

**UPRAVLJANJE  
PROIZVODNIM SUSTAVIMA  
U PRERADI DRVA  
I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA**



Zagreb, 1999.

**TOMISLAV GRADINOVIC**

***Tiskanje ovog djela pomogli su:***

***Automehanika servisi d.d.***  
*Lopašićeva 12*  
*Zagreb*

***BICE d.o.o.***  
*Pašudija 56*  
*Grožnjan*

***Bilo d. d.***  
***Tvornica namještaja***  
*Kolodvorska 32*  
*Đurđevac*

***Bilokalnik Holding d.d.***  
***Drvo d.o.o.***  
*Pavlinska bb*  
*Koprivnica*

***Damnico d.o.o.***  
*Sajmište 32*  
*Delnice*

***DI ČESMA d.d.***  
*Slavonska cesta 17*  
*Bjelovar*

***DI ČESMA, Namještaj d.d.***  
*Hrvatskih branitelja 23*  
*Grubišno Polje*

***DIP TUROPOLJE***  
*Turopoljska ulica 4*  
*Turopolje*

***Drvenjača d.d.***  
*Fužine b.b.*  
*Fužine*

***Dryna industrija***

***Vrbovsko d.d.***

*Dobra 1*

*Vrbovsko*

***ELGRAD, usluge***

*Donje Svetice 46*

*Zagreb*

***FERBOS***

***INŽENJERING d.o.o.***

*Bidrovečaka cesta 38*

*Zagreb*

***FINVEST-CORP.***

*Ivana Gorana Kovačića 24*

*Čabar*

***HESPO d.o.o.***

*Kralja Zvonimira 38-42*

*Prelog*

***Ivančica GJ KZ-a***

*Hrvatskih pavlina 1*

*Lepoglava*

***Jadranska tiskara d.o.o.***

*S. S. Kranjčevića 8*

*Senj*

***MILNATRADE***

*Rendićeva 45*

*Split*

***NATIS d.d.***

***Tvornica stolarije i interijera***

*Vatroslava Lisinskog 65*

*Našice*

***Pilana Krašić***

*Krašić 66*

*Krašić*

***Platana*** *opremanje objekata*

*Trg Svetog Križa bb*

*Križ*

***PUHALOVIĆ***

*Stolarsko-staklarski obrt*

*Kožino bb*

*Zadar*

***RADIN MASIVA d.o.o.***

*Ivana Gorana Kovačića 178*

*Ravna Gora*

***SPIN VALIS d.d.***

*Industrijska 24*

*Požega*

***Zagrebački velesajam***

***Ambienta '96***

*Avenija Dubrovnik 15*

*Zagreb*

Tomislav Grladinović

**UPRAVLJANJE  
PROIZVODNIM SUSTAVIMA  
U PRERADI DRVA  
I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA**

UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGRABIENSIS



Objavljivanje ovog udžbenika financijski je pomoglo  
Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske

doc. dr. sc. Tomislav Grladinović, dipl. inž.  
docent Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

**UPRAVLJANJE  
PROIZVODNIM SUSTAVIMA  
U PRERADI DRVA  
I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA**



Zagreb, 1999.

Izdavač:  
Šumarski fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

Recenzenti:

prof.dr.sc. Mladen Figurić, Šumarski fakultet, Zagreb  
prof.dr.sc. Nikola Šakić, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb  
prof.dr.sc. Franc Bizjak, Biotehniška fakulteta, Ljubljana

Lektorica:

Zlata Babić, prof.

Korektor:

Zlatko Bihar

Naslovnicu dizajnirala:

Zrinka Tkalec, dipl. dizajner

Tehnički suradnik i održavatelj informatičke tehnologije:

Vedran Grladinović

Objavljivanje ovog sveučilišnog udžbenika odobrio je Senat Sveučilišta u Zagrebu – Povjerenstvo za znanstveno-nastavnu literaturu odlukom broj 02-2624/3-1998. od 12. siječnja 1999.

CIP Katalogizacija u publikaciji

Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

UDK 658.5:684.4>(075.8)

684.4:658.5>(075.8)

GRLADINOVIĆ, Tomislav

Upravljanje proizvodnim sustavima u  
preradi drva i proizvodnji namještaja /  
Tomislav Grladinović. – Zagreb : Šumarski  
fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1999. –

XII, 296 str. : ilustr. ; 24 cm –  
(Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu =  
Manuali Universitatis studiorum  
Zagrabiensis)

Bibliografija: str. 291-296. – Kazalo  
ISBN 953-6307-33-2

990601053

Tisak: Jadranska tiskara d.o.o., Silvija Strahimira Kranjčevića 8, Senj



## SADRŽAJ

<b>POPIS UPOTRIJEBLJENIH SIMBOLA .....</b>	<b>VII</b>
<b>PREDGOVOR .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KONCEPCIJA SUVREMENE PROIZVODNJE U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA .....</b>	<b>17</b>
<b>3. TEORIJSKE PRETPOSTAVKE POTREBITE ZA UPRAVLJANJE PROIZVODNIM SUSTAVIMA U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA .....</b>	<b>25</b>
3.1. Teorija sustava .....	25
3.1.1. Sustav .....	25
3.1.1.1. Stanje sustava .....	27
3.1.1.2. Definiranje ulaza i izlaza .....	27
3.1.1.3. Povratna veza .....	28
3.1.1.4. Okruženje sustava .....	31
3.1.1.5. Vrste sustava .....	32
3.1.1.5.1. Sustavi prema povezanosti s okruženjem ....	32
3.1.1.5.2. Sustavi prema stupnju složenosti .....	33
3.1.1.5.3. Sustavi prema određenosti (načinu) ponašanja .....	34
3.1.1.5.4. Sustavi prema stabilnosti ponašanja .....	35
3.1.1.5.5. Sustavi prema aktivnostim .....	36
3.1.1.5.6. Sustavi prema obilježjima .....	38
3.1.1.6. Pregled podjele sustava prema Figuriću .....	39
3.1.1.7. Veze između sustava i vrste veza unutar sustava .....	40
3.1.1.7.1. Funkcionalni tipovi sustava .....	40
3.1.1.7.2. Podjela sustava na osnovi veza među elemenatima sustava .....	45
3.1.1.7.3. Sustavi s obzirom na oblik povratne veze .....	48
3.2. Modeliranje za proricanje ili za učenje .....	52

<b>4. OSNOVE TEORIJE INFORMACIJA .....</b>	<b>63</b>
4.1. Pojam informacije .....	65
4.2. Obilježja informacija s obzirom na odlučivanje .....	66
4.3. Vrste informacija .....	67
4.4. Osnove teorija informacijskih sustava .....	68
4.5. Pojam informacijskog sustava .....	69
4.5.1. Informacijski sustavi orijentirani prema funkcijama .....	71
4.5.2. Informacijski sustavi orijentirani prema zadacima izvršenja i upravljanja .....	71
4.5.3. Informacijski sustav i računalna obrada podataka .....	71
4.6. Moguće koncepcije pristupa razvoju informacijskih sustava .....	72
4.7. Međusobna povezanost informacijskih sustava – integracija .....	73
4.8. Osnovne informacije u podsustavima cjelovitoga upravljačko-informacijskog sustava .....	73
4.9. CASE računalom podržan informacijski inženjering .....	75
4.9.1. Projektiranje informacijskih sustava .....	75
4.9.2. Računalom podržani inženjerski sustavi .....	76
4.9.3. CASE - informacijski inženjering .....	77
4.9.4. CASE pristup projektiranju informacijskih sustava .....	82
4.9.4.1. Primijena CASE-a u projektiranju informacijskog sustava .....	84
4.9.4.2. Informacijski modeli .....	86
4.9.4.3. Tehnika modeliranja .....	87
4.9.4.4. Valjani odnosi .....	89
4.10. Baze podataka .....	89
4.11. Poželjna obilježja informacijskog sustava .....	91
<b>5. KIBERNETIKA .....</b>	<b>97</b>
5.1. Osnovni pojmovi i načela upravljanja .....	97
5.2. Osnovna koncepcija funkcioniranja kibernetičkog sustava .....	100
5.3. Kibernetički sustavi, sustavi sa upravljanjem .....	101
5.3.1. Otvoreni sustavi upravljanja .....	101
5.3.2. Zatvoreni sustavi upravljanja .....	102
5.3.3. Entropija sustava .....	103
5.4. Optimalno upravljanje .....	104
5.5. Osnovna koncepcija proizvodne tvrtke zasnovane na kibernetičkim načelima .....	106

5.6. Upravljanje proizvodnjom pomoću računala .....	107
---	-----

## **6. UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA .....**

109

6.1. Povijesni osvrt na upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	109
6.2. Karakteristični tehnološki procesi u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	113
6.3. Karakteristični modeli proizvodnih sustava u preradi drva i proizvodnji namještaja s obzirom na složenost strukture i način upravljanja .....	122
6.3.1. Proizvodni sustavi jednostavne fazne strukture .....	122
6.3.2. Proizvodni sustavi složene fazne strukture .....	122
6.3.3. Proizvodni sustavi s redno (postupno) složene strukture .....	123
6.3.4. Proizvodni sustavi s paralelno složene strukture .....	124
6.3.5. Proizvodni sustavi redno-paralelno složene strukture .....	125
6.4. Karakteristični modeli upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	126
6.4.1. Model A - rad po narudžbi za poznatog kupca .....	128
6.4.2. Model B - rad po narudžbi za poznatog kupca (specijalizacija glede vrste proizvodnje i proizvoda) .....	130
6.4.3. Model C - rad po narudžbi za poznatog kupca .....	131
6.4.4. Model D - rad po narudžbi za nepoznatog kupca .....	133
6.4.5. Karakteristične inačice modela upravljanja u proizvodnji namještaja .....	139
6.5. Konceptija modela dinamičkog upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	140
6.5.1. Modul upravljanja materijalnim resursima .....	140
6.5.2. Modul upravljanja kapacitetnim resursima .....	142
6.6. Problematika upravljanja proizvodnjom .....	146
6.6.1. Tradicionalna konceptija planiranja i kontrole proizvodnje .....	146
6.6.2. Kritika tradicionalnog sustava .....	149
6.6.3. Suvremene konceptije upravljanja proizvodnjom .....	150
6.6.3.1. Proširenje tradicionalne konceptije kontrolom proizvodnog procesa .....	150
6.6.3.2. Konceptija MRP II .....	152
6.6.3.3. Konceptija optimalnih proizvodnih tehnologija .....	154
6.6.3.4. Konceptije just-in-time, TQM, KANBAN .....	158
6.6.3.5. Samorazvijajući sustav planiranja i samokontrole proizvodnje .....	161

6.6.3.6. Primjenjivost suvremenih koncepcija planiranja i kontrole proizvodnje .....	163
6.6.4. Koncepcije inteligentnog planiranja i kontrole proizvodnje ....	164
6.6.4.1. Kvalitativni modeli odlučivanja .....	164
6.6.4.2. Kvantitativni modeli odlučivanja .....	168
6.6.5. Kritika kvalitativnog modela inteligentnog planiranja i kontrole proizvodnje .....	169
6.6.6. Metode i tehnike upravljanja proizvodnjom .....	171
6.6.6.1. ROP sustav (Reorder Point System - točka pri kojoj se ponovo naručuje) .....	171
6.6.6.2. MRP sustav (Material Requirements Planning - planiranje materijalnih resursa) .....	171
6.6.6.3. Lean Production System (sustav "vitke" proizvodnje) .....	173
6.6.6.4. COMMS (Customer Oriented Manufacturing Management System – prema kupcu orijentiran upravljački proizvodni sustav) .....	175
6.6.7. Usporedni prikaz suvremenih koncepcija, metoda i tehnika upravljanja proizvodnjom .....	176

## **7. PRIPREMA PROIZVODNJE KAO DIO UPRAVLJAČKOG SUSTAVA U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA ..**

7.1. Radni nalog - osnovni nosilac informacija za upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	187
7.1.1. Definiranje radnih naloga .....	187
7.1.2. Podjela radnih naloga .....	189
7.1.3. Osnovna pravila pri identifikaciji radnih naloga u stvarnim uvjetima operacionalizacije .....	193
7.1.4. Planiranje izdavanja i kontrola izvršavanja radnih naloga .....	197
7.2. Strukturni model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	198
7.2.1. Tehnološka priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	198
7.2.1.1. Izrada sastavnice proizvoda od drva .....	200
7.2.1.2. Određivanje potrebnog drvnog i nedravnog materijala u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	208
7.2.1.3. Metode određivanja optimalnih zaliha drvnog i nedravnog materijala u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	215
7.2.1.4. Razrada tehnološke strukture proizvodnog procesa ...	217

7.3. Dinamički model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	219
7.3.1. Operativna priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	221
7.3.1.1. Utvrđivanje normativa vremena i vremena naloga .....	226
7.3.1.2. Izrada naprava, pomagala, alata i mjerila .....	226
7.3.1.3. Izrada planske kalkulacije .....	226
7.3.1.4. Planiranje kapaciteta u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	227
7.3.1.4.1. Kapaciteti u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	228
7.3.1.4.2. Utvrđivanje proizvodnog ciklusa u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	232
7.3.1.4.3. Utvrđivanje koeficijenta protoka .....	237
7.3.1.4.4. Terminiranje proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	238
7.3.1.4.5. Raspodjela rada (dispečiranje poslova) u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	241
7.3.1.4.6. Evidencija i analiza izvršavanja operativnog plana proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	241
7.3.1.5. Softverski paket Micro-MAX MRP .....	244
7.3.1.6. Dinamiziranje modela upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	246

## **8. RAČUNALNA POTPORA POSLOVIMA**

<b>PRIPREME PROIZVODNJE U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA .....</b>	<b>249</b>
8.1. Konceptija razvoja računalne potpore poslovima pripreme proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja .....	254
8.2. Računalom podržan sustav projektiranja i razvoja proizvoda .....	257
8.2.1. Baza podataka o proizvodu .....	257
8.2.2. Programska oprema za inženjerske poslove .....	257
8.2.3. Programska oprema za projektiranje drvnih proizvoda uz potporu računala .....	258
8.2.4. Faze procesa projektiranja uz potporu računala .....	259
8.2.5. Računalna grafika .....	262
8.3. Računalom podržan sustav projektiranja i izrade tehnologije .....	263
8.3.1. Tehnološka baza podataka .....	263
8.3.2. Računalom podržano projektiranje tehnoloških postupaka .....	263

8.3.3. Tiskanje tehnološke dokumentacije .....	266
8.3.4. Izrada tehničkih crteža pomoću računala .....	267
8.3.5. Izrada tehnologije za bročano upravljane strojeve.....	268
8.3.6. Tehnološki procesi proizvodnje s bročanim i računalnim upravljanjem .....	268
8.3.7. Osnove programiranja obradnih procesa .....	269
8.3.8. Projektiranje novih tehnoloških linija .....	272
8.3.9. Upravljanje radom robota .....	272
8.3.10. Upravljanje prilagodljivim tehnološkim sustavom .....	272
8.3.11. Ekspertni tehnološki sustavi .....	273
8.4. Računalom podržan sustav planiranja, pripreme proizvodnje i resursa .....	278
8.4.1. Izgradnja baze podataka o proizvodnim resursima .....	278
8.4.2. Metode optimiranja .....	278
8.4.3. Planiranje resursa .....	278
8.4.4. Praćenje stanja proizvodnog sustava .....	279
8.5. Računalom podržan sustava osigurnja kakvoće .....	279
8.5.1. Izgradnja baze podataka o kontroli kakvoće .....	279
8.5.2. Razrada postupaka i planova kontrole .....	280
8.5.3. Praćenje rezultata kontrole kakvoće .....	280
8.5.4. Praćenje pouzdanosti proizvoda .....	280
8.5.5. Nove metode i modeli kontrole kakvoće .....	280
8.6. Računalom podržan sustav održavanja opereme .....	281
8.6.1. Izbor, zamjena i vrednovanje opreme .....	281
8.6.2. Unapređenje održavanja opreme .....	281
8.6.3. Osiguranje pričuvnih dijelova i komponenata .....	281
8.7. Izgradnja baza podataka .....	281
8.8. Financijsko-računovodstveni zadaci .....	282
8.9. Kadrovski i opći podaci .....	282
8.10. Dokumnetacija računalom podržane proizvodnje .....	282
<b>KAZALO POJMOVA .....</b>	<b>285</b>
<b>POJMOVNIK .....</b>	<b>287</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>291</b>

## POPIS UPOTRIJEBLJENIH SIMBOLA

- B** – rok isporuke
- C** – mogući rok prekoračenja roka isporuke
- CLIP** – funkcija izbora DYNAMO kompajlera
- DELAY3** – DYNAMO funkcija eksponencijalnog kašnjenja tijeka materijala III. reda
- DT** – korak simulacije (inkrement)
- E** – element sustava
- E<sub>u</sub>** – struktura učinka sustava
- EXPR** – eksponencijalni prosjek tijeka informacija o potražnji proizvoda I. reda (komada u mjesecu)
- F** – funkcija sustava
- f** – koeficijent protoka
- F<sub>k</sub>** – kriteriji upravljanja
- F<sub>1</sub>** – proizvodnja piljene građe
- F<sub>11</sub>** – skladište drvnog materijala
- F<sub>12</sub>** – skladište panel ploča
- F<sub>2</sub>** – doradna pilana i sušionica drva
- F<sub>21</sub>** – proizvodnja ležaja
- F<sub>22</sub>** – proizvodnja namještaja od punog drva
- F<sub>23</sub>** – proizvodnja pločastog namještaja
- F<sub>3</sub>** – proizvodnja namještaja od punog drva
- F<sub>31</sub>** – međufazno skladište sastavljivog materijala
- F<sub>41</sub>** – površinska obrada namještaja
- F<sub>42</sub>** – montaža namještaja
- F<sub>n</sub>** – druge proizvodnje
- F<sub>n</sub>** – skladište gotovih proizvoda
- H(x)** – entropija sustava
- I** – izlaz sustava
- IR.JK** – isporuka gotovih proizvoda (komada u mjesecu) u intervalu od J do K
- IR.KL** – isporuka gotovih proizvoda (komada u mjesecu) u intervalu od K do L
- K<sub>k</sub>** – kapacitet
- K** – protok
- K<sub>(x,y,z)</sub>** – kompleksnost cjeline informacijskog sustava
- K<sub>i</sub>** – iskorišteni kapacitet
- K<sub>p</sub>** – potrebni kapacitet
- KPD (+,-)** – krug povratnog djelovanja (polaritet: pozitivan, negativan)

**$K_r$**  – raspoloživi kapacitet  
 **$K_{r1}$**  – radni kapacitet u jednoj smjeni  
 **$K_{r2}$**  – radi kapacitet u dvije smjene  
 **$K_{r3}$**  – radni kapacitet u tri smjene  
 **$K_u$**  – ugrađeni ili instalirani kapacitet  
**L** – skup ograničenja  
**M** – matematički model sustava upravljanja  
**m** – ukupan broj radnih dana u godini  
**m(t)** – upravljačko djelovanje  
**n** – broj sati rada u smjeni  
 **$N_{ep}$**  - jedinična nabavna cijena materijala  
**NM** – brzina nabave materijala za izradu gotovih proizvoda (komada u mjesecu)  
**NM.JK** – brzina nabave materijala za izradu gotovih proizvoda (komada u mjesecu)  
 u intervalu od J do K  
**NP.J** - stanje nedovršene proizvodnje u J-tom trenutku  
**NP.K** – stanje nedovršene proizvodnje u K-tom trenutku (komada)  
 u intervalu od J do K  
**p** – postotak kamata na uloženi kapital i troškovi uskladištenja  
 **$P_{mg}$**  – planska godišnja potrošnja materijala  
**POTRAŽNJA** – potražnja za gotovim proizvodima (komada)  
**Q** – količina učinka  
**q** – prosječna potrošnja materijala  
 **$q_o$**  – optimalna veličina serije  
**R** – struktura sustava  
**R(t)** – smetnje u sustavu  
**S** – sustav  
**s** - broj smjena tijekom dana  
**t** – vremensko razdoblje  
**T** – transformacija koja se obavlja u sustavu  
**Tc** – ukupni proizvodni ciklus  
**Tcf<sub>1</sub>** – proizvodni ciklus krojenja furnira  
**Tcf<sub>2</sub>** – proizvodni ciklus krojenja ploča  
**Tcf<sub>3</sub>** – proizvodni ciklus strojne obrade  
**Tcf<sub>4</sub>** – proizvodni ciklus lakiranja  
**T<sub>N</sub>** – ukupno norma sati po radnom nalogu postupnim kretanjem materijala kroz  
 proizvodnju  
**T<sub>nr</sub>** – fiksni troškovi nabave po jednoj nabavi  
**t<sub>o</sub>** – vrijeme operacija

## VIII



$t_{org,prekida}$  – vrijeme planiranih organizacijskih prekida  
 $T_p$  – troškovi pripreme radnog naloga i prilagodbe strojeva  
 $t_p, t_{prek.}$  – vrijeme prekida u radu  
 $T_s$  – stvarni proizvodni ciklus  
 $t_t$  – vrijeme transporta  
 $u$  – ulaz sustava  
 $U$  – upravljanje  
 $UPV$  – uzročno posljedična veza  
 $VJ$  – vremenska jedinica  
 $ZGR.J$  – stanje zaliha gotovih proizvoda (komada) u J-tom trenutku  
 $ZGR.K$  – stanje zaliha gotovih proizvoda (komada) u K-tom trenutku  
 $ZP.JK$  - brzina završavanja proizvodnje (komada u mjesecu) u intervalu od J do K  
 $ZP.KL$  – brzina završavanja proizvodnje (komada u mjesecu) u intervalu od K do L  
 $Z_{sig}$  – signalna zaliha (količina pri kojoj se naručuje)  
 $Z_{sgr}$  – sigurnosna zaliha  
 $x_i$  – kontrolirani parametri  
 $x(t)$  – upravljačka veličina  
 $y_i$  – nekontrolirani parametri  
 $w(t)$  – vodeća veličina

$\%K$  – postotak kamata na zalihu materijala  
 $\%T_s$  – postotak troškova uskladištenja  
 $\sum x_n$  – ukupne ulazne veličine  
 $\sum y_u$  – ukupne izlazne veličine  
 $0 - t$  – vremenski interval  
 $2$  – recipročna vrijednost skladišnog stanja



*“... mi poznajemo podatke, ne realnost. Zato se moramo baviti ‘svijetom’ podataka. Moramo proučiti obilježja tog svijeta prije no što možemo pravilno razumjeti njegove zakone i projektirati informacijske sustave koji će ih odražavati. Ima li prostor podataka inherentnu (vlastitu) organizaciju ili je samo podložan organizaciji prema našem htijenju (izboru)? Koja je dimenzionalnost prostora podataka? Može li prostor podataka biti samoorganizirajući? Koji se tipovi procesa odvijaju u prostoru podataka?...” (ref. 17).*

*R. R. Korfhage i sur.: Data Physics – An Unortodox View of Data and Its Implications in Data Processors, Syracuse University, kolovoz, 1978.*

## **P R E D G O V O R**

Razvoj suvremenih tehnologija i uvođenje visokog stupnja automatizacije proizvodne opreme, počevši od numerički upravljanih strojeva preko obradnih centara do fleksibilnih tehnoloških linija, s već realiziranim rješenjima automatiziranih tvornica, pridonio je porastu značenja funkcije pripreme proizvodnje. S obzirom na to da se dio dosadašnjih isključivo proizvodnih funkcija (davanje naloga za početak rada, provjera mjere i odabir početnih parametara, uključivanje i izbor glavnih i pomoćnih zahvata, a time i režima obrade i sl.) prenosi i rješava u pripremi proizvodnje, sve je veće značenje pripreme proizvodnje i njezin utjecaj na djelotvornost proizvodnje i poslovanje tvrtke.

Oštra međunarodna konkurencija rezultirala je potrebom maksimalnog smanjenja proizvodnog ciklusa te zaliha materijala i gotovih proizvoda od drva, što zahtijeva povećanje djelotvornosti organizacije i kvalitete pripreme proizvodnje i same proizvodnje.

Sve to potiče nova rješenja u razvoju pripreme proizvodnje proizvoda od drva: grupno konstruiranje, grupnu i tipsku tehnologiju, optimizaciju zaliha drvnog i nedravnog materijala, proizvodnju bez zaliha, proizvodnju bez pogrešaka, optimizaciju trajanja proizvodnog ciklusa te informacijske sustave podržane softverskim paketima za povećanje djelotvornosti pojedinih funkcija računalom integrirane proizvodnje.

Upravljanje operacijama i proizvodnjom u preradi drva i namještaja ima vitalno značenje za poslovanje. To ponajprije znači što bolje prepoznavanje vlastite tvrtke. Nije važno koliko je tvrtka dobra na tržištu, u poslovnoj strategiji, financijskoj kontroli, upravljanju ljudskim resursima ili projektiranju i konstruiranju proizvoda, ali ako je napravljen propust na operativnoj razini upravljanja proizvodnjom, neće biti moguće natjecanje u uspješnosti s konkurencijom.

To nije iznenađenje.

Upravljanje proizvodnjom i operacijama u preradi drva i proizvodnji namještaja je glavno područje bavljenja zaposlenika u pripremi proizvodnje.

Ovaj je udžbenik nastavak i čini kontinuitet u rješavanju problematike upravljanja proizvodnjom i poslovanjem u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Udžbenik bi trebao pridonijeti razumijevanju pojedinih dijelova procesa upravljanja proizvodnjom i poslovanjem tvrtke.

Autorova je želja bila približiti čitateljima složene interakcije na svim mjestima proizvodnog procesa. Stoga se u udžbeniku razmatraju varijacije različitih problema upravljanja proizvodnjom i tehnologijama te njihova rješenja, pa će biti lako kategorizirati i riješiti problem olovkom i papirom, ručno ili računalom.

Pri pisanju udžbenika autorova je misao vodilja bila da nije ispravno postavljati pitanje kako nešto uraditi, već se nužno ponajprije upitati kako razmišljati o određenom problemu.

Stoga se i ovaj udžbenik temelji na jednakom načelu.

Situacije i problemi razmatrani su u određenoj apstraktnoj formi, na temelju modeliranja i učenja i u stvarnom okružju prakse prerade drva i proizvodnje namještaja.

Veliku zahvalnost dugujem prof. dr. sc. Mladenu Figuriću, prof. dr. sc. Nikoli Šakiću i prof. dr. sc. Francu Bizjaku koji su recenzirali rukopis te mi dali mnoge dragocjene savjete.

Iskrenu zahvalnost upućujem dr. sc. Daliboru Beniću koji me uputio na korisnu stranu literaturu.

Veliku pomoć i podršku tijekom rada na udžbeniku pružili su mi mr. sc. Vladimir Koštal, doc. dr. sc. Denis Jelačić i mr. sc. Darko Motik. Zahvaljujem mr. sc. Milanu Brezoviću i mr. sc. Vladimiru Jambrekiću na sofisticiranoj informatičkoj pomoći, naputcima u svezi s obradom teksta i slika te prof. Zlati Babić koja je obavila lekturu rukopisa.

Zahvaljujem sponzorima na razumijevanju i financijskoj potpori kojom su pridonijeli da ovaj udžbenik bude tiskan.

Ovaj tekst ne bi bio moguć da nije bilo strpljivosti moje obitelji tijekom premnogih sati rada na njemu i posebno im se zahvaljujem.

U Zagrebu, ožujak, 1999.

Tomislav Grladinović

## 1. UVOD

Čovjekove su sposobnosti percepcije i reagiranja na događaje ograničene. Potrebno mu je računalo koje će nadzirati i voditi procese te upravljati njima. Nužan mu je i robot koji će umjesto njega obavljati opasne i neugodne poslove, kao i poslove koji zahtijevaju preciznost, ponavljanje i kvalitetu. Razvoj elektronike donosi automatizaciju proizvodnje koja prvi put omogućuje postizanje planirane količine proizvoda.

Proizvodnju je potrebno dobro i kvalitetno pripremiti, ali i precizno planirati kako bi se svi poslovi obavili navrijeme, uz optimalni utrošak svih proizvodnih resursa: materijala, rada, novca, informacija, instrumentarija i energije. Konkurencija proizvođača sve je jača i automatizacija prerasta u automaciju. Nije više dovoljno samo raditi i planirati, nego to treba činiti na mudar način.

Međutim, iako su se uvjeti odvijanja proizvodnje umnogome poboljšali i humanizirali, a sam rad više nije tako opasna i prljava aktivnost (kao nekad), čovjek nije zadovoljan. Znanost, istraživanje, umjetnost, šport, putovanja, zabava i ostale razonode čine se primjerenima čovjeku.

Prvi put čovjek ima takav tehničko-tehnološki instrumentarij s kojim mu se čini mogućim ostvariti svoje zamisli. Po uzoru na njega izgrađuje sustave koji se neupučenome promatraču čine inteligentnima, koji djeluju baš onako kako bi djelovao taj promatrač u istoj toj situaciji (što bi radio, kako bi razmišljao).

Roboti zaobilaze prepreke, obavljaju izbor dijelova koje treba postaviti na stroj ili prenijeti na određeno mjesto, odlučuju kojim redoslijedom obavljati niz zadanih poslova i još mnogo toga što su do jučer radili ljudi. Fleksibilni proizvodni sustavi autonomno odlučuju o tome što, koliko, kada i kako proizvoditi. Osim tehničko-tehnoloških preduvjeta, za takvo što potrebno je koncipirati, osmisliti, teorijski razraditi, ispitati i provjeriti logičke, matematičke i fizičke modele i metode. Svi ti modeli i metode, a posebno matematički i logički koji se izravno ili neizravno primjenjuju u proizvodnji, potječu od operacijskih istraživanja koja povezuju stručnjake tehničkih, prirodnih i društvenih znanosti. Samo na takav cjelovit i sveobuhvatan način moguće je najbolje riješiti postavljeni zadatak (10).

U m j e t n a i n t e l i g e n c i j a . Kao i sami korijeni tzv. treće industrijske revolucije, operacijska su istraživanja izravna posljedica Drugoga svjetskog rata. Tijekom vremena neka područja teorije i primjene, koja su u početku bila unutar operacijskih istraživanja, osamostalila su se i razvila kao zasebna i ravnopravna. Danas se za neka od njih upotrebljava zajednički imenitelj umjetna inteligencija (artificial intelligence). Brojne su definicije koje na manje ili više precizan način

pojmovno objašnjavaju što je umjetna inteligencija. U ovim se razmatranjima oslanjamo na jednu, koja je, čini se, najpraktičnija za primjene što ih u ovom tekstu razmatramo (94).

Umjetna je inteligencija proces proučavanja ideja koje računalima omogućuju inteligenciju.

Međutim, postavlja se pitanje što je inteligencija?

Čovjeku se, kada se spomene taj pojam, najčešće javljaju različite asocijacije, kao što su:

- sposobnost razumijevanja i zaključivanja
- sposobnost učenja i primjene znanja
- sposobnost opažanja i prepoznavanja fizičkih objekata.

Sigurno je da sve te sposobnosti čine ono što se obično razumijeva pod pojmom inteligencije, no ipak sama definicija inteligencije, u uobičajenom smislu značenja tog pojma, ostaje nedorečena. Inteligencija je ujedno i sposobnost primanja, obrade, prikazivanja i uporabe informacija, a to je sposobnost ugrađena u mnoge računalne programe namijenjene specifičnim primjenama. Bez obzira na sve to, osnovni ciljevi primjene umjetne inteligencije jesu:

- učiniti računala korisnijim pri obavljanju zadanih poslova
- razumijevanje temeljnih načela koja čine inteligenciju.

