gotovih dijelova (pozicija)

$N_M$  - specifikacija nabave repromaterijala (polufabrikata)

$N_S$  - specifikacija nabave sirovina

Vidljivo je da nabavna služba dobija vrlo sređene i jednostavne podloge - specifikacije u kojima se jedan resurs pojavljuje kao jedna stavka za koju su određene količine i termini ugovaranja bez obzira u koliko se proizvoda ugrađivao.



Slika 7.3. Pregled ulaznih i izlaznih podloga nabavne službe pri ugovaranju isporuka robe

Slika (7.3) daje pregled osnovnih informacijskih dokumenata koji služe nabavnoj službi za ugovaranje isporuka, te kao podloge za preuzimanje robe.

**Plan dolaska robe** zasebna je podloga nabavne službe, a cjelina je ukupnosti poslova planiranja. Sadrži osnovne izvode iz ugovora o isporuci robe kao npr. što, koliko i kada će biti isporučeno. Dokument je u osnovi namjenjen ulaznom skladištu kako bi znalo što treba preuzeti, kao i transportnoj službi nabave. U slučaju korištenja računala u poslovanju moguće je na osnovu tog plana organizirati izradu automatskih upozorenja dobavljačima.

Nakon aktivnosti terminiranja proizvodnje finalnih proizvoda i njihovih sastavnih komponenti (podsklopovi, dijelovi, polufabrikati-repromaterijali, sirovine), moguće je formirati pogodno oblikovane **rekapitulacije** proizvodnih zadataka po pojedinim organizacijskim cjelinama (npr. za strojnu obradu, montažu, ljevaonu, toplu obradu, nabavu). Kod strojne obrade rekapitulacije se izražavaju u sljedećem obliku:

$$P_{SO} = \begin{array}{c|ccccccc|c}
 D & T_{1s} & T_{2s} & & & T_{rs} & & T_{ms} & \Sigma \\
 D_1 & q_{11s} & q_{12s} & \cdot & \cdot & q_{1rs} & \cdot & \cdot & q_{1ms} & n_1 \\
 D_2 & q_{21s} & q_{22s} & \cdot & \cdot & q_{2rs} & \cdot & \cdot & q_{2ms} & n_2 \\
 \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & \cdot & & \\
 D_i & q_{i1s} & q_{i2s} & \cdot & \cdot & q_{irs} & \cdot & \cdot & q_{ims} & n_i \\
 D_n & q_{n1s} & q_{n2s} & \cdot & \cdot & q_{nrs} & \cdot & \cdot & q_{nms} & n_n
 \end{array} \quad (7.32)$$

- gdje je:  $P_{SO}$  - terminski operativni plan proizvodnje pozicija (proizvodnih sklopova, dijelova) u strojnoj obradi za određeno plansko razdoblje
- $D_i$  -  $i$ -ta vrsta pozicije
- $q_{irs}$  - količina  $i$ -te vrste pozicije koju treba izraditi u  $rs$ -tom vremenskom terminu
- $n_i$  - ukupna količina  $i$ -te vrste pozicije koju treba izraditi u strojnoj obradi u ukupnom planskom razdoblju

Na isti način je temeljem terminski operativnih planova moguće izraditi rekapitulaciju potrebnih repromaterijala za potrebe strojne obrade kako po asortimanu tako i po količinama za pojedine planske termine prema izrazu (7.33).

$$M_{SO} = \begin{array}{c|ccccccc|c}
 M & T_{1s} & T_{2s} & & & T_{rs} & & T_{ms} & \Sigma \\
 M_1 & q_{11s} & q_{12s} & \cdot & \cdot & q_{1rs} & \cdot & \cdot & q_{1ms} & m_1 \\
 M_2 & q_{21s} & q_{22s} & \cdot & \cdot & q_{2rs} & \cdot & \cdot & q_{2ms} & m_2 \\
 \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & & \cdot & & \\
 M_i & q_{i1s} & q_{i2s} & \cdot & \cdot & q_{irs} & \cdot & \cdot & q_{ims} & m_i \\
 M_n & q_{n1s} & q_{n2s} & \cdot & \cdot & q_{nrs} & \cdot & \cdot & q_{nms} & m_n
 \end{array} \quad (7.33)$$

gdje je:  $M_{SO}$  - terminski operativni plan potrebnih repromaterijala u strojnoj obradi za određeno plansko razdoblje

$M_i$  -  $i$ -ta vrsta i kvaliteta reprodukcijskog materijala

$q_{irs}$  - količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala u  $rs$ -tom vremenskom terminu

$m_i$  - ukupna količina  $i$ -te vrste i kvalitete repromaterijala u ukupnom planskom razdoblju

Isto bi važno i za eventualno potrebne sirovine u strojnoj obradi.

Za izloženu analizu aktivnosti terminiranja važno je naglasiti da je izložena uz pretpostavku da se terminski plan donosi bez obzira na **tekuće stanje**, tj kao da jedno plansko razdoblje nema nikakve veze sa prethodnim planskim razdobljem. Takve su situacije rijetke jer se u praksi proces proizvodnje odvija kontinuirano, te se prilikom određivanja plana za naredno plansko razdoblje u obzir uzima **stanje svih resursa** u graničnom terminu između uzastopnih planova. Problem se lako uočava, ali mu je rješenje dosta složeno. Posebice je to slučaj kod proizvodnje koja se realizira u više faza, jer se utvrđivanje stanja resursa usložava zbog formiranja dužeg ili kraćeg repa nedovršene proizvodnje u različitim proizvodnim (transformacijskim) fazama.

Proces planiranja za naredno plansko razdoblje mora započeti znatno prije početka planskog perioda tj. ranije od termina odvijanja, i to najkasnije prije početka onih aktivnosti (nabava, ljevanje) koje imaju najduži ciklus. S obzirom da bi prilikom stvaranja plana narednog planskog perioda htjeli u obzir uzeti stanje resursa iz prethodnog planskog perioda, nužno je izračunati **očekivano stanje resursa** u prvom terminu narednog planskog razdoblja. U slučaju idealnog ostvarenja planova to i ne bi bio problem, ali se u praksi ipak dešavaju manja ili veća odstupanja od planova, te ih treba uzeti u obzir i izračunati svaki put prilikom revizije ili izrade plana za novo plansko razdoblje.

Za svaku fazu proizvodnog ciklusa (montaža, strojna ili druga obrada, nabava) potrebne količine resursa za naredni planski period utvrditi ćemo prema izrazu (7.34)

$$n_i = n_{ip} - n_{is} \quad (7.34)$$

gdje je:  $n_i$  - stvarno potrebna količina  $i$ -te pozicije (sklopa, dijela) koju treba proizvesti u nekom narednom planskom razdoblju  
 $n_{ip}$  - planska potrebna količina  $i$ -te pozicije (sklopa, dijela) za naredno plansko razdoblje  
 $n_{is}$  - stanje očekivanih količina  $i$ -te pozicije na zalihi i to na početku narednog planskog razdoblja.

Planski potrebne količine jednostavno se izračunavaju prema obrascu:

$$n_{ip} = g_i \cdot q_j \quad (7.35)$$

gdje je:  $g_i$  - količina  $i$ -te pozicije (sklopa, dijela) koja se ugrađuje u nadređeni proizvod (po konstrukcijskoj sastavnici)  
 $q_j$  - količina  $j$ -tih proizvoda u koje se ugrađuje  $i$ -ta pozicija u okviru planskog razdoblja (zadano matricom  $P_p$ )

Nešto složeniji problem predstavlja izračunavanje očekivanog stanja svake pojedinačne pozicije u početnom terminu novog planskog razdoblja. Izračun se izvodi **po teoriji repova\*** na osnovi **priliva** i **potrošnje** pojedinog resursa od trenutka izrade plana do početnog termina novog planskog razdoblja prema izrazu:

$$n_{is} = Q_{is} + \sum_{j=1}^k n_{ij} - \sum_{r=1}^t n_{ir} \quad (7.36)$$

gdje je:  $Q_{is}$  - stanje zaliha  $i$ -te pozicije (sklopa, dijela) u trenutku početka izrade plana (na osnovi trenutnog stanja zaliha)  
 $n_{ij}$  -  $j$ -ta količina  $i$ -te pozicije koja će ući u međuskladište do prvog termina narednog planskog razdoblja (na osnovi dokumenata OPP-a po lansiranim količinama ili dokumenata nabave o isporuci robe)  
 $n_{ir}$  -  $r$ -ta količina  $i$ -te pozicije koja će biti utrošena od trenutka izrade plana do prvog termina narednog planskog razdoblja (iz terminskog plana prethodnog razdoblja)

Ovom formulom u naredni se plan unose sva odstupanja nastala u predhodnom planskom razdoblju, te se plan svodi na realno stanje resursa !!!

### 7.3.2. OPERATIVNO PLANIRANJE PROIZVODNIH KAPACITETA

Svako terminiranje proizvodnje ujedno predstavlja i operativno planiranje proizvodnih kapaciteta, posebice za slučajeve gdje je planiranje prvenstveno vođeno što boljim iskorištenjem kapaciteta (velike serije za osigurano tržište).

Količine pojedinih proizvoda mogu biti s obzirom na karakter proizvodnog programa te veličine iz godišnjeg plana različito dinamički raspoređene u određenom vremenskom

planskom razdoblju. Stoga je operativnim planom opterećenja kapaciteta potrebno analizirati korištenje proizvodne opreme, te utvrditi opterećenja, propusnu moć, te eventualna uska grla koja se pri radu mogu javiti, kao i iskoristivost proizvodne opreme što je usko povezano s uspješnim planiranjem odnosno vođenjem proizvodnje.

**Raspoloživi vremenski proizvodni kapacitet**  $i$ -te proizvodne opreme u određenom vremenskom razdoblju računamo prema poznatom izrazu:

$$K_{ir} = h \cdot s \cdot d \cdot \eta_T \quad (7.37)$$

pri čemu se kod izračuna najčešće primjenjuju mjesečni  $K_{mi}$ , tjedni  $K_{ti}$ , i dnevni  $K_{di}$  raspoloživi kapaciteti izraženi u satima / vremenskoj jedinici.

Raspoloživi proizvodni kapacitet ukupnog proizvodnog sustava ( OPS-a ) prikazujemo kao:

$$K_{sr} = \sum_{i=1}^n K_{ir} \quad (7.38)$$

gdje je:  $K_{sr}$  - raspoloživi vremenski kapacitet ukupnog proizvodnog sustava u  $r$ -tom razdoblju

$K_{ir}$  - raspoloživi vremenski kapacitet  $i$ -te proizvodne opreme u  $s$ -tom proizvodnom sustava za  $r$ -to vremensko razdoblje

$i = 1, 2, \dots, n$  - broj pojedinačnih kapaciteta u  $s$ -tom proizvodnom sustavu

Stvarno opterećenje kapaciteta podrazumjeva ukupno plansko vrijeme izrade na proizvodnoj opremi u određenom vremenskom razdoblju. Ono se računa na osnovi tehnološke dokumentacije i operativnih informacija (količina proizvodnje i prebačaja norme), pri čemu se za pojedinačni kapacitet koristi izraz:

$$t_{ir} = \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^z t_{rij} \cdot q_{ij} \cdot f_n^* \quad (7.39)$$

gdje je:  $t_{ir}$  - vremensko opterećenje  $i$ -tog kapaciteta (proizvodne opreme) u  $r$ -tom razdoblju

$j = 1, 2, \dots, n$  - broj različitih izradaka koji se obrađuju na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu

$r = 1, 2, \dots, z$  - broj operacija koje se izvode na  $i$ -tom kapacitetu pri obradi  $j$ -tog izratka

$t_{rij}$  - vrijeme  $r$ -te operacije pri obradi  $j$ -tog izratka na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu

$q_{ij}$  - količina  $j$ -tih izradaka koji se obrađuju na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu

$f_n^*$  - faktor prebačaja norme (obično manji od 1)

Za opterećenje proizvodnog sustava koristi se opći izraz (7.40).



$$t_{sr} = \sum_{i=1}^m t_{ir} \quad (7.40)$$

gdje je:  $t_{sr}$  - vremensko opterećenje  $s$ -tog proizvodnog sustava u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $t_{ir}$  - vremensko opterećenje  $i$ -tog kapaciteta iz  $s$ -tog PS-a u  $r$ -tom terminu  
 $i = 1, 2, \dots, m$  - broj pojedinačnih kapaciteta u  $s$ -tom proizvodnom sustavu

Proizvodni sustavi načelno mogu biti formirani na dva specifična načina: kao linije ili kao grupe proizvodne opreme. Stoga njihova opterećenja tj. potrebne planske kapacitete izražavamo prema relacijama:

linija: 
$$t_{sl} = \sum_{j=1}^n T_j \cdot q_j \cdot f_n^* \quad (7.41)$$

gdje je:  $t_{sl}$  - vremensko opterećenje (planski kapacitet) linijskog sustava za određeno terminsko razdoblje  
 $T_j$  - takt proizvodnje  $j$ -tog proizvoda pri obradi na linijskom proizvodnom sustavu  
 $q_j$  - količina (obim)  $j$ -tih proizvoda (dijelova)  
 $f_n^*$  - faktor prebačaja norme (manji od jedan)  
 $j = 1, 2, \dots, n$  - broj različitih dijelova koji se obrađuju na  $s$ -tom proizvodnom sustavu

grupa: 
$$t_{sg} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^z t_{rij} \cdot q_{ij} \cdot f_n^* \quad (7.42)$$

gdje je:  $t_{sg}$  - vremensko opterećenje (planski kapacitet) grupnog proizvodnog sustava za određeno terminsko razdoblje  
 $t_{rij}$  - vrijeme  $r$ -te operacije pri obradi  $j$ -tog izratka na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $q_{ij}$  - količina (obim)  $j$ -tih izadaka koji se obrađuju na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $f_n^*$  - faktor prebačaja norme (manji od jedan)  
 $i = 1, 2, \dots, m$  - broj pojedinačnih kapaciteta u  $s$ -tom proizvodnom sustavu  
 $j = 1, 2, \dots, n$  - broj različitih dijelova koji se obrađuju na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $r = 1, 2, \dots, z$  - broj operacija koje se izvode na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu prilikom obrade  $j$ -tog izratka

Iskoristivost kapaciteta načelno definiramo izrazom:

$$\eta = \frac{\text{iskorišteno}}{\text{raspoloživo}} = \frac{\text{dobiveno}}{\text{uloženo}} = \frac{\text{plansko opterećenje}}{\text{raspoloživi kapacitet}} \quad (7.43)$$

Ukoliko je  $\eta < 1$  pojedinačni kapacitet nije dovoljno opterećen, ukoliko je  $\eta = 1$  kapacitet je optimalno 100 % opterećen, a ukoliko je  $\eta > 1$  kapacitet je preopterećen (treba veći broj proizvodne opreme ili smanjiti planske količine !)

Iskoristivost kapaciteta proizvodnog sustava dobijemo ukoliko u odnos stavimo opterećenje (planski kapacitet) sustava i raspoloživi proizvodni kapacitet prema izrazu:

$$\eta = \frac{t_s}{K_s} = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_i}{m} \quad (7.44)$$

gdje je:  $\eta_s$  - stupanj iskoristivosti proizvodnog sustava (svih kapaciteta u njemu)  
 $t_s$  - plansko opterećenje proizvodnog sustava  
 $K_s$  - raspoloživi kapacitet proizvodnog sustava  
 $\eta_i$  - stupanj iskoristivosti i-tog proizvodnog kapaciteta  
 $i = 1, 2, \dots, m$  - broj pojedinačnih kapaciteta u s-tom proizvodnom sustavu

Ukoliko se želi utvrditi da li neki proizvodni sustav može proizvesti određenu planiranu količinu proizvoda računa se tzv. **propusna moć** na način da se u odnos stavi potreban i raspoloživ kapacitet.

Za **liniju** kao organizacijski oblik koristi se relacija:

$$P_{mi} = \eta_{si} = \frac{\sum_{j=1}^n T_j \cdot q_j \cdot f_n^*}{h \cdot s \cdot d \cdot \eta_T} \quad (7.45)$$

gdje je:  $P_{mi}$  - propusna moć linijskog proizvodnog sustava, a adekvatna je stupnju iskoristivosti  
 $q_j$  - količina (obim) j-tih izadaka (proizvoda) koji se obrađuju na proizvodnom sustavu

Ukoliko je vrijednost propusne moći  $P_m \leq 1$  konstatiramo da proizvodni sustav omogućuje svladavanje planirane proizvodnje u normalnim uvjetima, a ukoliko je  $P_m > 1$  znači da je proizvodni sustav preopterećen. Ovisno o veličini preopterećenja mogu se poduzeti različite mjere: djelomičan rad u trećoj smjeni (povećati  $s$ ), rad u slobodnim danima - subotom i nedjeljom (povećati  $d$ ), smanjiti gubitke - dnevni odmor, zastoji, čekanja (povećati  $\eta_T$ ), odnosno nastojati povećati prebačaj norme?

Analizirajući opterećenja, odnosno propusnu moć i uska grla za razne slučajeve zaključujemo da u okviru određenog vremenskog razdoblja u općem slučaju za linijski sustav vrijedi:

$$P_{ml} = \left| \begin{array}{cccc} T_1 & T_2 & T_r & T_m \\ P_{ml1}, & P_{ml2}, & \dots, & P_{mlr}, \dots, P_{mlm} \end{array} \right| \quad (7.46)$$

gdje je:  $P_{ml}$  - propusna moć linijskog proizvodnog sustava  
 $P_{mlr}$  - propusna moć linijskog sustava u r-tom vremenskom planskom razdoblju

Kod **grupnih** proizvodnih sustava propusna moć cijelog sustava ovisna je o propusnoj moći svakog pojedinog kapaciteta, pa vrijedi relacija:

$$P_{mg} = \eta_i \quad (7.47)$$

To ujedno znači da svaki pojedinačni kapacitet u sustavu (radiona, pogon) može postati **usko grlo**. Za otklanjanje uskog grla važe isti stavovi kao kod linijskog PS-a. Na isti način kod grupnih proizvodnih sustav koji se kao cjelina sastoje od više različitih proizvodnih kapaciteta (stroj, ručna obrada, uređaj,...) propusna moć ovisi o svakom pojedinom kapacitetu, pri čemu svaki može biti i usko grlo ( $P_m = \eta_i$ ), te važi slijedeća relacija:

$$P_{mg} = \eta_s = \left| \begin{array}{cccccc} K & T_1 & T_2 & & T_r & & T_m & \Sigma \\ K_1 & \eta_{11} & \eta_{12} & \cdot & \cdot & \eta_{1r} & \cdot & \cdot & \eta_{1m} & \eta_1 \\ K_2 & \eta_{21} & \eta_{22} & \cdot & \cdot & \eta_{2r} & \cdot & \cdot & \eta_{2m} & \eta_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & \cdot \\ K_i & \eta_{i1} & \eta_{i2} & \cdot & \cdot & \eta_{ir} & \cdot & \cdot & \eta_{im} & \eta_i \\ K_n & \eta_{n1} & \eta_{n2} & \cdot & \cdot & \eta_{nr} & \cdot & \cdot & \eta_{nm} & \eta_n \\ \hline & \eta_{s1} & \eta_{s2} & \cdot & \cdot & \eta_{sr} & \cdot & \cdot & \eta_{sm} & \eta_s \end{array} \right| \quad (7.48)$$

gdje je:  $\eta_s$  - stupanj iskoristivosti cijelog proizvodnog sustava  
 $K_i$  - i-ti proizvodni kapacitet (stroj, ručna obrada, oprema)  
 $T_r$  - r-ti termin (plansko razdoblje)  
 $\eta_{ir}$  - stupanj iskoristivosti i-tog proizvodnog kapaciteta u r-tom razdoblju  
 $\eta_{sr}$  - stupanj iskoristivosti PS-a u r-tom terminskom razdoblju  
 $\eta_i$  - ukupni stupanj iskoristivosti i-tog proizvodnog kapaciteta u određenom vremenskom razdoblju (niti jedan  $\eta$  nije > 1).

Pri čemu  $\eta_{ir}$  računamo na temelju izraza:

$$\eta_{ir} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{x=1}^z t_{xij} \cdot q_{ijr} \cdot f_n^*}{h \cdot s \cdot d \cdot \eta_T} \quad (7.49)$$

gdje je:  $t_{xij}$  - vrijeme  $x$ -te operacije pri obradi  $j$ -tog izratka na  $i$ -tom proizvodnom kapacitetu  
 $q_{ijr}$  - količina  $j$ -tog izratka koja se obrađuje na  $i$ -tom kapacitetu u  $r$ -tom terminu

**Pitanje je kako što realnije utvrditi iznos za  $q_{ijr}$  !!!** Terminskim planom utvrđuje se planski iznos, ali samo kao količina koja se u određenom terminu mora realizirati. No, proizvodni se proces odvija za sve vrijeme trajanja ciklusa proizvodnje koji često može biti i duži od jednog terminskog intervala. Stoga planski terminiranu količinu  $q_{ijr}$  za bilo koji  $r$ -ti termin raspoređujemo jednoliko po cijelom trajanju ciklusa. U tu svrhu određujemo **koeficijent rasporeda po ciklusu**:

$$v_j = \frac{C_j}{T} \quad (7.50)$$

gdje je:  $v_j$  - koeficijent rasporeda po ciklusu odnosno odnos trajanja jednog planskog razdoblja i ciklusa izrade pri proizvodnji  $j$ -tog dijela (proizvoda)  
 $T$  - vremensko trajanje jednog jediničnog terminskog intervala  
 $C_j$  - ciklus izrade  $j$ -te pozicije izražen kao cijeli broj jediničnih terminskih intervala

Vrijednost  $v_j \geq 1$ , pa ukoliko je jednaka jedinici uzimamo da je  $q_{ijr} = q_{ij}$ . To znači da je planirana terminska količina  $j$ -te pozicije u  $r$ -tom terminu ujedno i količina s kojom se računa opterećenje strojeva u sustavu u tom terminu.

Kada je  $v_j > 1$  planiranu terminsku količinu treba rasporediti na onoliko terminskih jedinica kolika je veličina  $v_j$  po izrazu:

$$q_{ijy} = \frac{q_{ijr}}{v_j} \quad (7.51)$$

gdje je:  $q_{ijy}$  - količina  $j$ -te pozicije koja se obrađuje na  $i$ -tom kapacitetu u  $y$ -tom terminu  
 $y = r, r+1, r+2, \dots, r+n$  - broj terminskih intervala na koje se količina raspoređuje

To znači da se ukupna terminska količina izradaka za  $r$ -ti termin raspoređuje u jednakim obimima kroz cijeli ciklus obrade, s tim da započne u  $(r-y)$  - tom terminu

(termin lansiranja ukoliko želimo da bude na vrijeme gotova) i dalje u onoliko narednih termina  $y$  kolika je vrijednost  $v_j$ .

Finim planiranjem kapaciteta moguće je planirati rad svakog pojedinačnog kapaciteta dinamički na osnovi finog terminiranja operacija, a na gantogramu se u jednom redu kumuliraju sve operacije koje je nužno na tom kapacitetu izvršiti.

### 7.3.3. TEHNIKE PRIKAZA OPERATIVNIH PLANOVA

Više je načina iskazivanja operativnih terminskih planova, pri čemu su izuzimajući elektroničke uređaje s analogno-digitalnom regulacijom i signalizacijom najčešće tehnike:

- **numerički-tabelarna** - određuju se i termini lansiranja, termini planiranja pojedinih operacija, te termini predaje u SGP, ali su te planske veličine ipak vizualno slabije uočljive nego kod prikaza terminskog plana gantogramom. Numerički se prikaz može i drugačije koncipirati, npr. uz predviđanje redova za označavanje izvršenja, čime se osigurava usporedba ostvarenja planskih aktivnosti
- **gantogram** (dijagramski numeričo-grafički oblik) - osigurava lakše uočavanje planskih veličina i u praksi se vrlo često koristi. Takvi Gantovi dijagrami omogućuju praćenje planova pomoću horizontalnih dužina kojima su zorno prikazani počeci i završeci svake operacije. Dodatno se iznad takvih dužina mogu ispisati i brojevi radnog naloga, oznaka izratka kao i broj operacije. U grafičke načine iskazivanja planova spadaju i mrežni dijagrami.
- **planska ploča** - koja se često koristi u različitim izvedbama i veličinama. Svim je izvedbama zajednički princip nanošenja planskih veličina i njihovog praćenja. Planovi se ne iskazuju brojevima ili crtežom, već postavljanjem i premještanjem tehničkih elemenata (utikača, pločica, papirnatih traka i slično). Obično se na lijevoj strani nalaze pretinci za umetanje kopija radnog naloga, odnosno kartona za označavanje proizvodne opreme. S desne se strane za svaki nalog ili izradak nalaze po dva reda rupica, pri čemu se u prvi red umeću utikači označavajući početke terminskih planova, a u donjem se redu rupica prati izvršenje. Karakteristika ove tehnike je jednostavno i brzo iskazivanje plana i bilo kakvih izmjena jer nema brisanja i ponovnog unošenja brojeva ili crta kao kod numeričkog ili gantogramskog prikaza.