To pak treba pridonijeti učinkovitijem rješavanju problema. U svemu onome što se danas razumijeva pod pojmom umjetne inteligencije zamjetne su neke, isključivo općeljudske osobine, koje moraju biti standardni atributi sustava što "posjeduju" inteligenciju (94). To su:

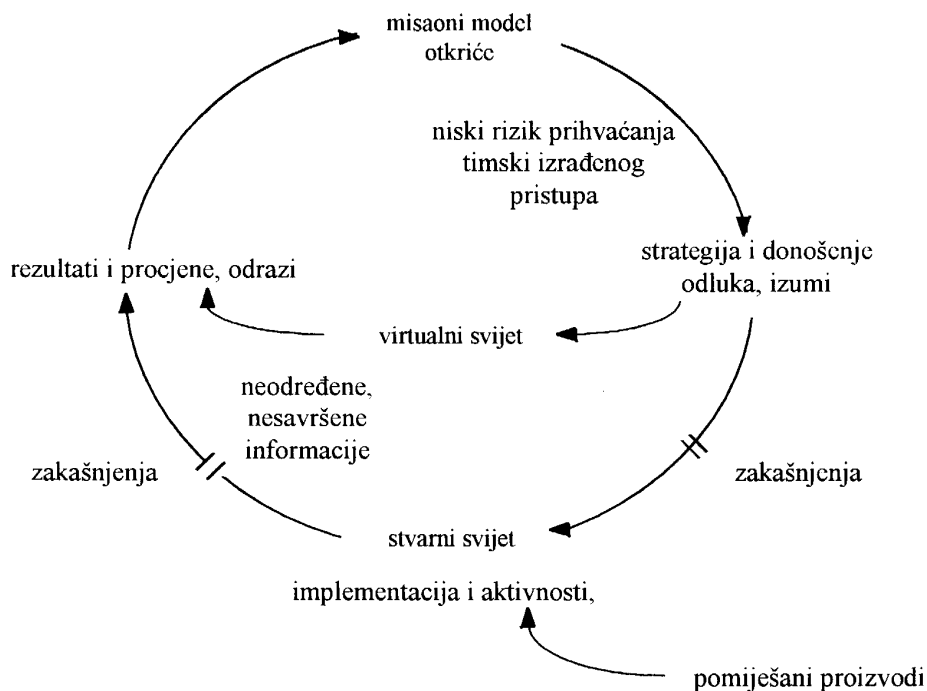
1. jezik razumijevanja (komunikacije); sustav tim jezikom može komunicirati s okolinom, najčešće s čovjekom,
2. kreiranje opisa novih situacija; sustav može definirati nove pojmove i relacijske odnose među njima, i to međusobno i u odnosu prema postojećim pojmovima,
3. prikupljanje i izbor informacija; sustav mora biti sposoban kontinuirano prikupljati informacije, analizirati ih i izabrati bitne među njima,
4. kreiranje modela za zadanu okolinu; na osnovi poznatih i/ili zadanih podataka sustav kreira model (kvantitativni, kvalitativni) za danu okolinu,
5. simboličko razumijevanje i zaključivanje; s obzirom na to da se podaci jednom takvom sustavu zadaju na simbolički način, sustav ih mora moći razumjeti i iz njih izvesti svrhovite i realne zaključke,
6. interpretacija dobivenih rezultata; sustav mora znati autonomno interpretirati i objasniti dobivene rezultate - simbole vlastitog zaključivanja na čovjeku jasan i blizak način,

7. rješavanje problema i bez uporabe numeričkih algoritama; poželjno je tu funkciju (ako je ikako moguće) ugraditi u sustav,
8. učenje; sustav akumulira nove činjenice radi razvoja znanja,
9. manipulacije velikom količinom podataka; brzo i djelotvorno pretraživanje dinamičke baze znanja (baza znanja koja s vremenom raste po opsegu podataka),
10. planiranje i priprema akcije za postizanje cilja; za neki unaprijed zadani cilj, na osnovi postojećeg znanja i stanja, sustav treba moći i znati autonomno pripremiti i isplanirati sve akcije potrebne za njegovo ostvarenje,
11. manipulacija ambicioznim i/ili nesigurnim znanjem; sustav mora moći raditi s podacima koji imaju deterministički ili stohastički karakter.

Sve navedene sposobnosti omogućit će sustavu da autonomno djeluje i da se prividno ponaša kao inteligentni sustav. Tih jedanaest načela u današnjim su uvjetima prilično visoko postavljeni zahtjevi za nešto što će se proglasiti inteligentnim autonomnim sustavom. Objektivno razmatrajući te zahtjeve, nijedan današnji sustav koji djeluje u praksi ne posjeduje baš sve navedene zahtjeve, već samo većinu njih. No to i nije važno, jer je čovjek u tome ionako tek na početku (10).

Odgovor na te visoke zahtjeve i jedno od rješenja jesu sustavi za potporu odlučivanju (decision support). Modeliranje za učenje (modelling for learning) novi put je kojim se želi napraviti proboj u budućnost. I već se čini da bi i praktični rezultati mogli biti primjereniji tekućoj situaciji. Logičko programiranje (logical programming), utemeljeno na reagiranju na događaj kao osnovni motiv neke akcije, mnogo obećava. Čini se da je to prirodan način rješavanja problema - tako to rade i priroda i čovjek. Prethodnu generaciju deklarativno usmjerenih računalnih jezika istiskuje nova, na objekte usredotočena generacija tih istih programskih jezika. No danas, su oni redefinirani na načelu deklarativno-aritmetičkoga i vizualnog programiranja bliskog čovjeku. Čini se da su računala već pomalo stasala da u realnom vremenu mogu kreirati virtualne svjetove (virtual reality), koji bi kao inkarancija istinske primjene računalne grafike trebali inteligentnim autonomnim sustavima omogućiti uvjerljivost pri komunikaciji s čovjekom, te holografskoj prezentaciji znanja i rješenja dobivenih proceduralnom i logičkom analizom problema (sl. 1). Sve je to moguće jer se čini (a je li uistinu tako?) da je već otprije skupljena dovoljna kritična količina znanja (formalnih postupaka, metoda i modela) koja mora rezultirati novim probojima. U šumi novih pojmova, područja i pristupa rješavanju problema rađa se i teorija kaosa (chaos theory), koja nastoji razmrsiti (naizgled) zapetljanu situaciju. Cilj joj je stvoriti opći svjetski model zbivanja, kako bi se proučavanjem na njemu razumjele i nove spoznanaje (10).

Neka motrišta umjetne inteligencije u industrijskoj proizvodnji. Suvremena industrijska proizvodnja i, posebice, CIM (Computer Integrated Manufacturing - računalom integrirana proizvodnja) koncepcija pogodno



Slika 1. Virtualni svijet (virtual world) - okruženje učenja (prema Forresteru, 32)

su tlo za primjenu svega onoga što danas obuhvaća umjetna inteligencija. Suvremeni trendovi u razvoju i implementaciji umjetne inteligencije u industrijsku proizvodnju jesu:

- razumijevanje kontinuiranoga govora
- razvoj i realizacija sustava za planiranje vremena (rokovi izrade), planiranje postupaka obrade, dijagnoza opreme, nadzor i upravljanje industrijskim



procesima, automatsko generiranje planova rada, izbor instrumentarija i opreme (znanstveno upravljanje, scientific management) (52).

Osim navedenih, još su aktualni trendovi prepoznavanja i izbora dijelova-pozicija-predmeta, što je i preduvjet primjene robota i manipulatora u mnogim područjima tehnologije. Sve bi to pak trebalo omogućiti da CIM kao koncepcija, jednog dana zaživi u stvarnosti.

Suvremena je industrijska proizvodnja nezamisliva bez organizacije proizvodnje. Preduvjet djelotvornog ostvarivanja takve proizvodnje u CIM koncepciji jest sustav planiranja i vođenja proizvodnje - PPS (Production Planning System), utemeljen na osnovnim logističkim načelima. Logistika se, kao istoznačnica onoga što se naziva organizacijom proizvodnje može definirati (71), kao znanstvena disciplina koja proučava i rješava probleme planiranja, pripreme, opskrbe, raspodjele, kontrole, praćenja i upravljanja svim resursima i njihovim tijekovima s ciljem optimizacije ukupnih troškova u procesima proizvodnje (70).

Današnje suvremene koncepcije logistike i pristup primjeni umjetne inteligencije u industrijskoj proizvodnji očituju se uključivanjem ovih metoda i načina rješavanja problema:

- ekspertnih sustava u klasičnom smislu (expert systems)
- sustava za potporu odlučivanju (decision support systems)
- modeliranja za učenje (modelling for learning).

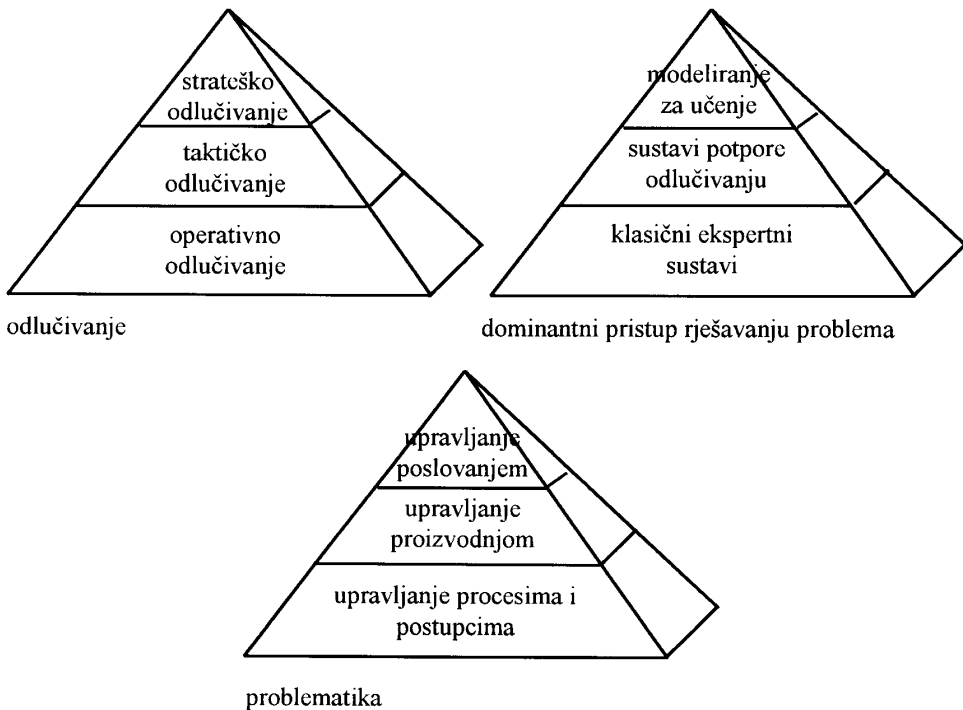
Osim samih koncepcija, umjetna inteligencija razumijeva i niz specifičnih i općih metoda što ih te koncepcije trebaju oživotvoriti. Spomenimo samo neke specifične:

- računalno učenje (machine learning)
- heuristika (heuristics)
- logičko programiranje (logical programming)
- neuralne mreže (neural networks)
- teorija kaosa (chaos theory) (10).

Osnovni je cilj pri tome razviti inteligentne sustave koji bi trebali preuzeti nadzor i upravljanje proizvodnjom. Njihova je konkretna zadaća primjena u:

- inteligenciji informacijskog sustava
- potpori poslovnom odlučivanju
- dijagnostici (prepoznavanju oblika, predmeta, mjerenju)
- oblikovanju proizvoda
- projektiranju tehnoloških postupaka
- projektiranju proizvodnih procesa i sustava
- planiranju i praćenju proizvodnje (94).

Na slici 2. u obliku triju piramida konceptualno je i relacijski predložena paradigma povezanosti koncepcija primjene umjetne inteligencije, razine odlučivanja te vrste problema koji treba riješiti u tipičnoj industrijskoj tvrtki (10).



Slika 2. Hijerarhijske piramide rješavanja problema u industrijskoj tvrtki (prema Beniću,10)

Najniža razina problematike sa stajališta logistike svake industrijske tvrtke jest upravljanje postupcima i procesima s kojima se susrećemo na razini operativnog odlučivanja. Zbog prirode problema što ih treba riješiti, u tim se slučajevima obično primjenjuje klasični ekspertni sustav. Na temelju baze znanja i mehanizma isključivanja takvi sustavi brzo i učinkovito rješavaju probleme dijagnostike u najširem smislu te riječi.

Na višoj taktičkoj razini odlučivanja treba riješiti probleme upravljanja proizvodnjom. Za takve se tipove problema u današnje vrijeme uobičajila uporaba sustava za potporu odlučivanju. Na temelju proceduralno ugrađenog znanja i pristupa bazama podataka prethodni sustavi, kao inteligentno djelujući programi, imaju ulogu čovjekova pomoćnika i savjetnika.

Modeliranje za učenje dominantan je pristup rješavanju problema poslovanja. Kako industrijska tvrtka djeluje u zadanoj okolini, modeliranje mora biti prilagodljivo zahtjevima te okoline, ujedno mora moći utjecati na zahtjeve okoline. Zbog toga je potrebno izgraditi model poslovanja tvrtke u koji treba uklopiti sve bitne čimbenike okoline. Na taj način, na razini strateškog odlučivanja, primjenom sustavske dinamike, simulacija i prognoziranja, u interakciji s neuralnom mrežom, treba istražiti i predvidjeti scenarij budućnosti te prilagoditi tvrtku zahtjevima koje budućnost donosi (10).

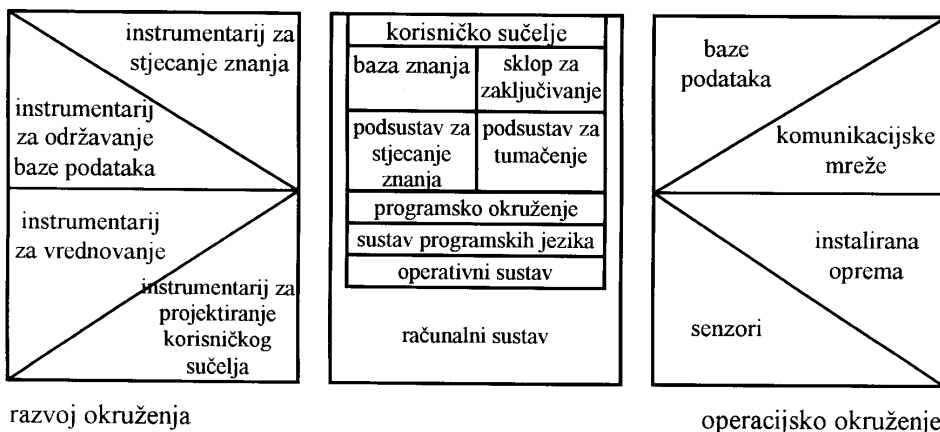
**E k s p e r t n i s u s t a v i .** Klasična koncepcija ekspertnog sustava temelji se na računalnom programskom sustavu koji objedinjuje bazu znanja sa svom potrebnom i nužnom radnom okolinom, koja mu treba omogućiti autonomno djelovanje unutar unaprijed zadanih okvira. Zbog toga takav sustav mora imati:

- bazu znanja - tipična baza podataka obično smještena na hardverskim resursima računalnog sustava ili lokalne kontrolne mreže
- radnu memoriju - memorijski prostor rezerviran za razvoj rekurzivnih logičkih i (prema potrebi) numeričkih operacija
- mehanizam zaključivanja - programski okviri (frames) unutar kojih su već definirana pravila povezivanja
- modul za prikupljanje podataka - programski modul koji prikuplja i obrađuje podatke sa unaprijed zadanih i privremeno dostupnih uređaja - senzora
- korisničko sučelje - programski modul koji treba omogućiti vezu čovjek-ekspertni sustav i ima višestruku ulogu (dopuna i/ili izmjena baza znanja, dopuna i/ili izmjena frameova zaključivanja, reorganiziranje modula za prikupljanje podataka).

U biti, ekspertni su sustavi namijenjeni dijagnostici, jer se pomoću njih obično naizgled lako mogu dobiti dijagnostički odgovori. Na temelju vidljivih znakova neke pojave, neupućeni korisnik može utvrditi o čemu je uistinu riječ, te je zbog toga njihova uloga u industriji ponajprije savjetodavna.

**S u s t a v i z a p o t p o r u o d l u č i v a n j u .** Pri detaljnijoj raščlambi industrijske proizvodnje, uočava se da koncepcija sustava za potporu odlučivanju (DSS - Decision Support System) ima značajnu primjenu. Ta se koncepcija unekoliko razlikuje od klasične koncepcije ekspertnog sustava, iako u biti i ti sustavi na neki način pripadaju univerzalnim ekspertnim sustavima (sl. 4). Sustavi za potporu

odlučivanju danas su metafora za računalno orijentirane i inteligentno koncipirane programske sustave koji isključivo služe kao potpora za racionalno donošenje odluka u složenim situacijama i nedovoljno strukturiranim problemima (fuzzy logic). Za razliku od čistoga ekspertnog sustava, koji je logički strukturiran, sustav za potporu odlučivanju usmjeren je ponajprije na procese-postupke, odnosno na njihovu primjenu u rješavanju specifičnih problema. Temeljno obilježje takvih sustava jest postojanje interakcija između baza:



Slika 3. Ekspertni sustav (prema Grbavcu, 36)

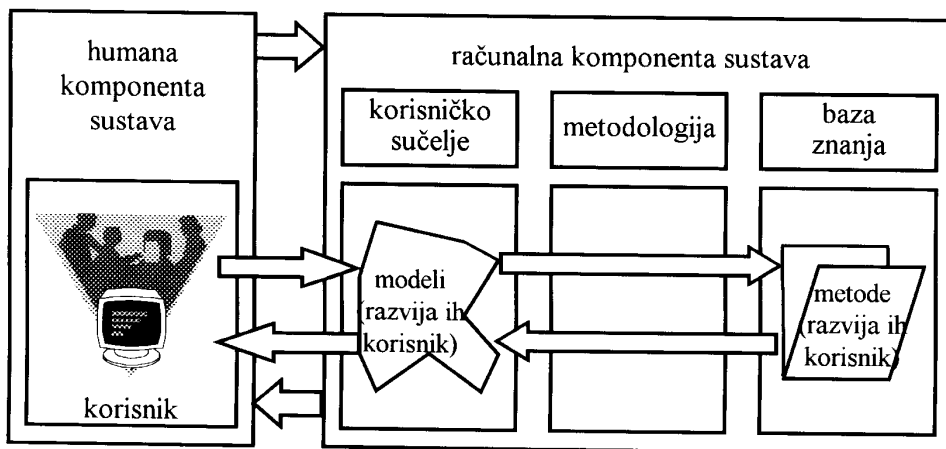
1. modela i korisnika (komunikacijska veza) - sposobnost interaktivne komunikacije između sustava i korisnika koja se odnosi na prikaz poznatih (postojećih) modela,
2. modela i metoda (interpretacijska veza) - sposobnost dinamičke analize i interpretacije modela na temelju točno specificiranih zahtjeva korisnika,
3. metoda i korisnika (integracijska veza) - sposobnost uporabe metoda i informacija na osnovi dobivenih rezultata njihove primjene kako bi se korisniku na dinamičan i konkretan način predočilo rješenje s kompletnom pripadajućom analizom (2).

Logičko zaključivanje (rezolucija) može biti sastavnica takvih sustava, no ono nije njihovo dominantno obilježje. Naime, u samoj se proizvodnji ljudi stalno susreću s novim nepoznicama, a ni neki osnovni problemi još nisu riješeni na zadovoljavajući način (9). Sustave za potporu odlučivanju obilježavaju ova svojstva:

1. interaktivni su,
2. služe kao potpora odlučivanju,
3. rješavaju nestrukturirane probleme,
4. koriste se podacima,
5. kreiraju modele.

Da bi mogli ostvariti navedene zahtjeve, takvi sustavi u svojoj praktičnoj programskoj realizaciji moraju imati:

- bazu podataka (npr. iz klasičnoga MRP II sustava)
- bazu modela s pripadajućim rješenjima
- programe (metode, algoritme) koji omogućuju odlučivanje.



Slika 4. Paradigma sustava za potporu odlučivanju (prema Beniću, 10)

Baza podataka sustava za potporu odlučivanju ponajprije ovisi o namjeni sustava. Ako je riječ o sustavu koji služi kao potpora proizvodnji (planiranju tehnoloških procesa, proizvodnih procesa ili proizvodnje), tada je baza podataka ono što se pod time razumijeva kada se govori o programskim paketima potpore proizvodnji. To je klasična relacijska (u novije vrijeme objektna) baza podataka s tablicama osnovnih entiteta. Svaki slog (zapis) u tablici jedan je podatak koji se sastoji od atributa, a tablice su međusobno povezane relacijskim vezama (indeksi).

Program sustava za potporu odlučivanju može manipulirati podacima iz tablice (prikupljati ih, selektirati i analizirati). Za to se koristi unaprijed ugrađenim algoritmima-postupcima-metodama. Na osnovi rezultata prethodne selekcije i analize, sustav prema unaprijed zadanim logičkim i proceduralnim pravilima automatski razvija model kako bi se nekim od prikladnih postupaka riješio zadani problem. Zadavanje problema prethodi generiranju modela te može (ovisno o koncepciji) biti nametnuto kao vanjski nalog operatera ili kao zadani cilj ugrađen u programsko rješenje. Svaki novi model, kao i njegovo rješenje, zapisuje se u bazu modela.

Programi za odlučivanje srž su takvog sustava. Pri tome takvom sustavu prije svega odgovaraju proceduralno orijentirani programi, a manje oni koji se temelje na čistoj logici. Oni mu omogućuju pojedine funkcije: manipulaciju bazom podataka, prikupljanje, analizu i selekciju bitnih podataka, izgradnju i analizu modela, rješavanje zadanog problema (u cjelini ili u pojedinim njegovim segmentima). Takav sustav može imati i programe (objekte) zadužene za logističku analizu problema, pri čemu mu unaprijed moraju biti zadani okviri djelovanja i načini zaključivanja (10).

Modeliranje za učenje. Modeliranje za učenje jedna je od koncepcija kojom se na čovjeku prikladan način može rješavati mnoštvo problema. Bez obzira na bitne razlike od dosad opisanih koncepcija (ekspertnih sustava i sustava za potporu odlučivanju), obje koncepcije imaju nešto zajedničko. To je model. Model je *conditio sine qua non* svakog zaključivanja i učenja, bez obzira na to kako ga mi zvali. Osnovni aspekti računalnog učenja jesu automatsko programiranje, umjetnička kreativnost, sažimanje podataka, optimiranje, traženje i izgradnja teorija (32).

Za sve prethodne aspekte bitan je model. Model je:

- pojednostavnjena slika realnog sustava
- pojednostavnjena i vjerna slika procesa u nekom realnom sustavu
- struktura učinka sustava ( $E_u$ ) koja ovisi o nepoznicama i parametrima koji se mogu ( $x_i$ ) i/ili ne mogu ( $y_i$ ) kontrolirati:

$$E_u = f(x_i, y_i) \quad (1)$$

a modeliranje je:

- postupak kojim se procesi u realnom sustavu (realnom problemu) preslikavaju u sustav-model kojemu je cilj proučavanje ponašanja prethodnoga realnog sustava
- funkcija koja uspostavlja odnos između učinaka sustava te varijabli i parametara koji djeluju u sustavu.

Modeliranje za učenje, kao disciplina koja nedostaje, danas označava suvremenu koncepciju u izgradnji i verifikaciji teorija, posebice onih vezanih za ponašanje poslovnih sustava (organizacija je u širem smislu jedan takav sustav). Modeliranje učenja proizlazi izravno iz teorije odlučivanja (57).

Modeliranje za učenje savjetodavna je metodologija potpore odlučivanju koja se koristi analitičkim instrumentarijem i bliskim asocijacijama. Kako savjetnik ima ulogu katalizatora u zajedničkom procesu odlučivanja, njegova je zadaća pripremiti interaktivni okvir za korisnikove ideje i pretpostavke koje moraju biti čvrsto utemeljene, lako razumljive i realno izvedive s prikladnim analitičkim instrumentarijem. Rezultirajući model omogućuje korisniku provjeru koherentnosti ideja te razmatranje dosljednosti tih ideja i posljedica što one prouzročuju. Model je poslovni sustav na kojemu se tada jednostavno mogu izvoditi pokusi u kojima se primjenjuju različite poslovne strategije. Cilj procesa je razvijanje smisla za prikladno poslovno razmišljanje, usmjeravanje diskusije prema razvoju novih opcija i ideja koje poboljšavaju donošenje odluka.

Kako je riječ o poslovnom odlučivanju, teži se:

- pronalaženju općeg modela prema kojemu priroda djeluje (i, sukladno tome, rješava probleme)
- razvoju novih i inkorporiranju postojećih teorija i metodologija kako bi modeli mogli u realnom vremenu (obično vrlo brzo) i na odgovarajući način oponašati najstroža zbivanja u prirodi (95).

Modeliranje procesa radi njihova proučavanja u biti je kompilacija mnogih već poznatih modela i polazišta u rješavanju problema, a svi izravno potječu iz operacijskih istraživanja. U toj su kategoriji: 1. teorija igara, 2. teorija odlučivanja i primjena vjerojatnosti, 3. sustavska dinamika, 4. računalne simulacije (u najširem smislu) i 5. statističko prognoziranje. Naposljetku, čak se i sama teorija kaosa, kao najnoviji hit u operacijskim istraživanjima i umjetnoj inteligenciji, može svrstati u tu skupinu metoda. Primijenjeno na samu organizaciju proizvodnje, prethodna se koncepcija očituje tako da se interaktivnom igrom na modelu stječu znanja o ponašanju realnog sustava.

**I n t e l i g e n t n i   p r o i z v o d n i   s u s t a v i .** Pri kraju uvodnih razmatranja daje se jedna od mogućih sinteza onoga što u radu nazivamo inteligentnim proizvodnim sustavom. Bez obzira na formu i specifični oblik konkretne realizacije, koncepcija računalom integrirane proizvodnje nezamisliva je bez prikladne upravljačko-nadzorne strukture. Uloga te strukture identična je pak ulozi živčanih stanica bioloških organizama u prirodi. Suvremeni fleksibilni proizvodni sustavi (Flexible Manufacturing System - FMS) imaju ova obilježja:

1. autonomiju; sustav potpuno samostalno obavlja svoju osnovnu funkciju, pri čemu maksimalno nastoji ograničiti nepovoljan utjecaj okoline,
2. računalno upravljanje i nadzor; središnje računalo nadzire sve komponente sustava, određuje distribuciju poslova, aktivnosti i zadataka u svezi s njima, te im dostavlja sve nužne informacije,
3. organizaciju; sustav je organiziran tako da funkcionira i u situacijama kada se tijekom vremena dinamički mijenja opseg poslova (prema tipu, količini i trajanju), pri čemu može uočiti i riješiti uska grla u proizvodnji te osigurati interne pričuve (npr. materijala, opreme, rada, energije ...),
4. opću dijagnostiku; sustav je sposoban sam uočiti zastoj zbog nedostatka ili pogreške u pojedinim resursima (na obratcima, opremi, materijalu, radnim mjestima, informacijama), te na to ispravno reagirati odgovarajućom promjenom stanja; istodobno pomoću senzorskih uređaja mora moći mjeriti kvalitetu svih internih radnih postupaka i komponenata sustava,
5. optimizaciju funkcija i resursa: sustav mora imati sposobnost optimiranja pojedinih funkcionalnih obilježja u realnom vremenu, prije, za vrijeme i nakon odvijanja pojedinih poslova i aktivnosti,
6. prognostičku preventivu; na temelju podataka iz vlastite povijesti sustav mora moći predvidjeti ponašanje pojedinih svojih komponenata u budućnosti, kako bi poduzeo zadane preventivne akcije,
7. veze s okolinom; sustav mora imati vezu s cjelokupnom okolinom koja neposredno utječe na obavljanje njegovih zadaća (51).

Većina navedenih svojstava ujedno su i obilježja onoga što se u običnom žargonu može smatrati inteligentnim ponašanjem. Suvremeni fleksibilni proizvodni sustav na neki način ima obilježja inteligentnoga proizvodnog sustava (inteligentni proizvodni sustav - Intelligent Manufacturing System - IMS) (ili se može reći da teži tome). Na slici 5. pojednostavnjeno je prikazana opća paradigma svega onoga što u sklopu rada pod tim razumijevamo. Pri tome nije osobito bitno koliko je to prividno inteligentno ponašanje posljedica istinskoga autonomnog djelovanja računalnih programa nadzornog računala (opća ekspertna potpora odlučivanju), čovjeka (donosioca odluke) koji nadzire rad sustava putem računala i programa, ili pak interaktivno djelovanje na relaciji čovjek-računalo-računalni program. Svojstvo inteligencije takvom sustavu može dati samo i isključivo informatička komponenta, koja ima ulogu živčanog sustava bioloških organizama (10).

Inteligencija se pak u takvim sustavima može oživotvoriti isključivo kao istodobno djelovanje upravljačko-nadzornog sustava u dva sloja (razine), među kojima postoje međusobne veze (komunikacija-prijenos podataka). Hardverske performanse suvremenih računala i softverskih mogućnosti suvremenih objektivno



usmjerenih instrumentarija, omogućuju praktičnu realizaciju sustava koji može usporedno (istodobno) djelovati na:

- razini rješavanja tekućih poslova i zadataka
- razini računalnog učenja i klasifikacije, koja se sastoji od:
  - prikupljanja i analize podatka
  - samostalnog sastavljanja modela
  - analize modela
  - rješavanja modela
  - analize dobivenih rješenja

s ciljem:

- klasifikacije tih modela
- upoznavanje svojstava modela (prema prethodno zadanim pravilima i postupcima) te prepoznavanja sličnih modela kako bi se korisniku mogao predložiti postupak rješavanja problema
- uočavanja ugrađenih ograničenja, kako bi sam sustav i/ili korisnik mogao dograđivati postojeći sustav nadzora i upravljanja.

Veze između navedenih razina djelovanja nužne su kako bi se novo-stečeno znanje na razini računalnog učenja moglo primijeniti i za konkretno rješavanje problema. Na taj se način u sustav, u praktičnom obliku, uz atribut učenje novog znanja može ugraditi i atribut primjena novostečenog znanja, što je pak ključno obilježje inteligencije.

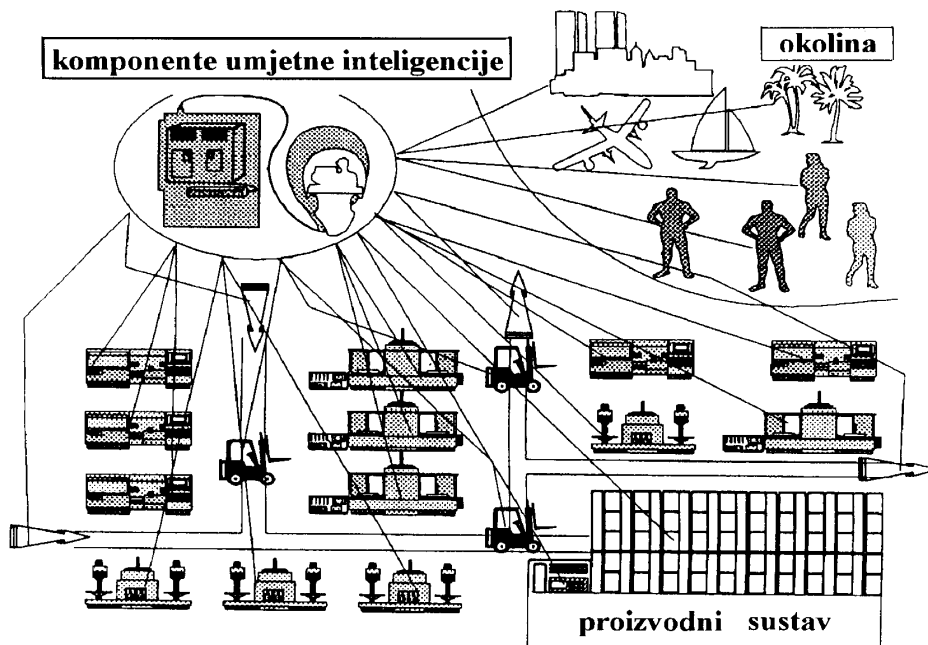
Osnovni cilj i namjena inteligentnih proizvodnih sustava jest služenje čovjekovim potrebama. To pak znači da on samostalno ili u suradnji s čovjekom kao nadzornim organom stvara nove materijalne vrijednosti (dobra). U tom se smislu i inteligencija ugrađena u njega može promatrati isključivo i jedino kao sustav koji može donositi odluke i na temelju toga upravljati pojedinim hardverskim sastavnicama inteligentnoga proizvodnog sustava. Pri tome u upravljački dio sustava trebaju biti ugrađena ova načela (parafraziramo tri zakona robotike\*):

1. sustav ne smije ozlijediti čovjeka (zahtjev sigurnosti), a svojom neaktivnošću ne smije dopustiti da organizacija i okolina u kojoj djeluje trpi štetu (zahtjevi ekonomičnosti i ekološkičnosti),
2. upravljačko-nadzorna komponenta sustava pri čovjekovoj intervenciji mora dati prednost njegovim zahtjevima, a ne ciljevima samog sustava, osim ako je to proturječno prvom zakonu,

---

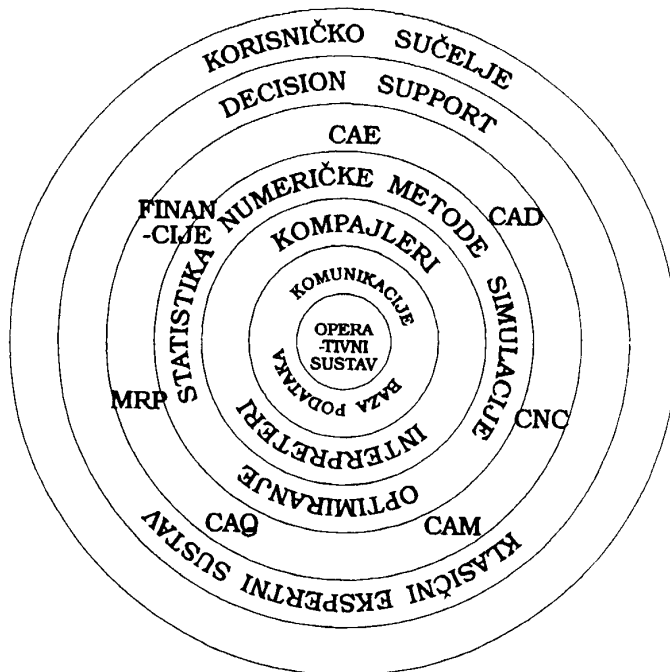
\* Tri čuvena i osnovna zakona robotike postavio je poznati pisac znanstvene fantastike Isaac Asimov u priči Runaround, objavljenoj u ožujku davne 1942. godine u izdanju Astounding Science Fictiona.

3. upravljačko-nadzorna komponenta sustava pri čovjekovoj intervenciji mora dati prednost njegovim zahtjevima, a ne ciljevima samog sustava, osim ako je to proturječno prvom zakonu,



Slika 5. Opći prikaz inteligentnog proizvodnog sustava (prema Beniću, 10)

Iako je za čovjeka u praksi do danas to još uvijek teško dostižan ideal, mnogi prethodni elementi već postoje ili se razvijaju unutar postojeće CIM koncepcije. Suvremena koncepcija logističkog upravljanja radnim operacijama (Manufacturing Operations Management - MOM) u krajnjoj se liniji potpuno uklapa u prethodnu koncepciju. Na slici 6. prikazana je tipična shema mogućega upravljačkog softvera bez kojega ne može funkcionirati koncepcija inteligentnih proizvodnih sustava. Softverska komponenta takvog sustava (barem prema postojećim suvremenim koncepcijama razvoja softvera) složena je što pak znači da on djeluje u međusobno povezanim slojevima. Koliko će u pojedinom sloju ona biti kompletna (u smislu ugrađenog softvera), ovisi o specifičnim potrebama konkretnoga proizvodnog sustava.



Slika 6. Različiti slojevi softvera za umjetnu inteligenciju (prema Beniću, 10)

Upravljanje proizvodnim sustavom isključivo je zadaća operativne i taktičke razine odlučivanja. Pritom je, naime, riječ o zadatku istodobnog upravljanja operacijama, kao i o upravljanju procesom proizvodnje (u cjelini ili djelomično). Pri tome se, ovisno o tipu posla (zadatka) i odluke (koju treba donijeti) može govoriti o prvoj ili o drugoj razini odlučivanja.

Navedeni aspekt upravljanja i kontrole proizvodnje ujedno je i jedan od temelja na kojima se zasniva suvremena koncepcija logističkog upravljanja radnim operacijama u proizvodnji. Na temelju točno specificiranih zahtjeva, za poznatog kupca ili za poznato tržište potrebno je izraditi proizvode specificirane kakvoće. Ako je kupac poznat, cjelokupna se proizvodnja mora obaviti do strogo određenog roka. Ako se proizvodi za poznato tržište, situacija je slična, samo se u tom slučaju cijela proizvodnja mora obaviti što je brže moguće. Da bi se postigli ti ciljevi, proizvodnju

treba organizirati i (ponekad, u nekim slučajevima) neposredno upravljati proizvodnim operacijama (komponenta on-line odlučivanja dok je proizvodni proces u tijeku; Work in Process – WIP). Upravljanje proizvodnjom koja je u tijeku zahtijeva i povratnu vezu na relaciji donosilac odluke-proizvodni sustav, koja omogućuje preventivne i korekcijske postupke kako bi se postigao glavni cilj na razini proizvodnje - potpun završetak proizvodnje do zacrtanog termina. To pak znači da sim potisne komponente (u informacijskom smislu) u upravljanju proizvodnjom (od pozicija prema proizvodu) u sustav mora biti ugrađena i povlačna komponenta (od proizvoda prema pozicijama). Pri tome je potisna komponenta u biti unaprijedno planiranje proizvodnje (terminiranje), a povlačna komponenta znači reterminiranje proizvodnje i može postojati samo ako postoji interna komponenta kontrole koja ima zadaću kontrolirati kakvoću završene proizvodnje (10).

U tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja navedene koncepcije upravljanja osiguravaju prikladan način na koji se mogu rješavati problemi u proizvodnji i poslovanju. Koncepcijama je zajedničko da se na temelju sposobnosti razumijevanja, zaključivanja, učenja, primjene znanja i informacijskih tehnologija, opažanja i prepoznavanja događaja i objekata mogu koristiti u smislu savjetodavne inteligentne potpore procesima odlučivanja i upravljanja. Te se koncepcije međusobno dopunjuju i čine opću logističku koncepciju koja u preradi drva i proizvodnji namještaja može poprimiti različite oblike, od tzv. smisao-znanje i informacijske tehnologije, bez obzira na to o kakvoj je koncepciji riječ. Ona mora biti sposobna davati suvisle odgovore te moći rješavati situacije u opsegu u kojem smo je opskrbili znanjem o proizvodnji i poslovanju tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja. Takvo savjetodavno svojstvo prikazanih koncepcija čvrst je oslonac u okolini koja zbunjuje.

Opisane koncepcije danas čine suvremenu koncepciju u izgradnji i vrednovanju teorija, posebice onih vezanih za djelovanje proizvodnih sustava u preradi drva i proizvodnji namještaja.

## **2. KONCEPCIJA SUVREMENE PROIZVODNJE U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA\***

Suvremeno svjetsko tržište drvom i proizvodima od drva zahtijeva proizvode šireg i promjenjivog asortimana, u malim i varirajućim količinama, često i unikate. Osim toga, zahtijevaju se proizvodi i usluge visoke razine kakvoće, a posebice je na tržištu namještaja zamjetna sve veća konkurencija.

Proizvod je rezultat rada ili radnog procesa (1.2) (95). Usluga je rezultat dobiven uzajamnim djelovanjem dobavljača (1.10) i korisnika (1.9) te samostalnim djelovanjem dobavljača kojim on zadovoljava korisnikove potrebe (95). Kakvoća je ukupnost svojstava nekog entiteta (1.1) koja ga čine sposobnim da zadovolji izražene ili pretpostavljene potrebe (95).

Na slici 7. dana je koncepcija suvremene proizvodne filozofije. Njezin je cilj potpuno zadovoljenje potreba tržišta i kupca. Zadovoljenje očekivanja postiže se proizvodnjom usmjerenom prema kupcu, povećanjem udjela usluga te servisa i ekološki čistom proizvodnjom.

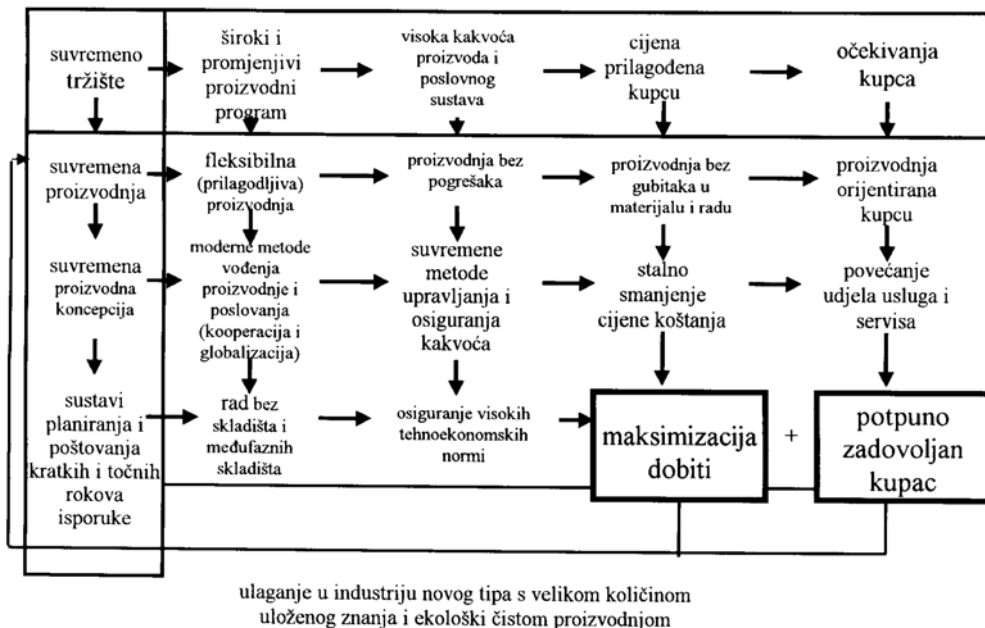
Suvremena proizvodna filozofija u preradi drva i proizvodnji namještaja ostvaruje se stalnim ulaganjem u nju, angažiranjem velike količine znanja te zadovoljenjem zahtjeva za tehnološkom čistoćom. Nju je pak moguće ostvariti nizom elemenata vezanih za kupca, proizvodnju i poslovanje tvrtke. Koncepcija suvremenog tržišta drvnim proizvodima ostvaruje se:

- širokim i promjenjivim proizvodnim programom
- visokom kakvoćom proizvoda i poslovnog sustava
- stalnim smanjenjem cijena proizvoda od drva
- suvremenom proizvodnom koncepcijom
- sustavima planiranja i održavanja kratkih i točnih rokova isporuke proizvoda od drva kupcima.

Danas širok i promjenjiv proizvodni program nameću kupac i tržište, a ostvaruje se fleksibilnom proizvodnjom. U ostvarenju takve koncepcije veliko značenje imaju fleksibilni tehnološki sustavi i strojevi vođeni računalom. Obilježje im je visoka produktivnost, širina asortimana drvnog materijala za sastavljanje, točnost i visoka kakvoća izrade i obrade proizvoda. U tim sustavima manje su zalihe drvnog i nedravnog materijala i nedovršene proizvodnje proizvoda od drva.

---

\* Prema Figuriću, 23.



Slika 7. Koncepcija suвременe proizvodne filozofije u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Figuriću, 23)

Suвременe metode vođenja proizvodnje i poslovanja tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja podržane informatičkom tehnologijom te nižim i višim razinama komunikacijskog sustava imaju zadaću inteligentnih agenata, savjetnika u procesima odlučivanja i upravljanja proizvodnjom i poslovanjem.

Prije prikazani fleksibilni tehnološki sustavi i strojevi utječu na smanjenje obrtne kratkotrajne imovine vezane za proizvodnju. Može se reći da je takav rad gotovo bez međufaznih skladišta, skladišta drvnog i nedravnog materijala i bez skladišta gotovih proizvoda od drva.

Visokom kakvoćom proizvoda i poslovnog sustava osigurana je koncepcija rada bez pogrešaka uz visok udjel samokontrole zaposlenih na svim radnim mjestima u tehnološkom procesu. Pritom bitnu ulogu imaju i implementirane suвременe metode upravljanja i osiguranja kakvoće proizvoda u cijelom tehnološkom i operativnom procesu upravljanja proizvodnjom i poslovanjem tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja. To pridonosi i osiguranju visokih tehnoekonomskih normi u proizvodnji i poslovanju tvrtke koje se postižu spomenutim metodama upravljanja te

modernim sustavima planiranja i održavanja kratkih i točnih rokova isporuke proizvoda kupcima. Osmišljen je niz metoda i tehnika (MRP, MRP II, just-in-time, KANBAN) s ciljem sniženja zaliha drvnog i nedravnog materijala, nedovršene proizvodnje, gotovih proizvoda, terminiranja i praćenja proizvodnje optimiranjem proizvodnog ciklusa.

Fleksibilnom proizvodnjom, proizvodnjom bez pogrešaka, te osiguranjem visokih tehnoeconomičkih normi omogućuje se proizvodnja bez gubitaka rada i materijala. To znatno utječe na sniženje cijene proizvoda od drva i krajnji je rezultat takve koncepcije maksimizacija dobiti.

**Fleksibilni tehnološki sustavi.** Do šezdesetih godina 20. stoljeća automatizacija proizvodnih procesa u preradi drva i proizvodnji namještaja bila je usmjerena prema masovnoj proizvodnji, a korištena je tzv. kruta automatizacija.

Njezina tipična obilježja jesu:

- nefleksibilnost sustava, tj. što je značilo da je promjena proizvodnog programa vrlo skupa i teško ostvariva
- jednostavnost osnovnih tehnoloških operacija, no integracija i koordinacija više takvih operacija činili su sustav složenim
- velik broj dijelova u seriji
- visoki investicijski troškovi.

Tipični primjeri krute automatizacije u preradi drva i proizvodnji namještaja jesu transferne linije u proizvodnji pločastog namještaja, linije za automatsku obradu ploča, montažu i sl.

Zahtjevi tržišta usmjeravaju proizvođače, osobito proizvođače namještaja, prema:

- brzim promjenama asortimana proizvodnje
- skraćanju vremena od ideje do pojave proizvoda na tržištu
- organiziranju proizvodnje u malim promjenjivim serijama
- poboljšanju kakvoće proizvoda od drva.

Konvencionalnom se automatizacijom proizvodnih postrojenja ti zahtjevi ne mogu ostvariti jer relativno visoki troškovi prilagodbi postrojenja ne omogućuju ekonomičnu proizvodnju u malim serijama.

Brza promjena asortimana proizvoda od drva u pojedinačnoj i serijskoj proizvodnji utjecala je na uvođenje programabilne ili fleksibilne automatizacije. Bitna su obilježja programabilne automatizacije:

- visoki investicijski troškovi (ali ipak manji nego u sustavu s krutom automatizacijom)

- sposobnost mijenjanja redoslijeda operacija kojima se upravlja pomoću programa
- visoka fleksibilnost, što čini sustav pogodnim za izradu različitih proizvoda u malim serijama
- manja proizvodnost nego pri krutoj automatizaciji.

Primjer programabilne automatizacije jesu numerički upravljani strojevi. Program za obradu dijela upravlja redoslijedom operacija tako da je pri promjeni proizvodnog programa nužno samo pripremiti novi NU program. Ti se sustavi odlikuju velikom programabilnom fleksibilnošću.

Proizvodni se program proizvoda od drva može definirati veličinom serije (mala, srednja, velika), koja, ovisno o asortimanu, a sa ciljem povećanja produktivnosti, zahtijeva odgovarajuću tehnologiju. Na slici 8. predočena je ovisnost pojedinih tehnologija o veličini serije i broju varijacija proizvoda u seriji. Središnji prostor zauzimaju fleksibilni tehnološki sustavi.

Pod fleksibilnim tehnološkim sustavom razumijeva se proizvodna oprema povezana sa zajedničkim sustavom upravljanja i sustavom za upravljanje tijekom materijala radi automatske proizvodnje različitih elemenata. Organizacijska i tehnička procedura te programi dio su sustava.

Osim obrade dijelova (aktualni proizvodni proces), sustavom su obuhvaćeni i prateći pomoćni procesi kao što su manipulacija, transport, kontrola, montaža i uskladištenje. Upravljački podaci iz računalne stanice predaju se procesu. Podaci iz procesa nužni za praćenje njegova funkcioniranja dostavljaju se računalu radi njihove obrade i donošenja upravljačkih naredbi u realnom vremenu.

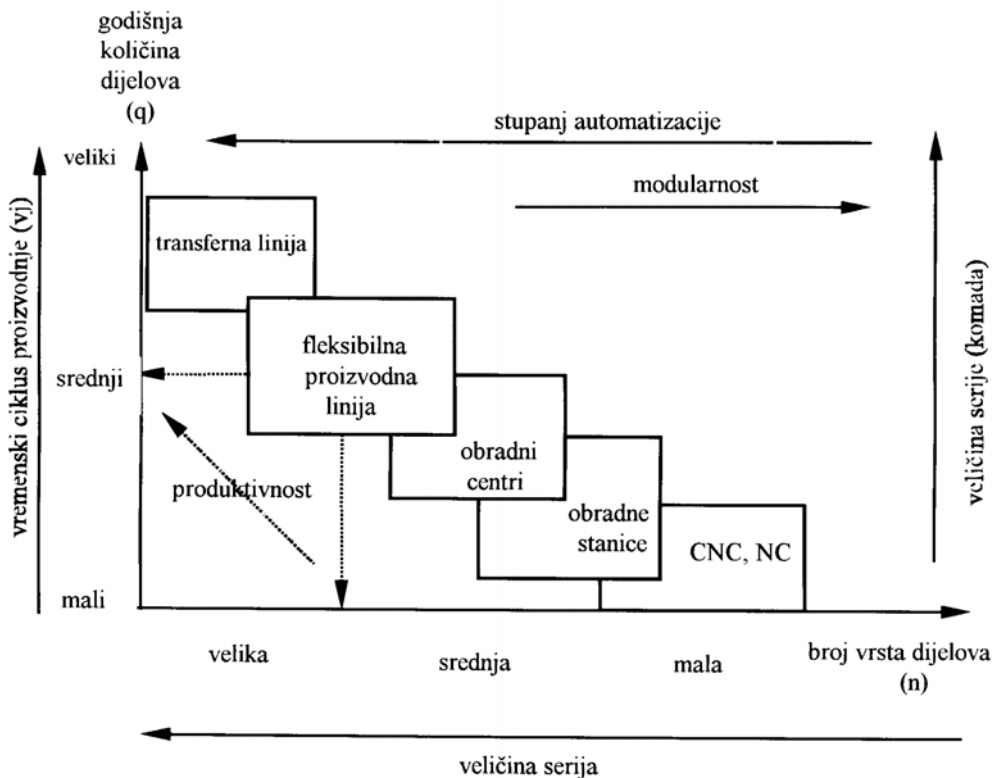
Fleksibilnost i produktivnost kriteriji su za izbor proizvodnih kapaciteta. Ta dva kriterija u međusobnoj su suprotnosti. U masovnoj proizvodnji produktivnost je u prvom planu, dok se u maloserijskoj i srednjoserijskoj proizvodnji osigurava kompromis između ta dva kriterija.

Fleksibilni tehnološki sustavi omogućuju obradu različitih tipova proizvoda koji pripadaju određenoj porodici proizvoda. Broj i tipovi dijelova u sklopu porodice proizvoda određuju područje primjene fleksibilnih transfernih linija, fleksibilnih tehnoloških stanica i fleksibilnih tehnoloških sustava.

Fleksibilna tehnološka linija sadrži nekoliko automatiziranih ili specijalnih strojeva povezanih s automatiziranim sustavom za transport materijala na načelu linije. Fleksibilne tehnološke linije sposobne su simultano ili sekvencijski obrađivati različite elemente i sklopove koji se kreću kroz sustav uzduž iste putanje. Da bi se uravnotežile vremenske razlike u ciklusima obrade, udešavanju ili kratkim zastojevima, između strojeva (radnih mjesta) postavljaju se međuskладиšta. Na taj se način minimizira utjecaj tih činilaca na druge komponente sustava. S obzirom na sve veći zahtjev tržišta za proizvodima velikih varijacija u manjim serijama očekuje da će u



bliskoj budućnosti fleksibilne tehnološke linije zamijeniti konvencionalne transferne linije u proizvodnji namještaja (23).



Slika 8. Odnos produktivnosti i fleksibilnosti za različite razine automatizacije (modificirano prema Figuriću, 23)

Fleksibilnu tehnološku stanicu čini jedan ili više računalom numerički upravljanih strojeva, opremljenih skladištima dijelova i automatskim manipulatorom za rukovanje dijelovima, skladištenjem alata i automatskim izmjenjivačem alata te nizom mjernih uređaja za praćenje procesa obrade. Računalna stanica stroja povezana je s računalnom stanicom robota i računalom CNC sustava. Upravljanje u tom sustavu odnosi se prije svega na koordinaciju opterećenja pojedinih strojeva i alata.

Veze za obradu podataka omogućuju komunikaciju s bazama podataka koje sadrže programe obrade elemenata i sklopova, programe za mjerenje, programe za

robote, elemente režima obrade itd.

Fleksibilna tehnološka stanica ima ova obilježja:

1. mogućnost obrade bez operatora,
2. fleksibilnost za obradu različitih tipova proizvoda u malim serijama,
3. jednostavno prilagođavanje i lako izvođenje procesa obrade,
4. lako praćenje tekućeg procesa i sl.

Za automatsku obradu dijelova, osobito za obradu bez operatora, fleksibilna tehnološka stanica mora biti vrlo pouzdana. Koordinacija operacija na više tehnoloških stanica, uključujući i rukovanje materijalom (poluproizvodima i gotovim proizvodima), ostvaruje se u fleksibilnom tehnološkom sustavu putem središnjeg računala.

Fleksibilni tehnološki sustavi čine kompatibilni i integralni podsustav. Glavne su komponente fleksibilnoga tehnološkog sustava:

1. računalom numerički upravljani strojevi,
2. transportni sustav za dopremu materijala,
3. sustav upravljanja koji koordinira rad CNC strojeva i transportnog sustava,
4. servisni moduli ili pomoćne jedinice za kontrolu i sl.

Do kraja sedamdesetih godina 20. stoljeća numerički upravljani strojevi za potrebe drvne industrije radili su kao autonomne jedinice s ručnim postavljanjem papirne bušene trake s NC programom za izradu radnih dijelova u čitač trake. U to su vrijeme radi povećanja produktivnosti uvedeni DNC sustavi, u kojima je jednim računalom upravljano s više strojeva. Već se tada pojavljuju ideje o integraciji numerički upravljanih strojeva s transportnim sustavima, pri čemu bi se jednim računalom upravljalo cijelim sustavom. Tada su postavljene i osnove za razvoj fleksibilnih tehnoloških sustava.

Analizirani fleksibilni tehnološki sustavi uglavnom se rabe za maloserijsku i srednjoserijsku proizvodnju različitih tipova elemenata i sklopova unutar određene porodice dijelova.

Instalirani fleksibilni tehnološki sustavi sastavljeni su od obradnih stanica i najčešće su rezultat specijalne prilagodbe, koju realiziraju proizvođači strojeva i upravljačkih sustava za potrebe prerade drva i proizvodnje namještaja. Intenzivno uvođenje novih fleksibilnih tehnoloških sustava u preradu drva i proizvodnju namještaja posljednjih godina pokazuje na tendenciju daljnjeg razvoja te vrlo dinamične oblasti. Tako je današnja razina razvoja obradnih sustava obilježena mogućnošću fleksibilnih tehnoloških sustava na osnovi računalne automatizacije koji bi imali tri osnovna svojstva (23):

1. fleksibilnost,
2. automatiziranost,

### 3. inteligenciju.

U bliskoj budućnosti očekuje se korištenje znatno više razine prilagodljivog upravljanja u fleksibilnim tehnološkim sustavima. Elementarni sustav prilagodljivog upravljanja, koji su već u upotrebi, upućuju na velike mogućnosti.

Cilj povećanja razine inteligencije strojeva ili stanica za montažu jest smanjenje potrebe za njihovim nadzorom i kontrolom. To omogućuje uvođenje integralnog koncepta proizvodnje.

CIM (Computer Integrated Manufacturing - računalom integrirana proizvodnja) koncept je kojemu treba težiti u svim razmišljanjima i provedbama suvremene proizvodnje na području prerade drva i proizvodnje namještaja.

CIM je integralna obrada informacija i podataka za rješavanje tehničkih, organizacijskih i gospodarskih zadataka unutar tvrtke, što predočuje i slika 9, na kojoj su dane funkcije organiziranja CIM sustava.

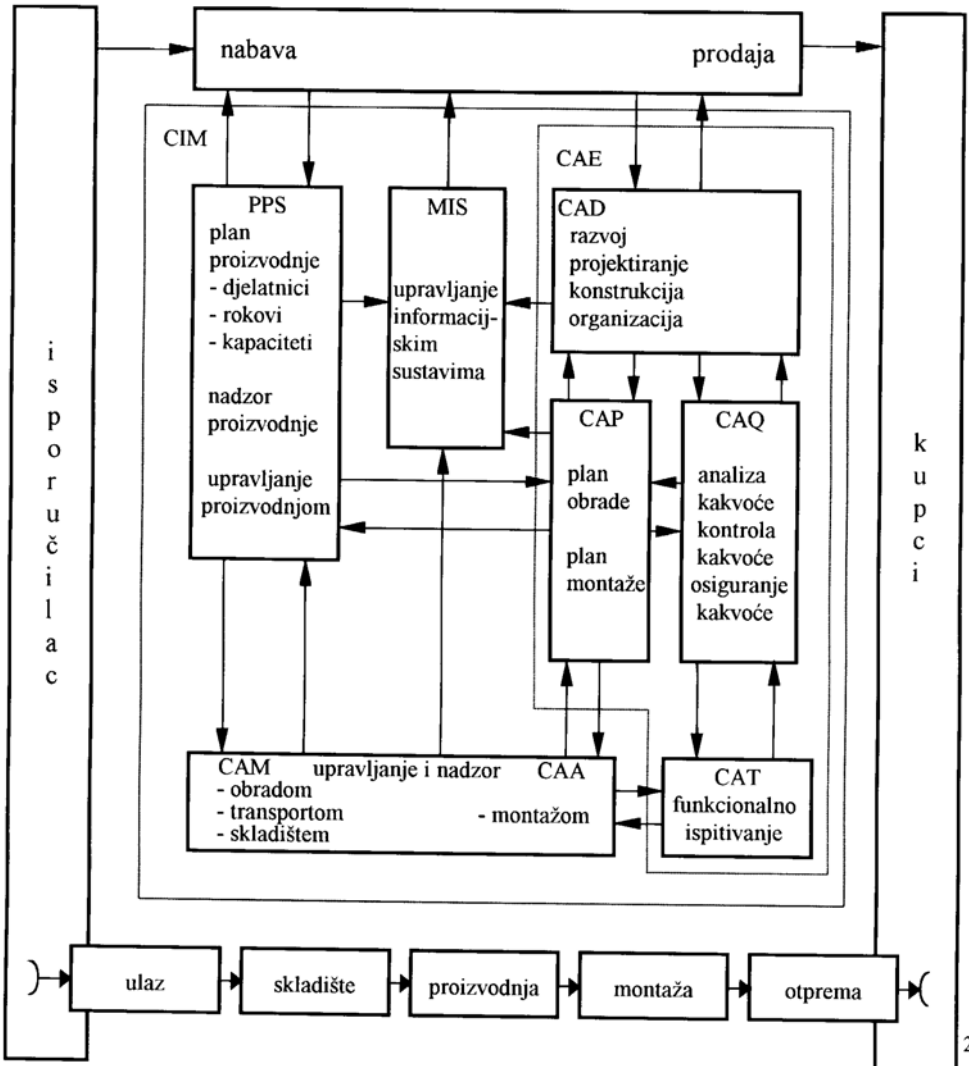
Za CIM je bitna integracija svih informacija i informacijske tehnologije, proizvodnje i gospodarenja te njihova povezanost. Postavljaju se visoki zahtjevi u povezivanju softvera s informacijskom tehnologijom kao i strojeva.

Integriranjem pojedinih dijelova proizvodnog lanca moguće je skratiti vrijeme izvršenja naloga s klasičnog tjedna na CIM dan, te usto:

- smanjiti troškove proizvodnje
- smanjiti obrtna sredstva vezana za proizvodnju
- povećati fleksibilnost proizvodnje
- povećati stupanj pouzdanosti kakvoće proizvoda.

Moguće je predvidjeti proizvodni proces u kojemu će sve operacije biti upravljane računalom bez bilo kakve ljudske intervencije. CIM je proizvodnja pri kojoj su dvije ili više proizvodnih operacija integrirano upravljane istim računalnim sustavom. CIM obično obuhvća CNC sustav i automatski transport materijala upravljani računalom.

CIM - računalom integrirani proizvodni sustav zatvorena je povratna veza u kojoj su osnovni ulazni podaci proizvodni zahtjevi (potrebe) i proizvodni koncepti (kreativnost), a glavni izlaz su gotovi proizvodi. Sastoji se od elemenata softvera i hardvera, u što je uključeno konstruiranje, planiranje, programiranje, upravljanje proizvodnjom (povratna veza, nadzor i optimiranje), proizvodna oprema (uključivši i alatne strojeve) te proizvodni proces (razmjestaj, formiranje i konsolidiranje).



Slika 9. Funkcije računalom integrirane proizvodnje (modificirano prema Figuriću, 23)

### **3. TEORIJSKE PRETPOSTAVKE POTREBNE ZA UPRAVLJANJE PROIZVODNIM SUSTAVIMA U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA**

#### **3.1. Teorija sustava\***

U središtu ovog razmatranja je sustav ili, općenito, sustavno mišljenje. To je relativno nova paradigma znanstvenog pristupa svim iskustvenim predmetima i pojavama koja se ne zadovoljava analitičkim pojednostavnjenjima nego nastoji pridonijeti razumijevanju, objašnjavanju i mijenjanju cjelina promatranih u sintezi svih njihovih dijelova. Sustavni pristup i sustavno mišljenje, kako tvrde mnogi suvremeni znanstvenici, najvažniji su kvalitativni skok u razvoju znanstvene metodologije sve od njezina postanka. Posebno se ističu značenje i doprinos te nove metodologije na području obrade informacija te upravljanja i odlučivanja u složenim gospodarskim i društvenim sustavima.

Izučavanjem sustava bavi se znanost koja se zove teorija sustava. Ta se znanost vrlo intenzivno razvija, a njezini rezultati nalaze sve širu primjenu u najraznovrsnijim područjima društvenog razvoja.

Pojam modela zasniva se na postojanju neke sličnosti između dva objekta. Osnovni su zadaci modela da omogući bolje razumijevanje proučavane pojave i povećanje moći previđanja. On može biti korišten za opis, pobliže označavanje, istraživanje, otvaranje komunikacija, analizu, učenje, kategoriziranje i oponašanje stvarnog sustava.

##### **3.1.1. Sustav**

Teorija sustava je znanstvena disciplina koja proučava strukturu i funkcioniranje cjeline, povezanost i ponašanje njezinih dijelova. Cjelina je uvijek nešto više od jednostavne sume dijelova nekog sustava (68).

Danas je upotreba pojma sustav vrlo široka. Pojmove sustav i sustavi, sustavni pristup, sustavno mišljenje i sl. danas upotrebljavaju svi oni koji neposredno rade na razvojnim istraživanjima na području prirodnih, tehničkih, organizacijskih, društvenih i drugih znanosti u cijelom svijetu. Tim se pojmovima koriste i šire društvene strukture, a ne samo specijalisti određenih znanstvenih disciplina, što upućuje na raznovrsne pogodnosti i koristi što se ostvaruju upotrebom njihova značenja u svakidašnjem radu.

---

\* Prema Figuriću, 23.

Danas postoji veći broj definicija sustava. Za problematiku upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja valja nabrojiti dvije najčešće:

- a) sustav je relativno izoliran skup međusobno povezanih elemenata koji se ponaša prema nekim svojim zakonima,
- b) sustav je jasno odvojen skup na određeni način međusobno povezanih elemenata koji po nekoj zajedničkoj odrednici čine skladnu cjelinu.

Pojam sustav danas se najčešće rabi u sljedećem smislu:

1. ako postoji određeni skup elemenata konkretnoga ili formalnog karaktera koji su međusobno neposredno ili posredno povezani tako da čine određenu cjelinu koja kao takva egzistira, koja se kao takva ponaša u svom funkcioniranju ili korištenju i koja se kao takva može identificirati,
2. za sve sastavne dijelove koji pripadaju određenom sustavu uvijek postoji određeni skup zajedničkih ciljeva, realizaciji kojih je usmjereno njihovo zajedničko funkcioniranje,
3. parcijalno funkcioniranje sastavnih dijelova sustava podređeno je zahtjevima funkcioniranja koje postavlja sustav kao cjelina.

Navedene postavke, koje različiti autori daju u različitim inačicama, obično služe kao polazna ideja koncepcije za proučavanja i za razvoj odnosno izgradnju sustava. Njihova je bit u usredotočenju pozornosti na sustav kao cjelinu, a ne na pojedinačne dijelove.

Da bi se nešto definiralo kao sustav, potrebno je:

- a) utvrditi stajalište i svrhu promatranja,
- b) utvrditi funkciju (svrhu postojanja) sustava,
- c) utvrditi potencijalne elemente sustava,
- d) pronaći granice sustava,
- e) pronaći veze između elemenata sustava sa stajališta promatranja.

Da bi neki sustav upoznao, moraju se upoznati najmanje ove tri veličine tog sustava (23):

- elemente sustava (E)
- strukturu sustava (R)
- funkciju sustava (F)

$$S = \{ E, R, F \}. \quad (2)$$

Elementi sustava su funkcionalni dijelovi sustava koji svojim postojanjem i svojom funkcijom bitno utječu na postojanje i djelovanje sustava s određenog motrišta.

Elementi sustava su njegovi temeljni dijelovi koji se dalje ne raščlanjuju.

Struktura sustava je skup svih veza u njemu. Struktura sustava označava:

- broj elemenata u odgovarajućem skupu elemenata koji čine sustav
- karakter pojedinih elemenata koji čine sustav
- broj veza u odgovarajućem skupu veza kojima su sastavni elementi sustava međusobno povezani
- karakter veza.

Svaki sustav u trenutku promatranja ima određena obilježja. Skup tih obilježja naziva se stanjem sustava. Za identifikaciju stanja sustava po pravilu se uvodi opća funkcija stanja sustava.

Funkcija sustava je svrha njegova postojanja. Pojam funkcioniranja sustava može se shvatiti kao određeni skup aktivnosti koje izvršavaju njegovi sastavni elementi tijekom određenog vremena, a usmjerene su na realizaciju svrhe i zadaća sustava. Rezultati funkcioniranja pojedinih elemenata sustava prenose se od jednih na druge vezama i tako sustav djeluje kao cjelina. Uloga veza u sustavima ne iscrpljuje se samo na jednostavnom povezivanju pojedinih elemenata. Njihova je osnovna zadaća međusoban prijenos rezultata funkcioniranja.