### 7.4. METODE OPERATIVNOG PLANIRANJA

Poslovi operativne pripreme nisu rutinskog karaktera čak ni u slučaju dobro razrađene tehnološke pripreme proizvodnje. To je tek solidan preduslov dobrom koncipiranju operativnih poslova uz kreativan pristup rješavanju problema.

Pri operativnom planiranju načelno se primjenjuje nekoliko metoda koje se s obzirom na okolnosti u kojima se proizvodnja odvija, posebice karakteristika proizvodnog programa, javljaju u niz varijanti. Primjenjene metode jesu:

1. Metoda planiranja po jednokratnom proizvodnom nalogu
2. Metoda planiranja po min-max zalihama
3. Metoda planiranja potreba za materijalom - MRP ( material requirements planning )
4. Metoda planiranja proizvodnih resursa - MRP II ( manufacturing resource planning ).

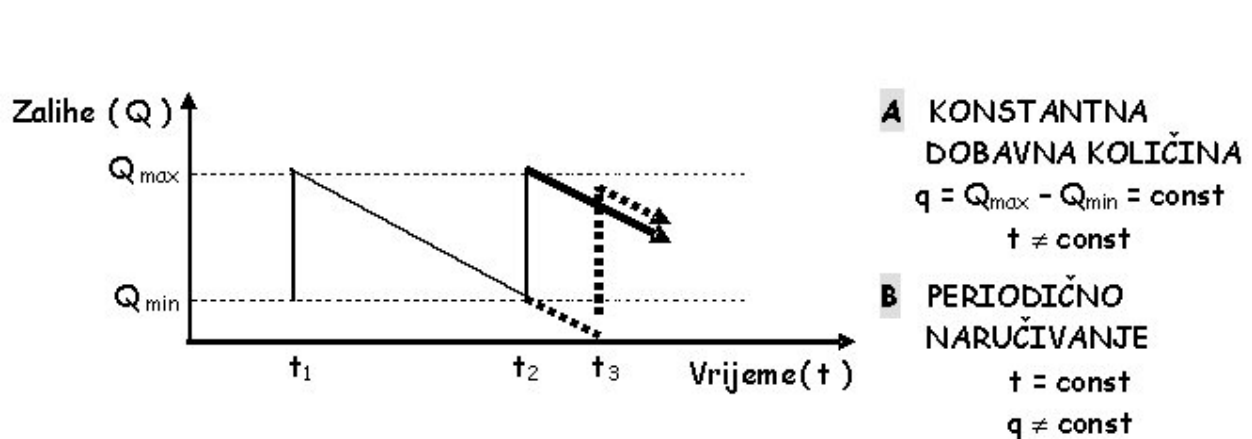
#### **7.4.1. METODA JEDNOKRATNOG PROIZVODNOG NALOGA**

Ideja metode je u tome da se planira točno određen broj dijelova potrebnih prilikom montaže nekog finalnog proizvoda za definirano terminsko razdoblje. Radi lakšeg praćenja odvijanja kao i analize troškova, takva se proizvodnja lansira pod jednim zajedničkim proizvodnim nalogom, pa joj od tuda proizlazi ime. Metoda se obično primjenjuje kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje koja se rijetko ponavlja, ili su intervali ponavljanja dugački i nesigurni. Stoga je želja da na skladištima ne ostanu zalihe pojedinih dijelova, već da svi budu upotrebljeni u fazi izrade finalnog proizvoda. Tako se u proizvodnji lansira količina dijelova koja je upravo potrebna za završnu montažu proizvoda, te nema ni početnih ni završnih zaliha gotovih dijelova.

#### **7.4.2. METODA SIGNALNIH ( MIN - MAX ) ZALIHA**

Za proizvodni program s karakteristikama serijske proizvodnje uz njeno kontinuirano ponavljanje u kraćim ili dužim intervalima, operativno planiranje može se bazirati na metodi upravljanja zalihama ( min - max ) gotovih proizvoda.

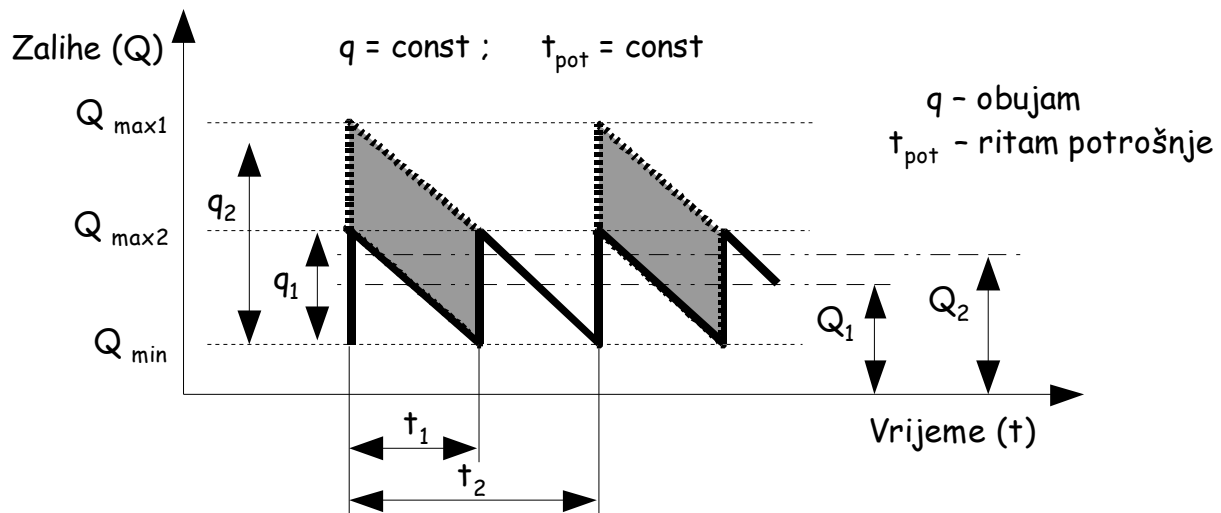
Kod serijske proizvodnje značajno je osigurati neprekidan planirani ritam montaže finalnih proizvoda, te se zalihama upravlja na način da na skladištima u svakom trenutku postoji osiguran ukupan asortiman dijelova potreban za kontinuiranu proizvodnju. Sustav upravljanja zalihama se temelji na signalnim zalihama, odnosno periodičnom naručivanju dijelova, kako bi se dobava osigurala ne onda kada se dijelovi potpuno potroše već kada količine na skladištu (zalihe) dosegnu neku minimalnu - sigurnosnu veličinu. Istovremeno kako zalihe uz sebe vežu znatna financijska sredstva, nastoji se da one budu što manje te da se dijelovi na zalihama obnavljaju na način da ne prijeđu neku maksimalnu količinu. Politika planiranja svodi se na provjeru stanja u pravilnim vremenskim razmacima, te neprekidno održavanje stanja zaliha između nekog minimuma i maksimuma.



Slika 7.4. Prikaz općeg kretanja zaliha

Prema grafičkom prikazu općeg kretanja zaliha jednog entiteta obnova se vrši dobavom konstantnog obima ( $Q_{\max} - Q_{\min}$ ), i to kod kontinuirane i jednolike potrošnje u jednolikim vremenskim intervalima. No postoji i cijeli niz drugih varijacija pri čemu varirati mogu obim obnove, ritam termina obnove, ritam trošenja zaliha, ali i sve veličine istovremeno. Pri tom je jedino važno zalihe održavati unutar planiranih min - max količina.

Kriteriji definicije min - max količina kompleksni su i višeslojni, a kao jedna od bitnih varijabli pojavljuje se prosječna vrijednost ukupnih zaliha. Treba težiti da je ona što niža, a to se ostvaruje što nižim signalnim, odnosno minimalnim količinama, a srazmjerno riziku realizacije proizvodnje (rizici zastoja i nepravovremene obnove). Granica minimuma ovisi i o količinama obnove zaliha (racionalnost i ekonomičnost proizvodnje) te učestalosti obnove. Prosječna vrijednost zaliha niža je za slučajeve malih količina obnove, te češćeg obnavljanja (ciklus obnove). Najpovoljnije je slučaj kada je obim (količina) i ciklus obnove (učestalost) zaliha usklađen s dinamikom potrošnje dijelova na montaži u što kraćim vremenskim intervalima, ali se to u praksi teško postiže osim kod masovne proizvodnje. Razlog je u ograničenjima vezanim za ekonomičnost i racionalnost proizvodnje male količine dijelova čiji bi ritam izrade bio usklađen s ritmom trošenja.



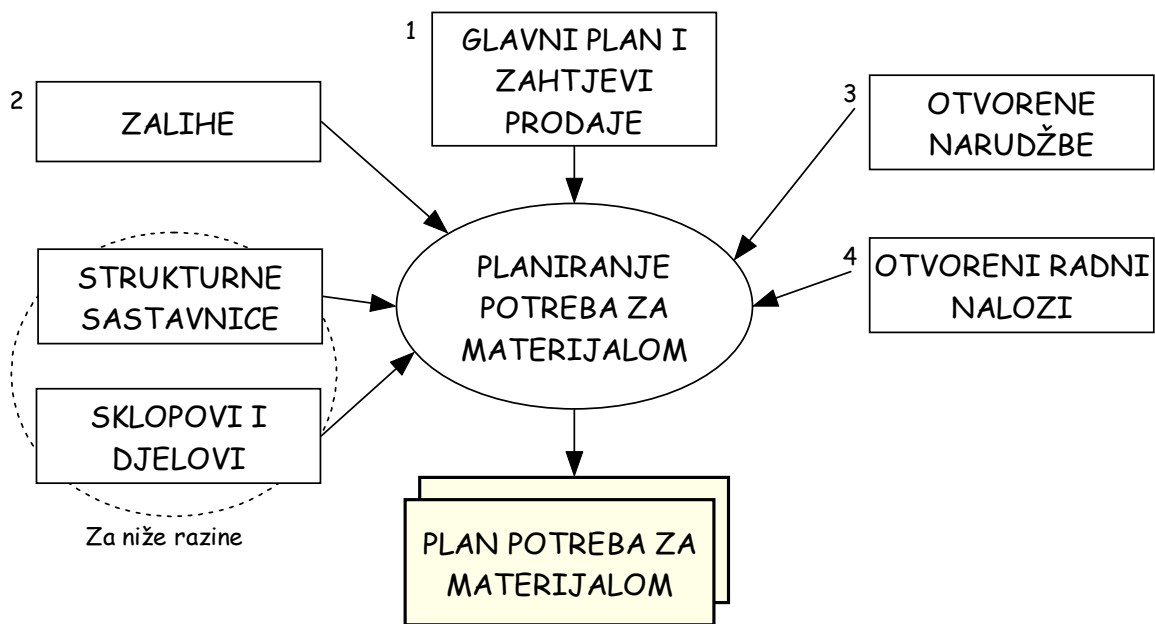
Slika 7.5. Kretanje zaliha ovisno o obujmu i ritmu potrošnje

Osnovni nedostaci upravljanja zalihama kao sustavu temeljenom na prognoziranju potražnje za materijalom leže u tome što se zalihe ne mogu planirati neovisno, već samo u okviru proizvodnje konkretnih sklopova i proizvoda. Utvrđivanje zakonitosti i simuliranje potražnje materijala i gotovih dijelova niže razine složenosti prilično je teško i neprecizno jer jedan dio njih ulazi u različiti broj sklopova više razine, te svaka promjena plana i poremećaj proizvodnje entiteta više razine bitno utječe na mogućnost planiranja zaliha i dijelova.

### 7.4.3. METODA PLANIRANJA POTREBA ZA MATERIJALOM - MRP

Metoda je poznata pod nazivom **MRP (Material Requirements Planning)** i razvijena je i primjenjena u USA već šezdesetih godina (Orlicky). Temelji se na planiranju potreba za materijalom što proizlazi iz glavnog plana proizvodnje. Prema MRP modelu plan potreba izrađuje se na temelju **plana prodaje ili pojedinačnih zahtjeva prodaje, podataka o proizvodima, zaliham, otvorenim narudžbama i otvorenim proizvodnim radnim nalogima**, te se kao takav smatra glavnim planom proizvodnje. Planovi potreba za materijalom nižeg nivoa složenosti izrađuju se na temelju njihovih matičnih podataka i strukturnih sastavnica.





Slika 7.6. Planiranje potreba za materijalom

Kod MRP modela težište planiranja i upravljanja materijalom nije na zalihama, već na **planiranoj potrošnji i tokovima materijala**. Znači, potrošnja materijala određuje potražnju, a tokovi materijala određuju tok proizvodnje. Primjenom takvih MRP modela izračun potražnje za materijalom je uz stabilno tržište nabave temeljen na metodama operacijskih istraživanja, dok prognoziranje kao kod modela planiranja i upravljanja proizvodnjom na temelju upravljanja zalihama gubi na važnosti.

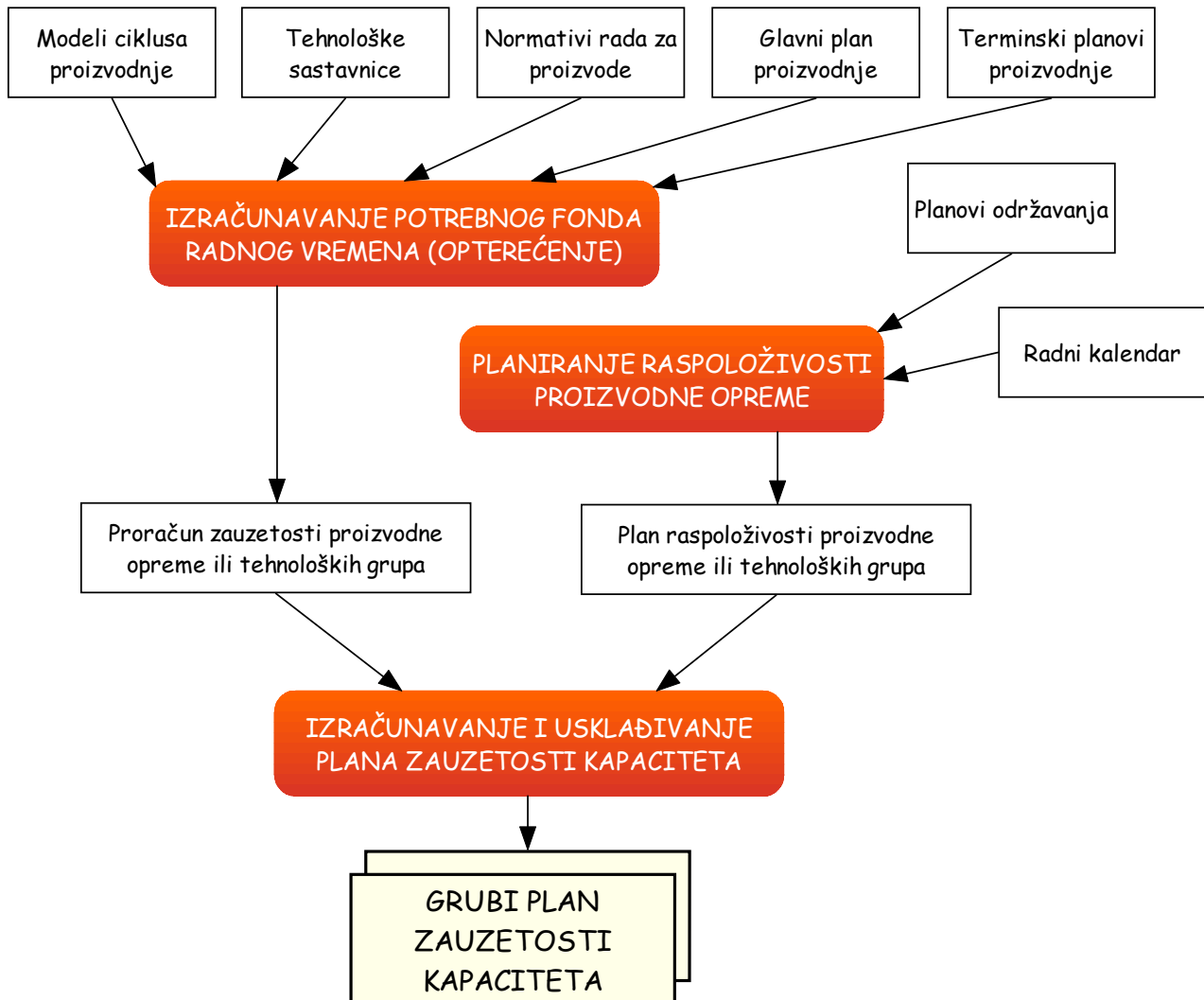
Do značajne primjene MRP modela dolazi tek implementacijom modela uz primjenu računala. Pri tom se **dodatne potrebe za materijalom u nekom r-tom terminu** računaju kao:

$$\text{DODATNE POTREBE}_{(r)} = \text{UKUPNE PLANSKE VELIČINE}_{(r)} - \text{OTVORENI RADNI NALOZI}_{(r)} - \text{OTVORENE NARUDŽBE}_{(r)} - \text{UKUPNE ZALIHE}_{(r)} - \text{POTREBE}_{(r-1)}$$

Ukoliko se dodatne potrebe u r-tom terminu razlikuju od potreba u r-1 terminu potrebno je planirati proizvodnju (ili naručivanje preko nabave) uzevši u obzir ciklus izrade (nabave). Termini se određuju terminiranjem unatrag, a te dodatne potrebe pretvaraju se u stvarene planske količine proizvodnje i nabave u skladu s politikom nabave i upravljanja zalihama poduzeća. Sve se to obrađuje uporabom računala, a programi za pretvorbu diskretiziranog (operativnog) plana proizvoda u planove nabave i proizvodnje (izrade) dijelova nazivaju se **procesori sastavnica ( Bill of Material Processor )**.

#### 7.4.4. METODA PLANIRANJA PROIZVODNIH RESURSA - MRP II

Metoda je poznata pod nazivom **MRP II ( Manufacturing Resource Planning )**, a otklanja osnovni nedostatak MRP modela koji su orijentirani samo materijalima uz zanemarivanje ostalih proizvodnih resursa, posebice kapaciteta. Ta je važnost planiranja svih proizvodnih resursa i imenom naglašena, pa MRP II sustavi integriraju MRP sustave planiranja i upravljanja materijalom sa sustavima planiranja i upravljanja kapacitetima, te upravljanja aktivnostima izvršenja proizvodnje.



Slika 7.7. Aktivnosti planiranja kapaciteta kod MRP II modela

Osnovna je ideja MRP II modela da glavni plan proizvodnje treba biti usklađen ne samo s mogućnostima pripreme proizvodnje i nabave, već i sa proizvodnim kapacitetima. Takvo se usklađivanje naziva **grubim planiranjem kapaciteta ( Rough Capacity Planning )**, pri čemu se zalihe materijala i dijelova te mogućnost njihove nabave ne uzima u obzir. To se planiranje kapaciteta vrši usporedno s izradom glavnog plana proizvodnje, sadržava zbirni plan opterećenja pojedinih strojeva ili tehnoloških

grupa, te odgovara na pitanje da li je u nekom planskom razdoblju moguće proizvesti planirane količine proizvoda.

Aktivnosti usklađenog planiranja kapaciteta (slika 7.7) obuhvaćaju izračun potrebnog fonda radnog vremena, opterećenja odnosno potrebne kapacitete i raspoložive proizvodne kapacitete. Prilikom izračuna opterećenja, tj. potrebnih kapaciteta u obzir se uzimaju normativi rada, vrijednosti veličina serija, te modeli stvarnih ciklusa proizvodnje. Usklađivanjem zauzetosti kapaciteta formiraju se grubi planovi zauzetosti proizvodne opreme ili tehnoloških grupa koji se analitički iskazuju za svaku terminsku jedinicu, te se opterećenja mogu prebacivati na prethodne ili naredne terminske jedinice. Značajne korekcije opterećenja vrše se korekcijom glavnog plana proizvodnje, preraspodjelom opterećenja među proizvodnom opremom ili angažiranjem kooperanata.

### 7.5. PLANIRANJE SERIJE

Pri operativnom planiranju vrlo je važan pojam serije. Uz nju je vezana veličina ciklusa izrade zbog utjecaja na pripremno-završna vremena ( priprema i raspreda radnog mjesta - proizvodnog kapaciteta ). Pod serijom u obradi izradaka podrazumjevamo onaj broj izradaka koji se na jednoj proizvodnoj opremi obradi u kontinuitetu ( uz jednokratnu pripremu i raspredu radnog mjesta ).

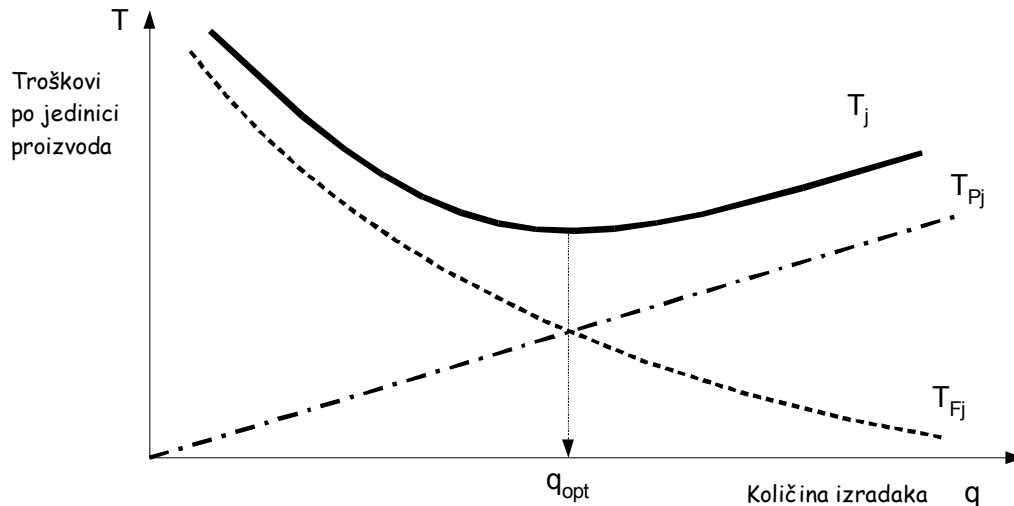
**Tehnički aspekt** problema određivanja veličine serije se ogleda u fizičkoj manipulaciji s manjim ili većim brojem izradaka, iskoristivosti radioničkog prostora, transportnih sredstava i slično. No ti su poslovi, iako važni, ipak manjeg značaja u odnosu na **ekonomski aspekt** problema određivanja serije, te se uglavnom rješavaju na način da se veličina serije prilagođava onoj koja je ekonomski opravdana. Problem određivanja ekonomski opravdane veličine serije svodi se na analizu različitosti ponašanja i visinu prosječnih fiksnih i varijabilnih troškova u odnosu na broj izradaka koji se u seriji istovremeno obrađuju. Kao fiksne troškove uzimamo one koji su neposredno zavisni o broju serija prilikom izrade proizvoda (troškovi rada i materijala pri planiranju, troškovi izrade i lansiranja operativne dokumentacije, troškovi pripreme i raspreda radnih mjesta, troškovi manipulacije materijalom i alatima, ...), pa bi s tog stanovišta bilo pogodno da serije budu što veće. No to nije i ekonomski opravdano zbog angažiranja znatnih obrtnih sredstava (kamate, troškovi uskladištenja, itd.), te bi sa stanovišta tih troškova bilo optimalno da veličina serije teži ka nuli. Dakle, fikсни troškovi po jedinici proizvoda smanjuju se s povećanjem broja izradaka u seriji, dok proporcionalni varijabilni troškovi po jedinici proizvoda rastu. Optimalna serija je funkcija i jednih i drugih troškova, pa je optimalna količina izradaka u seriji - **optimalna serija** - ona količina kod koje se postiže da suma ukupnih fiksnih i proporcionalnih troškova dostiže minimum:

$$T_F + T_P \rightarrow \min \quad (7.52)$$

Optimalnu veličinu serije izračunavamo na više načina:

**Tabelarni način** najmanje je točan i ne daje egzaktan broj izradaka koji zadovoljavaju prethodno prikazanu relaciju, već samo približnu veličinu serije.