Svaki dio sustava tijekom rada ostvaruje svoju pojedinačnu funkciju - rezultat svog djelovanja. Ostvarena funkcija sustava mjera je ostvarenja njegove svrhe i njegovih zadataka. Funkcioniranje je širi pojam od strukture i obuhvaća rad sustava tijekom vremena i rezultate toga rada, kao i izvršioce rada.

Funkcija sustava često se naziva i funkcijom kriterija ili cilja. Postavljanje funkcije kriterija u osnovi proistječe iz logike postojanja sustava.

Za detaljnije proučavanje određenog sustava osobito je važno utvrditi područje dopuštenih odstupanja, odnosno tolerantne zone funkcije kriterija.

### **3.1.1.1. Stanje sustava**

Stanje bilo kojeg sustava može se, s određenom točnošću, okarakterizirati kao skup vrijednosti veličina koje određuje njegovo ponašanje.

### **3.1.1.2. Definiranje ulaza i izlaza**

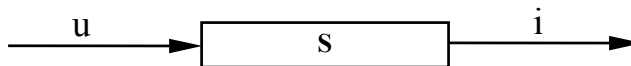
Kretanje sustava, tj. promjene njegova stanja mogu nastati pod utjecajem vanjskih činitelja te kao rezultat procesa što se zbija unutar samog sustava.

Vanjska djelovanja na sustav nazivaju se ulazne veličine (ili ulazna djelovanja, ulazne varijable sustava, inputi), a elementi sustava kojima su pridružena ulazna djelovanja zovu se ulazi sustava. Djelovanja sustava na okolinu karakteriziraju vrijednosti njegovih iskazanih veličina. Skup izlaznih veličina (outputa) i njihovih promjena određuje ponašanje sustava, zapravo, one omogućuju vanjskom promatraču (ili upravljaču) da ocijeni usuglašenost

promjene sustava s ciljem ostvarenja upravljanja. Ulaz i izlaz čine vezu sustava s okruženjem (sl. 10). Skup svih ulaznih veličina označuje se pomoću vektora ulaza  $\underline{x}$ , a skup izlaznih veličina pomoću vektora izlaza  $\underline{y}$ . Svaka vrsta ulaznih veličina komponenta je ulaznog vektora  $\underline{x}$ , a svaka vrsta izlaznih veličina komponenta vektora  $\underline{y}$ .

ulazne veličine,  $\underline{x} = \Sigma x_n$

izlazne veličine,  $\underline{y} = \Sigma y_u$



Slika 10. Ulaz i izlaz čine vezu sustava s okruženjem (prema Figuriću, 23)

### 3.1.1.3. Povratna veza

Veza između izlaza i ulaza istog elementa naziva se povratnom vezom. Povratna se veza može ostvariti neposredno od izlaza elemenata sustava na njegov ulaz ili preko drugih elemenata danog sustava. Veza između izlaza i ulaza elemenata sustava naziva se povratnom vezom zato što je smjer prijenosa djelovanja u tom slučaju suprotan smjeru prijenosa djelovanja kroz taj element. Povratna veza jedan je od najvažnijih pojmova kibernetike i pomaže razumijevanju mnogih pojava koje se događaju u upravljanim sustavima različite prirode. Povratna veza, koja povećava utjecaj ulaznog djelovanja na izlaznu veličinu elemenata sustava, naziva se pozitivnom, a ona koja smanjuje taj utjecaj negativnom.

Povratna veza služi za održavanje nekoga stalno potrebnog stanja samoregulirajućeg sustava ili regulira rad sustava. Povratna veza zatvara krug tijekom informacija u kojem se na bazi izlaznih informacija donose odluke pomoću kojih se reguliraju (normaliziraju) ulazne veličine sustava za slijedni proces. Njome se zapravo prenose informacije o tome kako je izvršena upravljačka naredba, odnosno kakvo je stanje sustava nakon provedene promjene.

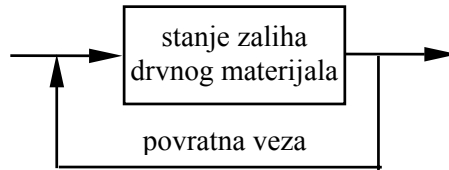
Općenito, povratna se veza može klasificirati kao:

- a) negativna,
- b) pozitivna,
- c) indirektna,
- d) direktna (36).

Negativna povratna veza u određenome samoregulirajućem sustavu odražava neko stalno potrebno stanje (36). Kao primjer može poslužiti



stanje zaliha drvnog materijala. Izdatak materijala i razlika stanja čine količinu nabavljenog materijala, tj. novi ulaz materijala na zalihu (sl. 11).



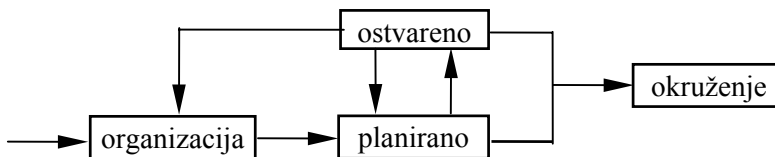
Slika 11. Negativna povratna veza (modificirano prema Grbavcu, 36)

Pozitivna povratna veza u nekome samoregulirajućem sustavu odražava rast sustava (36). Kao primjer može poslužiti izobrazba djelatnika u proizvodnji namještaja radi unapređenja i ovladavanja postojećim ili novim tehnološkim procesima s ciljem povećanja stupnja znanja i vještina zaposlenika u proizvodnji (sl.12).



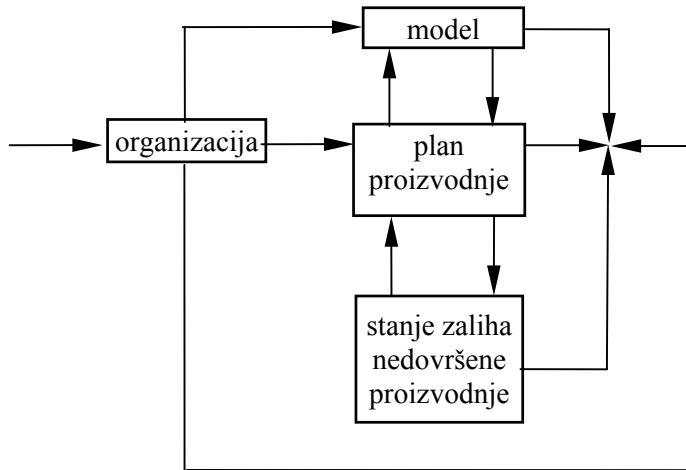
Slika 12. Pozitivna povratna veza (modificirano prema Grbavcu, 36)

Indirektna povratna veza vezana je za rad dvaju ili više sustava. Kao primjer može poslužiti usporedba ostvarenih pokazatelja uspješnosti poslovanja u odnosu prema planiranome i u usporedbi s vanjskim okruženjem kao regulirajućim činteljem daljnjeg rada i poslovanja (36).



Slika 13. Indirektna povratna veza (prema Grbavcu, 36)

Direktna povratna veza teče unutar proizvodnog sustava, a služi kao kontrolna mjera njezine kvalitativne strukture (36). Kao primjer može poslužiti održavanje stanja zaliha nedovršene proizvodnje u okvirima predviđenim planom proizvodnje tvrtke (sl. 14).



Slika 14. Direktna povratna veza (modificirano prema Grbavcu, 36)

Za svrsishodno ponašanje sustava nužno je postojanje povratne veze koja će obavještavati korisnika o stanju sustava, osobito o tome je li postavljeni cilj postignut ili ne. Povratna je veza metoda upravljanja ponašanjem nekog sustava, uz korištenje rezultata njegova dotadašnjeg djelovanja. Ako se ti rezultati rabe samo kao broježani podaci za kritiku sustava i za njegovu regulaciju, veza se naziva jednostavnom povratnom. Ako informacije što se vraćaju nakon obavljene radnje mogu izmijeniti opći način i djelovanje sustava, nazivaju se složenim povratnim vezama.

Suvremena koncepcija upravljanja proizvodnjom predlaže prihvaćanje termina povratna veza ne u smislu povratnog tijeka informacija u nekom sustavu nego, naprotiv, određenog sustava tijekom informacija kao metode upravljanja nekim sustavom.

Razlozi za uvođenje povratne veze mogu se svrstati u tri skupine:

1. stabiliziranje nominalno nestabilnog sustava,
2. ostvarenje željene performanse uz postojanje netočnosti modela objekta upravljanja,
3. ostvarenje željene performanse uz nekontrolirane vanjske poremećaje.

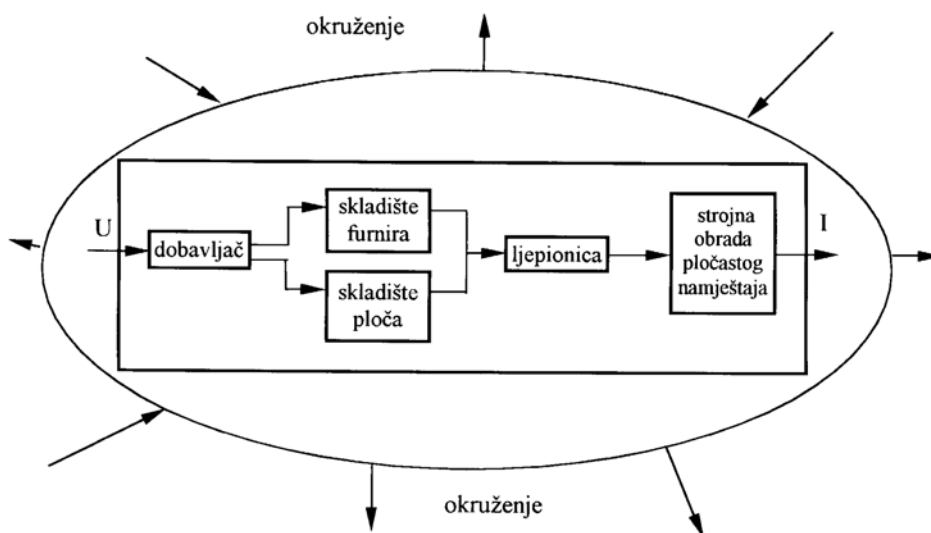
### 3.1.1.4. Okruženje sustava

Sustavi su kao cjelina povezani s drugim sustavima koji čine njihovo okruženje. Drugi sustavi i njihovi elementi ne moraju ulaziti u sustav promatranog sustava, ali svojim ponašanjem i funkcioniranjem utječu na njegovo ponašanje i funkcioniranje.

Sustavi sa svojim okruženjem razmjenjuju informacije, materijalna dobra i energiju. Ta se razmjena obavlja preko vektora ulaza odnosno vektora izlaza iz sustava.

Okruženje nekog sustava jest cjelokupnost svih sustava koji imaju najmanje jedan element čiji je izlaz istodobno ulaz bar jednog elementa danog sustava ili koji imaju najmanje jedan element čiji je ulaz ujedno izlaz jednog elementa danog sustava (23).

Kao primjer može se promotriti proizvodnja pločastog namještaja za opremanje uredskog prostora koju čine dobavljači, skladište furnira i panel-ploča, ljeponica te strojna obrada pločastog namještaja (sl. 15).



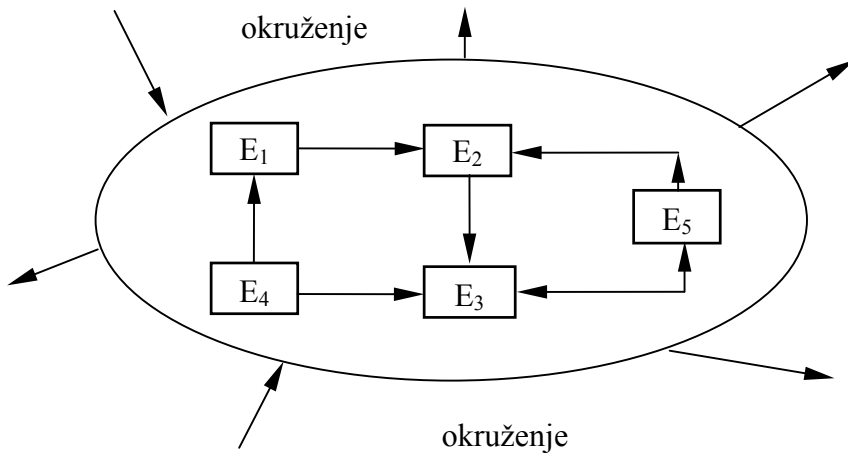
Slika 15. Okruženje sustava (modificirano prema Figuriću, 23)

### 3.1.1.5. Vrste sustava

U literaturi postoji niz različitih klasifikacija sustava. Ovisno o najopćenitijim obilježjima, oni se mogu prema Figuriću (23) podijeliti na sljedeće osnovne vrste.

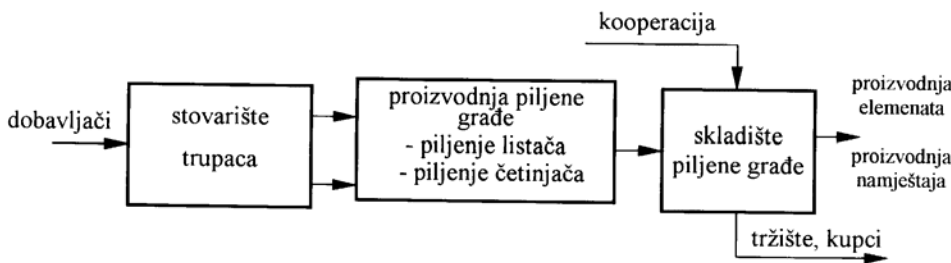
#### 3.1.1.5.1. Sustavi prema povezanosti s okruženjem

Zatvoreni sustavi definirani su tako da veze u njima čine zatvorenu cjelinu bez ulaznoga ili izlaznog djelovanja. To znači da elementi utječu jedni na druge, ali ne i na svoje okruženje (sl. 16). Ti su sustavi u stvarnosti vrlo rijetki.



Slika 16. Zatvoreni sustav (prema Figuriću, 23)

Otvoreni su sustavi oni u kojima postoje granični elementi (ulaz i izlaz) što primaju utjecaj iz okruženja ili prenose djelovanje sustava na okruženje (sl. 17). Primjer takvog sustava je prikazani tijekom proizvodnje piljene građe.



Slika 17. Otvoreni sustav - shema glavnih tehnoloških tijekova u proizvodnji piljene građe (modificirano prema Figuriću, 23)

Veze između sustava i okruženja mogu biti kontrolirane i nekontrolirane. Ako su veze između sustava i okruženja nedovoljno brojne i čvrste, sustav je relativno zatvoren.

Kombinirani sustavi sjedinjuju prednosti otvorenih i zatvorenih sustava.

### 3.1.1.5.2. Sustavi prema stupnju složenosti

Stupanj složenosti sustava vrlo je relativan pojam jer ne postoji pouzdan način mjerenja njegove složenosti.

U dosadašnjoj teoriji i praksi analize i sinteze sustava bilo je više pokušaja da se odgovori na pitanje što je složeni sustav. Zbog same strukture složenih sustava, a i njihove raznovrsnosti, definicije nisu dale cjelovitiji odgovor na postavljeno pitanje, tako da je praktično značenje spomenutih definicija vrlo ograničeno.

Ni u ovom se udžbeniku ne daje precizna definicija složenih sustava. Imajući na umu probleme koji se u ovom tekstu obrađuju, jedno od osnovnih obilježja složenih upravljačkih sustava jest njihova hijerarhijska struktura, pri čemu se ne isključuje ni poseban slučaj jednorazinskog uređenja sustava.

Jedno od osnovnih obilježja složenih sustava jest činjenica da se oni sastoje od većeg broja podsustava koji nisu potpuno nezavisni, već su povezani složenim informacijskim i upravljačkim vezama. Općenito su te veze jače između podsustava koji su međusobno bliži, odnosno slabije ili uopće ne postoje između podsustava koji su međusobno vrlo udaljeni.

Drugi od osnovnih kriterija za određivanje stupnja složenosti sustava jest broj stanja u kojima se sustav može nalaziti. Broj stanja uvjetovan je brojem (stanja) elemenata sustava i brojem njihovih veza.

Za potrebe ovih razmatranja navodimo neke sustave:

Jednostavni sustavi sastoje se od manjeg broja (stanja) elemenata i imaju manje složenu strukturu veza.

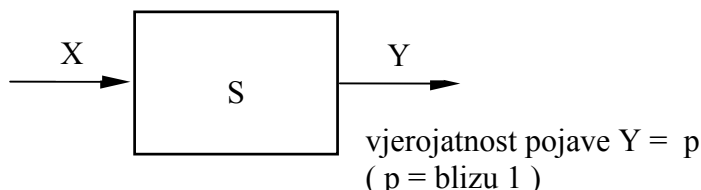
Složeni sustavi sastoje se od više (stanja) elemenata i imaju složeniju strukturu veza.

Kompleksni (vrlo složeni) sustavi sastavljeni su od velikog broja raznovrsnih podsustava i (stanja) elemenata povezanih vrlo složenom strukturom veza.

### 3.1.1.5.3. Sustavi prema određenosti (načinu) ponašanja

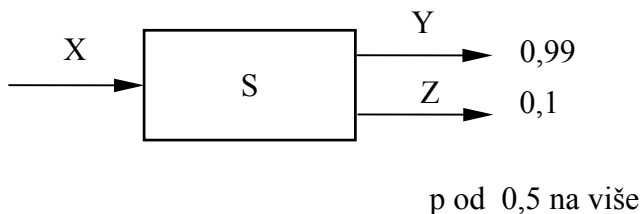
U nastavku je prikazana podjela sustava prema određenosti (načinu) ponašanja i dane su samo osnovne definicije potrebne za razumijevanje.

Determinirani (određeni) sustavi jesu oni kojih je ponašanje poznato, tj. ako su poznate okolnosti, može se sa sigurnošću predvidjeti njihova realizacija. Sustavi u kojima je vjerojatnost ( $p$ ) određenosti ponašanja velika nazivaju se determiniranim sustavima (sl. 18).



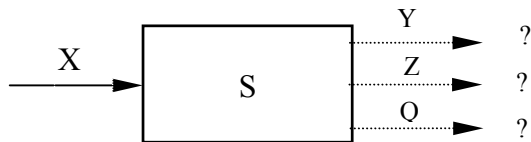
Slika 18. Determinirani (određeni) sustav (prema Figuriću, 23)

Stohastički (vjerojatni) sustavi jesu oni čije se ponašanje može ustanoviti s određenom dozom vjerojatnosti, a prema kojoj se može zaključiti da se oni ne mogu korisno upotrijebiti (sl. 19).



Slika 19. Stohastički (vjerojatni) sustav (prema Figuriću, 23)

Nedeterminirani (neodređeni) sustavi jesu oni čije se ponašanje ne može nikako predvidjeti, tj. oni za koje je vjerojatnost predviđanja vrlo malena (sl. 20).



p se ne može odrediti

Slika 20. Nedeterminirani (neodređeni) sustav (prema Figuriću, 23)

#### 3.1.1.5.4. Sustavi prema stabilnosti ponašanja

Prema stabilnosti ponašanja, sustavi se mogu podijeliti na tri osnovne skupine.

**S t a b i l n i s u s u s t a v i** oni koji se sami vraćaju u ravnotežno stanje iz kojega ih je izbacilo djelovanje neke vanjske sile. Jedan od osnovnih zahtjeva koje treba ispuniti svaki realni sustav upravljanja jest stabilnost sustava. Stabilizacija sustava bez upotrebe povratne veze unaprijed je osuđena na neuspjeh. Očuvanje tog svojstva sustava osnova je upravljanja poslovnim sustavima.

**N e s t a b i l n i s u s t a v i** jesu oni koji se ne mogu sami vratiti u ravnotežu ako ih djelovanje vanjske sile izbaci iz ravnotežnog položaja.

**I n d i f e r e n t n i s u s t a v i** posebna su vrsta nestabilnih sustava koji nemaju stalno ravnotežno stanje. Za takve je sustave svako stanje stanje ravnoteže. Kada vanjska sila izbaci takav sustav iz jednog stanja, on ostaje u položaju u kojemu se našao prilikom prestanka djelovanja vanjske sile.

### 3.1.1.5.5. Sustavi prema aktivnostima

Na slici 21. predložena je podjela sustava prema aktivnostima, a u tekstu su dane samo osnovne definicije sustava potrebne za razumijevanje studijskog predmeta.

Statički (neaktivni) sustavi jesu sustavi u kojima nema kretanja.

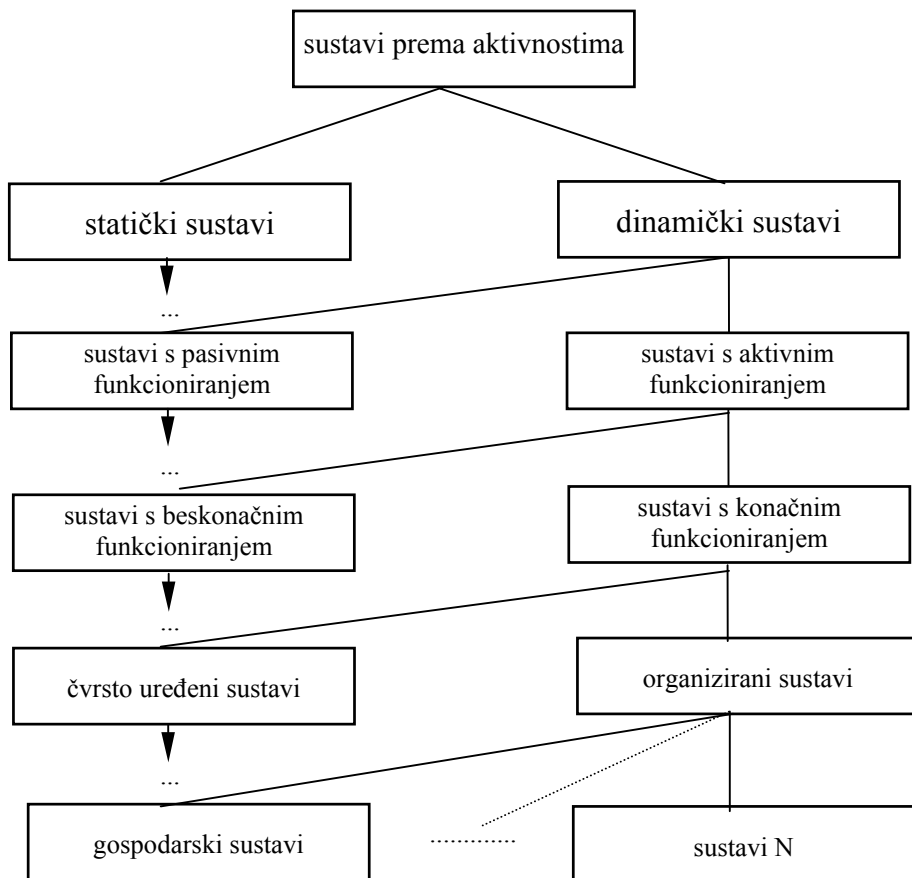
Dinamički (aktivni) sustavi su oni u kojima elementi dinamičkog sustava tijekom kretanja uzajamno utječu jedni na druge, odnosno sustavi čiji se prijelazi iz jednog stanja u drugo ne mogu dogoditi trenutačno, već nastaju kao rezultat prijelaznog procesa.

Sustavi s aktivnim funkcioniranjem su sustavi u kojima funkcioniranje ima određeni cilj koji treba ostvariti.

Sustavi s konačnim funkcioniranjem jesu sustavi s aktivnim funkcioniranjem kojih je djelovanje usmjereno na postizanje nekog cilja, nakon čega njihova aktivnost prestaje. U tu skupinu pripadaju proizvodni sustavi u kojima je konačnost zadana na primjer, planom proizvodnje za određeno razdoblje. Nakon izvršenja plana proizvodnje izdaje se novi plan itd.

Organizirani (organizacijski) sustavi. U organizacijskim sustavima međusobni su odnosi elemenata tijekom funkcioniranja promjenjivi ovisno o trenutačnoj situaciji. Varijable trenutačne situacije posljedica su položaja elemenata u takvim sustavima. Pritom elementi imaju određenu autonomiju, samostalnost glede veza i međusobnih odnosa. Organizirani je sustav tvrtka za preradu drva, izradu proizvoda od drva i za proizvodnju namještaja. Organizacijski sustavi imaju mnoštvo tipičnih svojstava. Postojanje svrhe i ciljeva opće je obilježje svih organizacijskih sustava. Cilj izgradnje organizacijskih sustava i njihove egzistencije jest da rezultatima svoga rada pokriju određene potrebe. Pritom ti rezultati ne moraju obvezno imati materijalna obilježja. Polazeći od svrhe, u organizacijskim se sustavima oblikuje skup ciljeva koji se naziva sustavom ciljeva.





Slika 21. Sustavi prema aktivnostima (prema Figuriću, 23)

Postojanje organizacije druga je važna i opća osobitost organizacijskih sustava. Organizacija je zapravo onaj fenomen koji skupu sastavnih dijelova omogućuje ostvarenje zajedničkih ciljeva (23).

### 3.1.1.5.6. Sustavi prema obilježjima

**Fleksibilni sustav.** Fleksibilnost je prijelazan oblik upravljanja kojim se intervencija usmjerava na smanjenje razlike između zadanoga i stvarnog stanja sustava, tj. razlike u odstupanju. Svaka je fleksibilnost rezultat djelovanja povratne veze.

Ponašanje sustava s konačnim funkcioniranjem može biti regulirano na dva načina: ako je sustav određen tako da se u njemu nalaze samo oni elementi koji provode izvršenje funkcije sustava, sustav je reguliran izvvana, a ako sustav sadrži i elemente koji upravljaju funkcioniranjem ostalih elemenata sustava, sustav je fleksibilan. Primjer je međufazno skladište sastavljivih elemenata kojemu, kada stanje zaliha dosegne optimalnu razinu priprema proizvodnje izdaje radni nalog za popunu tih elemenata u skladištu.

**Adaptivni sustavi.** Drugo svojstvo sustava s konačnim funkcioniranjem jest njegov odnos prema okruženju. Sustavi koji mogu dinamički mijenjati svoja unutrašnja obilježja ovisno o izmijenjenim uvjetima nazivaju se adaptivnim sustavima. Ti se sustavi mogu prilagoditi svom izmijenjenom okruženju dinamičkim mijenjanjem svoje unutrašnje strukture. Takav je primjer tvrtka za proizvodnju namještaja koja se prilagođava promjenama na tržištu.

**Hijerarhijski sustavi** su sustavi u kojima je menadžment funkcioniranja sustavima raspoređen u više razina.

**Neodredivi sustavi.** Definicija (opisivanje, određivanje) sustava ovisi i o broju elemenata i mogućnosti različitih veza među njima. S povećanjem broja elemenata u jednom sustavu i promjenama njihovih strukturnih veza sustav postaje sve složeniji i nepregledniji. Posljedica toga su sustavi koji se ne mogu točno definirati. Struktura tih sustava slabo se razvija i dinamički mijenja, pa se zato nazivaju neodredivim sustavima. Potpuno neodređeni sustav je onaj kojemu je entropija jednaka 1 (tada je to kaos ili raspad sustava). Zadaća organizacije rada jest smanjenje neodređenosti sustava.

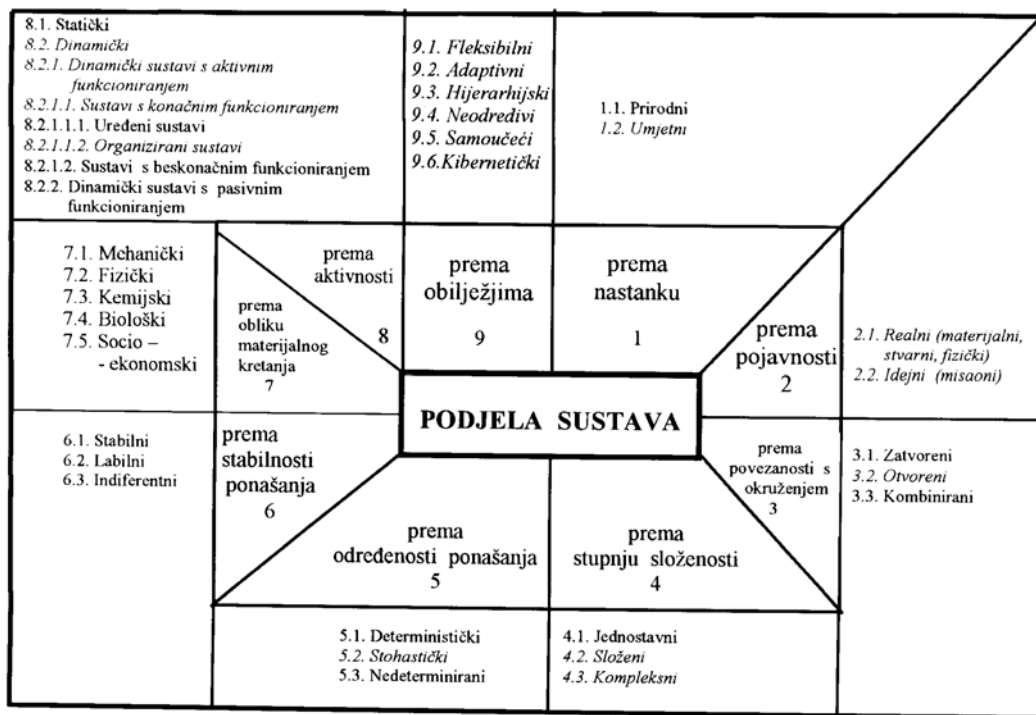
**Samoučeći sustav.** Algoritam upravljanja nekih sustava nije unaprijed i zauvijek zadan. Poznato je da se metode upravljanja tvrtkama stalno razvijaju. Taj se razvoj ogleda u primjeni sve djelotvornijih algoritama upravljanja. Izrada takvih algoritama postaje aktualna kada se dođe do spoznaje da dotadašnji algoritam nije davao zadovoljavajuća rješenja i kada se pronađe uzrok takvog stanja. Kada se steknu nove spoznaje o ponašanju sustava čijim se funkcioniranjem upravlja, tada se modificira algoritam upravljanja. Iz toga se može zaključiti da je tvrtka samoučeći sustav.

**Kibernetički sustavi (sustavi s upravljanjem)** jesu sustavi na koje se odnose sva obilježja samoregulirajućih, adaptivnih, hijerarhijskih, neodredivih i samoučećih sustava. Tvrtka je kibernetički sustav.

### 3.1.1.6. Pregled podjele sustava prema Figuriću

Na osnovi navedenog potpuni opis tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja kao sustava glasi:

- tvrtka je umjetni, materijalni, otvoreni, složen sustav,
- tvrtka je organizirani dinamički sustav s aktivnim, stabilnim, stohastičkim i konačnim funkcioniranjem,
- tvrtka je sustav sa svim oblicima materijalnog kretanja i svim općim obilježjima sustava,
- tvrtka je kibernetički sustav (sustav s upravljanjem) (sl. 22).



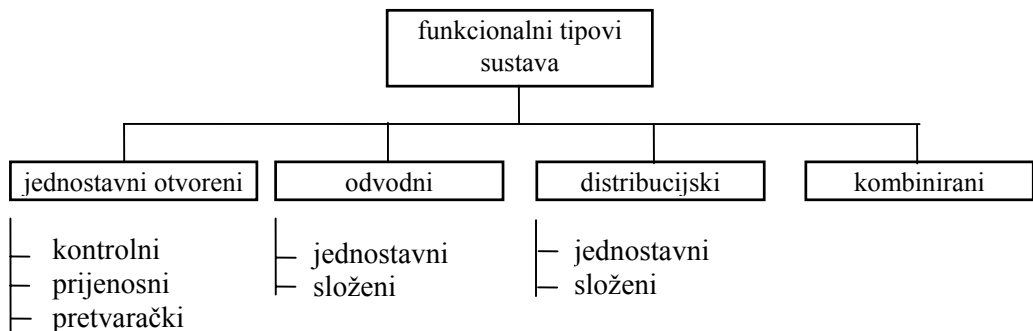
Slika 22. Pregled podjele sustava (prema Figuriću, 23)  
(odnosi se na obilježja tvrtke kao sustava)

### 3.1.1.7. Veze između sustava i vrste veza unutar sustava

S obzirom na veze između sustava i vrste veza među elementima unutar sustava provedena je podjela sustava prema Figuriću (23).

#### 3.1.1.7.1. Funkcionalni tipovi sustava

Na slici 23. dana je osnovna shematska podjela tipova sustava, a na slikama 24-27. grafički prikazi prema njihovim specifičnostima.

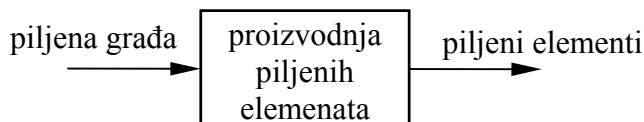


Slika 23. Funkcionalni tipovi sustava (prema Figuriću, 23)

**Jednostavni otvoreni sustavi.** Jednostavni otvoreni sustav jest sustav koji se povezuje sa svojim okruženjem samo preko jednog ulaza i izlaza (sl. 24). Iako je to najjednostavniji oblik povezivanja sustava s okruženjem, postoje različiti načini tog povezivanja. Ovisno o tom povezivanju jednostavni se otvoreni sustavi dijele na:

- a) kontrolne sustava,
- b) prijenosne sustave,
- c) sustave pretvarače.

Kao primjer može se navesti ulaz piljene građe u doradnu pilanu radi proizvodnje piljenih elemenata koji su ujedno izlaz iz tog sustava.



Slika 24. Jednostavni sustavi (modificirano prema Figuriću, 23)

**K o n t r o l n i s u s t a v i .** U tu skupinu jednostavnih otvorenih sustava svrstavaju se oni sustavi koji imaju jedan ulaz i jedan izlaz preko kojih se povezuju sa svojim okruženjem. Njihovo je specifično obilježje to što je realizacija suprotnost pobudi (reakcija se pojavljuje isključivo onda kada na ulazu nema pobude).

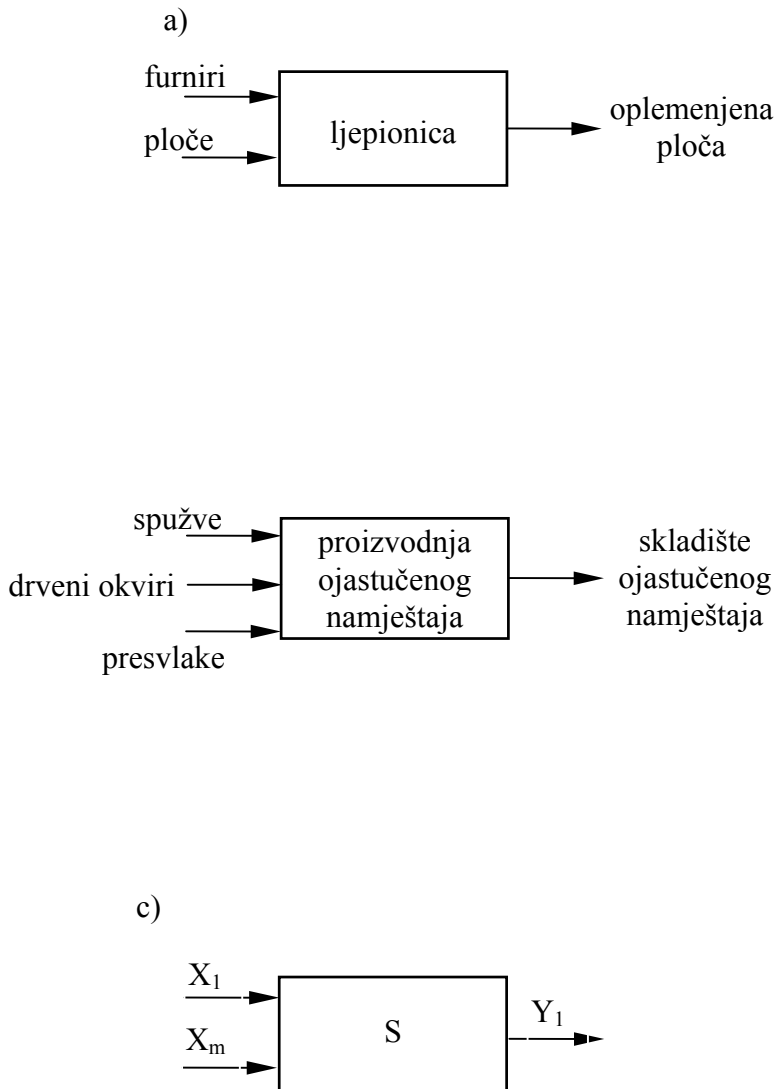
Ako se pak na ulazu pojavi neki impuls koji nije programiran, tada se aktivira rad sustava. To znači da će kontrola ostati u stanju mirovanja i da će se proces nastaviti ako transformacija teče u programiranim okvirima, ali ako se pojave, odstupanja, aktivirat će se kontrola.

**P r i j e n o s n i s u s t a v i .** Sustavi koje obilježava identičnost realizacije i pobude nazivaju se prijenosnici. Osnovno svojstvo te skupine jednostavnih otvorenih sustava jest da oni u svom djelovanju primljeni ulaz iz jednog dijela svojeg okruženja u istom obliku prenose u drugi dio tog okruženja.

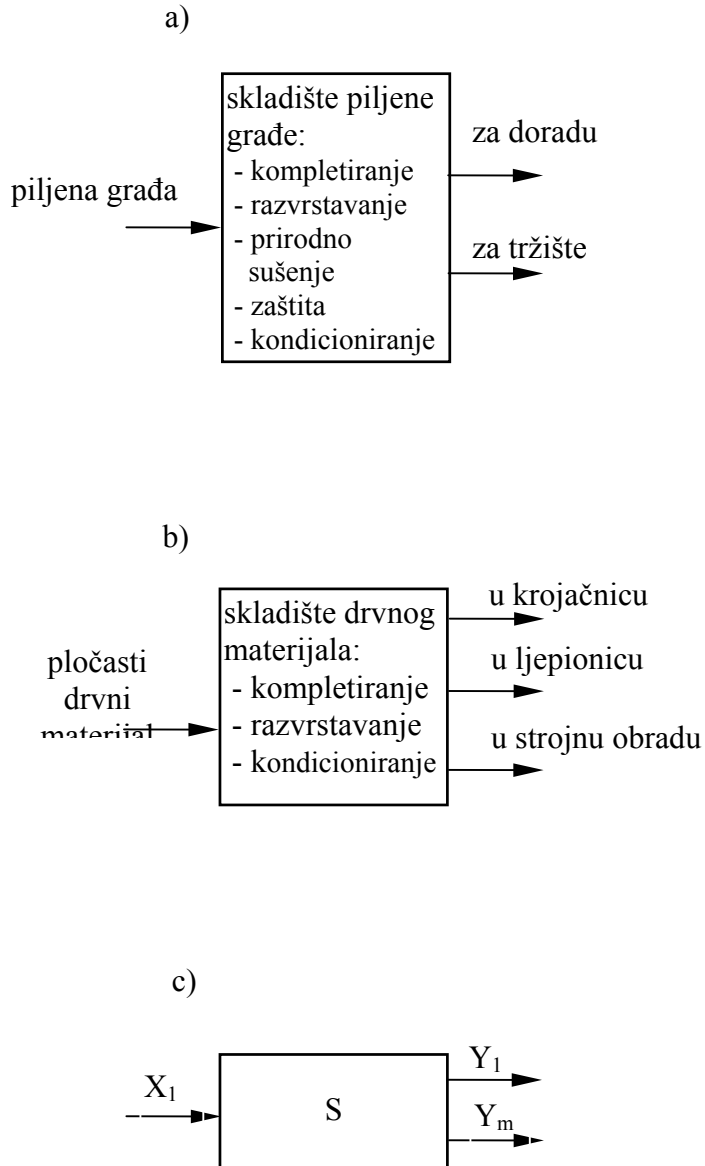
**S u s t a v i p r e t v a r a č i ( t r a n s f o r m a t o r i ) .** To su sustavi koji primaju neki ulaz materijalnog, energetskog ili informacijskog obilježja u određenom obliku pa taj tako primljeni oblik svojim djelovanjem pretvaraju u neki novi oblik koji se pojavljuje na nekom od njegovih izlaza. Stoga se nazivaju transformatori ili transformatorski sustavi.

**O d v o d n i s u s t a v .** Jednostavni odvodni sustavi vrlo su slični složenima, ali se ipak kvalitativno razlikuju od njih. Oni također imaju dva ili više ulaza, a samo jedan izlaz. Za razliku od složenih sustava, jednostavni počinju funkcionirati čim se na svim ulazima pojave pobude za transformacijski proces. Kao primjer odvodnog sustava navest ćemo sljedeće primjere. Slika 25.a) pokazuje primjer ljeponice u koju ulaze furniri i ploče. Sljepljuju se i izlaze kao oplemenjene ploče. Na slici 25.b) prikazana je proizvodnja ojastućenog namještaja. U pogon ulazi drveni materijal-drveni okviri i nedrvni materijal-opružne jezgre, spužve i presvlake. Izlaz u skladište čine gotovi ojastučeni proizvodi. Na slici 25.c) dan je općeniti primjer odvodnog sustava.

**D i s t r i b u c i j s k i s u s t a v .** Distribucijski sustavi imaju obilježja razvodnih sustava, tj. sustava koji imaju jedna ulaz i dva ili više izlaza. Dijele se na jednostavne i složene. Na slici 26.a) naveden je primjer ulaza piljene građe u skladište. Piljena građa sa skladišta odlazi u doradnu pilanu i na tržište kupcima. Na slici 26.b) prikazan je primjer ulaska pločastog drvnog materijala u skladište drvnog materijala. Iz njega drveni materijal odlazi u krojačnicu, ljeponicu i u pogon za strojnu obradu, na izradu dijelova. Na slici 26.c) predočen je općeniti oblik distribucijskog sustava.



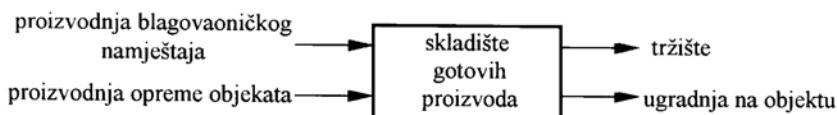
Slika 25. Odvodni sustavi (modificirano prema Figuriću, 23)



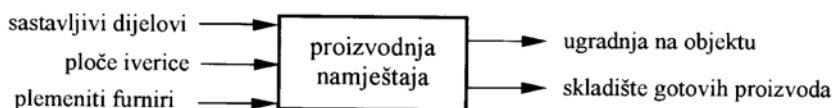
Slika 26. Distribucijski sustavi (modificirano prema Figuriću, 23)

K o m b i n i r a n i s u s t a v . Nije rijetkost da neki sustav ima istodobno dva ili više ulaza, ali i dva ili više izlaza. Takav se sustav naziva kombiniranim sustavom (sl. 27). Tvrtka je u osnovi kombinirani sustav. Na slici 27.a) predočen je sustav skladišta gotovih proizvoda. Ulaz u taj sustav vodi iz proizvodnje blagovaoničkog namještaja i opreme objekta. Izlazi sa skladišta čini otprema na tržište, kupcima, i otprema radi ugradnje opreme na objekt. Na slici 27.b) dan je prikaz sustava za proizvodnju namještaja. Ulaze u taj sustav čine dijelovi namještaja, ploče iverice i plemeniti furniri. Izlaz iz tog sustava jest namještaj za opremanje objekata i namještaj namijenjen tržištu, tj. kupcima. Na slici 27.c) vidi se općeniti prikaz kombiniranog sustava s jednim ulazom i dvama izlazima iz sustava. Kao primjer na slici 27.d) dan je prikaz dorade i sušenja piljene građe. Elementi izlaze na tržište, kupcima, u pogone za proizvodnju namještaja i proizvodnju nesastavljivog drvnog materijala. U skladište nesastavljivog materijala ulaz je iz pilane (piljena građa), doradne pilane te iz sušionice (osušeni elementi). Izlaz iz tog sustava vodi u proizvodnju stolica i sjedala, drvene ambalaže i građevne stolarije (sl. 27.e). Na slici 27.g) i f) prikazani su općeniti oblici kombiniranih sustava.

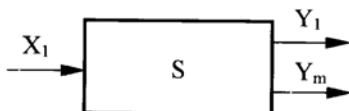
27a)



27b)

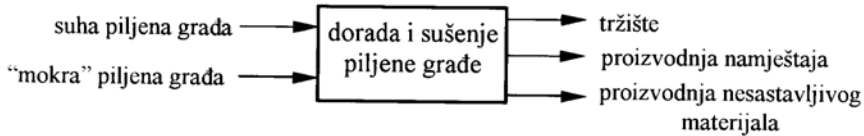


27c)

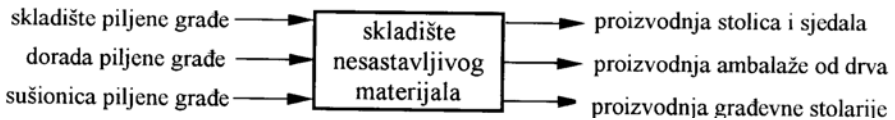




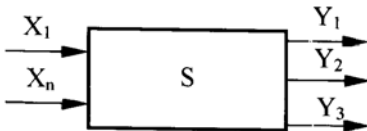
27d)



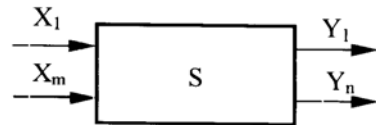
27e)



27f)



27g)



Slika 27. Kombinirani sustavi (modificirano prema Figuriću, 23)

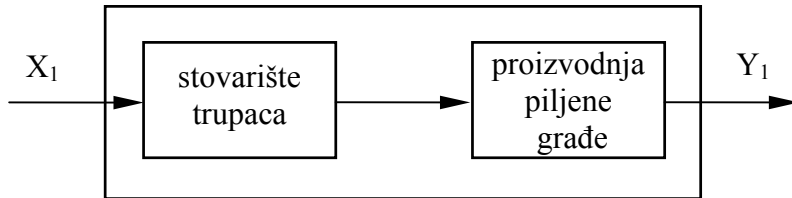
### 3.1.1.7.2. Podjela sustava na osnovi veza među elementima sustava

S obzirom na veze među elementima sustava, najčešći su sljedeći oblici (sl. 28.a, b, c, d, e):

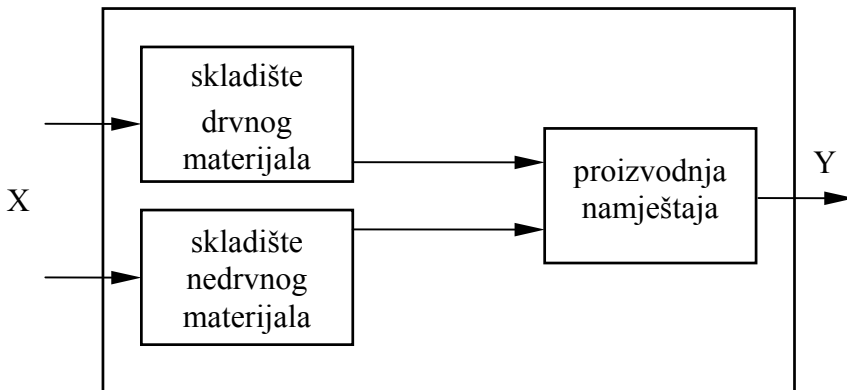
- sustavi s neposrednom vezom (sl. 28.a); primjer predočuje vezu između stovarišta trupaca i proizvodnje piljene građe
- sustavi sa svedenim (sintetičkim) vezama (sl. 28.b); primjer prikazuje ulaz drvnog i nedravnog materijala u proizvodnju namještaja
- sustavi s razvodnim (analitičkim) vezama (sl. 28.c); dan je prikaz izlaska piljene građe iz skladišta u doradnu pilanu radi daljnje obrade te u sušionicu drva
- sustavi sa serijskim vezama (sl. 28.d); dan je prikaz sustava skladištenja drvnog materijala - proizvodnje dijelova - skladišta gotovih drvnih proizvoda

- sustavi s kombiniranim vezama (sl. 28.e); sa skladišta piljene građe drvo odlazi na obradu u doradnu pilanu i sušionicu drva te ulazi u skladište piljene građe i nesastavljivog drvnog materijala.

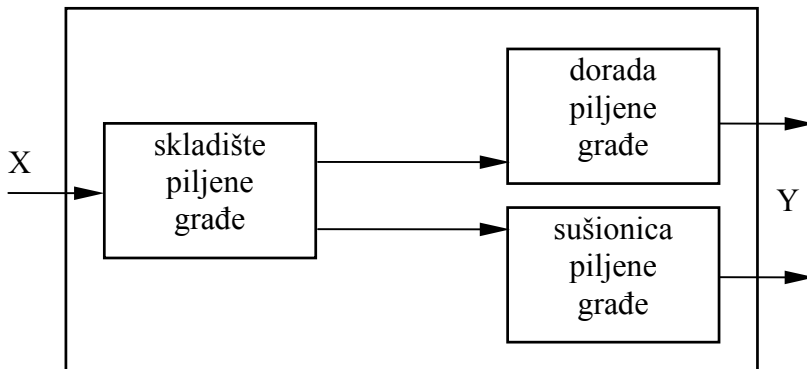
28a)



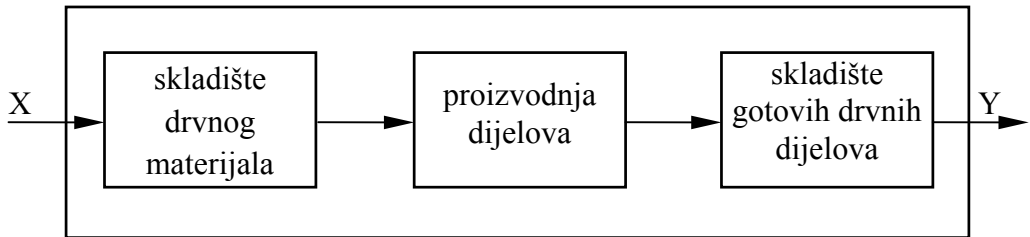
28b)



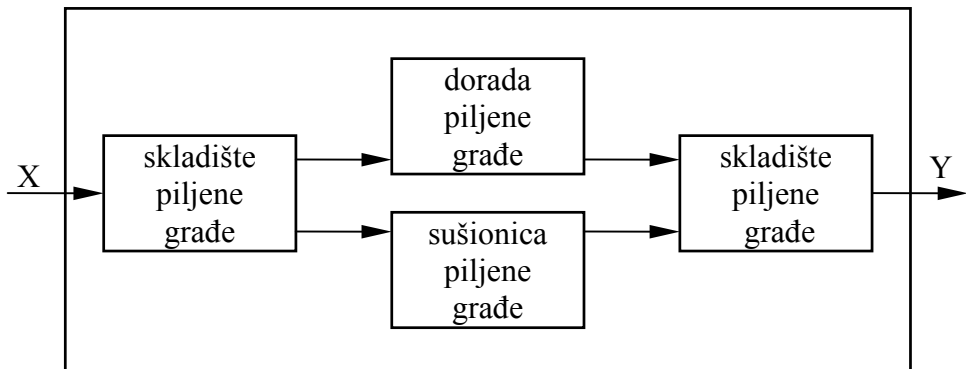
28c)



28d)



28e)



Slika 28. Podjela sustava prema vezama među njihovim elementima (modificirano prema Figuriću, 23)

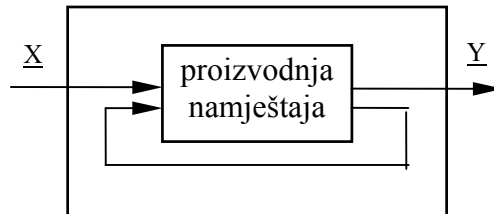
### 3.1.1.7.3. Sustavi s obzirom na oblik povratne veze

U praksi prerade drva i proizvodnje namještaja moguće je identificirati više oblika povratnih veza odnosno više tipova sustava s povratnim vezama među pojedinim elementima sustava. Svi sustavi koji imaju povratne veze među elementima u svoje strukture mogu se svrstati u nekoliko osnovnih skupina. To su:

- sustavi s vlastitom povratnom vezom
- sustavi s neposrednom povratnom vezom
- sustavi s posrednom povratnom vezom
- sustav s kombiniranom povratnom vezom.

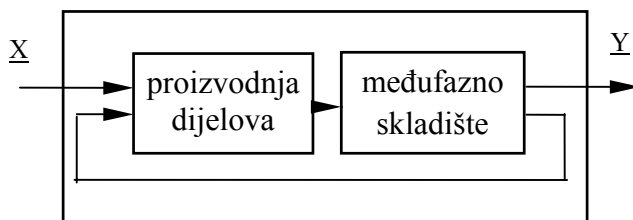
U teoriji sustava osobita se pozornost pridaje povratnoj vezi i ulažu se veliki naponi da se ona što više usavrši. Stoga joj je i u ovom radu dano posebno značenje.

Sustav s vlastitom povratnom vezom prepoznatljiv je po tome što svaki takav sustav za svaki svoj izlaz ima svoju vlastitu povratnu vezu (sl. 29).



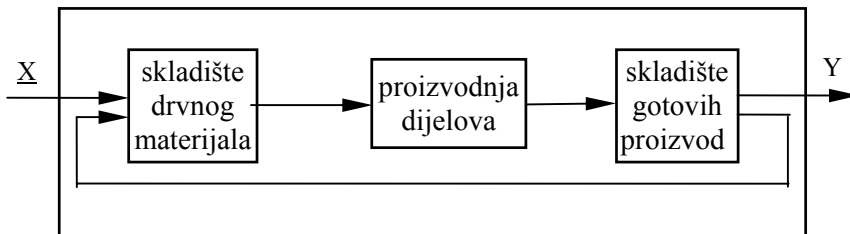
Slika 29. Sustav s vlastitom povratnom vezom (modificirano prema Figuriću, 23)

Sustav s neposrednom povratnom vezom dobiva se kad se u strukturu sustava ugradi kanal kojim se izlaz krajnjega izlaznog elementa povezuje s ulazom rubnoga ulaznog elementa, tj. kanal preko kojega rubni izlazni element sustava obavještava rubni ulazni element o učinjenoj pretvorbi (sl. 30).



Slika 30. Sustav s neposrednom povratnom vezom (modificirano prema Figuriću, 23)

Sustav s posrednom vezom. Sustav tog tipa odlikuje se time što u svojoj strukturi ima elemente kojih su funkcije na neki način specijalizirane za kontrolne procese. Tako jednu vrstu čine rubni ulazni elementi (skladište drvnog materijala) koji primaju pobude iz okruženja sustava, ali i iz vlastite strukture. Na osnovi tih pobuda elementi svojim djelovanjem prenose daljnji tijek transformacijskog procesa (proizvodnja dijelova) na druge elemente u strukturi sustava, koji nastavljaju i završavaju (skladište gotovih drvnih proizvoda) započete transformacije. Po pravilu, to su sustavi s tri ili više elemenata (sl. 31).

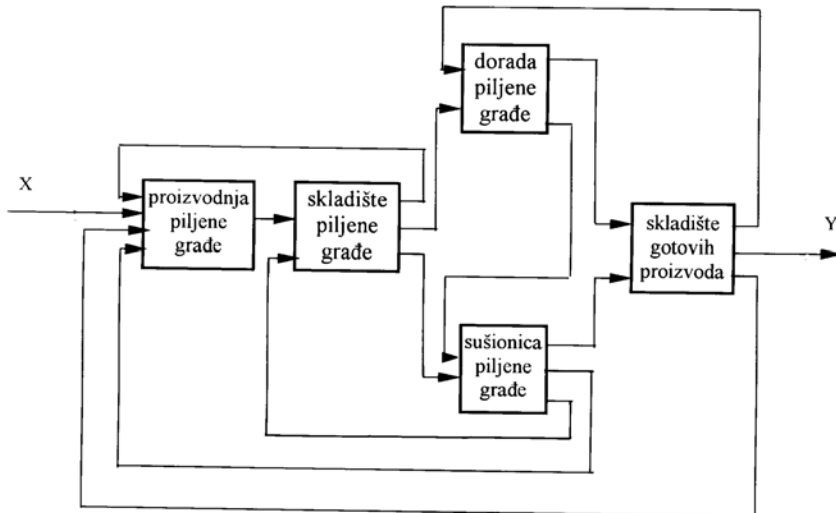


Slika 31. Sustav s posrednom povratnom vezom  
(modificirano prema Figuriću, 23)

Sustav s kombiniranim (složenim) povratnim vezama. Osnovno obilježje strukture tih sustava jest hijerarhijski poredak elemenata, pri čemu rubni ulazni elementi uvijek izravno ili neizravno primaju informacije o rezultatima pretvorbe i strukturi sustava. Pravilo je da dominantni element izravno prima informacije od sebi podređenih elemenata (organizacijski ili tehnološki podređenih). Rjeđe se informacija dobiva neizravnim putem, odnosno preko nekog sustava posrednika (sl. 32).

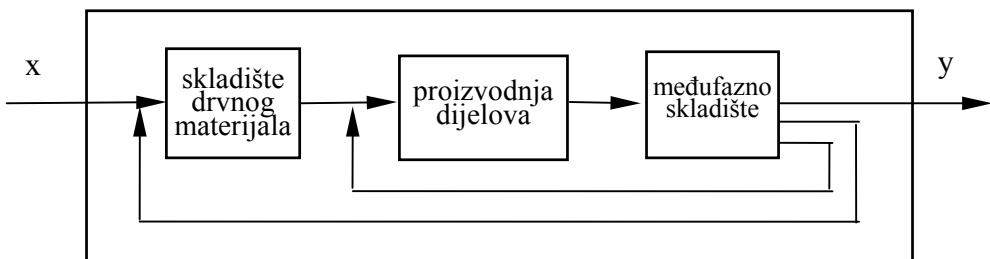
Na osnovi toga, sustavi se dijele na:

- sustave s paralelno analitičkim povratnim vezama
- sustave s paralelno sintetičkim povratnim vezama
- sustave sa serijskim povratnim vezama.



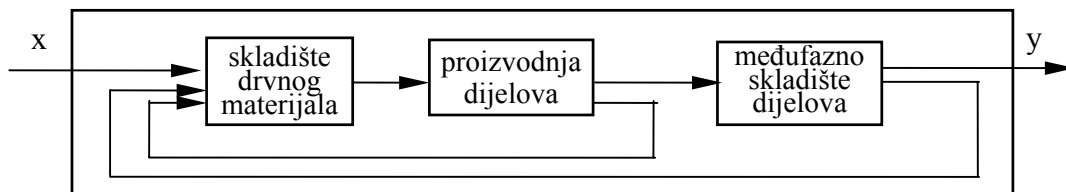
Slika 32. Sustav s kombiniranom povratnom vezom  
(modificirano prema Figuriću, 23)

Sustavi s paralelno analitičkim povratnim vezama. Za tu skupinu sustava karakterističan je rubni izlazni element koji preko najmanje dva svoja kanala izlaza šalje informacije o djelovanju cijelog sustava (sl. 33).



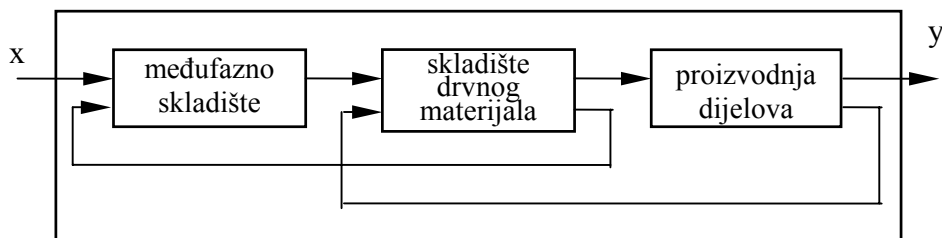
Slika 33. Sustav s paralelno analitičkim vezama (modificirano prema Figuriću, 23)

Sustavi s paralelno sintetičkim povratnim vezama. Osnovno obilježje tih sustava jest osobito izražen dominantan položaj rubnog elementa. Taj je element u istaknutom položaju u odnosu prema drugim elementima sustava (sl. 34).



Slika 34. Sustav s paralelno sintetičkim vezama (modificirano prema Figuriću, 23)

Sustavi sa serijskim povratnim vezama. Taj je tip povratne veze najsloženiji. Svaki element ima izravan utjecaj na drugi element, što omogućuje široku primjenu te vrste povratnih veza u poslovnim sustavima (sl.35).



Slika 35. Sustav sa serijskim povratnim vezama (modificirano prema Figuriću, 23)

### 3.2. Modeliranje za proricanje ili za učenje

Predodžba modela zasniva se na postojanju neke sličnosti među dvama objektima. Pojam sličnosti primjenjuje se na vrlo široku klasu materijalnih objekata, uključujući objekte žive i nežive prirode, umjetne objekte koje je stvorio čovjek, likove, simbole i sličnosti.

Ako se između dva objekta može ustanoviti sličnost u bilo kakvom određenom smislu, tada između tih objekata postoji odnos originala i modela.

To znači da se jedan od tih objekata može smatrati originalom, a drugi njegovim modelom.

Model može poslužiti za opis, pobliže označavanje, istraživanje, otvaranje, komuniciranje, analiziranje, kategoriziranje ili oponašanje realnog sustava.

Za kibernetičke sustave najvažnija sličnost među sustavima, koja određuje odnos između originala i modela, jest sličnost u njihovu ponašanju, što dopušta da se modelira dinamika (kretanje). U osnovi modeliranja ponašanja je činjenica da se jednako ponašanje pri određenim uvjetima može uočiti u sustavima bitno različitim po obliku, strukturi i fizičkoj prirodi procesa koji se u njima zbivaju.

Za postavljanje i rješavanje zadataka modeliranja upravljanih sustava pokazao se korisnim pojam crne kutije. Metoda crne kutije (black-box method) primjenjuje se u kibernetici da bi se u analizi zaobišao problem velike složenosti sustava, odnosno postojanje brojnih komponenata i brojnih veza među njima. Obično se rabe ove determinante složenosti:

1. broj elemenata,
2. broj atributa elemenata,
3. broj interakcija među elementima,
4. stupanj organiziranosti sustava (složenost pravila interakcije među elementima).

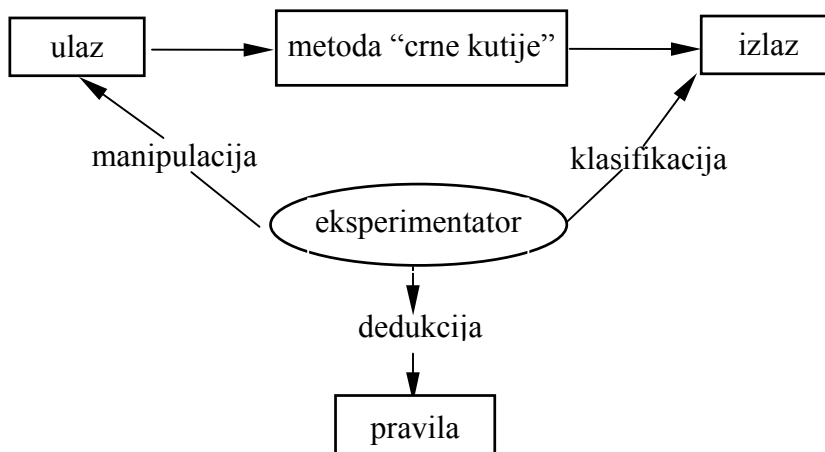
Samo prva dva obilježja, koja su lako mjerljivi i mogu se bez većih teškoća kvantificirati, ne daju dovoljno kvalitetnu sliku o složenosti sustava. Proučavati i spoznati takav sustav pa na temelju toga predvidjeti njegovo ponašanje u različitim situacijama, neusporedivo je teže.

Sva četiri obilježja složenosti jednako su vrednovana, a sam pojam složenosti može se interpretirati kao odveć veliki broj strukturnih i procesnih obilježja i stanja sustava koje u analizi nije moguće sve pribrojiti, opisati ili predvidjeti.

Metoda crne kutije polazi upravo od te ideje. Budući da je struktura proučavanog sustava nepoznata jer je previše složena, promatraju se samo ulazne i izlazne veličine sustava i na temelju dugotrajnog proučavanja pokušavaju se utvrditi zakonitosti procesa pretvorbe ulaza u izlaze. S obzirom na to da se ne orijentiramo na sam proces, on je za nas crna kutija.

Sama primjena metode crne kutije može se grafički predočiti u obliku prikazanome na slici 36.





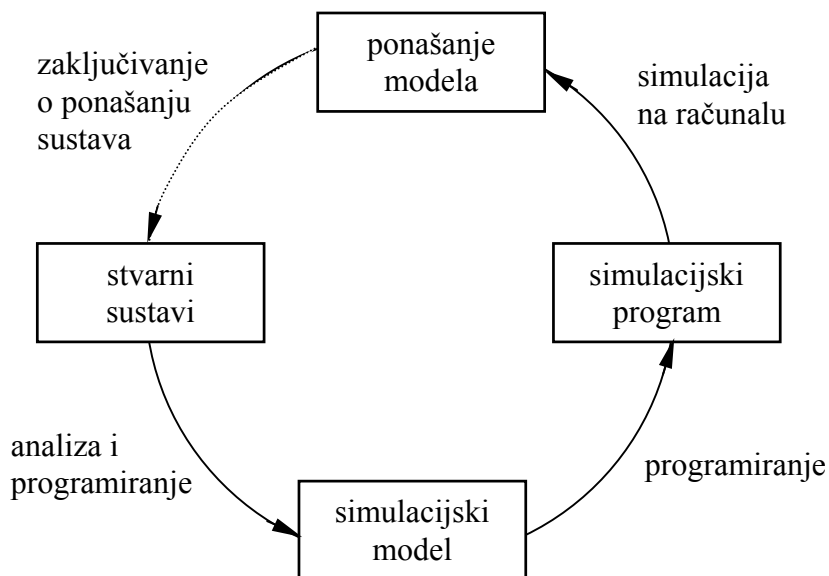
Slika 36. Grafički prikaz metode crne kutije (prema Srići, 77)

Ekspertimentator proučava ulaze u sustav i, ako je moguće, manipulira njima (svojevoljno ih bira i mijenja). Kao rezultat procesa u crnoj kutiji pojavljuju se neke izlazne veličine što ih ekspertimentator klasificira (sređuje, usustavljuje). Nakon duljeg vremena i nakon uvođenja raznih tipova “ulaza” u sustav, ekspertimentator pokušava provesti dedukciju, utvrditi pravila pretvorbe i na taj način možda predvidjeti djelovanje i ponašanje sustava. Ta se znanstvena metoda primjenjuje u mnogim znanstvenim područjima, ali i u svakidašnjoj praksi.