**Dijagramski način** kojim se ovaj nedostatak uvelike otklanja.



Slika 7.8. Dijagramski način određivanja optimalne veličine troškova

**Matematički način** koji je najtočniji, ali se koristi veliki broj različitih izraza s obzirom na različite relevantne veličine koje pojedini autori kod izračuna optimalne serije uzimaju. Stoga s tim izračunom treba biti oprezan, a korektnost izračuna ovisi o ispravnoj identifikaciji troškova. Prikazana su dva relativno pogodna izraza:

P.J.Norton:

$$q_{s_{opt}} = \sqrt{\frac{T_F}{Z}} = \sqrt{\frac{T_F}{(o+k) \cdot C_{kj} + 2S \left(1 - \frac{R}{P}\right)}} \quad (7.53)$$

Gdje je:  $q_{s_{opt}}$  - optimalna veličina serije

$T_F$  - fiksni troškovi nezavisni o broju izradaka u seriji

$o$  - troškovi osiguranja izraženi u postotku vrijednosti zaliha

$k$  - godišnja kamatna stopa na sredstva uložena u gotove izratke

$C_{kj}$  - troškovi proizvodnje (cijena koštanja) po jedinici proizvoda

$S$  - troškovi uskladištenja po jedinici proizvoda u godini dana

$R$  - smjenska realizacija proizvodnje u komadima izradaka

$P$  - dnevna proizvodnja u komadima ( potreba za cijeli dan )

$D$  - broj radnih dana u godini

DeVallere:

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{T_F \cdot Q}{p \cdot C_{kj}}} \quad (7.54)$$

Gdje je:  $T_F$  - troškovi pripreme jedne serije  
 $Q$  - godišnje potreban broj izradaka  
 $p$  - ukupna godišnja kamatna stopa na materijal

## 8. LANSIRANJE I PRAĆENJE PROIZVODNJE

Cjelokupni rad operativne pripreme proizvodnje potrebno je u podesnoj pismenoj informacijskoj formi prenjeti proizvodnim pogonima u cilju izvršenja proizvodnje. Područje koje neposredno logički i fizički povezuje planiranje i upravljanje s izvršenjem proizvodnje, a na temelju tokova podataka i informacija, naziva se **upravljanje aktivnostima izvršenja proizvodnje ( PAC - Production Activity Control )**. Pri tom nije toliko važan izgled i forma prenosioca informacija, već prikupljanje te iskazivanje i slanje odgovarajućih zahtjeva i informacija.

Među najvažnije aktivnosti područja upravljanja aktivnostima izvršenja proizvodnje spadaju:

- Izrada operativne lansirne dokumentacije
- Osiguranje proizvodnih čimbenika i fino planiranje proizvodnje na nivou radione (pogona) u vrlo kratkim terminskim razdobljima
- Lansiranje proizvodnje kroz:
  - pripremanje, provjeravanje i lansiranje radnih naloga,
  - distribuiranje radne dokumentacije, i
  - **raspoređivanje** (najfinije terminiranje kapaciteta) i **usmjeravanje** (definiranje redosljeda izvršenja radnih naloga)
- Praćenje odvijanja proizvodnje kroz:
  - kontrolu i procjenu toka proizvodnje odnosno stvarnog ciklusa proizvodnje,
  - prikupljanje podataka iz pogona,
  - utvrđivanje gotovosti dijelova i otprema u skladišta,
  - obračun i zatvaranje radnih naloga te obračun utroška svih resursa

### 8.1. IZRADA I LANSIRANJE OPERATIVNE DOKUMENTACIJE

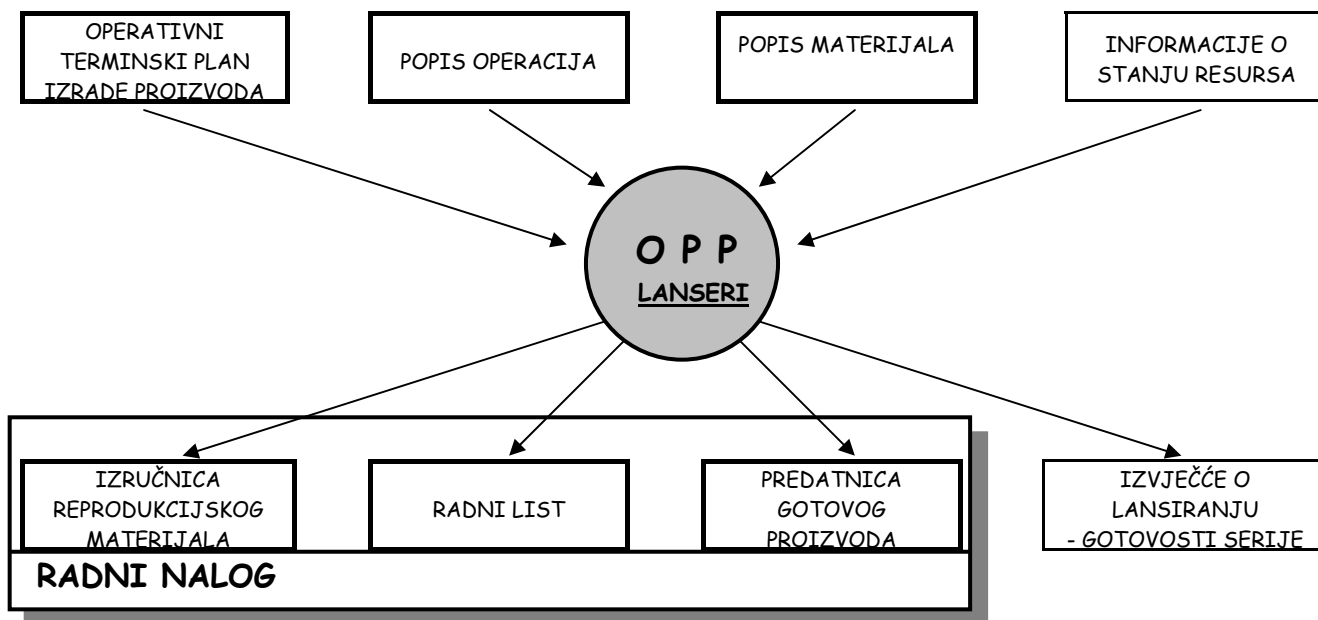
Jednu od najznačajnijih, temeljnih aktivnosti lansiranja proizvodnje predstavlja **izrada i distribucija potrebne operativne lansirne dokumentacije** kojom se u određenom trenutku lansira izrada (montaža) nekog proizvoda (pozicije).

**Lansiranje dokumentacije podrazumjeva prenošenje različitih podataka kojima se iskazuju tehničko-tehnološki i organizacijski zahtjevi pripreme proizvodnje proizvodnim pogonima u pogodnoj pisanoj formi.** Lansirna se dokumentacija izrađuje nakon obavljenih planskih aktivnosti, ali njena distribucija počinje **tek nakon osiguranja svih potrebnih proizvodnih čimbenika** jer za proizvodni pogon lansiranje dokumenata predstavlja konkretan nalog za **otpočinjanje proizvodnih aktivnosti i vršenje određenih postupaka.**

U suvremenim industrijskim proizvodnim poduzećima operativna radna dokumentacija može imati različite oblike i biti formirana na različitim medijima, te imati različite tokove kolanja, sve u ovisnosti o obliku, veličini i specifičnostima organizacije rada

poduzeća. No i kod poduzeća koja koriste računala za automatsku obradu podataka ispisi dokumenata neovisno o predočavanju dokumenata na terminalima često nalaze uporište u tradicionalnim oblicima iz vremena kada je dokumentacija bila samo papirnata. Iako ne postoje neka tipska rješenja, da bi lansiranje bilo pravovremeno (ne kasno, ne rano) i da se osiguraju optimalne veličine (ne premale, ne prevelike), pri lansiranju se koriste podloge određene po nekom zajedničkom sadržaju i relevantne za određenu vrstu proizvodnje (ljevanje, strojna obrada, montaža). Uobičajeni tok ulaznih i izlaznih lansirnih dokumenata operativne pripreme prikazan je na slici (8.1).

Na temelju terminskog plana vidi se **što**, **kada** i **koliko** treba nečega lansirati u proizvodnju. S popisa operacija vidi se **gdje** će se raditi i **koliko vremena** treba za to utrošiti, a popis materijala definira **koje**, **kakve** i **koliko** sirovina treba upotrijebiti. Navedene su podloge pripremljene u tehnološkoj pripremi i planskom odjelu operativne pripreme. Kod automatske obrade svi su ti podaci sadržani u različitim datotekama i mogu se ekranski vidjeti na terminalima ili izlistati.



Slika 8.1. Tok ulaznih i izlaznih lansirnih dokumenata operativne pripreme

Osnovni izlazni dokumenti odjela lansiranja u OPP-u jesu: radni nalog, radni list, izručnica, predatnica, izvješća o izvršenju proizvodnje, a znaju se javiti i popratnice, terminski listovi, izdatnice alata, što sve zajedno uz konstrukcijske nacрте i NC programe koristi neposredna proizvodnja.

**RADNI NALOG** je osnovni izlazni dokument za upravljanje radionicom (pogonom), a s njime je konkretna proizvodnja povezana s pojedinim stavkama operativnih i godišnjih (taktičkih) planova, a često i s konkretnom narudžbom ili kupcem. Karakteristično je da je to **obuhvatni** dokument i sastoji se ili je uvijek u kompletu sa još jednim nizom dokumenata. Njegovi osnovni podaci o proizvodima i količinama te rokovima izvođenja pojedinih operacija tehnološkog procesa ispisuju se na zaglavlju ili **vrećici** (**bušti**) u

kojoj se nalaze i ostali operativni dokumenti. Tradicionalni naziv i oblik vrećice koristi se čak i za sliku radnog naloga na terminalu računala. Dokumant izrađuje operativna priprema na temelju podataka tehnološke pripreme i konstrukcije.

Radni nalog je ustvari podloga na osnovi koje se utvrđuju nosioci troškova te na kraju procesa izrade obračunava proizvodnja. Kod složenih proizvoda izdaje se posebni radni nalog za izradu svakog pojedinog sastavnog dijela, te posebni za montažu finalnog proizvoda. Sadržaj radnog naloga posebno je oblikovan da se mogu vidjeti sve faze izrade - operacije kroz koje neki dio prolazi u fazi izrade (folija\*). Osim toga vide se i vremena obrade pa čak i alati za obavljanje pojedinih operacija, a jasno su uočljivi termini početka i završetka rada.

**IZRUČNICA** materijala nalazi se u sklopu dokumenata koje obuhvaća radni nalog, a služi za izdavanje reprodukcijских materijala (sirovina, polufabrikata, gotovih dijelova, podsklopova) iz skladišta u cilju daljnje prerade. Izdavati se mogu i pojedinačne izručnice za materijale s popisa repromaterijala, ali i zbirna izručnica za sve materijale jednog proizvoda (sklopa) pri čemu računalo vrši razduživanje skladišta i zaduživanje proizvodnje.

**RADNI LIST** se izdaje za pojedine operacije specificirane radnim nalogom, te predstavlja podlogu (nalog) za izvršenje pojedine operacije. Može se izdati za pojedine operacije iz jednog radnog naloga, ali i za više operacije iz više radnih naloga bilo na jednom proizvodnom kapacitetu ili za jednog radnika. Osim informacija o tome što, koliko, gdje i kada treba napraviti sadrži i nužne financijsko-planske informacije za obračun proizvodnje.

**PREDATNICA** kao dokumant svjedoči o količini i kvaliteti proizvoda koji se predaje u skladište. Za slučaj da se iz procesa višak izdanog materijala vraća u skladište javlja se specifično označena predatnica koja služi kao povratnica.

**IZDATNICE** alata, naprava i kontrolnog pribora imaju karakter reversa i služe za evidenciju uporabe i planiranje zamjene ili održavanja alata, a uz ove konkretne operativne dokumente radnim nalogom obuhvaćeni su i nacrt, sastavnica te eventualni NC programi.

**Pomoćni dokumenti** olakšavaju rad operativnom osoblju. **Lansirnim kartonom** se bilježe i prate osnovne informacije o lansiranju entiteta u proizvodnju, a **karton materijala, karton alata**, te **stanje skladišta** olakšava praćenje stanja entiteta na skladištima. Može se javiti i **popratnica** koja opisuje kolanje radnog naloga i ostale dokumentacije, a ponekad se izrađuje poseban **terminski list** sa važnim terminima za izvršenje proizvodnje po jednom konkretnom radnom nalogu ili radnom listu. Izvještajima o izvršenju proizvodnje utvrđuje se stvarno stanje pojedinih resursa u određenom terminskom razdoblju ažuriranjem lansirnog kartona, a određeni dodatni izvještaji o izvršenju mogu biti sadržani u nekom od već opisanih dokumenata ili se mogu pojaviti i kao samostalni: **izvješće o kvaliteti, nalog za uslugu, ispitni protokoli**, i slično.



Izrada lansirne dokumentacije rutinski je posao ukoliko postoje korektno uređene podloge, a ponavlja se mnogo puta tijekom jedne poslovne godine. Istovremeno se određeni podaci (oznaka proizvoda, naziv, količina itd.) ponavljaju također više puta na različitim operativnim dokumentima, pa je u cilju racionalizacije njihove izrade pogodno koristiti metode automatske izrade ili čak proizvodnju i lansiranje voditi uz pomoć računala. Obradu lansirne dokumentacije računalom posebice karakteriziraju činjenice da nisu potrebni listinzi za popis operacija, repromaterijala ili terminski plan, nema grešaka u prepisivanju jer se podaci uzimaju direktno iz baze podataka računala, otpadaju pisane mašine, daktilografkinje, kontrola dokumenata, te se izrada dokumentacije može vršiti automatski u najpovoljnije vrijeme (noću, neradnim danima...).

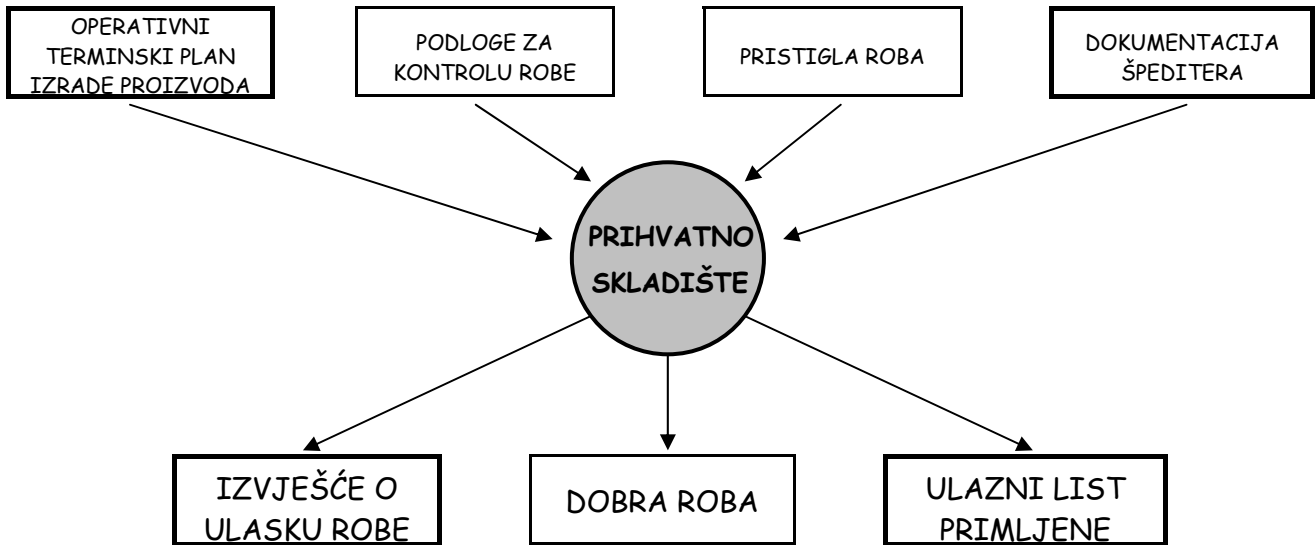
Lansiranjem operativne dokumentacije praktično započinje aktivnost izvršenja konkretne proizvodnje, te se time kompletna aktivnost pripreme proizvodnje pomoću cijelog niza crteža, upustava i ostalih radnih i pomoćnih dokumenata izvršno prenosi na proizvodne pogone. Ustrojstvom i organizacijskim propisima utvrđen je broj primjeraka svakog dokumenta, kao i put njegovog kretanja. Puštanje proizvoda u rad mora biti sistematično i organizirano, te se mora temeljiti na operativnom terminskom planu proizvodnje. Pri tom se dokumenti mogu lansirati samo za one proizvode za koje su obezbjeđeni svi uvjeti i resursi. Pogoni (radione) se ne mogu zatrpavati radnim nalogima i ostalom dokumentacijom ukoliko se proizvodnja još ne može realizirati. Znači lansiranje dokumentacije mora biti pravovremeno i ovisno o osiguranju svih potrebnih proizvodnih čimbenika.

## 8.2. OSIGURANJE PROIZVODNIH ČIMBENIKA

Aktivnosti osiguranja proizvodnih čimbenika odvijaju se paralelno s pripremom operativne dokumentacije jer se svi čimbenici moraju osigurati prije lansiranja dokumentacije u proizvodnju. Prvenstveno se to odnosi na raspoloživost materijala izrade bez obzira radi li se o dijelovima (sirovinama, pozicijama, podsklopovima) iz vlastite proizvodnje ili iz nabave. Potrebni repromaterijali po asortimanu i količinama moraju biti na raspolaganju u skladištima kako ne bi došlo do zastoja aktivnosti izvršenja proizvodnje (izdavanja materijala) kada se u kompletu radnog naloga ispostave i izručnice.

Značajne su i aktivnosti nabavne službe oko prijema i likvidacije prijema robe u poduzeće od strane subliferanata (dobavljača). Nakon ugovaranja robe očekuje se njena isporuka u određenom terminu. **Isporuka podrazumijeva dopremu robe u prihvatno (ulazno) skladište korisnika**, koje se obično locira uz transportne ulaze kako bi se smanjila fizička manipulacija robom. Da bi se osigurao kvalitetan i brz prijem robe (preuzimanje od prijevoznika, kontrola kvantitete i kvalitete) potrebno je da radno osoblje aktivirano oko prijema (transport, kontrola, preuzimanje) unaprijed

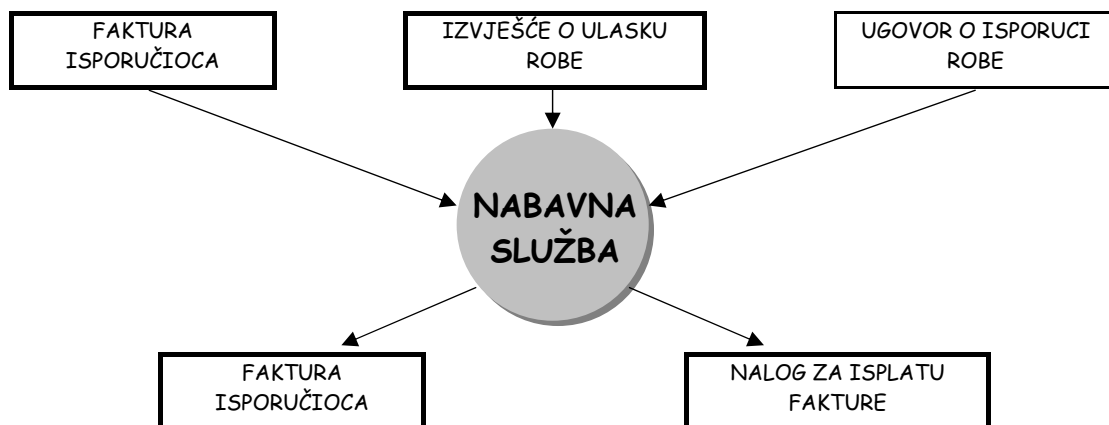
raspoláže s odgovarajućim podlogama. Načelni prikaz ulaznih i izlaznih dokumenata prijema robe u prihvatnom skladištu dan je na slici (8.2).



Slika 8.2. Prikaz ulaznih i izlaznih dokumenata prijema robe u prihvatnom skladištu

**Plan dolaska robe** znatno ubrzava cijeli postupak prijema od prijevoznika, a sadrži sve osnovne podatke koji se odnose na očekivanu isporuku. Stoga se po prispjeću robe uz **dokumentaciju špeditera** relativno brzo obavlja kontrola pomoću **podloga za kontrolu**, te prijem robe u skladište uz izdavanje **ulaznog lista primljene robe**. **Izvješćima o ulasku robe** obavještava se OPP te pojedina skladišta u cilju distribucije pristigle robe, kao i nabavna služba radi likvidacije prijema.

Sljedeći korak oko prijema robe u nabavnoj službi je **likvidacija prijema pristigle robe**. Pri tom se neće detaljizirati moguće popratne pojave (reklamacije, dorade, špediterska dokumentacija), već će se obrazložiti problematika pristigle robe. To je kroz prikaz tijeka osnovnih dokumenata u procesu likvidacije prijema preuzete robe u nabavnoj službi dano na slici (8.3).



Slika 8.3. Prikaz tijeka osnovnih dokumenata u procesu likvidacije prijema preuzete robe

Kao ulaz javlja se **izvješće o ulasku robe** koje ispostavlja prihvatno skladište. Nakon što se preuzme roba i **faktura isporučioaca**, ukoliko je sve u skladu s **ugovorom o isporuci robe** nabavna služba će ispostavljenju fakturu u cijelosti (ili parcijalno) prihvatiti i uz **nalog za isplatu fakture** fakturu uputiti na isplatu financijskoj službi. Sve se ove aktivnosti mogu obaviti i pomoću računala.

Sve što je važno za repromaterijale važi i za **alate** kao proizvodne čimbenike, a poseban su problem specijalni alati koji se ne mogu promptno nabaviti pa se uz sudjelovanje službe alata osigurava njihova raspoloživost. Prije njihovog osiguranja ne može se lansirati dokumentacija tj. proizvodnja, kao što i informacije o stvarnoj spremnosti proizvodnih kapaciteta (i **proizvodne opreme i radnog osoblja**) moraju biti prethodno osigurane. Iz razloga prevencije zastoja i kašnjenja važno je redovito održavanje proizvodne opreme. Također je nužno utvrditi i gotovost **preostale dokumentacije** potrebne radnom osoblju: tehnološke (operacijski listovi) i konstrukcijske (nacrti, sastavnice). U slučaju da neki proizvodni čimbenici nisu raspoloživi treba izvršiti izmjene operativnog terminskog plana.

### 8.3. LANSIRANJE PROIZVODNJE

Lansiranje proizvodnje usklađeno je s terminima iz operativnog terminskog plana i praktično započinje kada se u proizvodnju isporuči radni nalog i kroz njega sva operativna radna dokumentacija. Ona obuhvaća radne listove, izručnicu materijala, nacrt, operacijske listove i predatnicu gotovog proizvoda. Na temelju izručnice u skladištima se priprema, izdaje i na radno mjesto doprema potreban reprodukcijski materijal kao podloga početka izvođenja operacija relevantnog tehnološkog procesa. Radne liste služe kao izdavanje konkretnog naloga pojedinom radnom osoblju na adekvatnoj proizvodnoj opremi da uz pomoć adekvatnog alata i pribora u skladu sa tehnološkim procesom i radnom dokumentacijom izvrši aktivnosti proizvodnje.