Metoda crne kutije česta je sastavnica poslovnog upravljanja u tvrtkama. Polazeći od pretpostavke da je sustav odveć složen da bi se mogao detaljno spoznati, primijenivši logiku metode crne kutije, pozornost treba usmjeriti na odnos ulaza i izlaza u sustavu i pokušati spoznati i definirati određene pretvorbe tipa “iz mnogih u jedan”, što se naziva elementima poslovne politike.

Međutim, ma kako se detaljno proučavalo ponašanje crne kutije, ne mogu se izvesti obrazloženi zaključci o njegovu unutrašnjem ustrojstvu, jer različiti sustavi mogu imati jednako ponašanje. Sustavi koje karakteriziraju jednaki skupovi ulaznih i izlaznih veličina i koji jednako reagiraju na izvanjska djelovanja nazivaju se izomorfni sustavima.

Homeomorfni model je postavljeni model s obzirom na original. Oblikom odgovara originalu, ali se ostvaruje znatno manjim brojem elemenata nego original. To znači da je u homeomorfnom modelu po nekoliko elemenata originalnog sustav predočeno samo jednim elementom modela.



Slika 37. Sustavi, modeli, simulacija (autorski rad)

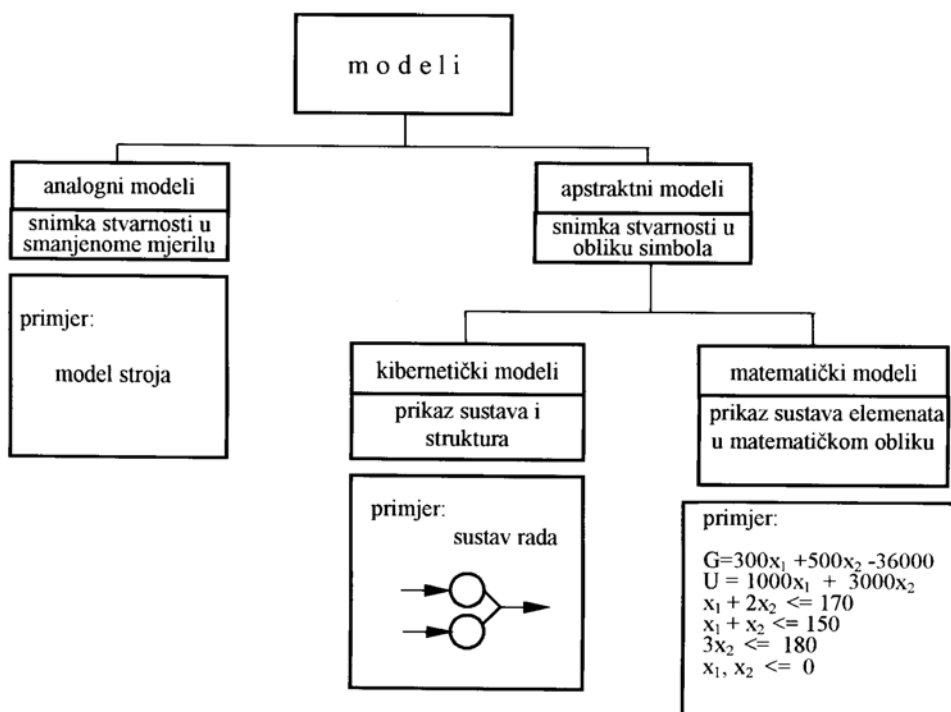
Logika crne kutije može se ilustrirati i korištenjem računala, pri čemu određen skup programskih instrukcija i podataka (ulaz) nakon obrade daje određene rezultate (izlaz), a sama struktura računala i način organizacije obrade putem interakcije komponenata računala ima za korisnika karakter previše složenog sustava - crne kutije.

Model je u određenom odnosu s originalom. Između modela i originala postoji analogija ili sličnost koja u osnovi čini jednakost strukture, funkcija i ponašanja, na osnovi koje je moguće proučavanjem modela doći do novih spoznaja o samom sustavu.

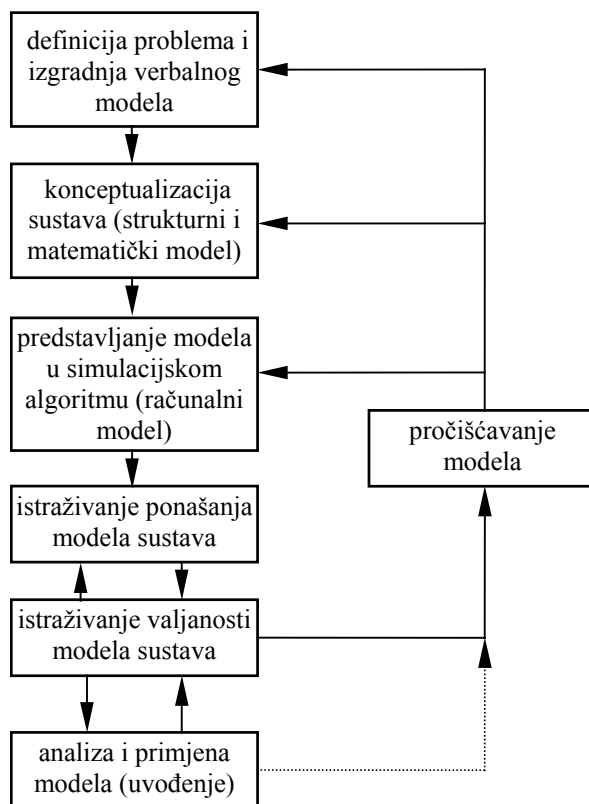
Kvalitetno izvođenje složenih pokusa u stvarnom procesu proizvodnje i poslovanja gotovo je nemoguće. Osnovni razlog te nemogućnosti jest činjenica da se pokus ne može držati pod kontrolom jer se neki bitni čimbenici mijenjaju bez našeg utjecaja na njih, poglavito u vremenu potrebnome da se jedan pokus izvede. S obzirom na broj utjecajnih čimbenika, pokuse ne bismo mogli vremenski izvesti jer bi se u tom razdoblju promijenio proces i sustav u kojemu se taj proces zbiva, što bi rezultiralo "bijegom" pokusa izvan kontrole. Ukratko, izvođenje pokusa u stvarnom procesu ne bi dalo dovoljno pouzdane rezultate. Kad bi sve to i bilo provedivo, ni tada u stvarnom procesu proizvodnje ne bi bilo moguće izvesti pokuse zbog njihove cijene. Naime, takvi bi pokusi bili vrlo skupi i nitko ih ne bi mogao sebi dopustiti. Dakle, tim načinom nije moguće proučavati utjecajne organizacijske čimbenike. Međutim, modeli za simulaciju omogućuju provođenje

potrebnih pokusa bez ikakvih ometanja stvarnog procesa, a očekuje se da tako dobiveni rezultati budu dovoljno pouzdani.

Dva su osnovna zadatka modela. Prvi je zadatak da model omogući bolje razumijevanje proučavane pojave. Drugi je povećanje sposobnosti predviđanja. Oblici u kojima se modeli predočuju dati su na slici 38.



Slika 38. Oblici modela (prema REFI - II )



Slika 39. Shema postupaka identifikacije valjanosti modela u širem smislu (prema Munitiću, 69)

## Verbalni model

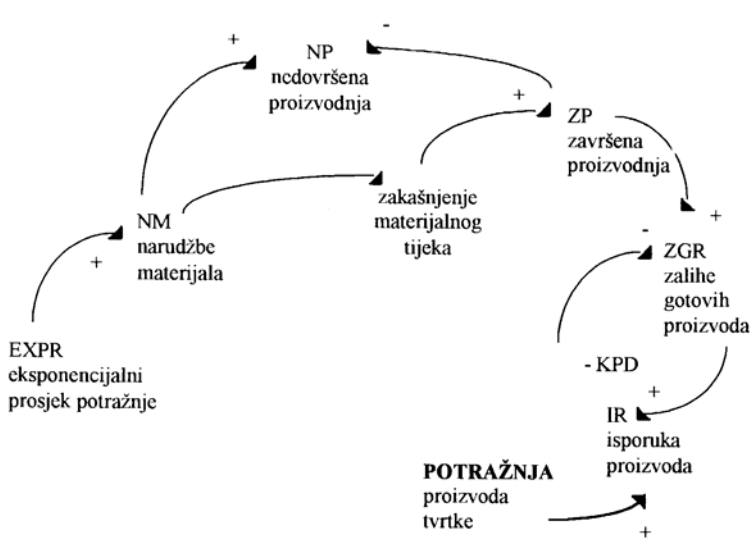
### Podsustav proizvodnje

Brzinu nabave materijala-NM, tj. politiku nabave, određuje eksponencijalni prosjek potražnje gotovih proizvoda tvrtke-EXPR. Što je prosjek potražnje veći, bit će veća i brzina (stopa) nabave materijala od kojega se proizvod izrađuje, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu između promatranih elemenata podsustava. Stanje nedovršene proizvodnje-NP bit će to veće što je veća brzina nabave materijala-NM, a to znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Istodobno će to stanje biti manje što je brzina (stopa) završavanja proizvoda veća, a to pak znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu. Veća brzina završavanja proizvoda-ZP rezultirat će povećanjem zaliha gotovih proizvoda-ZGR, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Ako je potražnja gotovih proizvoda veća,

bit će brža isporuka robe-IR, a rezultat toga bit će smanjivanje zaliha gotovih proizvoda-ZGR, što upućuje na negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu. Istodobno vrijedi i sljedeća uzročno-posljedična zakonitost: veće zalihe gotovih proizvoda-ZGR, pridonijet će većoj brzini isporuke gotovih proizvoda-IR, što znači pozitivnu uzročno-posljedičnu vezu (+) (68).

### Strukturni model

Na osnovi danoga verbalnog modela podsustava proizvodnje moguće je predočiti njegov strukturni model (sl. 40 i 41) (68).



Slika 40. Strukturni model (prema Munitiću, 68)

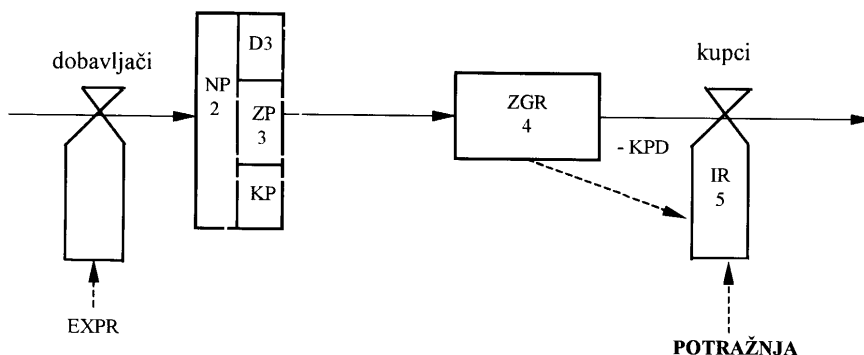
### Strukturni elementi sustava

Strukturni model, tj. dijagram tijekova sustava ima četiri osnovna obilježja:

1. predočuje sva stanja sustava,
2. predočuje tijekove između stanja,
3. predočuje funkcije upravljanja kojima se kontroliraju količine materijala, energije ili informacija koje teku između elemenata sustava,
4. predočuje informacijske kanale koji povezuju stanja sustava s upravljačkom funkcijom.

Osnovni su strukturni elementi sustava:

- a) sustav povratne sprege (feedback loop)
- b) komponente jednadžbe promjene stanja.



Slika 41. Strukturni model (prema Munitiću, 68)

### Matematički model

Matematički model podsustava proizvodnje u kompajleru simulacijskoga programskog jezika DYNAMO jest (68):

$$1, R \quad NM.KL = EXPR.K \quad (8)$$

NM - brzina nabave materijala za izradu gotovih proizvoda (komada u mjesecu)  
 EXPR - eksponencijalni prosjek tijeka informacija o potražnji proizvoda I. reda (komada u mjesecu)

$$2, L \quad NP.K = NP.J + (DT) \times (NM.JK - ZP.JK) \quad (9)$$

$$2.1, N \quad NP = 364 \text{ komada} \quad (10)$$

NP - stanje nedovršene proizvodnje (komada)  
 DT - vremenski interval između dva susjedna proračuna  
 NM - brzina nabave materijala za izradu gotovih proizvoda (komada u mjesecu)  
 ZP - brzina završavanja proizvodnje (komada u mjesecu)

$$3, R \quad ZP.KL = DELAY3(NM.JK, KP) \quad (11)$$

$$3.1, C \quad KP = 1 \text{ mjesec} \quad (12)$$

ZP - brzina završavanja proizvodnje (komada u mjesecu)  
 DELAY3 - DYNAMO funkcija eksponencijalnog kašnjenja tijeka materijala III. reda  
 NM - brzina nabave materijala za izradu gotovih proizvoda (komada u mjesecu)  
 KP - vrijeme kašnjenja proizvodnje (vrijeme vezanja proizvodnje) (mjeseci)

$$4, L \quad ZGR.K = ZGR.J + (DT) \times (ZP.JK - IR.JK) \quad (13)$$

$$4.1, N \quad ZGR = 660 \text{ komada} \quad (14)$$

ZGR - stanje zaliha gotovih proizvoda (komada)  
ZP - brzina završavanja proizvodnje (komada u mjesecu)  
IR - isporuka proizvoda (komada u mjesecu)

$$5,R \quad IR.KL = CLIP(POTRAŽNJA.K, ZGR.K, ZGR.K, POTRAŽNJA.K) \quad (15)$$

IR - isporuka gotovih proizvoda (komada u mjesecu)  
CLIP - funkcija izbora DYNAMO kompajlera koja je definirana ovako:

$$IR = POTRAŽNJA, \text{ ako je } ZGR \leq POTRAŽNJA \quad (16)$$

$$IR = ZGR, \text{ ako je } ZGR < POTRAŽNJA \quad (17)$$

Taj modelski pristup upozorava na potrebu razvoja i primjene simulacijskih modela zbog sve većeg problema nedostataka informacija nužnih za uspješno odlučivanje. Simulacijom se nastoje dobiti spoznaje o sustavu u vremenu, pri čemu je poznat dovoljan broj informacija o njegovu trenutačnom ponašanju, što pridonosi boljem predviđanju budućih događaja i ponašanja. Primjenom simulacije doznajemo više o svojstvima sustava, njegovim elementima i njihovoj međusobnoj ovisnosti, mnogo više nego primjenom različitih analitičkih modela. Uz pomoć matematičkih ili nematematičkih modela simulacijom se mogu oponašati različita realna zbivanja. Modeli uvijek sadrže određen stupanj apstrakcije realnosti. Za oponašanje realnih zbivanja u poslovnim sustavima mnogo širu primjenu imaju matematički modeli. Oni su osnova suvremenog pristupa simulaciji poslovnih sustava. Matematički se modeli mogu uspješno iskoristiti za izučavanje dinamike poslovnih sustava i razvijanje skupa alternativa za rješavanje različitih problema. Razvijanje skupa mogućih alternativa usko je povezano s upotrebom računala, odnosno s razvijanjem odgovarajućih programa na jednome od standardnih programskih jezika.

Prikazani se model može iskoristiti za predviđanje ponašanja poslovnoga i proizvodnog sustava, ako se mogu unaprijed dovoljno precizno definirati pojedini atributi i obilježja komponenata ulaza. Model pomaže da se pronađu i u prvi plan istaknu najbolja rješenja koja odgovaraju budućim potrebama.

Modeliranje složenih sustava više je vještina nego znanost. Rezultati konkretnih analiza i interpretacija kvantitativnih metoda, modela i njihovih rješenja zahtijevaju mnogo imaginacije, sposobnosti uopćavanja, apstraktnog mišljenja te kreativnog transcendentiranja (prevladavanja) prikupljenih informacija i činjenica o analiziranom problemu. Pritom veliku važnost također imaju iskustvo, sustavni timski rad i koordinacija istraživača raznih profila i znanja (77).

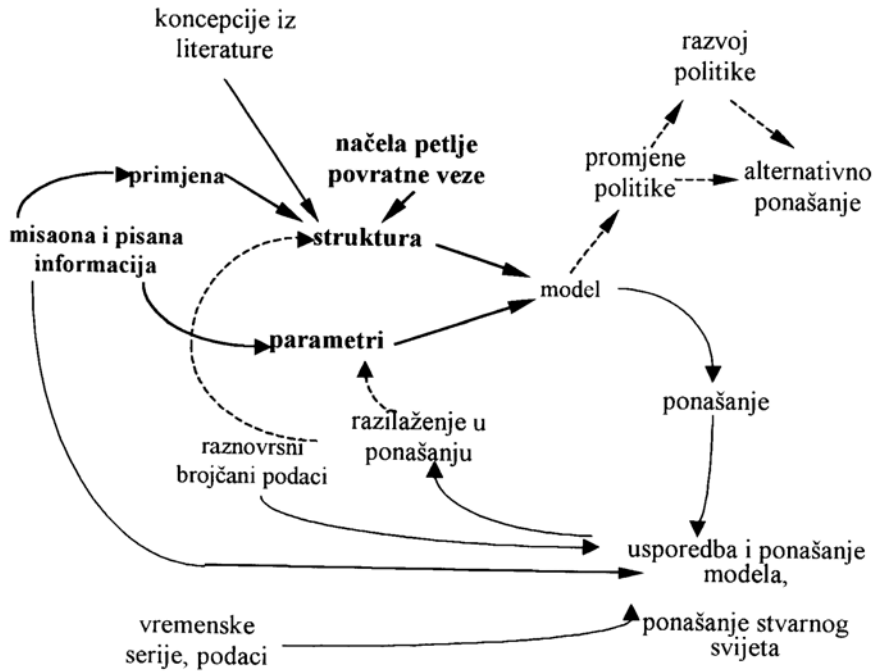
Dinamičko ponašanje većine složenih sustava može se simbolički predočiti samo nelinearnim i vrlo složenim modelima, čije rješavanje analitičkim matematičkim metodama nije zadovoljavajuće, a najčešće nije ni moguće. Za takve sustave preostaju samo interaktivni, višekriterijski modeli operativnog istraživanja (u najjednostavnijim slučajevima) ili proces simulacije i modeliranja sustavdinamičkih modela, u kojim se do brojčanih rezultata dolazi korak po korak. Teorija neodređenih (pod)skupova (Fuzzy Sets, Fuzzy Subsets), za razliku od klasičnih matematičkih modela nastoji opisati ljudsko ponašanje uzimajući u obzir njegovu neodređenost, nedeterminiranost i nepredvidivost.

Metoda simulacije i modeliranja tek u novije doba dobiva sve veću važnost i sve širu primjenu. Do kraja pedesetih godina 20. stoljeća troškovi izvođenja masovnih računalnih operacija bili su toliko veliki da se znanost usmjerila na nalaženje analitičkih rješenja za sve jednostavnije sustave, dok su se složeni sustavi potpuno prepuštali ljudskoj intuiciji i improvizaciji. Budući da su se troškovi korištenja računala znatno smanjili, a s tim u svezi pojeftinile su i masovne računalne operacije, važnost simulacije kao metode iznimno je porasla. Kao i na drugim područjima ljudskih aktivnosti, mehanički, ponavljajući rad prepušta se računalima, a korisnik svoju energiju i pozornost može usmjeriti na modeliranje sustava, istraživanje i spoznaju njegovih bitnih elemenata te interakcijskih veza između elemenata i njihovih obilježja (77).

Tako prihvaćen sustavni pristup, sustavno mišljenje, analiza i razumijevanje dinamike jedno je od metodoloških oruđa budućnosti i upućuje na jedan od načina razumijevanja i rješavanja složenih sustavnih problema s kojima se suvremeni čovjek suočava.

Opisani sustavni pristup omogućuje izgradnju i razumijevanje inteligentnih sustava za potporu odlučivanju i upravljanju proizvodnim i poslovnim procesima sustava tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja.





Slika 42. Projektiranje sustav dinamičkog modela  
(modeliranje - simuliranje - učenje)  
(prema Forresteru, 31)



## 4. OSNOVE TEORIJE INFORMACIJA

Teorija informacija znanstvena je disciplina kojoj je temelje postavio Claude Shannon (23). Kao samostalna znanstvena disciplina našla je primjenu u svim granama znanstvene i stručne djelatnosti.

Proučavanje informacijskih sustava temelji se na idejnim konceptima teorije sustava. U projektiranju informacijskih sustava, u njihovu razvoju i prilagodbi uspješno se primjenjuju tehnike koje su uglavnom bile razvijene u sklopu teorije sustava.

Pojam informacija veže se uz pojmove razvoja i funkcioniranja informacijskih sustava. Dosegnuti stupanj razvoja društva pri kojemu su informacije, uz materijalna dobra i energiju, postale jedna od osnovnih sastavnica djelovanja i daljnjeg razvoja društva uvjetovao je uvođenje pojma informatika.

Informatika kao znanstvena disciplina o oblikovanju, pohrani, obradi i dostavljanju informacija razvila se primjenom računalne obrade informacija, pa je kao takva predmet različitih proučavanja koja su rezultirala opsežnim i brojnim definicijama.

U hrvatskoj znanstvenoj literaturi danas uglavnom egzistiraju brojna, ali vrlo često i različita određenja pojma informatike, pa ćemo se u daljnjem tekstu ovog udžbenika ponajprije usmjeriti na definiciju informatičke djelatnosti i koja glasi: pod informatičkom djelatnošću razumijevamo izgradnju i povezivanje informacijskih sustava, razvitak i povezivanje informacijsko-dokumentacijsko-komunikacijskih djelatnosti te primjenu i razvoj uređaja za automatsku obradu podataka i informacija.

Iz toga proizlaze zaključci da se informatika može smatrati:

1. znanost o informacijskim sustavima koja se bavi proučavanjem zakonitosti njihova razvoja i funkcioniranja,
2. vrstom djelatnosti koja pokriva radne zadatke u praktičnoj realizaciji i funkcioniranju informacijskih sustava.

U osnovne zadaće informatike kao znanosti o informacijskim sustavima mogu se ubrojiti:

- istraživanje i proučavanje zakonitosti koje postoje i koje se pojavljuju u razvoju informacijskih sustava i njihovu funkcioniranju tijekom nastanka informacija
- istraživanje i proučavanje zakonitosti o korištenju informacija kao proizvoda informacijskih sustava i djelotvornosti u organizacijskim sustavima
- istraživanja s ciljem pronalaženja odgovarajućih, po mogućnosti optimalnih metoda i tehnika projektiranja i razvoja informacijskih sustava zasnovanih na zakonitostima njihova razvoja i funkcioniranja

- istraživanja radi pronalaženja odgovarajuće, po mogućnosti optimalne organizacije i tehnologije funkcioniranja informacijskih sustava utemeljene na zakonitostima njihova funkcioniranja.

Kao vrsta djelatnosti, informatika ima zadaću da, koristeći se znanstvenim spoznajama i stečenim iskustvima, projektira, razvija i organizira funkcioniranje informacijskih sustava odnosno proizvodnju informacija.

U ovom se udžbeniku razmatra područje informatike koje se odnosi na projektiranje informacijskih sustava kao potpore upravljanju proizvodnjom zasnovanom na primjeni računala.

U načelu, projektom informacijskog sustava trebaju se riješiti ova osnovna pitanja:

- izvori podataka i njihovi tijekovi
- obrada podataka i oblikovanje informacija
- nositelji informacija
- postupci analize tijekova informacija.

Iznimno je važno da informacijski sustav pruži što višu razinu informacija radi kvalitetnog odlučivanja i upravljanja tvrtkom za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Da bi izložena načela projekiranja informacijskih sustava bila jasnije shvaćena, osobito sa stajališta njihove praktične primjene u preradi drva i proizvodnji namještaja, u daljnjem tekstu objasniti ćemo neka najbitnija pitanja koja je nužno riješiti projektom informacijskog sustava.

Poslovni se proces, u općenitijem smislu, sastoji od komponente upravljanja i komponente proizvodnje. Sve komunikacije između tih komponenti odvijaju se preko podataka (kao elemenata) i informacija (kao logički razvijenih skupova).

Obradu podataka u informacije i u ukupnu komunikaciju između svih sudionika procesa komuniciranja obavlja informacijski sustav organizacije, koji se može definirati kao organizirani skup resursa izgrađen da osigura bolje upravljanje poslovnim i proizvodnim procesom. Funkcije informacijskog sustava jesu prikupljanje, pohrana i nalaženje podataka te njihova prerada u informacije potrebne za upravljanje poslovnim sustavom.

Informacijski su sustavi sastvni dio upravljanja, a upravljanje je proces pretvorbe informacije u odluke. Uspjeh upravljanja uglavnom ovisi o izboru informacija i načinu na koji se konverzija provodi. U proizvodnoj se organizaciji sve informacije ne razmatraju s podjednakom pozornošću. Obavlja se izbor klasa informacija, pri čemu im se daje različita važnost. Uspjeh upravljanja u tom slučaju ovisi o brzini pretvorbe informacija u odluke. Brzina je, pak, uvjetovana kvalitetom i kvantitetom tehnika za prikupljanje, obradu, pohranu i prijenos informacija, kao i načinom njihove uređenosti i metodama odabira.

Zbog toga ćemo posebno obraditi:

1. pojam informacije,
2. obilježja informacija s obzirom na odlučivanje,
3. vrste informacija,
4. osnove informacijskih sustava.

## 4.1. Pojam informacije

Pojam informacije središnji je pojam teorije informacija. Ima mnogo definicija informacije. Može se reći da informacije obuhvaćaju određeno znanje koje je usmjereno određenoj svrsi i za primatelja informacija znači novost koja se nalazi unutar granica njegova interesa (23).

Ako se zanemari smislaoni sadržaj informacije, njezina vrijednost za primatelja i oblik u kojemu je izražena, tada se priopćenje informacije svakako može promatrati kao podatak o određenom događaju ( $X_i, t_i$ ) koji sadrži objašnjenja o tome u kojem se od mnoštva mogućih stanja nalazio sustav  $S$  u trenutku  $t_i$ .

Drugim riječima, informacije znače odstranjenje nekog neznanja u vezi s činjenicama od interesa za tvrtku i po pravilu su potrebne da bi se na temelju njih mogla donijeti odgovarajuća odluka.

Fenomen informacija proučava se s tri osnovna motrišta (77) :

- sintatičkoga
- semantičkoga
- pragmatičnoga.

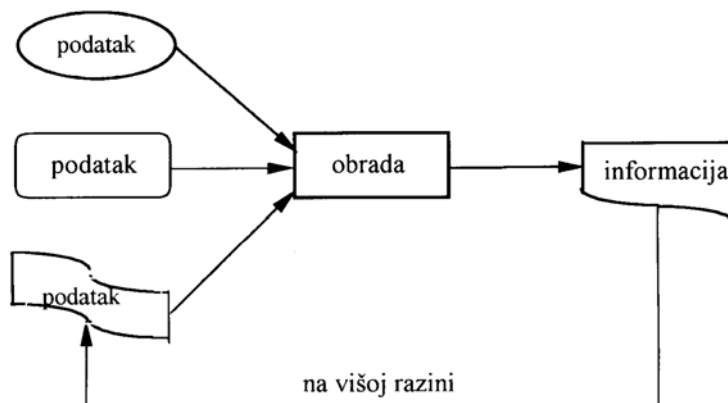
**S i n t a t i č k o m o t r i š t e** znači promatranje informacija sa stajališta sigurnoga i ekonomičnog prijenosa. Interes tog motrišta jest da se određeni sadržaji dostave korisniku bez gubitaka informacijskog sadržaja.

**S e m a n t i č k o m o t r i š t e** sa stajališta teorije informacija obuhvaća razumijevanje i korisnost informacija.

**P r a g m a t i č n o m o t r i š t e** promatra vrijednost informacija s obzirom na vrijeme njihova prihvatanja. To motrište obuhvaća proučavanje vremenskih obilježja procesa na koji se informacije odnose i proučavanje primateljeve pravodobne reakcije.

U sklopu svakoga informacijskog sustava razlikuju se četiri osnovne skupine aktivnosti vezane uz podatke i informacije:

- prikupljanje podatka
- obrada podataka
- memoriranje podataka i informacija
- dostavljanje podataka i informacija korisnicima.



Slika 43. Informacije su prikupljeni i obrađeni podaci (prema Figuriću, 23)

## 4.2. Obilježja informacija s obzirom na odlučivanje

Teorija odlučivanja omogućuje da se transformacijom informacija pomoću pravila odlučivanja od više alternativa odabere ona koja najviše odgovara potrebama korisnika. Teorija odlučivanja bavi se proučavanjem i formuliranjem bitnih odlučivanja kao procesa, kao svojstva i kao posljedice. Ona obuhvaća načela, putove, veze i odnose koji se uspostavljaju u procesu odlučivanja. Postavi li se pitanje što je zapravo odlučivanje, u odgovoru se može navesti da je “odlučivanje proces u okviru kojeg se na osnovi utvrđenog algoritma, pravila ponašanja, a zavisno od stanja nekog elementa ili skupa elemenata, određuju daljnja zbivanja koja trebaju omogućiti prevođenje određenog elementa iz stanja u kojem se nalazi u neko drugo željeno stanje” (35).

Obilježja informacija s obzirom na odlučivanje obuhvaćaju ove sastavnice:

- strukturu primatelja informacija
- strukturu informacija
- sadržaj informacija
- izražajnu snagu informacija
- kvalitetu informacija
- količinu informacija
- oblik informacija
- povezivanje s mogućim izgledima u budućnosti.

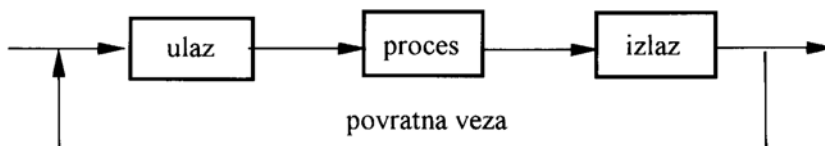
## 4.3. Vrste informacija

S motrišta potreba organizacijskih i ekonomskih sustava informacije se mogu podijeliti na sljedeći način:

1. Prema stupnju obrađenosti:
  - a) primarne informacije, onakve kakve su na izvoru - materijalne ili nematerijalne,
  - b) sekundarne informacije; prerađene primarne informacije na način i u obliku koji odgovara potrebama njihova korisnika.
  
2. Prema vremenskom kriteriju:
  - a) periodične informacije (dnevne, mjesečne, kvartalne, godišnje),
  - b) neperiodične informacije, koje nastaju kao povremene potrebe,
  - c) povijesne informacije; odnose se na događaje u prošlosti,
  - d) informacije predviđanja; odnose se na događaje koji se očekuju u budućnosti,
  - e) informacije o istodobnim događajima složene prema njihovoj uzročno-posljedičnoj ovisnosti,
  - f) informacije o neistodobnim događajima, uz osvrt o njihovu eventualnom slijedu i uzajamnoj povezanosti.
  
3. Prema materijalnome pojavnom obliku:
  - a) verbalne informacije,
  - b) pisane informacije,
  - c) optičke informacije,
  - d) audiovizualne informacije.
  
4. Prema izvoru dobivanja:
  - a) znanstvene informacije,
  - b) tehničke informacije,
  - c) tržišne informacije.
  
5. Prema stupnju direktivnosti:
  - a) instruktivne informacije,
  - b) obavještajne informacije.

## 4.4. Osnove teorije informacijskih sustava

Kao znanstvena disciplina teorija informacijskih sustava izučava zakonitosti operacija i postupaka u informacijskim sustavima.



Slika 44. Elementi informacijskog sustava (prema Figuriću, 23)

Pri projektiranju i izgradnji informacijskih sustava teorija informacijskih sustava koristi se spoznajnim načelima sustavnog pristupa, i to:

- načelom kompleksnosti, koje ističe da cjelina (informacijski sustav) daje više nego što mogu dati podsustavi promatrani posebno, što pokazuje matematički odnos

$$K_{(x)} + K_{(y)} + K_{(z)} < K_{(x,y,z)} \quad (18)$$

- načelom integriranosti, prema kojemu informacijski sustav mora biti sinteza njegovih podsustava utemeljenih na jedinstvenoj koncepciji
- načelom dinamičnosti, prema kojemu informacijski sustav mora omogućivati svoje dinamičko prilagođavanje promjenama u vanjskom okruženju
- načelom interdisciplinarnosti, koje zagovara potrebu heterogenog pristupa pri projektiranju i izgradnji informacijskih sustava
- načelom otvorenosti, koje promiče otvorenost informacijskih sustava pri njihovom projektiranju i izgradnji; komunikacijska otvorenost informacijskih sustava važna je postavka njegova postanka i razvoja
- načelom samoorganiziranosti, koje podrazumijeva samostalnu reorganizaciju sustava bez vanjske intervencije; to je načelo tijesno povezano s načelom dinamičnosti
- načelom univerzalnosti, koje promiče normizaciju šifarskog sustava, nomenklature, metoda i postupaka ugrađenih u informacijski sustav, komunikaciju između svih razina, prilagodljivost normalnim i izvanrednim situacijama
- načelom pouzdanosti, koje ističe pouzdanost informacijskih tehnologija dokazanu određenim provjerama
- načelom zakonitosti, koje zagovara poštovanje pozitivnih zakonskih normi



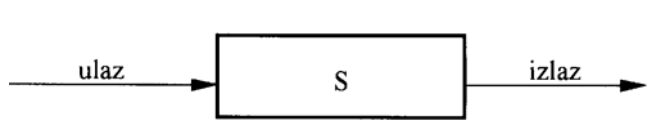
- načelom ekonomičnosti, koje se zalaže za što manji utrošak vremena, rada i materijala uz optimalnu informiranost
- načelom orijentiranosti prema odlučivanju, koje od svakoga informacijskog sustava zahtijeva da bude podloga za donošenje odluka-odlučivanje. Pretpostavka tog načela je informacija koja mora biti potpuna, točna i pravodobna.

Iz navedenoga proizlazi da se teorija informacijskih sustava pri projektiranju i izgradnji informacijskih sustava koristi spoznajama sustavne analize, koja je zapravo heuristička metoda kojom se ponajprije istražuju još nepoznati elementi, tj. način ponašanja nekog sustava, i to u smislu postupne spoznaje problema. Ona primjenom spoznaje sustavne analize osigurava temeljito i cjelovito razumijevanje i rješavanje promatranih sustava radi njihove racionalizacije i međusobne ovisnosti o ostalim informacijskim sustavima (36).

#### 4.5. Pojam informacijskog sustava

Ulazne i izlazne veličine sustava mogu biti materijalne, energetske i informacijske naravi.

Informacijski je sustav onaj koji ima ulaze i izlaze informacijske prirode (sl. 45).



Slika 45. Informacijski sustav (prema Grbavcu, 36)

Zanimanje za upravljački informacijski sustav vrlo je velik jer samo takav sustav “proizvodi” informacijsku podlogu za upravljanje i odlučivanje u tvrtkama.

Upravljački informacijski sustav može se definirati kao uređen i organiziran sustav zadužen za opskrbljivanje odgovarajućim informacijama, upravljački relevantnim, koje su podloga za donošenje poslovnih odluka.

Cilj takvoga informacijskog sustava može se izraziti idejom o “pravoj informaciji u pravo vrijeme na pravome mjestu, uz minimalne troškove”.

Informacijski se sustav temelji na usustavljenome, uspostavljenom i primjenjivanom skupu organizacijskih pravila u vezi s nositeljima zadataka informiranja (elementi sustava). Potrebno je utvrditi putove informiranja, prava i obveze informiranja te metode i načine obrade informacija koje služe nositeljima zadataka kao podloga za donošenje poslovnih i drugih odluka. Na temelju toga može se zaključiti da svaka organizacija posjeduje i mora posjedovati informacijski sustav. Upravljački informacijski sustav sadrži niz aplikacijskih

sustava koji se odnose na oblikovanje, slanje, primanje, sređivanje, obradu i pohranu informacija.

Unutar svakoga informacijskog sustava mogu se definirati i razlikovati četiri osnovne aktivnosti vezane za podatke i informacije. To su:

1. prikupljanje podataka,
2. obrada podataka,
3. pohrana podataka i informacija,
4. dostavljanje podataka.

U sklopu prve aktivnosti ostvaruje se obuhvat podataka na mjestima njihova nastanka i obavlja njihova priprema za proces obrade. Prikupljeni se podaci transformiraju obradom u skladu s unaprijed utvrđenim postupcima i logikom obrade. Obradeni se podaci, koji tada poprimaju obilježja informacija, zajedno s neobrađenim, izvornim podacima pohranjuju u "skladišta" podataka i informacija (spremnike, memorije, tablice) radi daljnjeg korištenja, arhiviranja ili pripreme za nove obrade, pa se u obliku izvještaja, pregleda, tablica i sl. dostavljaju korisnicima kao informacijska podloga za odlučivanje.

U funkcioniranju informacijskih sustava pojavljuju se različiti problemi:

- kvalitativni problemi upućuju na potrebu da informacije na temelju kojih se donose poslovne odluke moraju biti potpune i točne kako bi se rizik odlučivanja sveo na najmanju razinu ili potpuno izbjegao
- kvantitativni problemi pojavljuju se kao posljedica sve većeg broja bitnih informacija, što upućuje na nužnost korištenja takvih tehničkih sredstava koja će pomoći da se tim opsegom ovlada djelotvorno i na zadovoljavajući način
- problem aktualnosti naglašava činjenicu da informacijska podloga odlučivanja mora sadržavati pravodobne i nove podatke. Uspostavljanjem odgovarajućih komunikacijskih mreža i odnosa u tvrtki mora se omogućiti kvalitetna informacijska veza između svih elemenata sustava, čime se rješava problem komunikacija
- problem dokumentacije zahtijeva da se pri suvremnoj obradi podataka koriste oni nositelji podataka i informacija koji omogućuju lako i brzo unošenje novih činjenica s izvornih dokumenata u računalo
- zahtjev ekonomičnosti informacijskog sustava razumijeva da se pri pokušaju rješavanja svih navedenih problema mora težiti minimalnim troškovima uz što bolje rezultate. Pri proizvodnji informacija nastoji se ostvariti što veća djelotvornost.

Informacijski sustavi mogu biti tipizirani prema različitim motrištima, s tim da se ni u jednoj tvrtki ne pojavljuju u čistom obliku, već u nekoj kombinaciji s drugim tipovima.

Najvažniji su ovi tipovi sustava informiranja:

- informacijski sustavi orijentirani prema funkcijama
- informacijski sustavi orijentirani prema zadacima izvršenja i upravljanja.

#### **4.5.1. Informacijski sustavi orijentirani prema funkcijama**

Taj je sustav osobito pogodan za izgradnju pojedinačnih sustava ili podsustava i nerijetko se primjenjuje u praksi. Pri tome su obuhvaćene sve poslovne funkcije i one čine integralni informacijski sustav konkretne tvrtke.

#### **4.5.2. Informacijski sustavi orijentirani prema zadacima izvršenja i upravljanja**

Taj se sustav dijeli prema razini zadataka koji se pojavljuju u tvrtkama i u skladu s tim obuhvaća izvršne zadatke upravljanja. Težište informacijskih sustava koji obuhvaćaju izvršne zadatke jest na izvršenju pojedinačnih zadataka određenoga radnog mjesta s detaljiziranim informacijama.

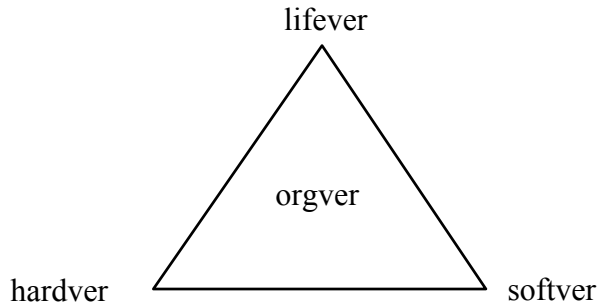
Sustavi informiranja koji obuhvaćaju zadatke upravljanja uvijek se odnose na buduće situacije u kojima se traže informacije o novim mogućnostima koje se ne mogu dobiti nikakvom tehnikom kumuliranja podataka (zakonskim propisima, razvojem tehnologije, stanjem na tržištu i sl.), a osim toga, moraju uvijek uzimati u obzir ne pojedinačnu već cjelokupnu situaciju tvrtke (23).

#### **4.5.3. Informacijski sustav i računalna obrada podataka**

Za uspješno obavljanje svih aktivnosti prikupljanja, pohrane i dostavljanja podataka i informacija korisnicima, suvremeni, znanstveno projektiran i izgrađen informacijski sustav sinteza je četiriju obvezatnih sastavnica (sl. 46).

1. Hardver je materijalna osnova informacijskog sustava, u koju se ubraja računalo, ulazno-izlazni uređaji, uređaji i sredstva za komuniciranje i prenošenje podataka na daljinu te ostala oprema za obradu podataka.
2. Softver obuhvaća nematerijalne elemente informacijskog sustava - programe, rutine i metode vezane za organizaciju, upravljanje, obradu i korištenje rezultata obrade podataka i informacija.
3. Liferver čine kadrovi, tj. timovi stručnjaka, organizatora računalne obrade podataka, sustavskih analitičara, programera, operatera te korisnika informacijskog sustava.
4. Orgver obuhvaća organizacijske postupke, metode i načine usklađivanja i povezivanja prethodnih triju komponenata u skladnu, funkcionalnu, ekonomičnu i djelotvornu cjelinu.

U uspješnome informacijskom sustavu sve navedene sastavnice moraju biti usklađene, kompatibilne i na kvalitativno podjednakoj razini. Naime, ni najbolje računalo uz odgovarajuće programe i metode neće dati očekivane rezultate ako njime rukuju nedovoljno obrazovani djelatnici. Jednako tako ni najkvalitetniji kadrovski potencijali neće moći dati sve od sebe na zastarjeloj i neodgovarajućoj opremi za obradu podatka. Ako informacijski sustav raspolaže najsuvremenijom tehnologijom, metodama i stručnjacima, za puni uspjeh njegova djelovanja potrebno je osigurati optimalne organizacijske uvjete i pretpostavke.



Slika 46. Elementi informacijskih sustava podržanih računalom (prema Figuriću, 23)

#### 4.6. Moguće koncepcije pristupa razvoju informacijskih sustava

Danas je moguće identificirati nekoliko međusobno različitih koncepcija što se primjenjuju u preradi drva i proizvodnji namještaja. I ne samo u njoj. To su:

1. koncepcija parcijalnog pristupa prema kojoj se novim informacijskim sustavima u pojedinim etapama obuhvaćaju određeni poslovi ili skupine poslova, bez prethodne identifikacije cjelokupnoga organizacijskog sustava i bez razrade cjelokupnog modela novoga informacijskog sustava (botton-up pristup)
2. koncepcija kompleksnoga sustavskog pristupa, koja obuhvaća identifikaciju cjelokupnoga organizacijskog sustava, razradu novoga informacijskog sustava i realizaciju novoga informacijskog sustava kao cjeline (top-down pristup)

3. koncepcija modularnog pristupa, sastoji se u tome da je kao dio informacijskog sustava svaki podsustav samo uvjetno neovisan o drugim podsustavima. Ta uvjetna neovisnost proizlazi iz potrebe postupnoga (sukcesivnog) uvođenja cjelokupnoga informacijskog sustava preko pojedinog podsustava ili čak njegova dijela. Na osnovi toga svaki je već uveden podsustav istodobno cjeloviti dio budućega informacijskog sustava. Stoga je pri utvrđivanju opsega pojedinog podsustava nužno voditi brigu o važnosti uvođenja pojedinog podsustava u poslovanje. Kombinirani pristup zapravo je pristup CIM-a.

#### **4.7. Međusobna povezanost informacijskih sustava - integracija**

Povezanost informacijskih podsustava obilježavaju zajedničke informacije odnosno podaci, što znači da se isti podaci koriste u dva ili više podsustava, da su informacije nastale u jednom podsustavu potrebne drugome itd.

Osim toga, postoji i uzročno-posljedična veza jednog podsustava prema drugome. To proizlazi iz činjenice da se informacije jednog podsustava koriste u drugome zajedno s informacijama iz tog podsustava kako bi se dobile odgovarajuće informacije o rezultatima funkcioniranja određenog podsustava.

Integralnim (cjelovitim, potpunim) zove se informacijski sustav u kojemu se ostvaruju potpuno automatizirana povezivanja podataka u bazi podataka informacijskog sustava radi zadovoljavanja informacijskih potreba korisnika. Redundantnost (podudarnost) podataka u bazi podataka informacijskog sustava smanjena je ili uklonjena do razine kontrolirane, potrebne redudancije.

#### **4.8. Osnovne informacije u podsustavima cjelovitoga upravljačko-informacijskog sustava**

U procesu upravljanja, planiranja, odlučivanja, praćenja i obračuna osnovna su podloga informacije. Na osnovi informacija donosi se odluka, zatim slijedi informacija o odluci za poduzimanje akcije, a na osnovi informacije o izvršenoj akciji obavlja se kontrola. Za provedbu kontrole izvođenja akcije nužna je informacija o obavljenoj kontroli, i to kao povratna informacija upravljačkom elementu u kojemu se stvara odluka. Upravljački element na osnovi povratnih informacija i informacija utvrđenih u prvoj fazi stalno poduzima akcije i usmjerava funkcije poslovnog sustava radi ostvarenja planiranih programa, odnosno usmjerava i djeluje na poslovni sustav u smjeru ostvarenja utvrđenih ciljeva.

Konkretno rješenje problema jest da se:

1. za svaki pojedini poslovni podsustav uvedu tom podsustavu potrebne informacije o događajima u njemu te događajima i podsustavima vezanim za njegov rad,
2. u sklopu svakoga pojedinog poslovnog podsustava utvrđene informacije selektiraju s obzirom na upravljačku razinu,
3. utvrde nužne informacije iz skupa selektiranih informacija za upravljanje cjelokupnim poslovnim sustavom na najvišoj razini.

Cjeloviti upravljačko-informacijski sustav sastoji se od informacijsko-upravljačkih podsustava. Svaki je podsustav zasebna cjelina ukupnoga informacijsko-upravljačkog sustava i čini određeni zaokruženi veći ili manji dio poslovnog sustava. Svaki je informacijsko-upravljački podsustav zaokružena cjelina obrade podataka.

Glavno obilježje svakoga upravljačko-informacijskog podsustava s motrišta upravljanja i obrade informacija jest to da je on kao dio cjelokupnog sustava samo uvjetno neovisan o drugim podsustavima.

## 4.9. CASE računalom podržan informacijski inženjering

### 4.9.1. Projektiranje informacijskih sustava

Razvoj proizvodnih sustava obilježavaju dvije, u osnovi polazne osobitosti. Prva rezultira iz spoznaja da bez primjerene djelotvornosti nije moguće opstati na tržištu. Druga pokazuje da su razvojne preobrazbe prema većoj djelotvornosti složen i stalan proces čije rješavanje pretpostavlja dostupnost bitnih podataka na kojima se temelje poslovne informacije. Riječ je o sustavnom obuhvatu informacija, što ujedno daje informatici smisao integrirajuće funkcije.

Projekt informacijskog sustava treba polazno uskladiti glede realizacija poznatog trinoma: organizacijske strukture, poslovni procesi, informacije. U tom je smislu, prije bilo kakvog informatičkog procesiranja potrebno odgovoriti na pitanje: što je pravi problem koji se želi riješiti? A time se sudionici rješavanja problema stavljaju u aktivni odnos prema projektu. Riječ je zapravo o logičnoj dodjeli odgovornosti djelatnicima u procesu, kako u fazi procesiranja arhitekture informacijskog sustava, tako i u svim fazama ostvarenja projekta. Danas je sasvim evidentno da novi uvjeti rada, u kojima suvremena informacijska tehnologija postaje strateški činitelj razvoja poslovnih sustava, zahtijevaju i visoku razinu industrijske kulture djelatnika. Riječ je o složenome i osjetljivom problemu koji može rezultirati nizom teškoća ako mu se ne prida odgovarajuća pozornost.

Djelotvornost i kvaliteta razvoja i funkcioniranje svakoga poslovnog sustava uvelike ovisi o sposobnostima i mogućnostima elemenata informacijskih sustava da kvalitetno upravljaju poslovnim sustavom i pravodobno obavljaju sve njegove funkcije. Mogućnosti kvalitetnoga i pravodobnog upravljanja razvojem i djelovanjem proizvodnoga i poslovnog sustava, kao i izvršavanja svih njegovih funkcija ovise o sposobnostima njegova informacijskog sustava da upravljačkom sustavu pravodobno osigura nove podatke i druge informacije.

Sposobnost informacijskog sustava da pravodobno i kvalitetno izvršava zadatke ovisi o:

- suvremenosti i širini primjene informacijskih tehnologija u potpori funkcijama informacijskog sustava
- razvijenosti i urednosti baze podataka
- kvaliteti softvera za rukovanje bazom podataka
- razvijenosti programske potpore za njezinu djelotvornu primjenu.

Izgradnja informacijskog sustava poslovne organizacije koji će imati navedene attribute složen je i najčešće dugoročan pothvat, koji zahtijeva znatna financijska sredstva, znanja i vještine. Težnja je svakoga poslovnog sustava da izgradi informacijski sustav na što racionalniji način i u što kraćem roku.

U izgradnji suvremenih informacijskih sustava nailazi se na dosta problema, od kojih su najznačajniji:

- izbor pravog trenutka i pristupa u razvoju inovacija informacijskog sustava tvrtke
- nedovoljna organizacijska pripremljenost poslovnog sustava i nedovoljna pripremljenost i zainteresiranost korisnika za izgradnju suvremenoga informacijskog sustava, teškoće, pa i nemogućnost u osiguravanju jedinstva i cjelovitosti informacijskog sustava u tvrtki
- dugo vrijeme potrebno za izgradnju informacijskog sustava
- visoki troškovi razvoja informacijskog sustava
- visoki troškovi održavanja informacijskog sustava
- nedostatak djelatnika specijalista za razvoj informacijskog sustava
- visoke cijene kvalitetnih softverskih proizvoda
- visoki zahtjevi suvremenih softvera, osobito za rukovanje relacijskim bazama prema hardverskim resursima.

Izgradnja informacijskog sustava neke tvrtke složen je i dugoročan pothvat, koji je po pravilu zahtjevniji i dugoročniji što je poslovni sustav složeniji. Zahtjevnost i dugoročnost posljedica su velikog broja raznovrsnih aktivnosti. Naime, neprekidno se pojavljuju, nove, djelotvornije metodologije, metode i tehnike za provedbu pojedinih aktivnosti i faza u razvoju informacijskog sustava. Razvojne faze informacijskog sustava jesu:

1. faza prethodnih istraživanja i razmatranja razvoja informacijskog sustava,
2. faza idejnog projektiranja inovacija informacijskog sustava,
3. faza detaljnog projektiranja inovacija informacijskog sustava,
4. faza uvođenja inovacija informacijskog sustava,
  - 4.1. izrada i testiranje računalnih programa,
  - 4.2. integracija računalnih programa u cjeline, testiranje cjelina i dijelova informacijskog sustava,
  - 4.3. implementacija testiranih cjelina, dijelova informacijskog sustava.

#### **4.9.2. Računalom podržani inženjerski sustavi**

Upravljanje poslovanjem i proizvodnjom u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja jedna je od najvažnijih funkcija koja ima zadaću osigurati stalno i nesmetano poslovanje i proizvodnju. Svakodnevnim razvojem poslovanja i automatizacijom proizvodne opreme u djelatnosti prerade drva i proizvodnji namještaja upravljanje poslovanjem dobiva sve veće značenje. Loše i nepravodobne informacije uzrokuju velike gubitke u gospodarenju tvrtkama, zastoje i raznovrsne štete u proizvodnji.



Sve je to uvjetovalo da je do danas razvijeno i primijenjeno više modela i koncepcija upravljanja poslovanjem i proizvodnjom tvrtki za preadu drva i proizvodnju namještaja sa zajedničkim ciljem postizanja pouzdanosti i djelotvornosti gospodarenja tvrtkom.

Sustavu upravljanja poslovanjem i proizvodnjom potrebno je osigurati kontinuirani tok informacija da bi on mogao ispuniti svoju zadaću. Česta je pojava da dokumenti, koji su danas još uvijek glavni nositelji informacija, sadrže nebrojeno puta ponavljane podatke, što uvjetuje gomilanje nepotrebnih podataka za čije vođenje i spremanje nepotrebno trošimo vrijeme i novac. Da bi se to izbjeglo, sve je zahtjeve upravljanja poslovanjem i proizvodnjom, kao i tok informacija koji to prati, potrebno voditi uz pomoć računala. Za kreiranje baze podataka nužne za vođenje takvog sustava valja projektirati sustav informacija.

Kao odgovor na probleme vezane za projektiranje i izgradnju informacijskog sustava prije dvadesetak godina nastao je informacijski inženjering. Ručno nije bilo moguće u realnom vremenu identificirati sve zahtjeve vezane za upravljanje poslovanjem i proizvodnjom u cjelovit informacijski tok te ih prevesti u funkcionalan informacijski sustav jer se realni uvjeti brzo mijenjaju. Razvojem informacijskih tehnologija postalo je moguće sve zahtjeve prevesti u informacijski sustav koji će biti ne samo funkcionalan, već će pratiti zahtjeve tvrtke i ažurirati promjene nastale tijekom vremena.

### **4.9.3. CASE - informacijski inženjering**

Informacijski inženjering (CASE-Computer Aided System Engineering) definiran je kao uvođenje nepreklapajućih skupova formalnih tehnika za planiranje, analizu, projektiranje i izgradnju informacijskih sustava primijenjenih na cijelu tvrtku ili na njezin pretežiti dio (5).

Ponekad se informacijski inženjering opisuje kao skup automatiziranih disciplina cijele tvrtke za davanje pravih informacija pravim ljudima u pravo vrijeme.

S obzirom na to da je tvrtka složena, planiranje, analiza, projektiranje i izgradnja ne mogu biti primijenjeni u cijeloj tvrtki bez automatiziranih pomagala i alata.

Opći naziv za ta pomagala jest CASE (Computer Aided System Engineering - računalom podržani inženjerski sustav) instrumentarij. On omogućuje primjenu tehnika za osiguranje opisa zahtjeva poslovnog sustava s različitim motrišta (identifikacija, modifikiranje i elaboriranje). Upotreba tih pomagala omogućuje crtanje, opisivanje, spremanje elemenata sustava, projektiranje i kad je to prikladno, automatsko generiranje.

Korištenjem CASE instrumentarija omogućuje se nesmetan rad po razvojnim fazama informacijskog sustava tvrtke, kao i po funkcijama.

Danas na tržištu postoji više CASE instrumentarija različitih proizvođača, npr:

- EXCELERATOR SERIES, tvrtke DOUGLAS McDONNELL
- PRO-IV, tvrtke INTERSOLV
- ORACLE, tvrtke ORACLE
- ISEE, tvrtke WESTMOUNT
- IEW, tvrtke KNOWLEDGEWARE.

CASE ima tri osnovne sastavnice:

1. strukturne metode,
2. tehnike,
3. instrumentarij.

1. S t r u k t u r n e m e t o d e predviđaju ustroj strukture za razvoj sustava. One određuju razinu prekida razvoja, performanse, primijenjene norme, kakvoću formulara za popunjavanje, intervju i sl.

Tehnike služe za implementaciju strukturnih metoda. Njima se predviđa i opisuje sustav s različitih stajališta i s obzirom na različiti komunikacijski instrumentarij, što obuhvaća i tijekove podataka, modeliranje odnosa entiteta i sl.

CASE instrumentarij predviđa implementaciju tehnika da bi opisani sustav bio dokumentiran, nacrtan, opisan, pohranjen i da bi se u nekim slučajevima sam automatski generirao.

Tim trima sastavnicama mora se pribrojiti informacijska tehnologija (sl. 47). CASE metode mogu razvijati organizaciju strukture sustava odozgo prema dolje (top-down), odozdo prema gore (buton-up) ili kombiniranu strukturu (buton-up, outwards then down).

Za određivanje razvoja potrebno je odrediti poslovnu analizu, kao i način temeljite sustavne analize poslovnog sustava tvrtke.

Strategija postavlja zahtjeve za razvoj informacijskog sustava, analizom se detaljno rasčlanjuju dijelovi poslovnih ciljeva, projektiranjem se definiraju precizna tehnička rješenja, korisnik dokumentacije objašnjava rješenja u vlastitoj okolini, a proizvodnja se koristi radnim rješenjima.

CASE metoda strukturni je pristup sustavnom inženjeringu u okruženju obrade podataka. Ona postoji u nekoliko stupnjeva, zadaća i tehnika, vođena stupnjevima strukturnog pristupa primjene CASE metoda (5).

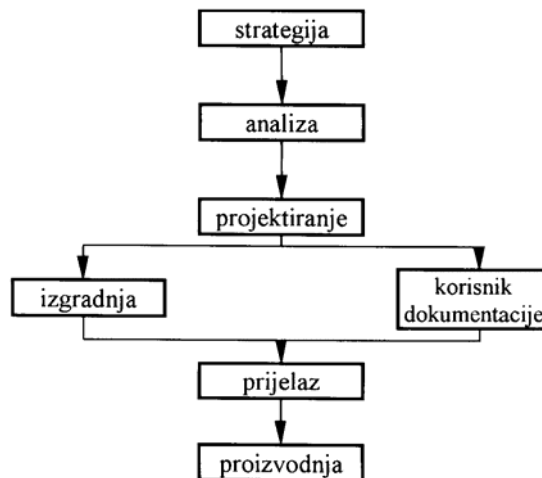
2 . C A S E t e h n i k e jesu:

- modeliranje odnosa entiteta
- funkcionalna dekompozicija
- dijagram tijekova podataka
- crtanje matrica
- relacijsko projektiranje

- projektiranje aplikacija.

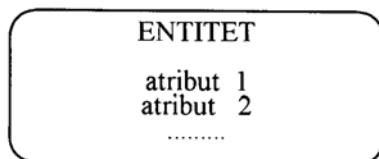


Slika 47. CASE komponente (prema Bakeru,5)



Slika 48. Blok-dijagram strateškoga strukturnog pristupa primjeni CASE metode u razvoju informacijskog sustava poslovnog sustava (prema Bakeru, 5)

Modeliranje odnosa entiteta dio je poslovnog modela izgrađen na strateškom stupnju razvoja informacijskog sustava poslovnog sustava. Crtež entiteta predočuje sljedeća slika:



Slika 49. Način crtanja entiteta (prema Bakeru, 5)

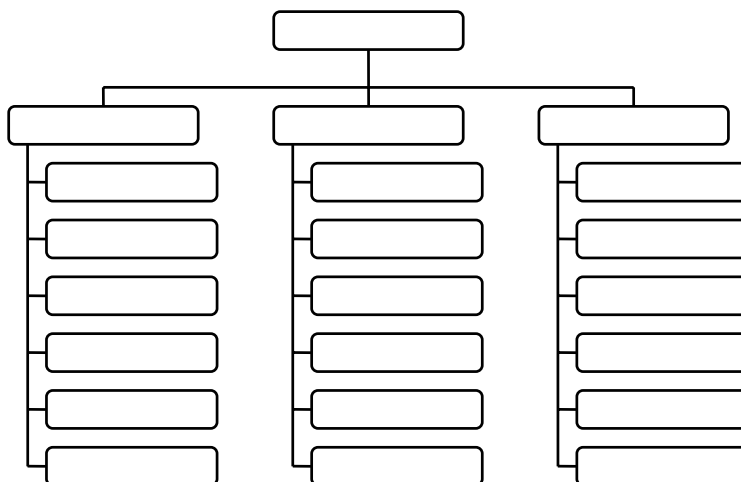
Entitet je vrlo važna činjenica, stvarna ili zamišljena, o kojoj je potrebno znati ili skupljati informacije. To je sinonim za bitan odnos između entiteta i atributa korištenoga u opisu. Proces kreiranja takvoga grafičkog prikaza zove se modeliranje odnosa entiteta. Atribut je bilo koji detalj koji služi za kvalificiranje, identifikaciju, klasifikaciju, kvantifikaciju i izražavanje stanja entiteta.

Funkcionalna dekompozicija. Svaka poslovna funkcija može biti dekomponirana u niže razine i dijelove. Funkcionalna dekompozicija povećava funkcionalno slaganje u skupine prema hijerarhijskom značenju u poslovnoj piramidi. Funkcija je ono što obavlja i treba obavljati posao bez obzira na način na koji se to čini. Proces je funkcija koja, jednom započeta, mora biti završena. Drugim riječima, on mijenja stanje uopće. Opisuje se entitetima, atributima i vezama koje postoje među entitetima. Nalazi se na najnižoj razini u hijerarhiji funkcija i ne može se dalje dekomponirati bez gubitka smisla. Za razliku od funkcija koje su trajne, procesi imaju određeno razdoblje trajanja, tj. početak i kraj, iako se ponavljaju u vremenu (6).

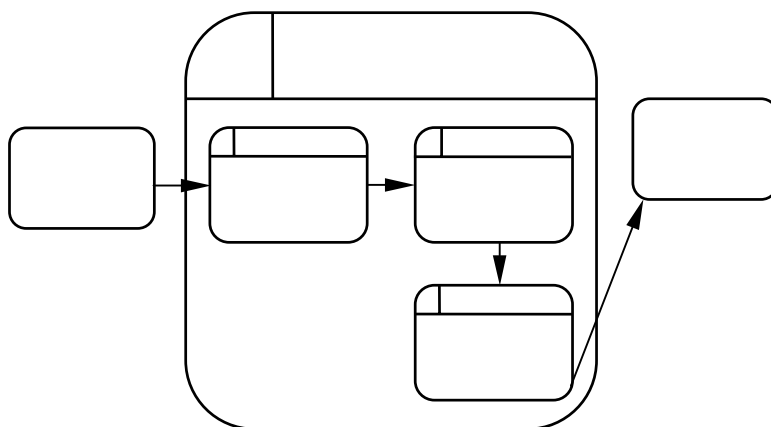
Grafički prikaz tijekova podatka paradigma je za kolekciju entiteta, atributa, odnosa i uniformnih informacija koje teku od jednog mjesta do drugog, ili između dva koraka poslovnog procesa i spremišta podataka odnosno izvanjskog entiteta. Takav grafički prikaz može biti iskorišten za prikaz strukture poslovnih funkcija.

Veza je ono što povezuje jedan element s drugim ili bilo kakav važniji način na koji dva elementa istoga ili različitog tipa mogu biti povezani. Veza je binarna, jer egzistira između točno dva entiteta ili, ju je ako je riječ o rekurzivnoj vezi, entitet uspostavio sa samim sobom. Iz toga slijedi da ona ima dva kraja, od kojih se za svaki navodi ime i kardinalnost.

Kardinalnost označava količinu jednog tipa podataka koja je povezana s drugim tipom podataka. Način označavanja kardinalnosti realizira se na svakom kraju veze između dva entiteta.

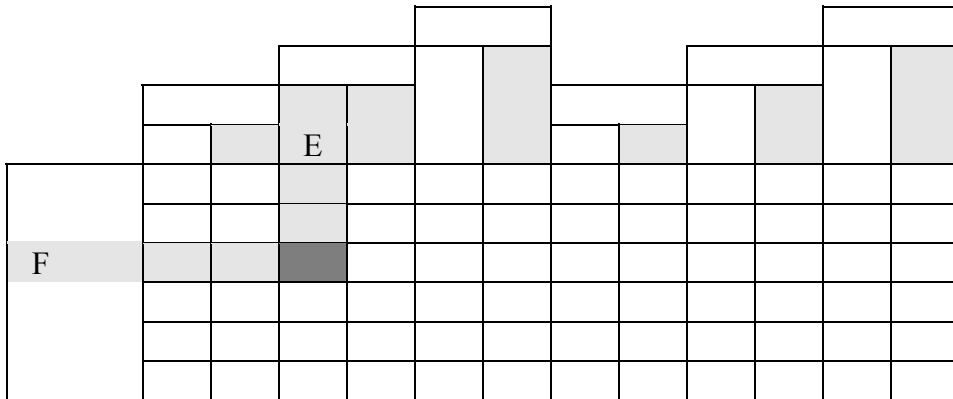


Slika 50. Funkcionalna dekompozicija (prema Bakeru, 6)



Slika 51. Grafički prikaz tijekova podataka (prema Bakeru, 5)

Crtanje matrica zapravo je definiranje odnosa između poslovnih funkcija i outputa iz poslovnih funkcija, između dva koraka poslovnog procesa ili dva entiteta i interaktivnih veza.



Slika 52. Matrica odnosa funkcija entiteta (prema Bakeru, 5)

Relacijsko projektiranje jet uspostavljanje odnosa između entiteta i ostalih komponenata sustava koji se modelira, a aplikacijsko jet projektiranje uvođenje i održavanje rješenja.

3 . C A S E i n s t r u m e n t a r i j . U “kontejneru” su pohranjene definicije o elementima sustava. Enciklopedija jet svojevrсно spremište u koje se u realnom vremenu pohranjuju definicije. Termine za spremište i enciklopediju generira rječnik. On u realnom vremenu omogućuje kontinuirano dokumentiranje dijelova sustava, polka, kolinsky, alokacije spremišta i sl. Raščlamba radar jet garpike mogućnost logičnog prikazelementala sustava. Katalog jet istoznačnica za rječnik podataka. Primjenjuju se ovi programski sustavi:

ORACLE i SQL, INGRES, INFORMIX  
 BTRIEVE, GUPTA, ...  
 ACCESS  
 FOX, DBADE, PARADOX, ...