To se vrši uz fino **raspoređivanje** proizvodnje od strane proizvodnog rukovodnog osoblja što podrazumijeva ravnomjernije i ujednačenije iskorištenje kapaciteta u kratkom terminskom razdoblju (dan ili tjedan) kao planskom horizontu, uz sat ili dan kao terminske jedinice. Također se vrši i **usmjeravanje** proizvodnje što podrazumijeva upravljanje redosljedom izvršenja radnih naloga, a povezano je sa raspoređivanjem proizvodnje. Sve se te aktivnosti evidentiraju zabilješkama na ukupnom dokumentu radnog naloga (vrećici). Predatnica se koristi kao dokument kojim se završeni dio predaje u skladište gotovih proizvoda.

Vremenski i količinski detalji operativnog terminskog plana nastaju teoretskom razradom godišnjeg (taktičkog) plana. Često se tako u praksi i postupa, ali ima i slučajeva kada su planirane količine u određenom terminu male i nije racionalno vršiti njihovo lansiranje na taj način (povećani troškovi i mogući gubici kapaciteta), već je potrebno spojiti količine iz više uzastopnih termina u jednu zajedničku lansirnu količinu. Kod toga je važno poštivati dva principa:

1. Lansiranje ukupne količine mora biti obavljeno u terminu prve količine koja se traži. Time će ta količina biti dovršena pravovremeno, a ostale znatno ranije
2. Dozvoljeni obim zaliha gotovih dijelova na skladištu mora biti u okviru definiranih minimalnih i maksimalnih vrijednosti

Da bi ovaj drugi princip bio zadovoljen ukupno lansirana količina smije biti:

$$q_i \leq Q_{max} - Q_{min} \quad (8.1)$$

gdje je:  $q_i$  - maksimalno dozvoljen obim lansiranja  $i$ -te pozicije u proces strojne obrade

$Q_{max}$  - maksimalno dozvoljena količina zaliha  $i$ -te pozicije u skladištu montaže (podatak s tehnološkog popisa pozicija za montažu proizvoda)

$Q_{min}$  - minimalno dozvoljena količina zaliha  $i$ -te pozicije u skladištu dijelova za montažu (podatak s iste podloge)

Optimalna lansirana količina dobit će se formiranjem jedne ili više terminskih količina prema izrazu:

$$Q_{max} - Q_{min} \geq q_i = \sum_{r=1}^m q_{rs} \quad (8.2)$$

gdje je:  $q_{rs}$  - količina  $i$ -te pozicije koja se lansira u obradu u  $rs$ -tom terminu da bude spremna za montažu  $j$ -tog proizvoda u  $rm$ -tom terminu kako bi se predao u  $r$ -tom terminu

Lansiranje količine  $q_i$  mora se izvršiti u terminu  $r = 1$ , tj. u onom terminu u kojem je predviđeno lansiranje prve količine  $q_{rs}$  iz tog zbroja, što je vidljivo i iz grafičkog prikaza (slika 8.4.). Uočava se da se time povećavaju prosječne zalihe, ali dolazi do ušteda na broju manipulacija (fizičkih i administrativno-financijskih), a izbjegava se gubitak iskoristivosti kapaciteta jer se vrši samo jedna priprema strojeva umjesto više njih (četiri). Stoga se terminski plan revidira i usklađuje.

Kod stvarnih količina koje će se lansirati može doći i do dodatnih odstupanja u odnosu na planirane količine zavisno o realnom stanju resursa. Stoga koristimo sljedeću relaciju.

$$Q_{max} > q_i = q_p - Q_{rs} - Q_{min} \quad (8.3)$$

gdje je:  $q_i$  - lansirana količina  $i$ -te pozicije (proizvoda) u proces strojne obrade u  $r$ -tom terminu

$q_p$  - planska količina lansiranja  $i$ -te pozicije u  $r$ -tom terminu

$Q_{rs}$  - realno stanje zaliha  $i$ -te pozicije u  $r$ -tom terminu



Sljedeća folija\* prikazuje opće slučajeve varijacija obima i frekvencije (iskazane kroz interval) lansiranja kao značajki aritmički vođene proizvodnje. S obzirom na otežano planiranje i operativno vođenje u odnosu na ritmičku proizvodnju, treba izbjegavati ili nastojati smanjiti količinu variranja obima i intervala lansiranja ako ne za cijeli barem za pretežiti dio ukupnog asortimana. Postizanjem uravnoteženog lansiranja (uz određeni ritam) povećava se stupanj sigurnosti održavanja termina i pojednostavljaju poslovi operativne pripreme te upravljanje proizvodnjom.

### 8.3.2. KOLIČINE U OBRADI

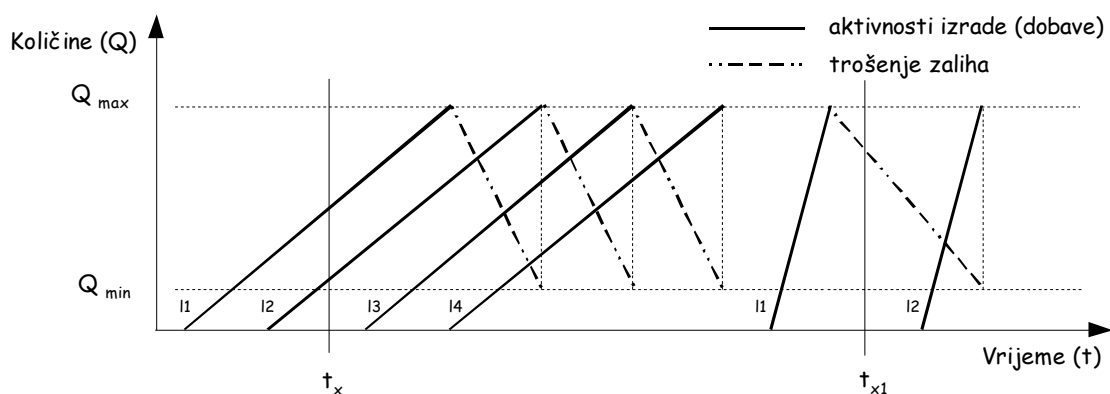
Putem proizvodnog radnog naloga u proizvodnji se lansira određeni obim dijelova. **Serijski obuhvaća određenu količinu dijelova koja se obrađuje uz jednokratnu pripremu i rasporedu radnog mjesta.** Iz toga je vidljivo da godišnji obim ili obim proizvodnje obuhvaćen radnim nalogom ne mora odgovarati količini izradaka u seriji.

Kako se isti dijelovi obrađuju u više serija odnosno lansiranja u obradi se tijekom proizvodnog procesa može pojaviti više lansiranih količina u različitim fazama obrade što se može iskazati izrazom:

$$Q_o = \sum_{i=1}^n q_i \quad (8.4)$$

gdje je:  $Q_o$  - ukupna količina dijelova u obradi  
 $q_i$  - količina dijelova lansirana  $i$ -tim radnim nalogom  
 $i = 1, 2, \dots, n$  - broj radnih naloga prilikom izrade  $j$ -tog proizvoda

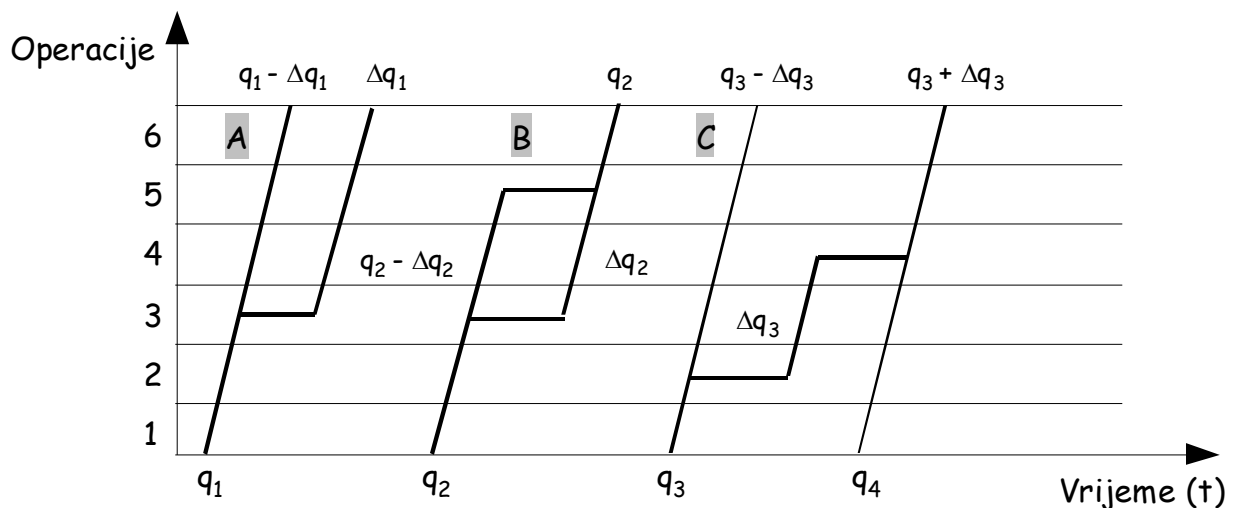
Za slučaj dugačkog ciklusa obrade a brzog trošenja zaliha, u proizvodnji se može naći više lansiranih obima u različitoj fazi obrade. Nasuprot tome ukoliko je ciklus izrade kratak ili je kratko vrijeme dobave (nabave) a sporo trošenje zaliha, u obradi će se zateći jedan obim ili za izuzetno kratka vremena dobave čak neće biti lansiranih dijelova. Opći prikaz dan je slikom (8.5).



Slika 8.5. Opći prikaz lansiranih dijelova

Lansirani obim proizvodnje u pravilu se ponaša kao serija, ali ima i određenih izuzetaka. **Tipični izuzetak** javlja se kod visokoserijske proizvodnje (više obima = jedna serija) kada se obrada vrši kontinuirano uz jednu pripremu strojeva. Lansiranje se vrši u valovima te se na jednom pripremljenom stroju vrši obrada više lansiranih količina (nije tekuća linijska proizvodnja).

**Netipični izuzetak** je slučaj kada se lansirani obim po jednom nalogu u pogonu dijeli na manje obime (jedan obim = više serija) na pojedinim operacijama, a koji se onda na toj proizvodnoj opremi obrađuje u razdvojenim vremenskim razdobljima. U intervalu između tih razdoblja stroj može obrađivati i neke druge izratke. U tom slučaju svaki umanjeni obim predstavlja seriju za koju je potrebno pripremno-završno vrijeme. U praksi mogu nastati različite varijacije jer se cijepanje obima može vršiti na jednoj, ali i na više operacija, a moguće je i ponovno spajanje obima na preostalim operacijama kao i sa naredno lansiranim količinama, vidljivo iz prikaza na sljedećoj slici. Cijepanje obima u pravilu treba izbjegavati jer povećava vrijeme pripreme i raspoređuje te smanjuje iskoristivost kapaciteta.



Slika 8.6. Varijacije cijepanja obujma

#### 8.4. PRAĆENJE PROIZVODNJE

Praćenje proizvodnje predstavlja završnu aktivnost operativne pripreme. Pri tome praćenje odvijanja tijekom lansirane proizvodnje organizira se osobnim uvidom u proces izrade, ali i sustavom određene radne dokumentacije (radni nalog → radni list, izručnica, predatnica,...), te pomoćnih dokumenata kojima se na sistematičan način osiguravaju jasne i jednoznačne povratne informacije.

Praćenjem tijekom proizvodnje kontinuirano se moraju analizirati i obrađivati sljedeće povratne informacije:

- U svezi sa osiguranjem materijalnih resursa  
To se postiže analizom stanja na skladištima bilo pomoću obrasca stanje skladišta entiteta, bilo automatskom obradom podataka pomoću računala. Treba znati ima li određenog entiteta dovoljno na skladištu pa ga ne treba lansirati u proizvodnju, te znati da li je materijal eventualno naručen u nabavi i koji je trenutak njegovog dospjeća
- U svezi sa planiranjem kapaciteta  
U slučaju preopterećenja kapaciteta kada se ne može garantirati dovršenje proizvodnje potrebno je intenzivirati kod proizvodnih rukovodioca kako bi se pronašlo određeno rješenje ili prolongirati planske termine
- U svezi sa ostvarivanjem toka proizvodnje  
Potrebno je voditi kontinuiranu brigu o dijelovima tijekom izrade, te evidentirati termine njihovog dovršenja u lansirnom kartonu. Praćenjem odvijanja proizvodnje prema radnom nalogu moguće je ustanoviti određena kašnjenja i neostvarivanja planiranih termina, te bez obzira na razloge (lomovi alata, kvar opreme i slično) utjecati preko rukovodnog osoblja proizvodnje na njihovo otklanjanje. Za specifičan slučaj većeg škarta, o čijem se opsegu operativa informira na temelju izvješća o škartu službe kontrole kvalitete, inicira se ili dorada dijelova ili lansiranje dodatnih količina.

Praćenjem lansirne dokumentacije i analizom povratnih informacija moguće je proizvodni proces držati pod stalnim nadzorom, a u trenutku utvrđivanja gotovosti dijelova osigurati njihovu otpremu u skladišta ili direktno na sljedeće proizvodne faze (montažu).

## 8.5. UPRAVLJANJE ZALIHAMA MATERIJALA

U mnogim industrijskim poduzećima materijal čini najznačajniju stavku u vrijednosnoj strukturi proizvoda, pa pravilno poslovanje sa materijalima u proizvodnji (dijelovima, poluproizvodima, sirovinama) znatno utječe na ekonomičnost proizvodnje. Troškovi materijala čine prosječno 50-80% ukupnih troškova proizvoda (vrlo rijetko ispod 40%), pa upravo upravljanje materijalom treba biti vrlo racionalno i usmjereno na iznalaženje svrsishodnih rješenja u svim fazama gospodarenja materijalom počevši od planiranja, nabave, uskladištenja, pa do njegove potrošnje ugradnjom u podsklopove odnosno finalne proizvode. Prema učešću u proizvodu materijale dijelimo na:

- Direktan materijal - koji u sastav proizvoda ulazi u točno određenim količinama i direktno tereti proizvod kao nosioc troškova. Osnovni materijal čini glavnu supstancu proizvoda, a pomoćni materijal nadopunjuje osnovni da bi proizvodu dao određena svojstva (kiselina, boje, ambalaža, tehnološko gorivo, ulje,...)
- Indirektan materijal - ne sudjeluje neposredno u proizvodnji (sredstvo za hlađenje, krpe, sredstva za čišćenje, uredski pribor,...)



Materijal možemo dijeliti i sa stanovišta stupnja obrade na:

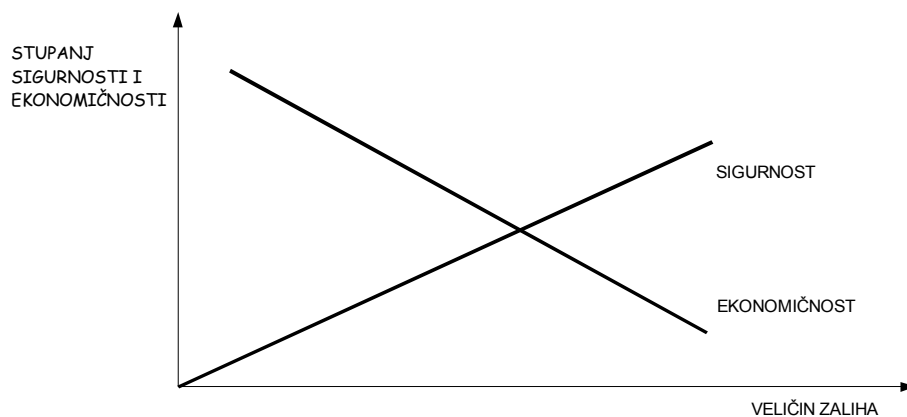
- Sirov materijal (obrađuje se ili prerađuje u neki proizvod)
- Poluproizvod (dio dobiven obradom ili preradom sirovog materijala a ugrađuje se u proizvod)
- Materijal u proizvodnji (nalazi se u proizvodnji, a još nije poprimio oblik poluproizvoda ili proizvoda)
- Gotov proizvod (na kome su završene sve radne informacije i kontrola, pa je sposoban za prodaju)

**Nomenklatura** materijala je sistematiziran pregled vrsta materijala potrebnog za proizvodnju, a na temelju raznolikih mogućih kriterija. Koristi se za upravljanje zalihama materijala. **Normativ** materijala je određena količina materijala koja je potrebna za izradu jedinice proizvoda ili jedinične količine proizvoda. Za složene sklopne proizvode normativ obuhvaća sve vrste materijala koji ulaze u sastav proizvoda.

**Sirova količina** materijala podrazumjeva ulaznu količinu materijala za prvu operaciju koju određuje tehnolog. **Kalkulativna količina** materijala je ukupna količina potrebna za izradu proizvoda ili dijela, a dobije se ukoliko se sirova količina uveća za sve gubitke i otpatke tokom procesa izrade.

U cilju ekonomičnog korištenja materijala u industrijskim se poduzećima jednoznačno definiraju normativi materijala, ali i normativi njihovih zaliha. Za raspolaganje i upravljanje zalihama koristi se jedan jedinstveni sustav upravljanja podacima o zalihama, a to je područje na kojem surađuje i primjenjuje ga veliki broj korisnika unutar proizvodne funkcije. Podaci o zalihama su distribuirani, a pri određivanju njihovih ekonomičnih količina potrebe pojedinih korisnika su u suprotnosti.

Velike zalihe omogućavaju mirniju proizvodnju (kontinuitet odvijanja), ali zahtjevaju veće angažiranje financijskih sredstava. Da bi se taj nedostatak anulirao zalihe se smanjuju na način češćeg osiguranja (dobave, izrade, nabave-kupovine) manjih količina materijala. No time se povećava broj ulaza, dopreme, skladištenja, manipulacije, a postoji i mogućnost zastoja. Stoga je nužno optimiranje visine zaliha i broja dobava na način da ukupni troškovi tih aktivnosti budu što niži. Veličina zaliha materijala mora zadovoljiti dva osnovna ali kontradiktorna zahtjeva (načela) sigurnosti i ekonomičnosti (naredna slika), na način da veličina bude takva da osigura kontinuirani tijek procesa proizvodnje (reprodukcije) ali uz što manje troškove dobave (naručivanja, dopreme), skladištenja, zauzetog prostora i manipulacije.



Slika 8.6. Odnos sigurnosti i ekonomičnosti kod veličine zaliha

Da bi oba zahtjeva bila zadovoljena potrebno je u obzir uzeti cijeli niz čimbenika kao što su: tip proizvodnje, ritam proizvodnje, dobavna raspoloživost robe (broj izvora nabave, uvjeti isporuke i prostorna udaljenost dobavljača), cijena robe, kapacitet skladišta materijala i prostorna zapremina robe, sigurnost isporuke određene kvalitete robe i slično. Ovi čimbenici utječu i na izbor sustava nabave, pri čemu to podrazumjeva da za određeni sustav nabave pojedini čimbenici moraju biti unutar određenih granica.

Ekonomične su one zaliha koje zadovoljavaju kontinuiranu potrošnju na način da materijal pristiže u traženim količinama, a nova isporuka od dobavljača u istoj količini slijedi nakon potrošnje materijala u proizvodnom procesu. Takve zalihe stvaraju relativno male troškove uz visok koeficijent obrtaja. Preduvjeti za to su tolerantna udaljenost dobavljača od proizvodnih pogona i sigurnost primjenjenog sustava nabavljanja (JIT - bez kašnjenja i grešaka u kvaliteti).

Sam sustav upravljanja zalihama može biti jednostavan ali i kompleksan, a karakteriziraju ga odluke o tome **KADA** i **KOLIKO** naručiti. Temelji se ili na kontinuiranom vremenu pregleda zaliha uz konstantnu dobavnu količinu, ili na konstantnom vremenu ponovnog naručivanja. Za samu obradu informacija najbolje odgovaraju informacijski sustavi s distribuiranim bazama podataka i opremom.

### 8.5.1. VRSTE I PARAMETRI ZALIHA

Općenito gledano zalihe materijala kao pojam mogu se klasificirati prema raznim kriterijima. U slučajevima gdje sustav zaliha predstavlja plansku pretpostavku kontinuiranog tijeka proizvodnje klasifikacijom zaliha razlikujemo:

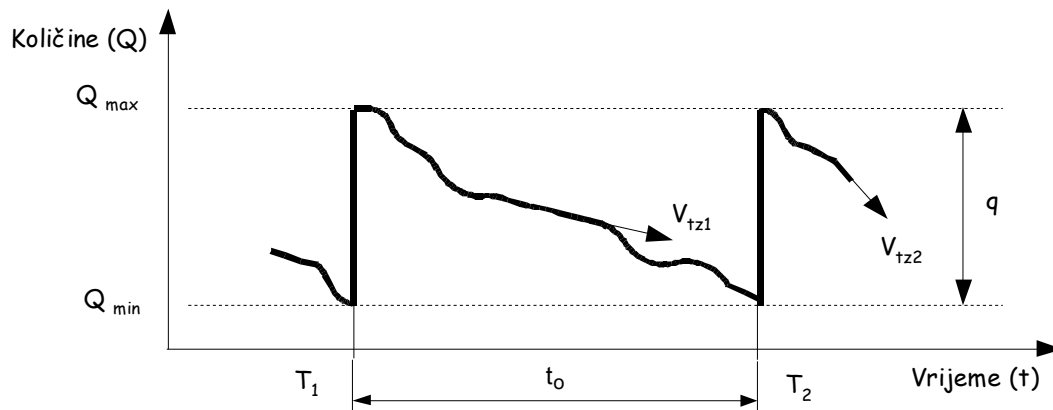
- **Minimalne** - koje predstavljaju najmanju količinu materijala ispod koje se razina u skladištu ne smije spustiti a da se pri tom ne ugrozi kontinuitet proizvodnje
- **Maksimalne** - koje predstavljaju gornju granicu iznad koje nije ekonomski opravdano nabavljati materijal u određenom terminskom razdoblju

- **Optimalne** - koje su nužno vezane za troškove i predstavljaju onu količinu materijala na skladištu koja uvjetuje najniže troškove nabave, dopreme, skladištenja i manipulacije
- **Signalne** - koje predstavljaju onu količinu kod koje se naručuje materijal a obuhvaćaju uz minimalnu zalihi i onu količinu materijala koja će se potrošiti do trenutka ponovne obnove (popune)
- **Alarmne** - koje predstavljaju količinu materijala oko ili čak ispod nivoa minimalnih zaliha, a upozoravaju na nužnost hitne intervencije za brzu popunu zaliha
- **Prekonormne** - koje predstavljaju očiti višak materijala preko nivoa maksimalnih zaliha, pa ih kao višak treba prodati ili obustaviti odnosno odgoditi nave obveze (nabavke). Ove su zalihe uzrok angažmana dodatnih financijskih sredstava i smanjenja koeficijenta obrtaja
- **Nekurentne** - koje predstavljaju sve zalihe koje nemaju dovoljan koeficijent obrtaja (zastarjeli materijali, oštećeni materijali na kojima je sprovedena izmjena, krivo preuzeti materijali i slično)
- **Sigurnosne** - koje predstavljaju za posebne namjene nabavljen i uskladišten materijal
- **Izdvojene** - koje predstavljaju materijal izdvojen u posebne skladišne prostore zbog lošije kvalitete od propisane, te se čeka rješenje reklamacijskog spora
- **Krizne** - koje predstavljaju materijale čuvane i spremljene za slučaj elementarnih nepogoda, ratne opasnosti i ostalih tržišnih poremećaja.

Kako za optimalne zalihe važi konstatacija da moraju osigurati kontinuitet odvijanja proizvodnog procesa (određeni obim proizvodnje bez zastoja) uz minimalan angažman financijskih sredstava, za svaki materijalni entitet na zalihama nužno se definiraju određeni parametri koji određuju prosječni obim zaliha, a to su:

1. Minimalni obim zaliha
2. Maksimalni obim zaliha
3. Frekvencija (učestalost) obnove zaliha

Prosječni obim zaliha u skladu sa sljedećom slikom općenito izražavamo međuzavisnošću minimalnog i maksimalnog stanja zaliha te frekvencijom njihove obnove i dinamikom potrošnje. Slika prikazuje opći slučaj kretanja zaliha, pri čemu razlikujemo:



Slika 8.7. Opći slučaj kretanja zaliha

- $Q_{\max}$  - **maksimalni obim zaliha**, to je onaj obim zaliha preko kojeg nije dozvoljeno povećavati zalihe zbog nepotrebnog povećanja angažiranih financijskih sredstava, većeg prostora, i ostalih troškova manipulacija
- $Q_{\min}$  - **minimalni obim zaliha**, to je onaj obim ispod kojeg se zalihe ne bi smjele spustiti i predstavlja sigurnosnu rezervu u slučaju kašnjenja naredne obnove zaliha iz bilo kojeg razloga
- $T_r$  - **termin obnove zaliha**, to je termin ili datum u kojem se planira obnova zaliha u skladu s potrošnjom dotičnog entiteta proizašlom iz operativnog terminskog plana
- $t_0$  - **interval obnove zaliha**, to je vrijeme između dvije sukcesivne obnove zaliha a određeno je operativnim planom potrošnje zaliha
- $V_{tz}$  - **brzina trošenja zaliha**, pokazuje dinamiku smanjenja zaliha tijekom vremena, a također je karakteristika operativnog plana montaže finalnih proizvoda. Pri tom trendovi trošenja zaliha mogu biti vrlo različiti
- $q$  - **dobavna količina**, predstavlja količinu materijala s kojom se zalihe obnavljaju u jednom terminu obnove (količina iz obrade ili nabave)

### 8.5.2. OPTIMIRANJE ZALIHA

Postoji više empirijskih, tabličnih, grafičkih ili matematičkih metoda utvrđivanja optimalnih zaliha. Da bi optimiranje bilo uspješno u obzir je potrebno uzeti cijeli niz parametara koji su specifični i različiti za svaki pojedini proizvodni sustav, s obzirom da na njih utječu značajke proizvodnog programa, proizvodnog sustava i proizvodne politike. Pri tom politika optimiranja mora biti takva da zadovolji dva temeljna, ali

međusobno kontradiktorna zahtjeva **ekonomičnosti** i **sigurnosti** iskazane kroz potrebu minimalnih (što nižih), ali u određenom trenutku sigurno raspoloživih zaliha.

Zahtjeve treba pažljivo rješavati i zbog njihove kontradiktornosti, i zbog činjenice da optimiranje za svaki organizirani proizvodni sustav ima svoje specifičnosti proizašle iz činjenice da se proizvodnja zasniva na planovima (godišnjim i terminskim) iz kojih onda proizlaze mnoge karakteristike optimiranja koje je potrebno primjeniti, prvenstveno dobavno-potrošne karakteristike.

U nastavku će se ukratko obrazložiti neke moguće metodologije utvrđivanja optimalnih zaliha: jednu od matematičkih metoda prema Žugaju gdje se zalihe utvrđuju proračunom optimalnih troškova, te jednu kombiniranu empirijsko-matematičku metodu kojom se na temelju dobavno-potrošnih karakteristika materijala vrši njegova klasifikacija, za svaku klasu definiraju modeli izračuna minimalnih i maksimalnih količina, te se s obzirom na obnovu zaliha temeljenu na operativnim planovima montaže (potrošnje) definiraju količine i termini obnove zaliha za svaki materijalni entitet.

#### A) MATEMATIČKA METODA

Troškove zaliha sačinjavaju troškovi pripreme ili nabave, troškovi uskladištenja, kao i neminovni troškovi održavanja zaliha. U troškove pripreme zaliha spadaju troškovi radnih mjesta ili organizacijskih jedinica koje zalihi pripremaju, kao i manipulativni troškovi njihove pripreme. U troškove uskladištenja ubrajamo troškove organizacijske jedinice skladištenja (prostor, plaće) uključujući i kamate na obrtna sredstva zaliha, te osiguranje i kamate na osnovna sredstva skladišta. Za slučaj neodgovarajuće veličine zaliha kao troškovi održavanja javljaju se i troškovi zastarjevanja zaliha, odnosno propadanja i oštećivanja. Troškovi održavanja (s kamatama i skladištenjem) iznose i do 25% ukupne vrijednosti zaliha.

**Optimalnu količinu zaliha materijala određene vrste računamo prema izrazu:**

$$Q_{OPT} = \sqrt{\frac{2 \cdot t_{rp} \cdot q}{t_{rs} \cdot T}} \quad (8.5)$$

gdje je:  $Q_{OPT}$  - optimalna količina zaliha određene vrste materijala  
 $t_{rp}$  - troškovi pripreme zaliha po jednoj zalihi određene vrste materijala  
 $t_{rs}$  - troškovi uskladištenja zaliha po jednoj zalihi određene vrste materijala  
 $q$  - ukupna količina jedne vrste materijala neophodna za ostvarenje proizvodnje  
 $T$  - ukupno vremensko razdoblje tijekom kojeg se troše sve zalihe određene vrste materijala

**Ukupna optimalna veličina troškova zaliha** određene vrste materijala za neko razdoblje izražena u novčanim jedinicama  $T_{r, OPT}$  izračunava se:

$$T_{rOPT} = \sqrt{2 \cdot t_{rp} \cdot t_{rs} \cdot T \cdot q} \quad (8.6)$$

**Optimalno vrijeme potrošnje** jedne zalihe sa skladišta računa se na temelju ukupnog vremenskog razdoblja u kojem se zalihe optimiraju, optimalne količine zaliha određene vrste materijala, kao i ukupne količine i vrste materijala potrebne za ostvarenje planirane proizvodnje. Do njega dolazimo na način da koristimo obrazac:

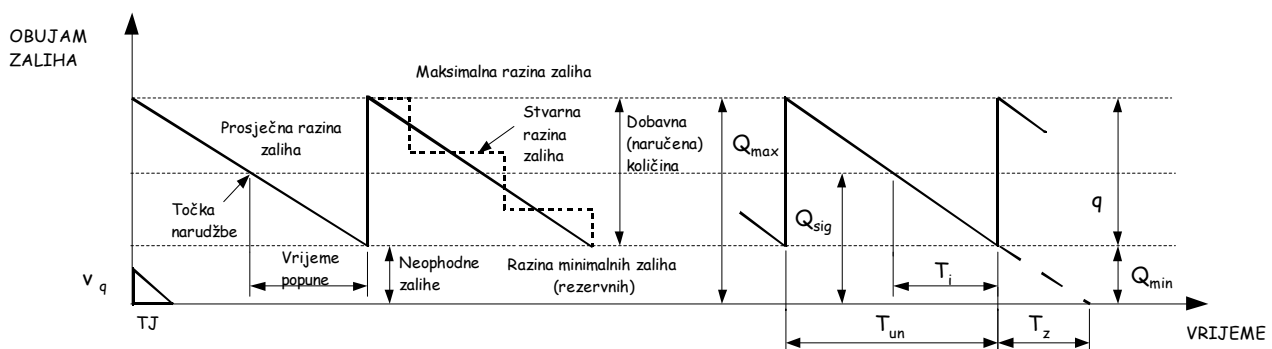
$$T_p = k \cdot T_{POT OPT} \quad (8.7)$$

gdje je:  $T_p$  - vrijeme pripreme zalihe određene vrste materijala  
 $T_{POT}$  - vrijeme potrošnje zalihe određene vrste materijala  
 $k$  - omjer vremena pripreme i potrošnje zaliha određene vrste materijala  
 (< 1)

Kako vrijeme pripreme mora biti manje od optimalnog vremena potrošnje zalihe određenog materijala, to se vrijeme  $T_{POT OPT}$  proračunava uz pomoć mjerenja i normiranja stvarne veličine vremena potrebnog za pripremu zalihe.

Za veliki asortiman materijala s kojim se proizvodnja opskrbljuje kao i za upravljanje zalihama koje nije podržano računalom, sve se vrste materijala ne optimiraju po pitanju zaliha već se primjenom određene **ABC metode** bira vrsta materijala za koju je zalihe nužno optimirati. Optimiranje se svodi na izračun minimalnih i maksimalnih količina na zalihama, te utvrđivanje termina naručivanja određene nove količine materijala za zalihe. Taj termin naručivanja postiže se u trenutku kada se količina na zalihama izjednači s očekivanom potrošnjom u razdoblju između davanja naloga za izradu nove količine do primitka gotovog dijela u skladište uvećanom za nužne rezerve koje služe kao zaštita eventualne povećane potrošnje u tom razdoblju ili zastoja u izradi nove količine.

Za jednoliku i kontinuiranu potrošnju materijala u svakoj terminskoj jedinici određivanje signalne, minimalne i maksimalne veličine zaliha vidljivo je s obzirom na grafički prikaz razine zaliha određenog materijala tijekom vremena.



Slika 8.8. Grafički prikaz razine zaliha

Simboli na slici označavaju:

- Q - zalihe materijala
- $Q_{max}$  - maksimalna zaliha
- $Q_{min}$  - minimalna zaliha koja pokriva potrebe proizvodnje kroz vremensko razdoblje  $T_z$ , ako materijal ne stigne u predviđenom roku isporuke
- $Q_{sig}$  - sigurnosna zaliha kod koje se naručuje materijal
- $v_q$  - utrošak materijala u jedinici vremena (u jednoj teminskoj jedinici  $T_f$ )
- q - naručena količina materijala
- $T_i$  - razdoblje isporuke
- $T_z$  - vrijeme eventualnog prekoračenja termina isporuke
- $T_{un}$  - razdoblje utroška naručene količine

Na temelju slika proizlaze sljedeće relacije:

$$Q_{min} = T_z \cdot v_q \quad (8.8)$$

$$Q_{sig} = (T_i + T_z) \cdot v_q \quad (8.9)$$

$$q = T_{un} \cdot v_q \quad (8.10)$$

$$Q_{max} = Q_{min} + q = (T_z + T_{un}) \cdot v_q \quad (8.11)$$

Ukoliko se optimiranje ne provodi za svaki entitet (izuzetno velik asortiman materijala), a posebice kod slučaja kad upravljanje zalihama nije podržano računalom, često se kao podloga racionalnom sustavu planiranja i upravljanja materijalom koristi **ABC metoda** zasnovana na Paretovoj hipotezi da "manjina čini većinu" (\* Vilfredo Pareto - 1848-1923, talijanski ekonomist i sociolog). Pri tom se polazi od pretpostavke da 10-20% svih vrsta materijala predstavlja 70-80% vrijednosti ukupnih zaliha materijala - grupa A, grupa B - 20-30% količina čini 20-30% vrijednosti, i grupa C - 50-70% količina čini samo 5-10% vrijednosti zaliha materijala. Razvrstavanje materijala u određene grupe A, B ili C provodi se sljedećim postupkom:

1. Formiranje popisa materijala po kvaliteti, dimenzijama i obliku koji se u poduzeću troše
2. Analiza utroška materijala u prošlom vremenskom razdoblju u cilju procjene buduće potrošnje
3. Utvrđivanje nabavne cijene pojedinih materijala
4. Izračun ukupnih troškova po pojedinoj vrsti materijala
5. Rangiranje materijala po veličini ukupnih troškova
6. Određivanje A, B, C područja na osnovi kumulativnih troškova

Temeljem razvrstavanja u A, B, C grupu najveća se pozornost pridaje A grupi, manja B, a najmanja C grupi, te se prema takvom rangu važnosti pristupa rješavanju problema zaliha.

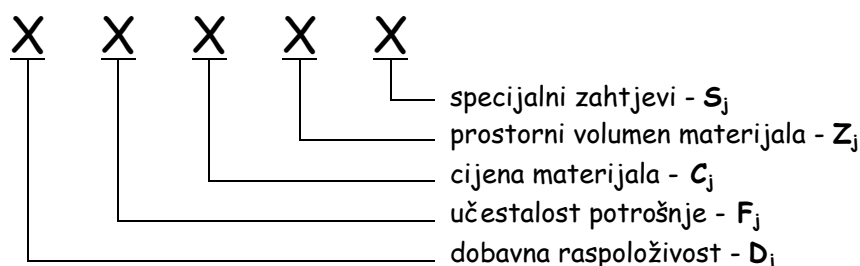
## B) MINI-MAX METODA OPTIMIRANJA ZALIHA

Ovom metodom optimiranju zaliha pristupa se na način da se izvrši pogodna klasifikacija asortimana robe u pojedine klase ( grupe ) - A, B, C, ali ne samo na osnovi cijena robe već i dobavno-potrošnih karakteristika materijala. Dalje se prema određenim pravilima za svaku grupu pristupa određivanju minimalnih i maksimalnih količina, te se na temelju operativnih terminskih planova potrošnje definira dinamika obnove zaliha ( količine i termini ).

Prema predloženoj metodi specifične dobavno- potrošne karakteristike materijala na zalihama, a koje pretstavljaju temelj kalsifikacije u A, B, C grupu formaliziramo kao:

- **dobavna raspoloživost robe** - što podrazumijeva mogućnost dobave robe prema operativnom terminskom planu, a kategorizira se u 5. stupnjeva sa pripadajućim karakterističnim faktorima
- **učestalost potrošnje robe** - što podrazumijeva ocjenu univerzalnosti ( primjenjivosti kod različitih proizvoda ) pri potrošnji, a također se kategorizira u 5. stupnjeva
- **cijena robe** - što podrazumijeva novčanu vrijednost robe, gradirana je kroz 4. stupnja
- **prostorni volumen robe** - što podrazumijeva prostor koji roba ( materijal ) zauzima u skladištu bez obzira na njezin netto volumen, pri čemu su gradirana 3. stupnja
- **specifični zahtjevi robe** - pod čim se podrazumijevaju one karakteristike pojedine robe koje nisu obuhvaćene prethodno iznesenim značajkama, a mogle bi imati utjecaj na optimiranje zaliha. Ti su zahtjevi rangirani u 3. stupnja

Klasifikator temeljen na ovako definiranim karakteristikama i njihovim stupnjevima prikazan je na sljedećoj slici, dok je formalizacija tih karakteristika i stupnjeva numeričkim veličinama prikazana u jednoj tablici ( 8.2 ), a kriteriji razvrstavanja u A, B ili C grupu u drugoj tablici ( 8.3 ).



Slika 8.9. Klasifikatori optimiranja zaliha



Pri tome se dobavna raspoloživost robe i specijalni zahtjevi procjenjuju iskustveno, dok se faktori učestalosti potrošnje, cijene i volumena izračunavaju na sljedeći način:

**Faktor potrošnje robe:**

$$f_j = \sum_{i=1}^n Z_i \quad (8.12)$$

gdje je:  $f_j$  - faktor učestalosti potrošnje  $j$ -tog materijala u proizvodnji ( montaži )  
 $i = 1, 2, \dots, n$  - broj finalnih proizvoda u koje se ugrađuje  $j$ -ti materijal  
 $Z_i$  - udio godišnje zauzetosti proizvodnje ( montaže )  $i$ -tog finalnog proizvoda

$$Z_i = \frac{Q_{gi}}{t_z \cdot d \cdot Q_{di}} \quad (8.13)$$

gdje je:  $Q_{gi}$  - godišnja količina proizvodnje ( montaže )  $i$ -tog proizvoda  
 $Q_{di}$  - dnevna količina montaže  $i$ -tog proizvoda  
 $t_z$  - broj radnih tjedana godišnje  
 $d$  - broj radnih dana u tjednu

Tablica 8.2 Karakteristike optimiranja materijala

NAZIV I STUPANJ KARAKTERISTIKE	PODRUČJE KARAKTERISTIKE	VRIJEDNOST KLASE
1. DOBAVA 1.1. Vrlo laka dobava 1.2. Laka dobava 1.3. Otežana dobava 1.4. Teška dobava 1.5. Vrlo teška dobava	RASPOLOŽIVOST $d_j$ 1 - u svakom terminu 2 - u planiranim intervalima 3 - u prorjedenim intervalima 4 - u rijetkim intervalima 5 - u strogo rijetkim intervalima	1 2 3 5 7
2. UČESTALOST 2.1. Vrlo velika učestalost 2.2. Velika učestalost 2.3. Srednja učestalost 2.4. Mala učestalost 2.5. Vrlo mala učestalost	PODRUČJE $f_j$ 0,81 - 1,00 0,61 - 0,80 0,31 - 0,60 0,11 - 0,30 0,00 - 0,10	1 2 3 4 5
3. CIJENA MATERIJALA 3.1. Vrlo skupo 3.2. Skupo 3.3. Srednje skupo 3.4. Jeftino	PODRUČJE $c_j$ 0,51 - 1,00 0,21 - 0,50 0,06 - 0,20 0,00 - 0,06	1 2 3 4
4. VOLUMEN 4.1. Vrlo velik 4.2. Povećan 4.3. Normalan	PODRUČJE $z_j$ > 4 2 ÷ 4 < 2	1 2 3
5. SPECIJALNI ZAHTJEVI 5.1. Precjenjeno 5.2. Normalno 5.3. Potcjenjeno	<u>Kada je <math>D_j+F_j+C_j+Z_j</math> i kada je</u> 8 ili 13 $C_j > 2$ u ostalim slučajevima 9 ili 14 $C_j < 2$	1 0 - 1

Tablica 8.3 Klasifikacijske grupe materijala

KLASIFIKATOR VRIJEDNOSTI					KLASA - GRUPA MATERIJALA PODRUČJE KLASJE		
D <sub>j</sub>	F <sub>j</sub>	C <sub>j</sub>	Z <sub>j</sub>	S <sub>j</sub>	A	B	C
1	1	1	1	- 1	<u>4 ÷ 8</u>	<u>9 ÷ 13</u>	<u>14 ÷ 19</u>
2	2	2	2	0	4	9	14
3	3	3	3	1	5	10	15
5	4	4	-		6	11	16
7	5	-	-		7	12	17
					8	13	18
							19

$$Q_{di} = \frac{h \cdot s}{t_{mi}} \quad (8.14)$$

gdje je:  $h$  - broj radnih sati u jednoj smjeni  
 $s$  - broj radnih smjena u jednom danu  
 $t_{mi}$  - takt montaže  $i$ -tog proizvoda

**Faktor cijene koštanja** računamo prema izrazu:

$$c_j = \frac{C_{kj}}{C_{kj \max}} \quad (8.15)$$

gdje je:  $C_{kj}$  - cijena koštanja (nabavna cijena)  $j$ -tog materijala  
 $C_{kj \max}$  - cijena najskupljeg  $j$ -tog materijala u proizvodnji (montaži)

**Faktor volumena materijala** računamo prema izrazu:

$$z_j = \frac{V_{sj}}{V_j \cdot k_j} \quad (8.16)$$

gdje je:  $V_{sj}$  - volumen nužan za uskladištenje  $j$ -tog materijala  
 $V_j$  - volumen  $j$ -tog materijala  
 $k_j$  - koeficijent mase u odnosu na volumen  $j$ -tog materijala koji iznosi  $k_j \leq 1$

Klasu **A** predstavljaju grupirani dijelovi (materijal) koji se lako dobavljaju, skupi su, volumenizirani i često se upotrebljavaju, pa se za njih treba odrediti vrlo niske vrijednosti minimuma i maksimuma kao i česte intervale obnove zaliha. U **B** grupu

spada najveći dio asortimana sa manje zahtjevnim karakteristikama u pogledu optimiranja zaliha (mini-max količine i intervali dobave), dok je **C** grupa najmanje zahtjevna s visokim maksimumom često jednakim planskom zahtjevu na neki duži vremenski period, a s minimumom ravnim nuli. Ove stavove treba u konkretnom slučaju detaljno razraditi u korelaciji sa stanjem poslovanja određenog PS-a.

Određivanja mini-max količina u cilju optimiranja zaliha određuje se sada prema karakteristikama materijala. Pri tom se za određivanje potrebnog prostora za smještaj zaliha usvaja pretpostavka konstantnih dobavnih količina (nešto veće prosječne zalihe ali olakšan postupak nabave) prema izrazu:

$$q_{max j} = Q_{max j} - Q_{min j} = const \quad (8.17)$$

Inače je operativna dobavna količina varijabilna i ovisna o operativno potrebnim količinama u određenim vremenskim terminima:

$$q_{pj} = \sum_{r=1}^z Q_{rj} \quad (8.18)$$

gdje je:  $q_{pj}$  - planska operativna dobavna količina  $j$ -tog materijala (robe)  
 $Q_{rj}$  - potrebna količina  $j$ -tog materijal (robe) u  $r$ -tom terminu  
 $r = 1, 2, \dots, z$  - broj termina (tjedana) koje mora zadovoljiti osigurana zaliha  $j$ -te robe

**Tjednu zalihu materijala** računamo prema relaciji:

$$Q_{tj} = \frac{Q_{gj}}{t_z \cdot f_j} \quad (8.19)$$

gdje je:  $Q_{tj}$  - prosječno potrebna tjedna zaliha materijala  
 $Q_{gj}$  - godišnja količina (kom)  $j$ -tog materijala (robe, dijela) u proizvodnji (montaži)  
 $t_z$  - broj radnih tjedana godišnje  
 $f_j$  - faktor učestalosti potrošnje  $j$ -tog materijala

dok godišnju količinu pojedinog materijala iz prethodne relacije računamo:

$$Q_{gj} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot X_{ij} \quad (8.20)$$

gdje je:  $N_i$  - godišnja količina  $i$ -te vrste finalnog proizvoda koja se proizvodi (montira)  
 $X_{ij}$  - količina  $j$ -te vrste materijala (dijelova, sklopova) ugrađena u  $i$ -ti finalni proizvod

$i = 1, 2, \dots, m$  - broj vrsta finalnih proizvoda

**Minimalna količina** pojedine  $j$ -te robe ( materijala, pozicije ) određuje se izrazom:

$$Q_{\min j} = k_{\min i} \cdot Q_{tj} \quad (8.21)$$

gdje je:  $Q_{\min j}$  - minimalna zaliha  $j$ -tog materijala

$k_{\min i}$  - koeficijent minimalne zalihe  $i$ -te klase (grupe) u koju je klasificiran  $j$ -ti materijal ( $0 \div 1$ , eventualno do 2 ), a određuje se selektivno zavisno o uvjetima rada PS-a

**Maksimalna količina** pojedinog  $j$ -tog materijala izražava se relacijom:

$$Q_{\max j} = Q_{\min j} + k_{\max i} \cdot Q_{tj} \quad (8.22)$$

gdje je:  $Q_{\max j}$  - maksimalna zaliha  $j$ -tog materijala

$k_{\max i}$  - koeficijent maksimalne zalihe  $i$ -te klase (grupe) u koju je klasificiran  $j$ -ti materijal (selektivno se određuje ovisno o uvjetima montaže - kraći takt i veća serija  $\rightarrow$  niža vrijednost).

Za prosječnu serijsku proizvodnju uzima se  $A = 2$ ,  $B = 4$ ,  $C = 8$ , a u općem slučaju može se dobiti relacijom:

$$k_{\max} = \frac{1}{f_j} \leq k_i \quad (8.23)$$

gdje je:  $k_i$  - maksimalno dozvoljena vrijednost koeficijenta za  $i$ -tu klasu proizvoda

Obnova zaliha temelji se na operativnom planu potrošnje materijala za određeno terminsko razdoblje (tjedan, mjesec, kvartal). Pri tome termin obnove zaliha ne proizlazi iz dosizanja stanja minimalnih zaliha koje predstavljaju određenu stratešku rezervu za slučaj zastoja dnevnih aktivnosti, već proizlazi iz termina potrošnje materijala (robe) na montaži (proizvodnji) pojedinih finalnih proizvoda.

**Broj dobava** računamo kao:

$$D_j = \frac{Q_{gj}}{q_{\max j}} \quad (8.24)$$

gdje je:  $D_j$  - broj dobava  $j$ -tog materijala tijekom poslovne godine

$Q_{gj}$  - godišnja količina  $j$ -tog materijala koji se troši u proizvodnji (montaži)

$q_{\max j}$  - maksimalno dozvoljena jednokratna dobavna količina  $j$ -tog materijala

Za pravovremenu obnovu zaliha nužno je utvrditi termin u kojem će se raspoložive zalihe potrošiti, odnosno kada nastupa potreba njihove obnove. Stoga se najprije utvrđuje **dostatnost raspoloživih zaliha** u određenom terminskom razdoblju prema relaciji:

$$d_{jr} \frac{Q_{1,jr} - Q_{\min,j}}{\sum_{r=1}^m Q_{p,jr}} \geq 1 \quad (8.25)$$

gdje je:  $d_{jr}$  - indikator dostatnosti zaliha  $j$ -tog materijala u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $Q_{1,jr}$  - početno stanje zaliha  $j$ -tog materijala na početku  $r$ -tog terminskog razdoblja  
 $Q_{\min,j}$  - minimalna zaliha  $j$ -tog materijala  
 $Q_{p,jr}$  - potrebna količina  $j$ -tog materijala za montažu u  $r$ -tom tjednom razdoblju (potrošnja)  
 $r = 1, 2, \dots, m$  - broj tjedana u promatranom terminskom razdoblju

Potrebnu količinu  $j$ -tog materijala (robe) tijekom radnog tjedna dobivamo:

$$Q_{p,jr} = \sum_{i=1}^m n_{ir} \cdot X_{ij} \quad (8.26)$$

gdje je:  $n_{ir}$  - količina  $i$ -tog finalnog proizvoda koja se montira u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $X_{ij}$  - količina  $j$ -tog materijala (robe, dijelova) koja se ugrađuje u  $i$ -ti proizvod  
 $i = 1, 2, \dots, m$  - broj finalnih proizvoda

Kada je indikator dostatnosti zaliha  $d_{jr} \geq 1$  postojeće su zalihe dovoljne za izvršenje proizvodnje (montaže) svih količina finalnih proizvoda u planiranom razdoblju, i nije potrebno obnoviti zalihe. Ukoliko je  $d_{jr} < 1$  postojeće zalihe nisu dovoljne za proizvodnju, i zalihe treba obnoviti.

**Trenutak ( datum ) obnove zaliha** računamo:

$$T_{d,jr} = T_{d1} + d_{jr} \cdot d - 1 \quad (8.27)$$

gdje je:  $T_{d,jr}$  - datum obnove zaliha  $j$ -tog materijala u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $T_{d1}$  - datum (kalendarski) prvog radnog dana u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $d$  - broj radnih dana u terminskoj jedinici (  $d = 5$  za tjedan )

Kod toga obnovu treba vršiti tako da se ne prekorače dozvoljena **mini-max** stanja zaliha. Za uspješno gospodarenje zalihama koristan je indikator koji govori o tome

koliko se brzo troše i obnavljaju zalihe. Ovu indicaciju daje nam **koeficijent obrtaja zaliha**, a računamo ga po relaciji:

$$K_{rj} = \frac{Q_{pjr}}{Q_{zjr}} \quad (8.28)$$

gdje je:  $K_{rj}$  - koeficijent obrtaja  $j$ -tog materijala u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $Q_{pjr}$  - količina potrošnje  $j$ -tog materijala u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $Q_{zjr}$  - prosječna veličina zalihe  $j$ -tog materijala u  $r$ -tom terminu koju računamo kao:

$$Q_{zjr} = \frac{Q_{1jr} + Q_{2jr}}{2} \quad (8.29)$$

gdje je:  $Q_{1jr}$  - početno stanje zaliha  $j$ -tog materijala na početku  $r$ -tog termina  
 $Q_{2jr}$  - završno stanje zaliha  $j$ -tog materijala na kraju  $r$ -tog termina

odnosno u dužem vremenskom razdoblju:

$$Q_{zj} = \frac{\sum_{r=1}^m Q_{zjr}}{m} \quad (8.30)$$

gdje je:  $Q_{zj}$  - prosječna veličina zalihe  $j$ -te robe u razdoblju od  $r = 1 \div m$  termina

Pored brojčanog ( numeričkog ) iznosa veličine zaliha interesantna je i **prosječna vrijednost zaliha** koja se računa po izrazu:

$$F_{zj} = Q_{zj} \cdot C_{kj} \quad (8.31)$$

gdje je:  $F_{zj}$  - vrijednost prosječne zalihe  $j$ -tog materijala u  $r$ -tom terminskom razdoblju  
 $C_{kj}$  - cijena koštanja  $j$ -tog materijala

Analogno tome **prosječna vrijednost zaliha svih roba** iznosi:

$$F_z = \sum_{j=1}^n Q_{zj} \cdot C_{kj} \quad (8.32)$$

gdje je:  $F_z$  - vrijednost ukupnih prosječnih zaliha svih ( $j = 1, \dots, n$ ) vrsta materijala u nekom promatranom vremenskom razdoblju

Također **koeficijent obrtaja zaliha** možemo izračunati za neki duži promatrani vremenski period:

$$K_{zj} = \sum_{r=1}^m K_{rj} \quad (8.33)$$

a također i **koeficijent obrtaja zaliha svih materijala** tijekom nekog promatranog vremenskog razdoblja:

$$K_z = \frac{\sum_{j=1}^n K_{zj} \cdot C_{kj}}{\sum_{j=1}^n C_{kj}} \quad (8.34)$$

gdje je:  $K_z$  - koeficijent obrtaja ukupnih zaliha svih ( $j = 1, \dots, n$ ) vrsta materijala u nekom vremenskom razdoblju ( $r = 1, \dots, m$ )

### 8.5.3. VREMENA DOBAVE I TROŠENJA ZALIHA

Zalihe su općenito u stanju konstantne (manje ili veće) promjenjivosti. Razlog leži u činjenici da se materijali (dijelovi, polufabrikati) neprestano troše na montaži te kao rezervni dijelovi, ali se povremeno i osiguravaju iz obrade ili nabave.

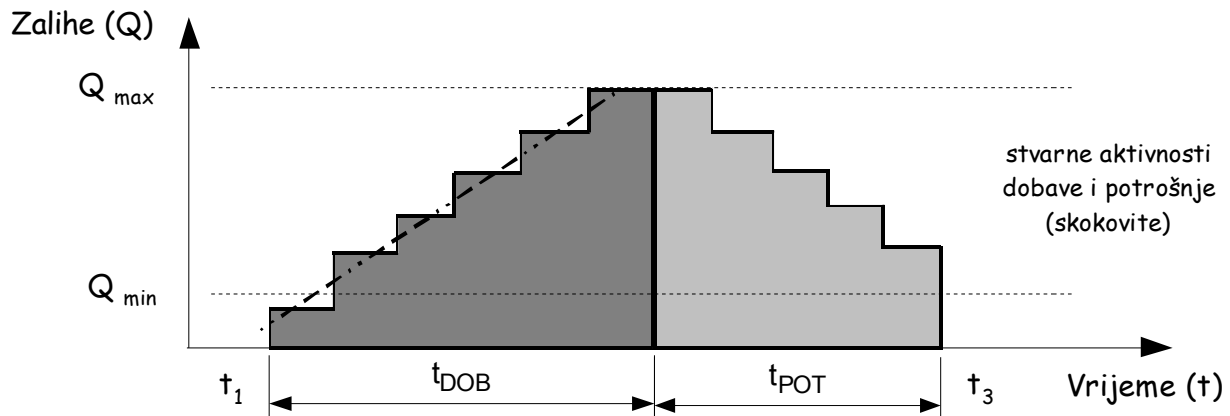
Osiguranje ravnoteže između obnove i potrošnje zaliha potrebno je osigurati regulacijom ciklusa obnove zaliha, pošto potrošnja zaliha ovisi o operativnim terminskim planovima proizvodnje. Aktivnost obnove zaliha potrebno je započeti na vrijeme, kako bi se sve aktivnosti obavile i osigurala dobava novih količina najkasnije do onog momenta kada zalihe padnu na minimum. Pri tome minimum predstavlja određenu rezervnu količinu koja bi osigurala nesmetano odvijanje potrošnje materijala (proizvodnja, montaža) još neko vrijeme, a kao prevencija sigurnosti odvijanja proizvodnje za slučaj nepredviđenih zastoja u dobavi.

Odnos vremena dobave i potrošnje zaliha može poprimiti različite vrijednosti, što je vidljivo i iz sljedećeg prikaza:

$$t_{DOB} \stackrel{\leq}{\geq} t_{POT} \quad (8.35)$$

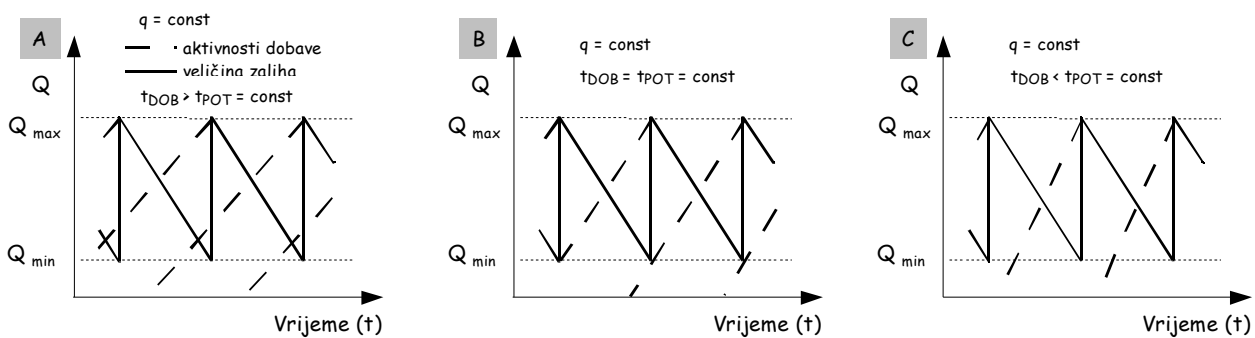
gdje je:  $t_{DOB}$  - vrijeme dobave (od  $t_1$  do  $t_2$ ) novih količina dijelova  
 $t_{POT}$  - vrijeme trošenja zaliha (od  $t_2$  do  $t_3$ )





Slika 8.10. Aktivnosti obnove zaliha i tijekom njihovog trošenja

Ako pretpostavimo konstantnu količinu dobave materijala razlikujemo tri tipična slučaja odnosa vremena dobave i vremena trošenja zaliha.



Slika 8.11. Odnos vremena dobave i trošenja zaliha

Ukoliko vrijeme potrošnje uzmemo kao konstantu, za:

**slučaj A** - vrijeme dobave duže je od vremena trošenja. Stoga i aktivnosti obnove zaliha započinju znatno ranije. U određenom trenutku vremena moguće je paralelno odvijanje više međusobno fazno pomaknutih aktivnosti dobave istovremeno. Operativno planiranje i vođenje obnove zaliha prilično je složeno (više lansiranih serija obrade iste pozicije istovremeno)

**slučaj B** - vrijeme dobave i vrijeme potrošnje međusobno su jednaki, pa je operativno planiranje i vođenje obnove zaliha znatno lakše jer se u proizvodnji nalazi lansirana samo jedna serija.

**slučaj C** - vrijeme dobave kraće je od vremena trošenja zaliha, pa se događa da u proizvodnji i nema lansirane serije određenog izratka sa zaliha.

Na vrijeme dobave najviše utječe veličina ciklusa izrade pojedinih pozicija, što ovisi o njihovim tehnološkim procesima. Općenito važi zaključak da je operativno planiranje i vođenje zaliha lakše za slučaj kraćih vremena dobave, a dužih vremena trošenja zaliha.

#### 8.5.4. SUSTAVI NABAVLJANJA MATERIJALA

Kod dobave materijala za zalihe osim vlastite izrade moguća je i nabava od dobavljača u okruženju poslovnog sustava. Stoga treba nešto reći i o sustavima nabavljanja, posebice JIT sustavima nabavljanja kao dijelu JIT sustava proizvodnje.

Termin **JIT** porazumijeva "vremenski dobro planirano", odnosno u pravo vrijeme (just in time). Prema Shigeo Shingou "to je sustav čiji je glavi zadatak eliminiranje svega nepotrebnog", i predstavlja temelj poznatog Toyota sustava. U području disponiranja materijala podrazumijeva osiguranje dijelova i sklopova samo u potrebnoj količini sa najmanjim mogućim vremenom protoka.

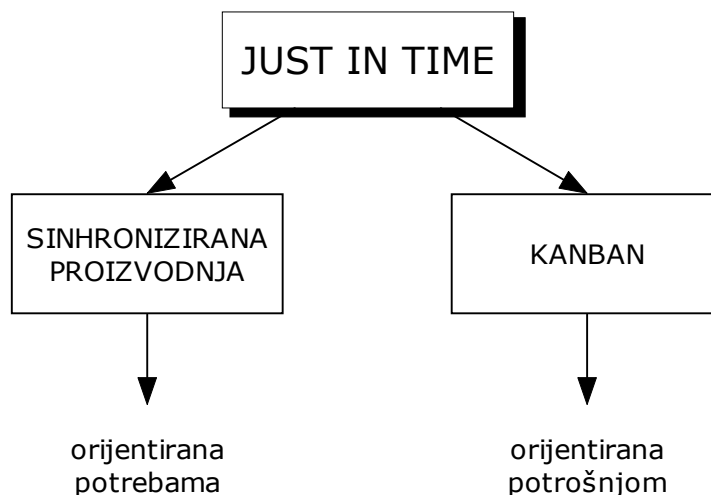
Kod JIT sustava u potpunosti se sinkronizira cjelokupna proizvodnja i potrošnja određenih izradaka. To podrazumijeva proizvodnju bez skladišta kod koje svaki proizvodni proces treba opskrbiti pravim dijelovima, u pravilnim količinama i u točno određenom vremenu. Takvi JIT sustavi nabavljanja sastavni su element JIT proizvodnje čija je karakteristika proizvodnja na zahtjev, u dnevnim serijama. Protok materijala u tom je slučaju organiziran na principu samoposluživanja, što znači da potrošač u bilo kojoj fazi proizvodnje uzima robu, opaža se smanjenja zaliha, te se one popunjavaju. Takav se sustav uvodi s ciljem što bolje reakcije na potrebe potrošača u pogledu rokova isporuke, ali istovremeno uz točno dimenzioniranu opskrbu (protok) kako bi se eliminirala skladišta i zalihe. Težnja je nabaviti ili proizvesti materijal ili poluproizvod samo u količini i terminu kada je to upravo potrebno.

Pretpostavke realizacije ovakvog sustava jesu:

- osiguranje isporuka samo kvalitetnih (bez grešaka) predmeta rada
- usklađenje proizvodnih kapaciteta i organizacija autonomnih grupa proizvodne opreme
- proizvodnja u malim serijama
- osiguranje optimalnog protoka materijala nabavom od malog broja prostorno bliskih, stabilnih dobavljača

To se ne podudara s klasičnim pretpostavkama "racionalnog poslovanja" temeljenih na principima: visoka serija → ekonomičnost i proizvodnost, nabava od više dobavljača → bolje cijene, bolja opskrbljenost zalihamo → veća sigurnost procesa, itd... Stoga ovaj koncept nije primjenjiv u svim sredinama, već samo u manjim, fleksibilnim poduzećima. Kako visoke zalihe samo skrivaju probleme proizvodnje kao što su neusklađenost kapaciteta, neispunjenje rokova, škart, kvarovi i ispadi opreme iz pogona, i slično, proizvodnja bez zaliha jedna je od najrevolucionarnijih zamisli u okviru "nove japanske filozofije" Shigeo Shingoa primjenjena u okviru JIT sustava Toyote.

U osnovi razlikujemo dva oblika JIT sustava proizvodnje :



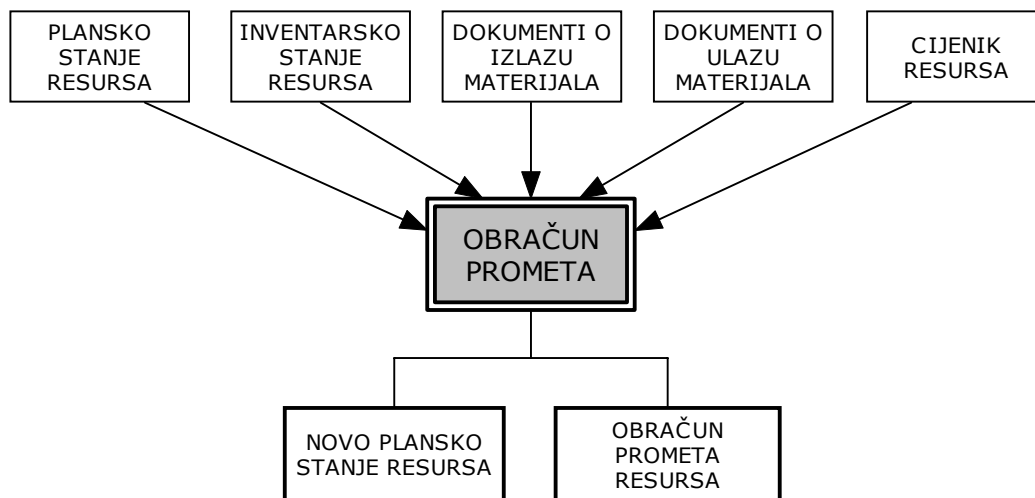
Slika 8.12. Dva oblika JIT sustava proizvodnje

- A) SINHRONIZIRANA PROIZVODNJA** - porazumijeva geslo " **proizvedi danas ono što će sutra biti potrebno ili će se tražiti**". Teoretski nema skladišta i zaliha jer je svaka faza procesa rada usklađena sa ostalim fazama uključujući isporuku. Polazište su godišnji planovi proizvodnje na osnovi kojih se definiraju terminske potrebe za materijalom. U cilju osiguranja termina i količina s dobavljačima se sklapaju ugovori (oni drže materijal na zalihama). Kvaliteta se podrazumijeva jer su ugovori dugoročni s otkaznim rokom i kaznama zbog nedostataka u kvaliteti te penalima za kašnjenja. Zahtjevi za isporukama su često tjedni, pa i dnevni, a o promjeni plana ili nekoj drugoj izmjeni proizvodnog procesa dobavljača je potrebno hitno izvjestiti kako bi se izbjegli eventualni zastoji. Dobavljači su praktično integrirani i sinhronizirani u vlastiti proizvodni proces.
- B) KANBAN** - podrazumijeva geslo " **proizvedi danas ono što je jučer utošeno, odnosno prodano**" i inspiriran je jednostavnim sustavima popunjavanja roba u robnim kućama sa samoposluživanjem. To nije upravljanje prema narudžbama kupca ali simulira taj proces s velikom vjerojatnošću zbog uravnoteže distribucije prodaje. Samoregulacija kod kanban sustava temelji se na samoposluživanju u svim fazama proizvodnje uz samoregulirajuće autonomne cjeline. Podloga realizacije sustava su kartice (**kanban** - japanski). Njih popunjavaju radnici unoseći sve značajnije podatke o materijalu ili poluproizvodu za potrebe buduće proizvodnje ili transporta (šifra, naziv, specifikacija materijala, broj komada, način pakiranja, iz koje se i u koju proizvodnu jedinicu transportira, vrijeme preuzimanja, broj kartice, ciklus transporta...). Po primitku kartice proizvodni izvršilac proizvodi traženu količinu i odlaže je u transportnu kutiju, pri čemu se jedna kartica odnosi na sadržaj jedne kutije, a odgovornost za kvalitet preuzima onaj tko materijal priprema (proizvodi). Pošto ne postoje sigurnosne zalihe kvaliteta proizvodnje mora biti besprijekorna. Ovaj je sustav pogodniji za serijsku ili masovnu proizvodnju, ali se može primjeniti i za lančanu pojedinačnu proizvodnju.

Za isporuku prema JIT sustavu nisu pogodni svi materijali, već samo oni za koje je ekonomično smanjiti zalihe na račun povećanih troškova nabave i transporta (velike cijene, kontinuirana potrošnja, veliki volumeni, veliki transportni kapaciteti).

## 8.6. OBRAČUN PROMETA MATERIJALA

Pod prometom materijala podrazumjevamo sve aktivnosti koje se odnose na obradu informacija o ulazima, izlazima i stanju resursa kako u fizičkim, tako i u financijskim vrijednostima. Promet utvrđujemo na osnovi odgovarajućih podloga kojima se stanje i promet resursa definira kao što je to vidljivo sa sljedeće slike:



Slika 8.13. Tok informacija pri obračunu prometa repromaterijala

Pri tome izvješća o zalihama predstavljaju rezultat obrade podataka o zalihama ili procesa inventarizacije (redovita, izvanredna, kontinuirana - permanentna) koji podrazumjevaju usklađivanje knjigovostvenog stanja sa stvarnim stanjem.

Neka poduzeća imaju stalno ažurno izvješće o zalihama i prometu materijala općenito zahvaljujući kompjuterskoj podršci. Kod zaliha je to značajno zbog mogućeg smanjivanja "zamrzavanja novca u robi". Preduvjet toga je obrada podataka o ulazu i izlazu materijala sa skladišta u stvarnom, realnom vremenu (real time) zbog eventualnosti zastarjevanja informacija, kao i neposredno na mjestu nastanka poslovnih promjena ( on line ). Time se ograničava broj financijskih, planskih i operativnih manipulacija informacijama. Primjena kompjutera omogućuje odlučivanje o nabavljanju, raspolaganju viškovima i drugim operacijama, odnosno "optimiranje zaliha" na temelju podataka o potrošnji, nabavi, ulazima i izlazima, te transportu materijala, što je posebice bitno kod vođenja skladišnog poslovanja u uvjetima kada se iz raznih razloga ne može sprovesti JIT sustav proizvodnje.

## 9. RAČUNALOM INTEGRIRANA PROIZVODNJA - CIM

Računala su strojevi koji obrađuju podatke u cilju proizvodnje određene informacije. U počecima svoje primjene korištena su isključivo kao sredstva za pohranu podataka, postepeno i za obradu podataka te prikaze dobijenih rezultata, što je rezultiralo razvojem računala različitih svojstava i različite namjene. Uz to je i razvoj humanih sučelja koja povezuju računalo i korisnike omogućio korištenje računala od strane različitih krajnjih korisnika.

Današnji suvremeni proizvodni sustavi ne mogu se zamisliti bez računarskih sustava jer gotovo da nema područja u kojima se ne koristi njihova pomoć. Neke od tih aktivnosti za koja se koristi računalo jesu:

- prikupljanje, čuvanje, ažuriranje i obrada, te isporuka potrebnih podataka
- statička, kinematička, dinamička i termička analiza struktura te izvršenje raznih proračuna, simulacije i optimiranja različitih procesa
- učestvovanje u procesu konstruiranja i modeliranja, kao i izrade konstrukcijske i tehničke dokumentacije
- pomoć pri projektiranju tehnoloških procesa
- upravljanje pojedinim alatnim strojevima, robotima, proizvodnom opremom i procesima
- upravljanje transportom materijala i alata
- prikupljanje i upravljanje podacima o kvaliteti proizvoda i stanju proizvodnih procesa
- pomoć pri svim funkcijama planiranja i praćenja stvarnog stanja proizvodnih sustava
- osiguranje međusobne komunikacije i razmjene informacija među organizacijskim elementima proizvodnog sustava

Kod svih tih aktivnosti računala znatno pomažu, a ponegdje i u potpunosti zamjenjuju čovjeka. Skraćenica kojom označavamo kompjutersku podršku aktivnostima je **CA (computer aid)**.

Primjenom računala i informatičke tehnologije u suvremenim industrijskim poslovnim sustavima vrši se automatizacija niza aktivnosti, te se stvarajući "otoke automatizacije" omogućuje ubrzanje odvijanja pojedinih aktivnosti, povećanje kvalitete proizvoda, te time i ekonomičnosti proizvodnje. No rješenjem jednog problema otvara se u perspektivi novi ili više novih problema, nagomilavaju se poslovi na susjednim aktivnostima, pa se postavlja pitanje povezivanja različitih cjelina poslovnog sustava a time i različitih računarskih aplikacija kako bi se osigurali globalni pozitivni efekti. Razvojem i primjenom računala i druge opreme postiže se i integracija pojedinih aktivnosti kao i cjelokupnog poslovanja proizvodnog poduzeća. Za takvu primjenu i integriranje koristi se skraćenica **CI (computer integration)**.

Za proizvodne sustave čije su aktivnosti automatizirane i međusobno povezane primjenom računala na način da je koncepcija računarske integracije ostvarena i unutar proizvodne funkcije, ali i svih ostalih funkcijskih područja sa proizvodnjom, u stručnoj se praksi koristi termin RAČUNALOM INTEGRIRANA PROIZVODNJA sa skraćenicom **CIM** ( **computer integrated manufacturing** ). Na današnjem stupnju razvoja još uvijek nije moguće u potpunosti realizirati CIM koncept, ali postoji jasan trend ka razvoju takvih sustava koji bi u potpunosti zadovoljili zahtjeve za ostvarenjem minimalnog razvojnog i proizvodnog ciklusa novih visokokvalitetnih i jeftinih proizvoda ostvarenih rentabilnom i ekonomičnom proizvodnjom. Kod toga razvoj CIM sustava ne zavisi samo o razvoju računala i informacijske tehnologije, već i drugih grana znanosti i tehnike. Jednom od definicija računalom integrirane proizvodnje (Browne, J.: Production Management System - a CIM Perspective.- Workingham, 1988, str. 33) CIM se predstavlja filozofijom i strategijom povećanja mogućnosti poduzeće automatizacijom i pružanjem računarske podrške pojedinim aktivnostima, te konceptualnom, logičkom i fizičkom organizacijom pojedinačnih funkcija inženjeringa, proizvodnje i marketinga u jedinstveni računalom integrirani sustav. Pri tom CIM ne čine skupovi računarskih aplikacija već koncept potpuno integriranih podsustava karakteriziranih jedinstvenom bazom podataka o svim komponentama sustava i njihovoj potpunoj međusobnoj komunikaciji zatvarajući vezu među planskih, izvršnih i kontrolnih aktivnosti.

### 9.1. RAZVOJ SUSTAVA CIM-A

Da bi se shvatila suština današnjih sustava CIM-a potrebno je razmotriti kratak povjesni razvoj. Početke predstavlja kraj sedamdesetih godina u SAD. I u Europi mnoge kompanije razvijaju različite vlastite koncepcije pod različitim nazivima, no one se ipak suštinski razlikuju u odnosu na današnje sustave. Prikaz na foliji\*.

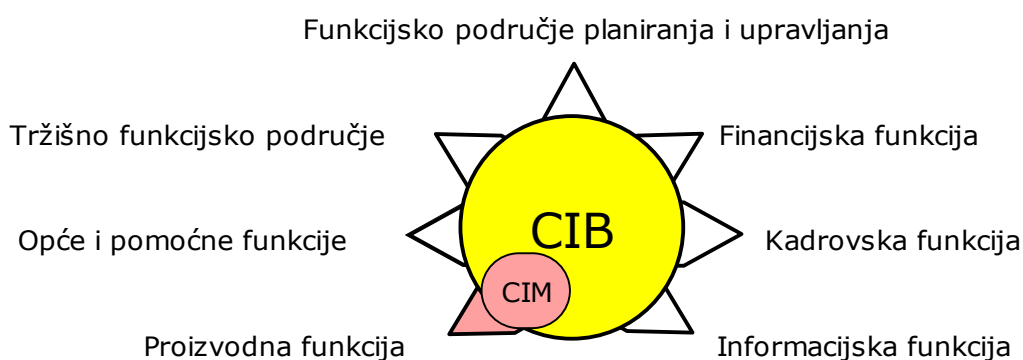
U prvoj fazi od početka razvoja informacijskih sustava pa do sredine 70-tih godina informacijski sustavi pojedinih funkcija uglavnom su dijelili neke zajedničke resurse (računalo), a koncepcija "integriranja" svodila se na korištenje nekih zajedničkih datoteka i programa temeljenih na logičkoj sličnosti nekih procedura i "standardiziranih" za više funkcijskih područja.

Od sredine 70-tih do sredine 80-tih traje faza suradnje u kojoj se pojedine funkcije međusobno čvršće organizacijski povezuju, a poslovne strategije prelaze granicu pojedinih funkcija ( "totalni marketing", "totalna kvaliteta" ). Povezivanjem točaka automatizacije, te primjenom metoda strukturne analize i projektiranjem baze podataka nastojalo se oblikovati modele "integralnih informacijskih sustava" koji su i logički ali i fizički povezali informacijske sustave pojedinih funkcija (zajedničke baze podataka). No to još uvijek nije bila prava integracija jer je nedostajala čvrsta koncepcija odnosa integracijskog sustava i njegovih dijelova, te odnosa poduzeće kao organizacijskog sustava sa njegovim informacijskim sustavom. Stoga su se ipak

informacijski sustavi pojedinih funkcija razvijali kao zasebni sustavi, ali koji su međusobno surađivali (grupe sustava koji surađuju).

Prava "integracija" u sustavnom smislu, koja podrazumijeva povezivanje već postojećih sustava u cjelinu na način da se formira novi sustav, ostvarena je sredinom 80-tih. Kod toga postojeći sustavi najčešće postaju podsustavi novog sustava čiji su ciljevi hijerarhijski viši od ciljeva pojedinih podsustava. Optimalnost djelovanja sustava postiže se suboptimalnošću djelovanja svakog od podsustava, što znači da se ponašanje integralnog sustava razlikuje od unije ponašanja podsustava zbog uspostavljanja novih veza među njima. Time je formulirana filozofija i strategija povećanja sposobnosti poduzeća temeljena na automatizaciji aktivnosti te integriranju upravljanja podacima i informacijskim tokovima svih funkcija proizvodnih poduzeća, a uobičajeno nazivana **CIB ( computer integrated business ) - računalom integrirano poslovanje**. Javljaju se i nazivi **CAI ( computer aided industry )** te **CII ( computer integrated industry )**. Pri tom sama primjena informacijskog sustava bitno mijenja strukturu elemenata, kao i veze, ponašanja i funkciju samog organizacijskog sustava, pa se takav odnos informacijskog i organizacijskog podsustava naziva upravljanje organizacijom za razliku od pasivnog opisivanja organizacije u prethodnim fazama razvoja.

Iako za CIB ( računalom integrirano poslovanje ) kažemo da predstavlja jedinstvenu filozofiju i strategiju informatizacije cjelokupnog poduzeća, ipak pojedina funkcijska područja imaju na CIB različite poglede, te se sa sljedeće slike uočava da CIM predstavlja pogled na CIB sa stanovišta funkcijskog područja proizvodnje, dok sva ostala područja predstavljaju funkcije podrške. Stoga se često ukupno nazivaju **CIO ( computer integrated office ) - računalom integrirano uredsko poslovanje**, što predstavlja kompatibilnost strojne i programske podrške, alatnih strojeva, opreme i uređaja čitavih postrojenja, odnosno otvorenost građe sustava.



**Slika 9.1.** CIM u sustavu računalom integriranog poslovanja

## 9.2. DIJELOVI SUSTAVA CIM-A

Primjenom koncepta CIM-a, do danas je na toj ideji razvijen velik broj različitih sustava koji zbog obilježja koja im daju računala, komunikacije i programska podrška predstavljaju zapravo informacijske sustave. Građa im je pretežito otvorena što omogućuje primjenu opreme različitih proizvođača kao i nadogradnju sustava od strane korisnika. Osnovne dijelove, odnosno podsustave računalom integrirane proizvodnje CIM-a koji su namjenjeni pojedinom problemskom području pokazuje naredna slika, i to su:

- **CAD ( computer aided design ) računalom podržano projektiranje** - koje je namjenjeno računalnoj podršci i automatizaciji procesa razvoja proizvoda i konstrukcijske pripreme proizvodnje (koncipiranje, konstruiranje, proračunavanje i optimiranje, razvoj varijanti, definiranje strukture proizvoda i dijelova, izrada dokumentacije i standardizacija).
- **CAP ( computer aided planning ) računalom podržano tehnološko projektiranje** - omogućuje računalnu podršku i automatizaciju procesa tehnološke pripreme proizvodnje uključujući projektiranje tehnoloških procesa, programiranje NC strojeva i uređaja, te dijelove studija rada.
- **CAM ( computer aided manufacturing ) računalom podržana proizvodnja** - osigurava računalnu podršku i automatizaciju neposrednog upravljanja napravama, uređajima i postrojenjima. U te su procese uključeni i fleksibilni transport, skladištenje, manipulacija i fleksibilna izrada (prerada), kao i prikupljanje podataka iz pogona.
- **CAQ ( computer aided quality assurance ) računalom podržano osiguranje kvalitete** - podrazumijeva osiguranje kvalitete proizvoda i proizvodnje čiji se veći dio može automatizirati ili računalom podržati.
- **CAPPC ( computer aided process planning and control ) sustav planiranja i upravljanja proizvodnjom pomoću računala** - namjenjen je računalnoj podršci i automatizaciji procesa planiranja i upravljanja proizvodnjom. Osnovne skupine aktivnosti ovog sustava su planiranje proizvodnog programa i potrebnih resursa, gospodarenje kapacitetima i predmetima rada, te upravljanje izvršnim proizvodnim aktivnostima.
- **CAO ( computer aided office ) računalom podržano uredsko poslovanje** - obuhvaća računalnu podršku aktivnostima koje obično obavlja radno osoblje u uredima (administrativne aktivnosti, komunikacije unutar i izvan elemenata s kojima CAO graniči, obračun, revizije i kontrole koje se odnose na proizvodnju), a koje su automatizirane i računalom podržane.

Danas u okviru CIM-a ne postoje čvrste granice između funkcijskog područja proizvodnje i ostalih funkcijskih područja, kao i pripadajućih informacijskih podsustava. Kako CIM podrazumijeva i dijelove funkcija izvan proizvodnog funkcijskog područja, sustav planiranja i upravljanja proizvodnjom CAPPC pokriva taktički i



operativni nivo ukupnog procesa planiranja i upravljanja, i predstavlja spojnicu između strateškog nivoa (sustav planiranja i upravljanja poduzećem) i izvršnog nivoa ( CAM, CAD, CAP, CAQ, odnosno jednom riječju **CAE - computer aided engineering - računalom podržani inženjering** ).

### **9.3. SUSTAV PLANIRANJA I UPRAVLJANJA PROIZVODNjom - CAPPc**

U cilju zadovoljenja tržišnih zahtjeva izraženih kroz potrebu kupaca za određenim varijantama proizvoda u traženim količinama i kvaliteti, u predviđenim rokovima i prihvatljivoj cijeni, potrebno je primjeniti takav sustav planiranja i upravljanja koji prelazi granice proizvodnog funkcijskog područja i integrira pojedine aktivnosti a posebice tokove podataka i informacija s više funkcijskih područja. Pri tom je nužna i podrška računala te odgovarajućeg softvera. CAPPc je po unutrašnjoj strukturi i vezama s drugim dijelovima CIM-a sigurno njegov najkompleksniji dio, te ovaj prikaz (kao i poglavlje 10.) ukazuje na općenite, temeljne funkcionalne i metodološke osnove CAPPc-a koje su donekle pojednostavljene u odnosu na stvarno primjenjene u praksi.

## 10. UPORABA RAČUNALA ZA VOĐENJE PROIZVODNJE

Od samih početaka industrijalizacije proizvodnje osnovni je cilj vođenja proizvodnje bio pokušaj njene realizacije uz što veću proizvodnost, a što manje troškove. Za tu su se svrhu u razdoblju industrijske revolucije, do pojave računala, koristili i različiti vidovi industrijalizacije proizvodnog procesa, ali su se svodili na ograničenu mehanizaciju u okviru procesa čime se uz usavršavanje i poboljšanje procedure izvršenja smanjivalo učešće radnika-poslužioca pri rukovanju strojevima i ostalom proizvodnom opremom. Takva klasična "kruta" automatizacija imala je određena ograničenja, posebice nefleksibilnost i visoku cijenu izrade, te je bila isplativa prvenstveno kod visokoserijske i masovne proizvodnje. No s obzirom da u okviru strojogradnje prevladavajući tip proizvodnje predstavljaju maloserijska (6-20 kom.) i srednjeserijska proizvodnja (do 600 kom.), takva automatizacija nije mogla riješiti proizvodne probleme koji se pri takvim prevladavajućim tipovima proizvodnje javljaju (i do 75% ukupne proizvodnje).

Novi pomak u tehnologiji nastaje inovacijama u području razvoja i primjene računala, i to već 50-tih godina (digitalno računalo), te preko 70-tih (mikroprocesori), formulirajući termin informatička revolucija. Njezino su sredstvo bile inovativne kompjuterske tehnologije koje su kao rezultat omogućile neophodnu fleksibilnost automatizacije kroz integraciju i optimizaciju proizvodnih aktivnosti, što u strateškom razvoju vodi ka proizvodnji s bitno novim karakteristikama → integriranoj proizvodnji (CIM-u). Takve karakteristike omogućuju ekonomsku uspješnost proizvodnje i pri manjim serijama, što ukazuje da informatička revolucija donosi vrlo snažne promjene, istog nivoa jakosti kao i industrijska revolucija.

Na osnovi analiziranog stanja kao potreba se nameće formuliranje adekvatnih **informatičkih sustava** kao "nervnih" sustava ukupnog proizvodnog sustava, posebice za vođenje kompleksnih proizvodnih procesa sa raznolikim, složenim i međusobno zavisnim fazama odvijanja u okviru složenih proizvodnih sustava. Problem je posebno izražen kod velikog broja varijanti vrlo složenih proizvoda gdje se kao rezultat cijelog niza međusobno zavisnih faza procesa javlja ogroman broj različitih (konstrukcijskih, tehnoloških, planskih, nabavnih, proizvodnih, prodajnih, financijskih, operativnih itd.) informacija koje se u okviru informacijskog sustava primaju, obrađuju, te se upravlja njihovim tijekom. S obzirom da su informacije različite po strukturi, obimu i brzini toka, za tako složene uvjete odvijanja proizvodnog procesa, a posebice u uvjetima pojedinačne i maloserijske proizvodnje **dovoljno efikasno upravljanje proizvodnim resursima moguće je ostvariti samo uz efikasnu, automatsku obradu informacija putem računala.**

## 10.1. OSNOVNE FAZE PRIMJENE RAČUNALA PRI VOĐENJU PROIZVODNJE

Bez primjene informatičke tehnologije u okviru složenih proizvodnih sustava ne možemo, te bez računala kao temelj nove tehnološke revolucije predstavljaju tehnički vrlo razvijen sistemski alat koji omogućuje djelovanje proizvodnje kao sustava. Pri tom je razvoj primjene računala u upravljanju proizvodnim procesima prošao kroz nekoliko osnovnih faza:

1. **Primjena u okviru proizvodne opreme za njeno upravljanje** - NC strojevi, roboti, uređaji za posluživanje, manipulaciju i transport.
2. **Integracija pojedinačnih strojeva u sustave** - obradni moduli → ćelije → FP sustavi + razni dodatni uređaji (uređaji za pranje, kontrolu, sušenje, termičku obradu, itd.), i sve to uz DNC upravljanje. Pri tom se za rješavanje širih proizvodnih problema javljaju koncepti:
  - **CAD ( computer aided design )** što podrazumijeva razvoj, projektiranje, organizaciju konstrukcije i slično, a podržano računalom
  - **CAM ( computer aided manufacturing )** pri čemu se to odnosi na izvršenje sekundarnih proizvodnih aktivnosti kao: manipulaciju, skladištenje, transport podržane računalom, kao i zaokružene tehnološke grupe proizvodne opreme poznate pod nazivom **FMS ( flexible manufacturing systems )**, odnosno **FPS ( fleksibilni proizvodni sustavi - hrvatski )**, te fleksibilne proizvodne ćelije kao zaokružene organizacijsko-proizvodne cjeline
  - **CAP, CAQ, CAD/CAM u interakciji** također djeluju u okviru proizvodnih sustava rješavajući određene proizvodne probleme.
3. **CIM ( computer integrated manufacturing )** što predstavlja fazu računalom integrirane proizvodnje koja je još u tijeku, a u okviru formiranja tvornica budućnosti koje uključuju CIM - podsustave. Tome se u razvoju teži, ali kompletni CIM koncept nije nigdje u potpunosti primjenjen, i predstavlja ciljni koncept. Takvim se konceptom omogućuje integralna obrada informacija u cilju vođenja proizvodnje i rješavanja zadataka u okviru tehničkih i organizacijsko-gospodarskih funkcija modernog industrijskog poduzeća.

Sljedećim prikazom strukture CIM-a kao osnova funkcioniranja CIM-a podrazumijeva se:

- uporaba računala kao temeljnog elementa automatizacije
- integracija zasnovana na zajedničkim bazama podataka
- primjena FPS-a u proizvodnji

Nas kao dio ukupne cjeline CIM-a interesira segment **računalom podržanog planiranja i upravljanja proizvodnjom CAPP ( computer aided production planning and control )**. Ovaj segment spada u organizacijsko-planske funkcije za razliku od CAD/CAM grane koja spada u tehničke funkcije. Pri tom se kako lijeva grana ( CAPP ), tako i desna grana ( CAE/CAM ) ovog prikaza, sastoje se od planskih odnosno unaprijed

pripremljenih podfunkcija koje prethode samoj proizvodnji ( gornji dio prikaza ) i izvršnih podfunkcija ( donji dio prikaza ). Treba naglasiti da su u sredini kao nezavisni dio prikazani bazni podaci o proizvodima, tehnologiji izrade, te proizvodnoj opremi, alatima i napravama i oni kao osnova svakog CIM koncepta ne pripadaju ni jednoj ni drugoj grani iako se ili/i kreiraju ili/i koriste u tim osnovnim granama - dijelovima CIM-a, a zajedno su objedinjeni terminom **standardna praksa**.

## 10.2. STRUKTURA INTEGRALNOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA

Računala imaju sposobnost da pojedine odsječke proizvodnih aktivnosti integriraju, a također i fleksibilno automatiziraju, što omogućuje prijelaz upravljačkog procesa u jedno više stanje optimiranosti. Stoga je za složene proizvodne sustave nužna primjena računala koja formiraju adekvatan informacijski sustav koji prima informacije iz proizvodnog procesa, obrađuje ih i upravlja njihovim tijekom kako bi se uspješno riješili proizvodni problemi, posebno prevladavajućih tipova proizvodnje ( maloserijska proizvodnja ).

Suvremeni integralni informacijski sustav sastoji se u osnovi od sljedećih strukturnih elemenata kako bi mogao normalno funkcionirati:

- **Hardware** ( oprema )
- **Software** ( programi )
- **Dataware** ( baza podataka )
- **Lifeware** ( kadrovi - radno osoblje )
- **Orgware** ( organizacija rada )

### 10.2.1. HARDWARE ( OPREMA ) - OČVRSJE

**Hardware** predstavlja **materijalni dio** računala (sklopovska oprema). Odnosi se na računalo kao opremu, pri čemu je ta oprema prošla svoj razvojni put u okviru 5. osnovnih generacija:

Tablica 10.1 Razvojni put sklopovske opreme

1. Generacija -	46-56	→ elektronske cijevi
2. Generacija -	57-63	→ tranzistori
3. Generacija -	64-81	→ integrirani sklopovi - čipovi
4. Generacija -	82-90-te	→ mikroprocesori i programski jezici 4. generacije
5. Generacija -	2000-te	→ CAD/CAM, AI ( Artificial intelligence ), baze znanja, ekspertni sustavi, mreže u realnom vremenu, internet

Mogući oblici korištenja hardverske opreme jesu:

1. Glavno "MAINFRAME" računalo (veliko računalo) s određenom periferijom koju sačinjavaju manja računala i terminali međusobno povezani u mrežu. Procesiranje se obavlja na velikom računalu, a svaki korisnik na periferiji ima s njim vezu.
2. Mini računalo
3. "Mikro" računalo (**PC - personal computer**) koje se za potrebe informacijskog sustava sa ostalim računalima povezuje u mrežu **LAN (local area network)**. Zajednička im je baza podataka koja se ažurira od strane korisnika, i na raspolaganju je svima u istom trenutku (rad u realnom vremenu).

Oprema (hardware) se kod svih tipova računala temelji na četiri osnovne funkcionalne jedinice:

- ulazno / izlaznu → omogućuje transfer informacija
- upravljačku → upravlja radom računala
- memorijsku → omogućuje skladištenje informacija
- aritmetičo-logičku → omogućuje procesiranje informacija

Osnovno što hardver kao sklopovska oprema treba omogućiti jeste:

- povezanost korisničkih terminala u umrežene sustave
- distribuiranu obradu informacija uz rad u realnom vremenu (nužne su memorijske sposobnosti računala)
- centraliziranu banku podataka (koja omogućuje točnost i ažurnost podataka i informacija koje su na raspolaganju korisnicima)
- mogućnost aplikacije snažnih operativnih sustava i primjenu modernih programskih jezika (banke podataka, metode pretraživanja, organizacija aplikativnog softvera)

### 10.2.2. SOFTWARE ( SUSTAV PROGRAMA ) - NAPUTBINA

**Software** predstavlja **nematerijalni** dio računala, tj. program bez kojeg hardver ne funkcionira. Pri tom razlikujemo dvije osnovne grupe softvera:

- **operacijski softver** - koji se nabavlja zajedno sa hardverom i koji sinhronizira rad četiri osnovne funkcionalne jedinice računala
- **aplikacijski softver** - koji služi za rješenje određene praktične aplikacije → npr. vođenje proizvodnje kao područje našeg zanimanja.

Operacijski softver (sustav) namjenjen je racionalnom korištenju elektroničkih računala kroz povezivanje upravljačkih, kontrolnih i standardnih programa na način da rade samostalno gotovo bez intervencije čovjeka. U uskoj svezi sa stupnjem razvoja

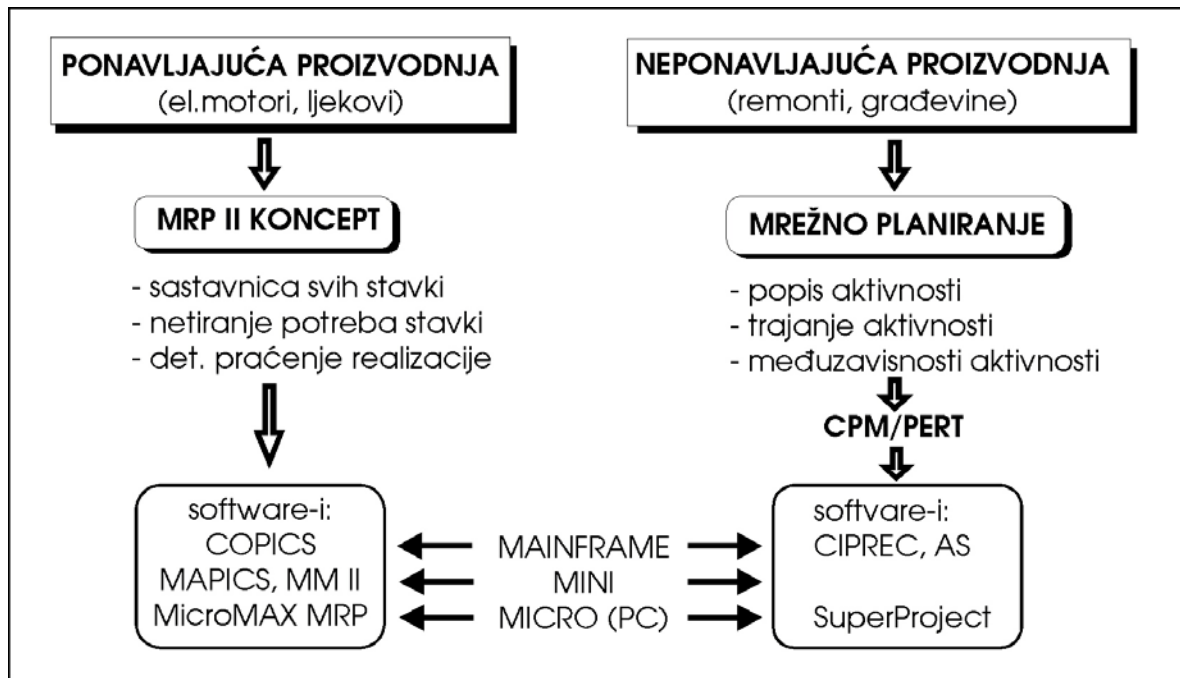
operativnog sustava izražen je i tip organizacije elektroničkog računala, pa razlikujemo:

- **batch processing** ( postupnu obradu ) kada se svaki sljedeći aplikacijski softver obrađuje nakon završetka ili prekida prethodnog programa ( batch - beč → određena količina koja se obrađuje odjednom ).
- **time sharing** ( obrada na principu podjele vremena ) kada jedno računalo poslužuje više korisnika pa vrijeme raspoređuje na njih, iako se svakom čini da radi samo za njega.
- **real time processing** ( obrada u realnom vremenu ) kada se neki događaj u pravilu obrađuje u trenutku njegovog nastajanja kako bi se rezultati odmah iskoristili u procesu upravljanja. Program je stalno aktivan i za obradu informacija i za upravljanje.
- **multiprogramming** ( multiprogramiranje ) obrada kod koje se na jednom procesoru istovremeno izvodi dva ili više poslova, a primjenjuje se kod većih računala.
- **multiprocessing** ( simultana obrada ) sustav posjeduje više procesora tako da stvarno a ne samo prividno paralelno izvršava više programa.

Za korisnike su posebno zanimljivi aplikacijski softveri. Naime, s jedne je strane vrlo teško i skupo kreirati vlastite programske pakete jer su u tom slučaju u ovisnosti o složenosti proizvodnog sustava neophodna: **velika sredstva, visokokreativni kadrovi, dugi vremenski period**, te složeni problemi i poteškoće koje se manifestiraju u primjeni. S druge strane problematično je nabaviti skupi gotovi aplikacijski softver za složene, specifične i promjenama podložne aplikacije kao npr. planiranje i upravljanje proizvodnjom, jer takav softver treba biti po mjeri korisnika i zadovoljiti njegove specifične potrebe. Uz to je neophodna stalna intervencija proizvođača kod pojave problema, te održavanje u radu.

Kako danas sve više prevladavaju proizvođači-specijalisti softveri su sve univerzalniji te ih treba primjenjivati makar su nužne i određene prilagodbe njihovom radu.

Velik je broj softvera koji podržavaju planiranje i upravljanje proizvodnjom. Neke od softvera za vođenje proizvodnje ovisno o karakteru same proizvodnje prikazuje slijedeća slika:



Slika 10.1. Softveri za vođenje proizvodnje u ovisnosti o karakteru proizvodnje

### 10.2.3. DATAWARE ( BAZE PODATAKA )

Složena struktura proizvodnih procesa rezultira postojanjem većeg broja organizacijskih jedinica - funkcija kojima se obavlja cijeli niz različitih poslova. Automatizacija rada u okviru pojedinih funkcija postiže se izradom različitih programskih rješenja koja moraju zadovoljiti i uvjet integralnosti odnosno povezanosti u radu. Stoga se projekt automatizacije zasniva na detaljno razrađenoj i racionalno organiziranoj skupini podataka koja pokazuje sve relevantne činioce poslovanja i/ili proizvode (entitete), i kojom se zajednički koriste svi programi, a naziva se **bankom ili bazom podataka**.

Fizički nosilac ovakve baze podataka može biti magnetska traka, bubanj, disk ili centralni procesor, pri čemu su memorirani podaci logički pohranjeni i u ažurnom stanju budući se postupak njihove izmjene provodi samo na jednom mjestu, a moguć je direktan pristup svakom podatku.

Baze podataka predstavljaju određeno skladište informacija. Nakon definiranja organizacije banke podataka definiraju se i memoriraju značajke svih dijelova proizvoda kako sa stanovišta njihovih opisnih značajki - **matični podaci**, tako i sa stajališta strukture građe proizvoda - **strukturni podaci**. Značajke vezane za banke podataka su sljedeće:

- osnovno pravilo projektiranja banke podataka je da za svaku aplikaciju (primjenjeni softverski modul) ne treba formirati zasebni modul podataka već jednu, jedinstvenu, zajedničku cjelinu → banku (bazu) podataka. U protivnom će redundanca (ponavljanje) vremenom postati nesavladiva, dovodeći do kaosa na informacijskom nivou.

- obrada i korištenje podataka iz baze podataka može i mora biti decentralizirana i omogućena svim korisnicima preko adekvatnih terminalskih mreža.
- na kvalitetu baze podataka značajno utječe kvaliteta sustava šifriranja (kodifikacije).

Kod jednog prosječnog poslovnog sustava iz područja strojogradnje (s pripadajućim funkcijama: razvoj, proizvodnja, komercijala, financije, kadrovi, informacijski sustav) moguće je razlikovati sljedeće datoteke:

**MATIČNE DATOTEKE:** - standardi, repromaterijali, gotovi dijelovi i sklopovi, sastavnice, radno osoblje, tehnološki procesi, proizvodna oprema ( alatni strojevi ), alati i pribor, skladišta, troškovi,

**PROMETNE DATOTEKE:** - promet radnih naloga, promet materijala, promet kupaca i dobavljača, glavna knjiga, upravljanje kvalitetom (škart)

**RADNE DATOTEKE:** - najrazličitija ukrštavanja matičnih i prometnih datoteka prilikom izvođenja aplikacija. Neograničenog su asortimana, ali se nakon obrade podataka poništavaju.

#### 10.2.4. LIFEWARE ( KADROVI )

Ova komponenta integralnog informacijskog sustava predstavlja osoblje za rad sa informacijskim sustavom. Ovaj termin obuhvaća sve sudionike koji sa informacijskim sustavom rade, dakle:

- **stručno osoblje** koje posebnu funkciju ima prilikom projektiranja i održavanja informacijskog sustava prvenstveno kroz timski rad, ali i kod korištenja informacijskog sustava
- **obučeni korisnici** bez obzira na različitost njihovih profesija (zanimanja)

#### 10.2.5. ORGWARE ( ORGANIZACIJA IS-A )

Ova komponenta predstavlja onaj elemenat informacijskog sustava koji sve ostale elemente povezuje u jednu zajedničku cjelinu. Organizacija IS-a obuhvaća više aspekata i pristupa:

- **organizaciju poslovnog sustava** - koji ipak mora biti prilagođen zakonitostima funkcioniranja IS-a. To podrazumijeva odgovornost svake funkcije, preciznu definiciju protoka informacija, eliminiranje dvojnog informacijskog sustava, povezivanje razdvojenih funkcija u funkcionalnu cjelinu



- **organizaciju informacijskog sustava** - u jednu zajedničku cjelinu
- **organizaciju suradnje s korisnicima** - pri čemu distribuirana obrada podataka zahtijeva: banke podataka, školovanje kadrova, korištenje sklopovske opreme i softvera
- **organizaciju suradnje s okruženjem** - što podrazumijeva potrebu organiziranosti suradnje s kupcima, dobavljačima, statističkim zavodima, bibliotekama, bankama, poslovnim partnerima,...
- **organizaciju zaštite informacijske funkcije** - (poslovna tajna) kroz različite načine: fizički, lozinkama - logiranjem, spašavanjem (snimanjem) podataka

### 10.3. NAČELA PROJEKTIRANJA INFORMACIJSKOG SUSTAVA

Prilikom projektiranja i primjene IS-a važno je identificirati osnovna globalna načela koja informacijski sustav treba zadovoljiti:

- **INTEGRALNOST** - što podrazumijeva povezivanje svih vitalnih funkcija nekog sustava u jednu cjelinu jer dobro integrirana cjelina pruža bolje efekte nego suma nepovezanih pojedinačnih elemenata.
- **MODULARNOST** - nadovezuje se na integralnost. Za velike i složene, dinamičke proizvodne sustave nepraktičan je glomazni centralizirani informacijski sustav, već je racionalnije imati određen broj zaokruženih i relativno nezavisnih, ali međusobno kompatibilnih, modularno projektiranih cjelina. Kod toga su moguće i parcijalne instalacije ali započevši od baznih modula ka onima koji dijele informacije s najvećim brojem područja (materijali, kapaciteti).
- **SVEOBUHVAATNOST** - podrazumijeva uključivanje svih područja i struktura kao funkcija PS-a i to po svim organizacijskim nivoima zaokruženo u određena informacijska područja (modularnost). Tu spadaju i materijali, kapaciteti, alati, financijska sredstva..., ali sa različitim sadržajem, hitnišću i međuzavisnošću.
- **KOMPLEMENTARNOST** - predstavlja podudarnost i prilagođenost organizacije rada i funkcija proizvodnog procesa sa aktivnostima obrade podataka i informacija.
- **OTVORENOST** - u komunikaciji s ostalim podsustavima u poduzeću kako bi svi korisnici aktivno učestvovali u razvoju i primjeni IS-a.
- **POUZDANOST** - koja se u širokom smislu ostvaruje i kao:

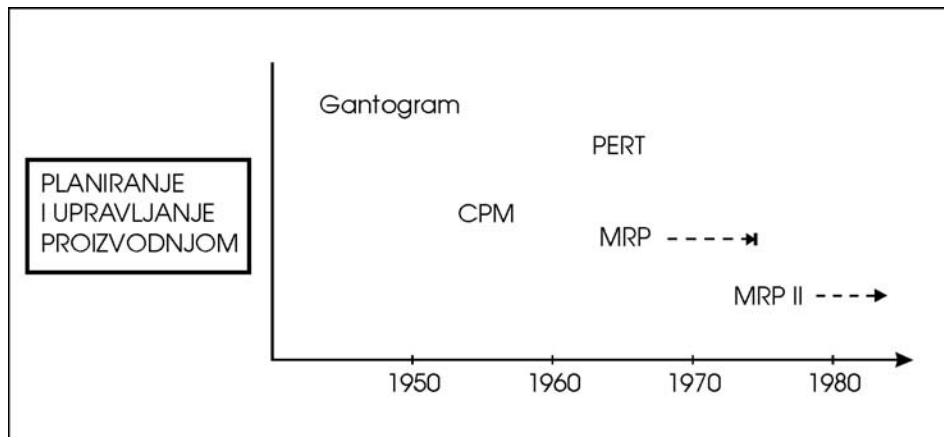
- TOČNOST INFORMACIJA - što zahtijeva centraliziranost i jedinstvenost banke podataka kako bi se osigurala nerundiranost, odnosno ne bi došlo do prepisivanja i ponavljanja podataka.
- AŽURNOST ( PRAVOVREMENOST ) PODATAKA - kao posljedica unosa informacija u informacijski sustav odmah i neposredno tamo gdje se događaju (periferija), posebno za informacije koje imaju visoke dnevne frekvencije a u cilju osiguranja obrade u realnom vremenu.
- **BRZINU OBRADE** - radi ostvarivanja obrade informacija u realnom vremenu, a što je vezano i za memorijske karakteristike hardverske opreme.
- **JEDNOSTAVNOST** - bez obzira na složenost i kompleksnost algoritamskih pravila i upustava mora biti osigurana lakoća korištenja od strane korisnika (samo uz neophodna upustva i informacije).
- **MULTIDISCIPLINARNOST + TIMSKI RAD** - zbog toga što se prilikom projektiranja pokriva više znanstvenih disciplina i područja rada: informatičari, ekonomisti, tehničari, pravnici...
- **DOKUMENTIRANOST** - jer je zbog izuzetne dinamičnosti i promjenjivosti nemoguće koristiti i održavati IS bez dokumentacijskih podloga (pismeno razrađenih tehnoloških procesa rada IS-a).

#### 10.4. OSNOVNE ZNAČAJKE MRP II KONCEPTA PLANIRANJA I UPRAVLJANJA PROIZVODNIM PROCESOM

To je jedan od koncepata planiranja i upravljanja proizvodnjom uporabom računala ( CAPPCC ) primjenjiv za ponavljajuću serijsku proizvodnju. Samo ime **MRP II ( manufacturing resource planning )** govori da ovaj koncept daje rješenja za vođenje proizvodnje formirajući i stavljajući svoje funkcije u integralni lanac snabdjevanja proizvodnje svim potrebnim resursima. Pri tom je težište na **hijerarhijskom planiranju i upravljanju proizvodnje sljedeći strukturu finalnog proizvoda**. Primjena koncepta je složen problem jer su neke varijable promjenjive i u budućnosti, te se zahtijevaju sređeni podaci u okviru PS-a i kompletnost informacijskih podataka (dokumentacije) jer je to osnova za kreiranje baze podataka standardne prakse poduzeća (sastavnice, tehnologija, oprema, alati, šifriranja).

MRP II koncept u osnovi nije softver već filozofija planiranja i vođenja proizvodnje. Podrazumijeva se niz programa u okviru programskih paketa koji se primjenjuju u eksploataciji, podržanih mainframe ili PC računalima, sposobnih odgovoriti na pitanja što, koliko i kada u cilju proizvodnje nekog finalnog proizvoda uz pomoć računala.

Promatra li se razvoj metoda planiranja i upravljanja vidi se smjer stvaranja MRP II koncepta.



Slika 10.2. Razvoj MRPII koncepta

Ranih 60-tih gantogrami i mini-max metode bile su nedovoljno zaokružene i prvenstveno su podupirale planiranje i naručivanje nabavnih stavki (polufabrikata i komponenti). Mrežno planiranje ( CPM i PERT ) poboljšalo je situaciju, ali je pogodno samo kod projekata, dok ne polučuje dobre rezultate kod ponavljajuće proizvodnje.

Rane 70-te predstavljaju prekretnicu kada industrijski inženjer, Amerikanac ORLICKY Joe i BURLINGAME Jim formiraju MRP ( material requirements planning ) - koncept planiranja materijala često nazivan i "mali" MRP jer predstavlja jezgru iz koje je nastao sveobuhvatni koncept sa istom skraćenicom MRP II - "veliki" MRP čiji je auto WRIGHT Oliver.

MRP je predstavljao bazični set tehnika naručivanja komponenti i sirovina, a zasnivao se na sastavnici proizvoda kao osnovnoj bazi podataka koja govori o strukturi proizvoda (strukturna sastavnica), što uz stanje skladišta te prosječna vremena nabave odnosno izrade omogućuje planiranje materijala (nabava i vlastita proizvodnja). Kada su na tako formiran MRP koncept nadograđene funkcije operative prodaje, glavnog plana, operative nabave, proizvodne tehnologije, usklađivanja opterećenja (balansiranje) kapaciteta, terminiranje, prikupljanje povratnih informacija iz pogona te evidencije troškova proizvodnje nastao je MRP II koncept integralnog vođenja proizvodnje (manufacturing resource planning). Jasno je da se bez obzira na kraticu sadržaj ovih koncepta bitno razlikuje.

Ono što MRP II koncept razlikuje od ostalih suvremenih metoda planiranja i upravljanja proizvodnjom koje su također primjenjive kod ponavljajuće serijske proizvodnje kao npr. OPT, KANBAN i slično, predstavlja činjenica da se MRP II koncept bazira na:

- **detaljnem hijerarhiskom planiranju i upravljanju svakom proizvodnom stavkom/nalogom** koje je zasnovano na sastavnici hijerarhijske strukture proizvoda i to slijedeći tu strukturu sa višeg na niži nivo vremenski unatrag (**explosion**). Stoga je za MRP II osnovna banka podataka standardne prakse (sastavnica, tehnologija, alati, oprema, šifriranje) i to sa tehničkim i planskim atributima (značajkama) svake pojedine stavke (identa) ukupnog finalnog

proizvoda. Tehnički atributi su npr. materijal standard, dimenzije..., a planski vremena nabave i proizvodnje, politika količina...

- **uvidu u stanje skladišta** uz analizu potreba materijala i poluproizvoda
- **detaljnem planiranju, lansiranju, i praćenju realizacije materijala i poluproizvoda**

Ove temeljne postavke MRP II koncepta moguće je ostvariti kroz:

- upravljanje sastavnicama
- upravljanje zalihama
- glavni plan proizvodnje
- plan potrebnog repromaterijala
- upravljanje nabavom
- upravljanje pogonom (proizvodnjom)
- upravljanje troškovima
- podršku menadžmentu (rukovodstvu) pri donošenju upravljačkih odluka

Na osnovi primjera nastajanja i toka informacija u MRP II konceptu (slika) očito je da su glavne planske funkcije MRP II koncepta **glavni plan proizvodnje - MPS ( master production schedule )** i **plan potreba za materijalom - MRP ( material requirements planning )**. Izlazni rezultati ovih planskih funkcija su čitav niz vremenski terminiranih nabavnih i proizvodnih naloga koje realiziraju **izvršne funkcije upravljanja nabavom, skladištem i proizvodnjom**, a sve temeljeno na bazi podataka standardne prakse.

## 10.5. MRP II SOFTVERSKA RJEŠENJA

U svijetu je, ali već i kod nas, razvijeno i u eksploataciji se nalazi veći broj softvera koji više ili manje podržavaju planiranje i upravljanje proizvodnjom na MRP II konceptu u okviru integralnog informacijskog sustava.

Posebno su značajni **COPICS** za velika "mainframe" računala, te **Micro MAX MRP** za PC računala. Karakteristike tih, ali i ostalih softvera, su modularnost i međusobna komunikacijska orijentiranost. To znači da oni ustvari predstavljaju paket pojedinačnih korisničkih programa (modula) koji povezani u jedan sustav osiguravaju dinamičko, integralno i on-line planiranje i upravljanje proizvodnim sustavom.

Osnovne značajke tih softverskih paketa jesu:

- **podržavaju CAPPK kao dio CIM strukture poduzeća na osnovi MRP II koncepta** - pojedini moduli rješavaju određeno područje rada unutar ukupnog poduzeća (npr. problematika prodaje, definiranje proizvoda - sastavnice, planiranje proizvodnih resursa... pa sve do upravljanja proizvodnjom i isporukom osiguravajući integralnost računalne podrške

- **modularnost** - jer softveri predstavljaju paket pojedinačnih, korisničkih, aplikacijskih programa koji omogućuju dinamičko, integralno, i on-line planiranje i upravljanje PS-om. Modularnost omogućuje postupnost u primjeni takvog softverskog paketa jer je svaki modul usmjeren na jedno specifično područje rada u okviru poslovnog sustava
- **distribuirana baza podataka** - informacija koja je kreirana, skupljena i pohranjena pomoću jednog od aplikacijskih modula ujedno postaje direktno raspoloživa svim ostalim korisnicima koji je primjenjuju za potrebe rada drugih aplikacijskih modula (točnost i ažurnost informacija). " Jedna organizacijska cjelina sprema rezultate svog rada u bazu podataka, a time su te informacija dostupne ostalim organizacijskim cjelinama ".

Većina softverskih paketa se sastoji od tri različite vrste modula:

- **baznih ( foundation ) modula** - podržavaju kreiranje i održavanje podataka o proizvodu (sastavnice, tehnologija, resursi, .... odnosno ono što nazivamo standardnom praksom)
- **planskih ( planning ) modula** - podržavaju kreiranje glavnih i detaljnih planova nabave i proizvodnje
- **izvršno-upravljačkih ( control ) modula** - podržavaju izvršne funkcije upravljanja prodajom, nabavom, proizvodnjom, skladištima....

Redoslijed uvođenja u primjenu ovakvih modula ide od sastavnice, tehnologije, te potrebnih materijalnih resursa, preko planskih parametara kod upravljanja skladištima, te logično ka balansiranju kapaciteta, lansiranju proizvodnih i nabavnih naloga, odnosno povratu informacija iz pogona. Sve je to u cilju zatvaranja MRP II petlje.

### 10.5.1. MICRO-MAX MRP SOFTVERSKI PAKET

Micro-Max MRP softverski paket jedan je od PC softverskih paketa za CAPPC orjentiranih MRP II konceptu. Radi kao **Total Manufacturing Solution** ( sveobuhvatno proizvodno rješenje ) na PC računalima pod NOVEL NETWARE MREŽOM ( LAN ). Preradu sa mainframe računala na PC (LAN) računala ostvarila je kompanija **INTEL products group** (Hillsboro, Oregon, USA) za svoje potrebe.

Micro-MAX MRP predstavlja grupu povezanih aplikacijskih programa (modula), odnosno modularni softverski paket međusobno povezanih modula usklađenih sa Windowsima uz otvorenost baze podataka. Oni pokrivaju svakodnevne aktivnosti koje se izvršavaju u organizacijskim jedinicama nekog proizvodnog poduzeća od prodaje do isporuke.

Softverski je paket složen ( ~ 2000 inženjer/godina ) i najrasprostranjeniji je PC softverski paket ovakve namjene u svijetu sa preko 4000 instalacija do 1992. godine, a koje se iz mjeseca u mjesec povećavaju. Time se pokrivalo više od 1/4 ukupnog

tržišta USA ( 1. mjesto ), što govori o njegovoj pouzdanosti i kvaliteti, odnosno povjerenju proizvodnih firmi koje ga koriste. MAX je modularni paket i ima mogućnost postupnog uvođenja. Moduli su mu međusobno potpuno usklađeni uz mogućnost planiranja i upravljanja: zalihama, proizvodnjom, nabavom, financijama, računovodstvom, prodajom. Prema reklami u jednom od poznatih američkih časopisa iz područja proizvodnog strojarstva predstavlja **survivableware** (sredstvo preživljavanja) u 90-tim godinama.

Tendencije mu se kreću ka razvoju interface-a prema CAD-u tako da se simultano s kreiranjem nacрта u CAD-u može kreirati i sastavnica u MRP II softveru. Također se razvijaju i dodatni moduli podrške pri rukovođenju i odlučivanju na način da se iz kreiranih baza podataka sažimaju i sintetiziraju samo određeni podaci i informacije nužne rukovodstvu za donošenje poslovnih odluka. Novina su i interface-i za prihvatanje barcode podataka učitanih laserskim čitačem direktno iz pogona. U perspektivi je i detaljna razrada izvršnih funkcija u području finog planiranja i terminiranja, te upravljanja pogonom, kako bi se ostvarila mogućnost komplementarnog funkcioniranja sa fleksibilnim proizvodnim sustavima.

Unatoč određenim pokazateljima da se primjenom MAX-a ili drugih MRP II orijentiranih softverskih paketa smanjuju zalihe za 20-40%, povećava učinkovitost proizvodnog rada 10-50% a uredskog rada za 20-40%, te smanjenje prekovremenog rada za 50-90% kod nas se još uvijek relativno malo koriste. Osnovni su razlozi neinformiranost i nesređenost podataka standardne prakse.

MAX u potpunosti slijedi MRP II koncept kako po tokovima kojima se kreću informacije, tako i prema funkcijama koje se u pojedinim modulima MAX softverskog paketa obavljaju. Funkcionalna shema Micro-MAX MRP softverskog paketa, te detalji logike obrade naloga odnosno ciklusi pojedinih aktivnosti MAX-a prikazani su u narednim folijama.

**LITERATURA**

- [1] VOLLMANN, T.E. ; BERRY, W.L. ; WHYBARK, D.C. : *MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL SYSTEMS.*- Irwin, Inc., Chicago, 1992.
- [2] ŽUGAJ, M.; STRAHONJA, V.: *INFORMACIJSKI SUSTAVI PROIZVODNJE.*- Informator, Zagreb, 1992.
- [3] VOBHATTACHARYA, S. : *PRODUCTION PLANNING AND CONTROL.*- Vikas Publishing House PTV LTD, New Delhi, 1986.
- [4] VILA, A.: *MODELI PLANIRANJA PROIZVODNJE U INDUSTRIJI.*- Informator, Zagreb, 1982.
  
- [5] SINGH, N.: *SYSTEM APPROACH TO COMPUTER-INTEGRATED DESIGN AND MANUFACTURING.*- Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.
- [6] SELAKOVIĆ, M. *ORGANIZACIJA PROIZVODNJE.*- Tehnički fakultet Rijeka, Rijeka, 1987.
- [7] SELAKOVIĆ, M. *ORGANIZACIJA POSLOVNIH SISTEMA,* Tehnički fakultet Rijeka, Rijeka, 1994.
- [8] *Micro-MRP : UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE MICRO-MAX MRP SOFTVERSKOG PAKETA,* Micro-MRP, Foster City, USA, 1992.