#### 4.9.4. CASE pristup projektiranju informacijskih sustava

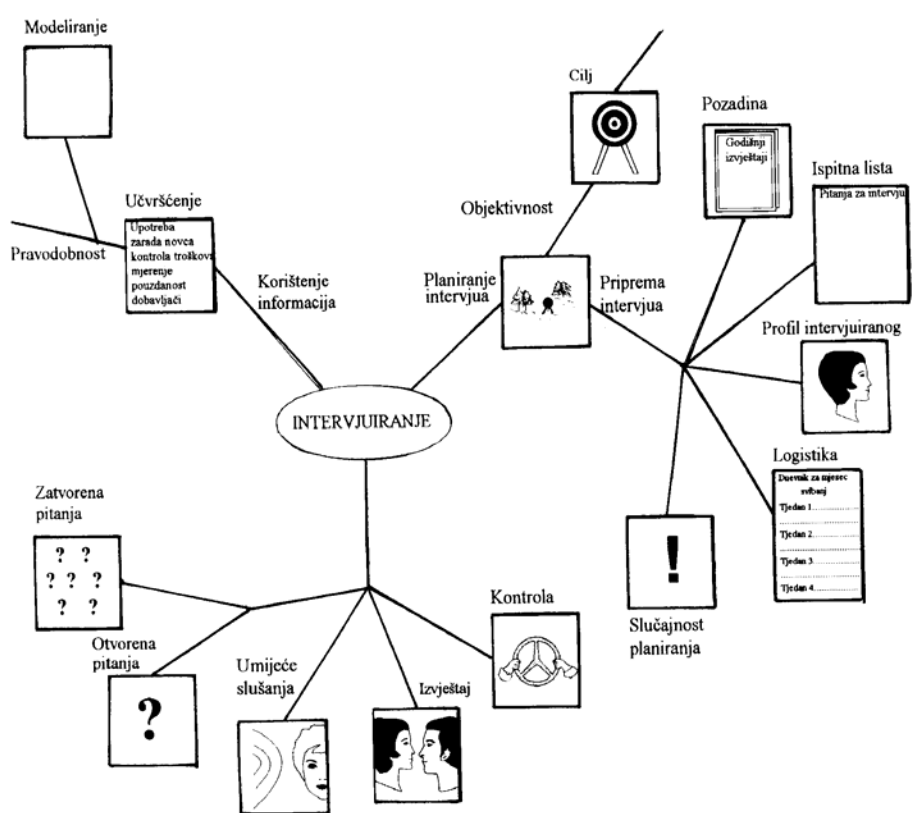
Prvi korak u izgradnji informacijskog sustava jest kvalitetno proveden intervju na svim razinama tvrtke.

Ključni činitelji uspješnog intervjua jesu:

1. objektivni intervju ( jasni objekti za intervjuiranje),
2. prikupljanje informacija (tehnike intervjua),
3. poslovno značenje intervjua (intervju poslovnih ljudi),
4. stav intervjuirane osobe prema intervjuu (izvršitelju intervjua),

5. uključivanje u intervju (pomoć intervjuirane osobe pri intervjuu),
6. intervjuiranje "pravih" ljudi (izbor osoba za intervju),
7. opažanje i činjenice (zamjećivanje i ustanovljavanje činjenica).

Za provedeni se intervju može reći da jet to skup određenih snimljenih korisničkih zahtjeva glede obrade, korištenja i dostavljanja podataka.



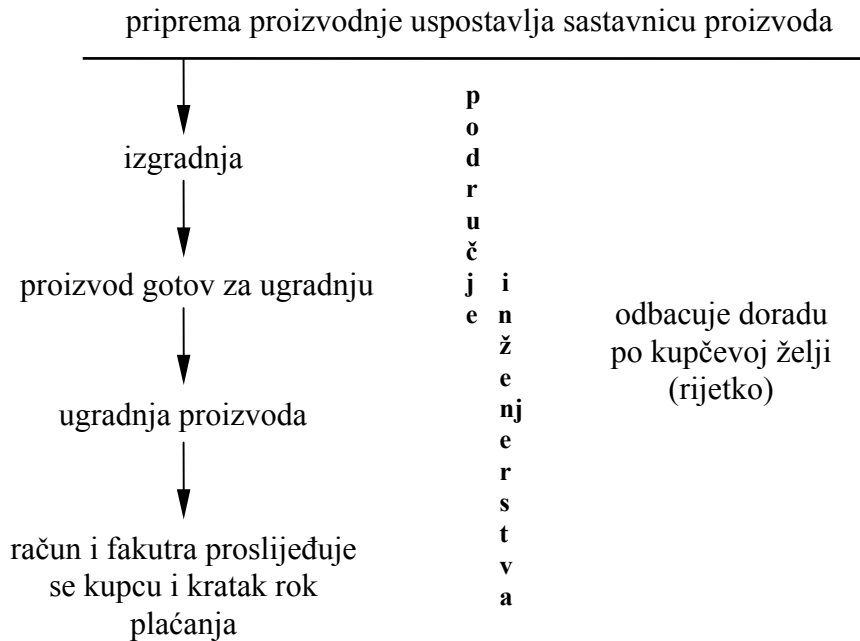
Slika 53. Osnovne zbirne tehnike intervjua (prema Hackmanu i Longman, 40)

#### 4.9.4.1. Primjena CASE-a u projektiranju informacijskog sustava

Projektiranje informacijskog sustava za odgovor na pitanje (prema Bakeru, 5) :

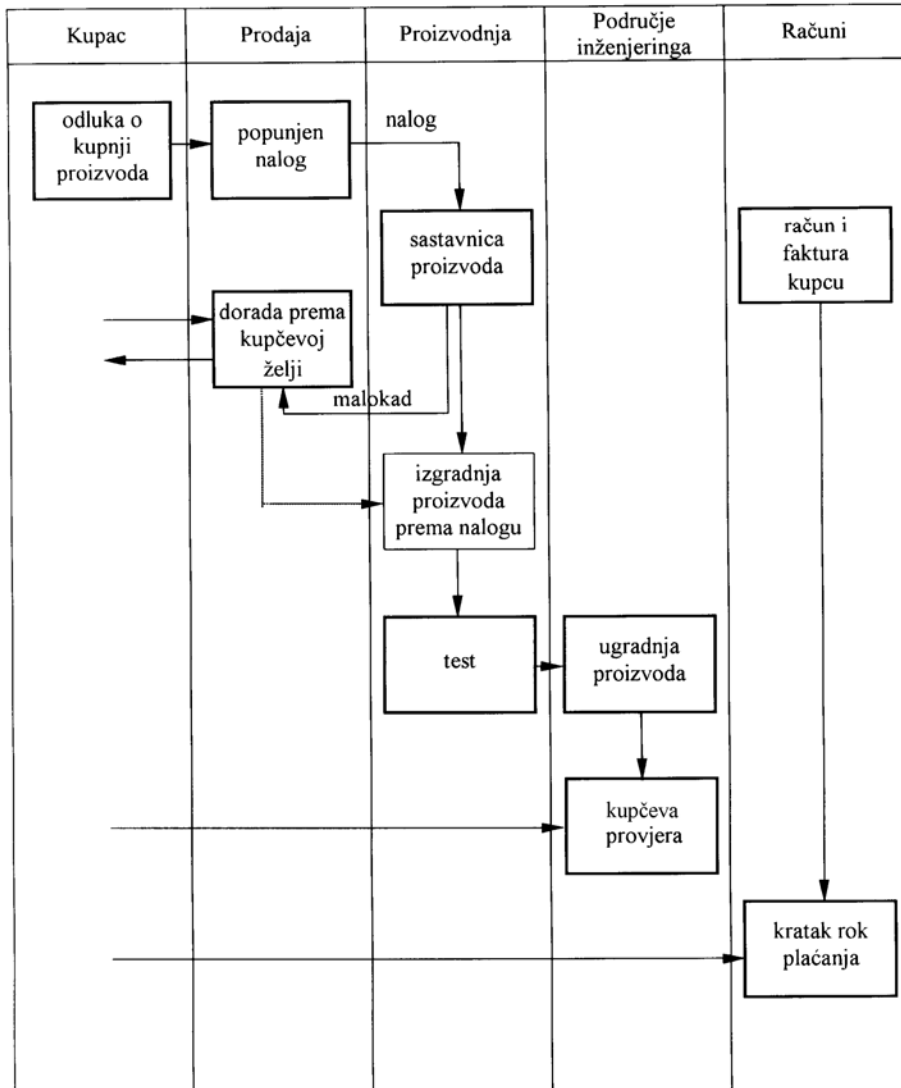
Što se događa kada kupac kupi proizvod?

Odgovor: Prodavač popuni nalog i prosljedi ga proizvodnji.

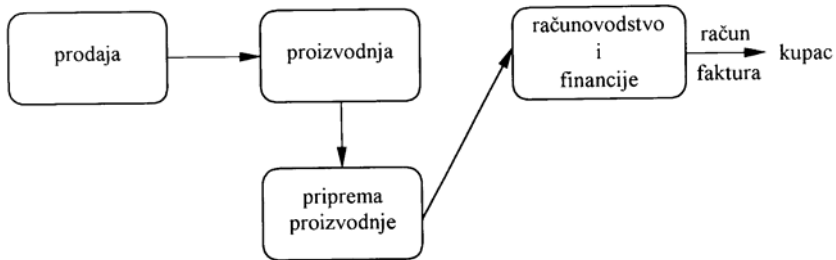




Tablica 1. Karta početnog procesa (prema Bakeru, 5)



Između funkcija se uspostavlja sljedeći tijek (sl. 54).

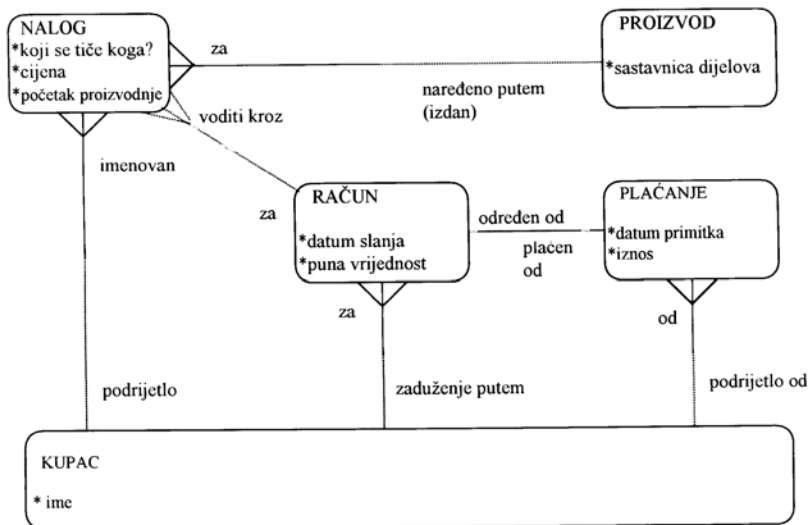


Slika 54. Tijek koji se uspostavlja među funkcijama (prema Bakeru, 5)

Takvi strukturni grafički prikazi omogućuju uvid u odvijanje poslovnog procesa. Ako plaćanje kupca kasni, poslovni se proces proširuje i izgrađuje se njegov nastavak koji obuhvaća uzrok zakašnjenja.

#### 4.9.4.2. Informacijski modeli

Početni informacijski model ili model podataka ima oblik grafičkog prikaza modeliranja odnosa entiteta i izgrađen jet na osnovi prije navedenog pitanja i odgovora iz intervjuja.



Slika 55. Modeliranje odnosa entiteta (prema Bakeru, 5)

Kada jet materijal intervjua predočen strukturnim grafičkim prikazima, nakon provjere se mogu postavljati pitanja tipa:

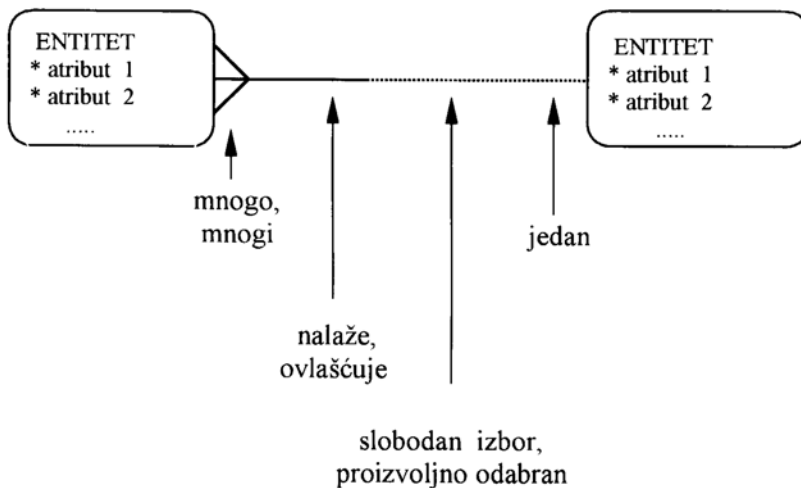
Jet li moguće izdati nalog za samo jedan proizvod u tom vremenu?  
Ako jet to moguće, jet li nužno da se proizvod uvijek istodobno proizvodi i instalira?

Izdaje li se fakutra za jedno plaćanje?  
Jet li fakura uvijek plaćena?

Informacijski će model predvidjeti detalje svih podataka potrebnih za potporu identificiranome poslovnom procesu i moći će objektivno izmjeriti veličinu modela. Međutim, očito jet da jet potrebno neusporedivo više informacija za jedan entitet nego što jet prikazano na navedenim strukturnim modelima.

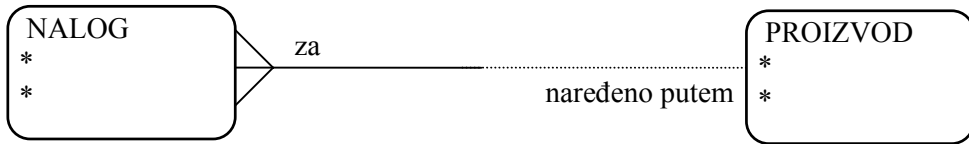
Taj veliki i složeni posao izgradnje integriranog sustava informacija podržan jet radom na računalu u CASE projektiranju (CASE Design), u programskim sustavima ORACLE i SQL, INGRESS, INFORMIX...

#### 4.9.4.3. Tehnika modeliranja



Slika 56. Modeliranje odnosa entiteta (prema Bakeru, 5)

Imenovanje odnosa entiteta (sl. 57).



Slika 57. Imenovanje odnosa entiteta (prema Bakeru, 5)

Sintaksa:

Svaki nalog mora biti izdan za jedan i samo jedan proizvod.

Za svaki proizvod može biti izdan jedan ili više naloga.

Formalna sintaksa odnosa gradi se na osnovi njezina korištenja.

Svaki (i svaki) ENTITET-A mora biti kraj - ime - 1.  
može biti

Jedan i samo jedan ENTITET - B (uvijek) (Jet li istina?)  
Jedan ili više ENTITETA - B (množina)

Vrijedi i obrnuto:

Svaki (i svaki) ENTITET - B mora biti kraj - ime - 2.  
može biti

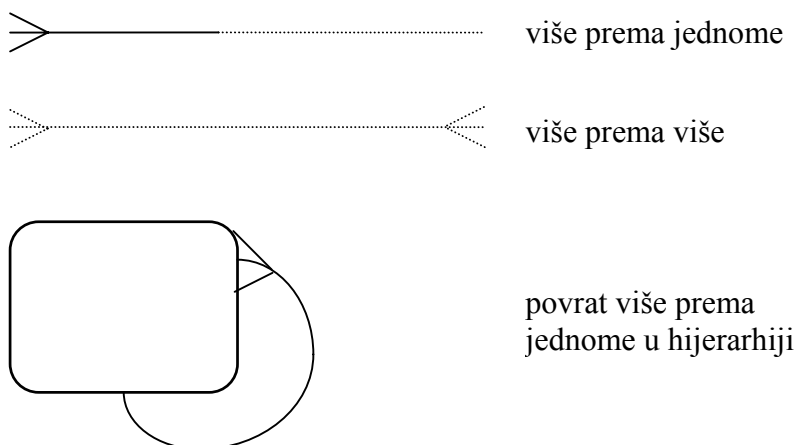
Jedan i samo jedan ENTITET - A (uvijek) (Jet li istina?)  
Jedan i više ENTITETA - A (množina)

Pitanje "Jet li istina?"

Svaki nalog uvijek mora biti izdan za jedan i samo jedan proizvod, jet li istina?

To jet razložno i pravilno pitanje. Tvrtka neće izdavati nalog za više proizvoda, već samo za jedan.

#### 4.9.4.4. Valjani odnosi



Slika 58. Valjani odnosi u izgradnji prikaza modeliranja odnosa entiteta (prema Bakeru, 5)

### 4.10. Baze podataka

Jedna od osnovnih primjena računala u poslovanju jest njihova primjena u upravljanju informacijama. No da bi računala mogla upravljati informacijama, one ponajprije trebaju biti znalački odabrane, unešene i pohranjene u obliku tablica (datoteka) odnosno baza podataka. Stoga se kao osnovno može istaknuti da jet baza podataka osnova svakoga informacijskog sustava, a obično jet definirana kao skup zajedničkih, međusobno povezanih tablica. Stvaranje baze podataka razumijeva timski rad u kojemu sudjeluju brojni stručnjaci počevši od krajnjeg korisnika preko sustav-analitičara, pa do administratora baza podataka i programera.

Organizacija baza podataka mnogo jet složenija od organizacije tablica, pa se stoga za upravljanje bazama podataka služimo sustavima za upravljanje bazama podataka.

Tablica (datoteka) skup jet podataka obično pohranjenih na nekoj sekundarnoj memoriji. Tako tipične poslove podržavaju stotine tablica koje sadrže zapise njihovih različitih aktivnosti. No da bi tablice na prikladan način udovoljile svojoj namjeni, različito se organiziraju i povezuju odgovarajućim programima.

Baza podataka jet skup sličnih tablica koje mogu biti opetovano pronađene kad god jet to potrebno. Baze podataka obično su pohranjene na neku od

sekundarnih memorija (kao što jet disk, tvrdi disk, magnetna vrpca ili neki drugi medij) i pogodne su za primjenu aplikacijskih programa kao što jet upravljački sustav baze podataka, dopunu i traženje podataka.

Baze podataka mogu biti različite ovisno o vrijednostima informacija u njima, o broju tablica i samim odnosima među njima. Tipične baze podataka jesu:

- baze podataka velikog sadržaja kakve zahtijevaju makroračunala
- baze podataka srednje velikih sadržaja koje zahtijevaju miniračunala
- baze podataka malih sadržaja koje zahtijevaju mikroračunala.

Opća funkcija baze podataka jest čuvanje podataka. To znači da se svi podaci pohranjuju ili ponovno pronalaze pomoću sustava za upravljanje bazama podataka. Opća funkcija dalje se dijeli na specifične zadatke, koji se poznaju od sustava za upravljanja bazama podataka, a oni jesu:

- kreiranje tablica (datoteka). Taj posao obuhvaća imenovanje tablice i određivanje strukture tablice
- nadopunjavanje tablica. Definicija baze podataka može biti nepotpuna ako ne podrazumijeva i unos novih podataka. To jet iznimno osjetljiv posao koji zahtijeva veliku prilagodljivost
- održavanje tablica. Budući da su pogreške česte, treba naći način za ispravljanje i održavanje baza podataka, odnosno tablica, jer se pri radu pojavljuju mnoge vrste pogrešaka. Neki primjeri pokazuju pogrešan upis naziva tablica ili podataka, nehotično brisanje važnog dijela definicije baze podataka ili unošenje netočne informacije u zapis
- osiguranje pristupa tablicama. Samo postojanje informacijskog sustava nameće potrebu osiguranja određenog fonda informacija kojima se može jednostavno i lako pristupiti kad god nekom korisniku zatrebaju određeni podaci. Pojedini sustavi različitim metodama omogućuju korisniku pristup tim podacima
- kontroliranje integriteta i sigurnost tablica. Činjenica jet da podatke koji su uneseni i pohranjeni sustav može zaštititi.

I programeri i korisnici trebaju poznavati ključ za razumijevanje strukture baze podataka, što jet polazište za upoznavanje postupaka oblikovanja podataka radi daljnje računalne obrade. Specijalizirani programeri trebaju potpunije shvatiti fizičku strukturu, a korisnici se više koncentriraju na logističke strukture baze podataka.

Upravljanje bazom podataka obavlja administrativno osoblje zaduženo za bazu podataka, koje jedino ima uvid u sve strukture baze podataka. Stoga ni jedna izmjena u strukturi podataka ne bi smjela biti provedena bez sugalsnosti i odobrenja tog osoblja.

## 4.11. Poželjna obilježja informacijskog sustava

Praktično realiziran upravljački informacijski sustav mora posjedovati određena obilježja koja se smatraju poželjnima. To ne znači da sustav koji ta obilježja nema a priori mora biti nezadovoljavajući i neodgovarajući. Naime, koliko jet pojedini sustav zadovoljavajuće kvalitete za većinu svojih korisnika, ovisi o brojnim činiteljima, kao što su tipovi aplikacija, stručnost zaposlenih koji rade na projektiranju i izgradnji informacijskog sustava i njegovih podsustava, o vrsti i obilježjima opreme i uređaja za obradu podataka itd. Ipak, obično su vrlo važni ovi činitelji: donosioci odluka moraju biti pravodobno upoznati s odgovarajućim i relevantnim informacijama za potrebe poslovnog odlučivanja. Pravodobnost i relevantnost osnovne su zadaće svakog informacijskog sustava.

Druga jet zadaća informacijskog sustava da daje odgovore na upite, ako jet moguće interaktivno i u realnom vremenu. Davanje jednokratne informacije zahtijeva velike napore u sustavnom projektiranju, ali često ima neprocjenjivu važnost.

Treće što menadžeri moraju redovito dobivati od informacijskog sustava jesu izvještaji u kojima se upozorava na probleme što ih treba rješavati u najkraćem roku. Takve informacije imaju presudnu ulogu u upravljanju jer omogućuju pravodobno ili čak preventivno reagiranje na odstupanja u funkcioniranju poslovnog sustava.

Informacijski sustav mora imati sposobnost razvoja i dograđivanja kako bi pratio promjene u poslovnom sustavu i njegovoj okolini. Ključni pojmovi pri tome jesu kompatibilnost i modularnost. Pod pojmom kompatibilnosti općenito razumijevamo pojavu da se niz modela određenog "proizvoda" koristi cjelovitom i jedinstvenom logikom projektiranja. Specifično, na području obrade podataka pod kompatibilnošću razumijevamo uređaje koji se bez preinaka mogu uzajamno priključivati i tako funkcionirati. Osim te hardverske kompatibilnosti postoje i drugi tipovi, npr. softverska kompatibilnost, priključna kompatibilnost i sl. Modularnost jet mogućnost da se "proizvod" izgrađuje u modulima, zasebnim funkcionalnim cjelinama, koje se mogu slagati u veće cjeline. Kompatibilnost i modularnost omogućuju uklanjanje nekog elementa ili podsustava, odnosno dogradnju nekoga novog elementa ili podsustava, bez negativnih posljedica za funkcioniranje sustava kao cjeline.

Informacijski sustav mora biti integralan, tj. svi se korisnici moraju služiti jedinstvenom bazom podataka.

Informacijski sustav mora biti projektiran i kreiran uz punu suradnju njegovih budućih korisnika, odnosno uz njihovu potporu. Nerijetko korisnici ne prihvaćaju rješenja novog sustava, iako su ona kvalitetnija i bolja od starih, samo zato što im jet novi sustav nametnut i što nisu sudjelovali u njegovu koncipiranju i izgradnji.

Jedno od najvažnijih obilježja uspješnoga informacijskog sustava jest njegova jednostavnost. Jednostavnost i pristupačnost koncepcije i izvedbe novog sustava moraju pridonijeti tome da ga svi njegovi korisnici brzo svladaju i prihvate.

Informacijski sustav koji se izgrađuje primjenom načela sustavnog pristupa samim će time vjerojatno posjedovati sve, ili barem većinu, tih poželjnih obilježja. Navedena lista može se dopuniti i zahtjevom da se ostvari sukladnost ciljeva informacijskog sustava i poslovnog sustava, zatim potrebom da obrada podataka bude ekonomičan proces, tj. da ostvarena korist i uštede budu veće od nastalih troškova. U informacijski sustav treba ugraditi kontrolne povratne veze, odnosno osigurati mogućnost vrednovanja svih tipova operacija u sustavu.

Navedena obilježja mogu služiti kao lista smjernica pri projektiranju i izgradnji informacijskog sustava ili njegovih podsustava u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Stalna želja za dosezanjem visoke učinkovitosti proizvodnje i poslovanja na području prerade drva i proizvodnje namještaja potiče na istraživanje i nalaženje što kvalitetnijih oblika sustava upravljanja. Svaki viši oblik sustava upravljanja bazira se na većem broju učestalih informacija i brzini njihovih preobrazbi.

Tijekom sedamdesetih godina u djelatnosti prerade drva i proizvodnje namještaja ulaze računala. Osnovni tog poteza bilo je postizanje kvalitetnijeg načina upravljanja proizvodnjom i poslovanjem te dosezanja boljih poslovnih rezultata zahvaljujući bržoj i pouzdanijoj informaciji pri donošenju pravodobnih poslovnih odluka.

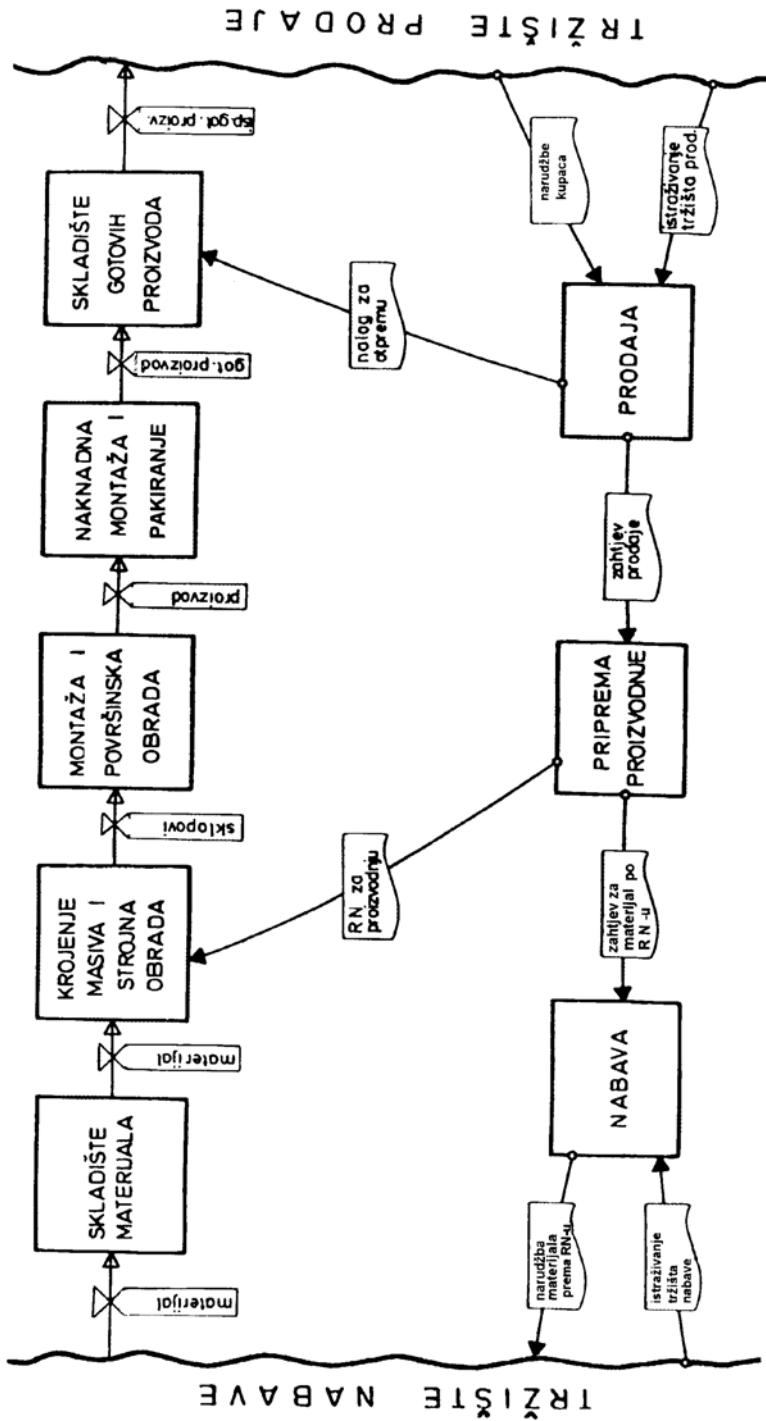
Približavanjem CAD i CAM postupku projektiranja i proizvodnje podržane računalom postižu se viši oblici sustava upravljanja proizvodnjom i poslovanjem. CAD i CAM tehnologija zasnovana je na suvremenim spoznajama i dostignućima informatičke tehnologije, elektronike, automatike, robotike i ekonomskih znanosti. Ta je tehnologija utemeljena na višim oblicima sustava upravljanja. Sustav upravljanja objedinjuje proizvodne i poslovne funkcije u cjeloviti integrirani sustav.

Na Ettingerovim\* slikama 59, 60, 61. i 62. prikazan je razvoj informacijskog sustava u proizvodnji namještaja (više vidjeti u poglavlju 6. Upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja).

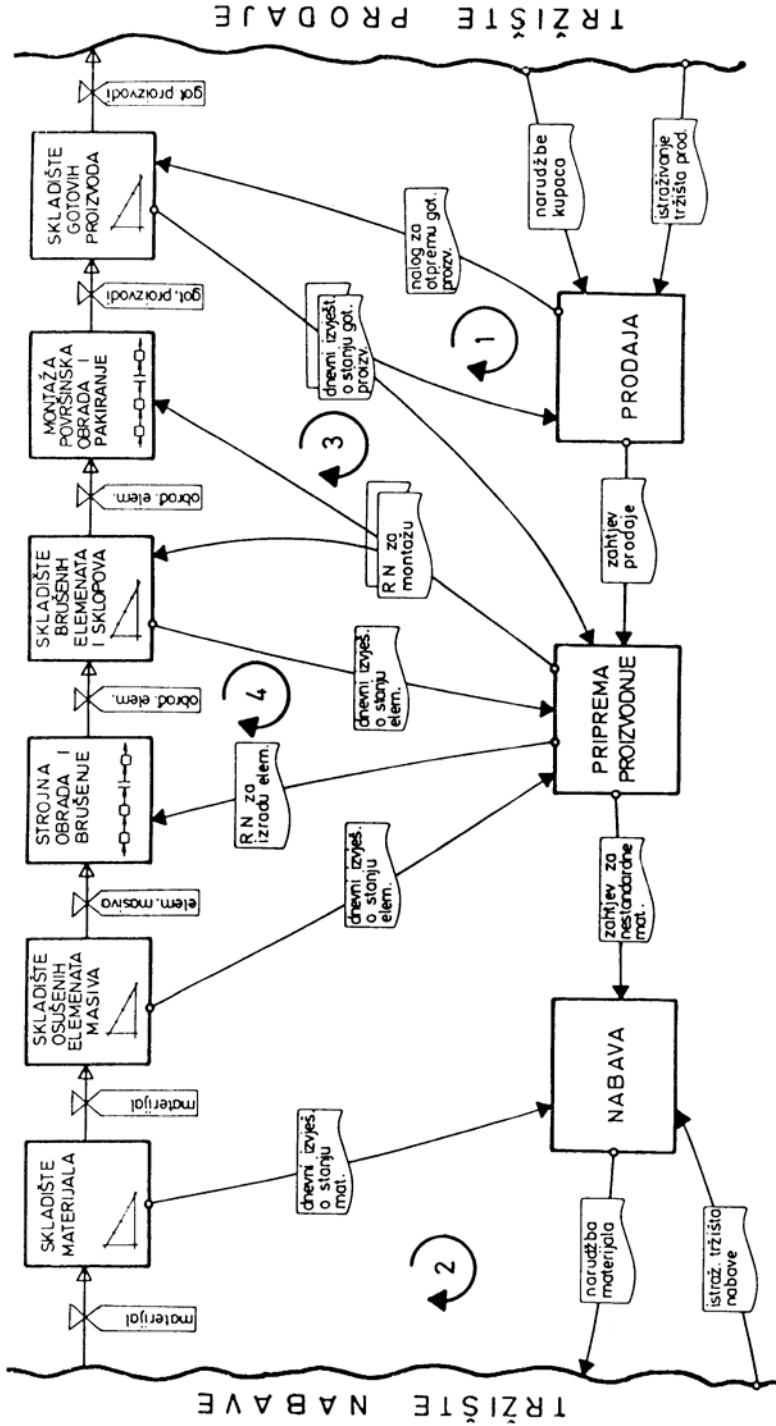
---

\* Ettinger, Z.: Karakteristični modeli upravljanja u drvenoj industriji, zbornik radova Upravljanje proizvodnim sustavima u drvenoj industriji, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za istraživanja u drvenoj industriji – Tehnički centar za drvo, Novi Vinodolski, 1990.

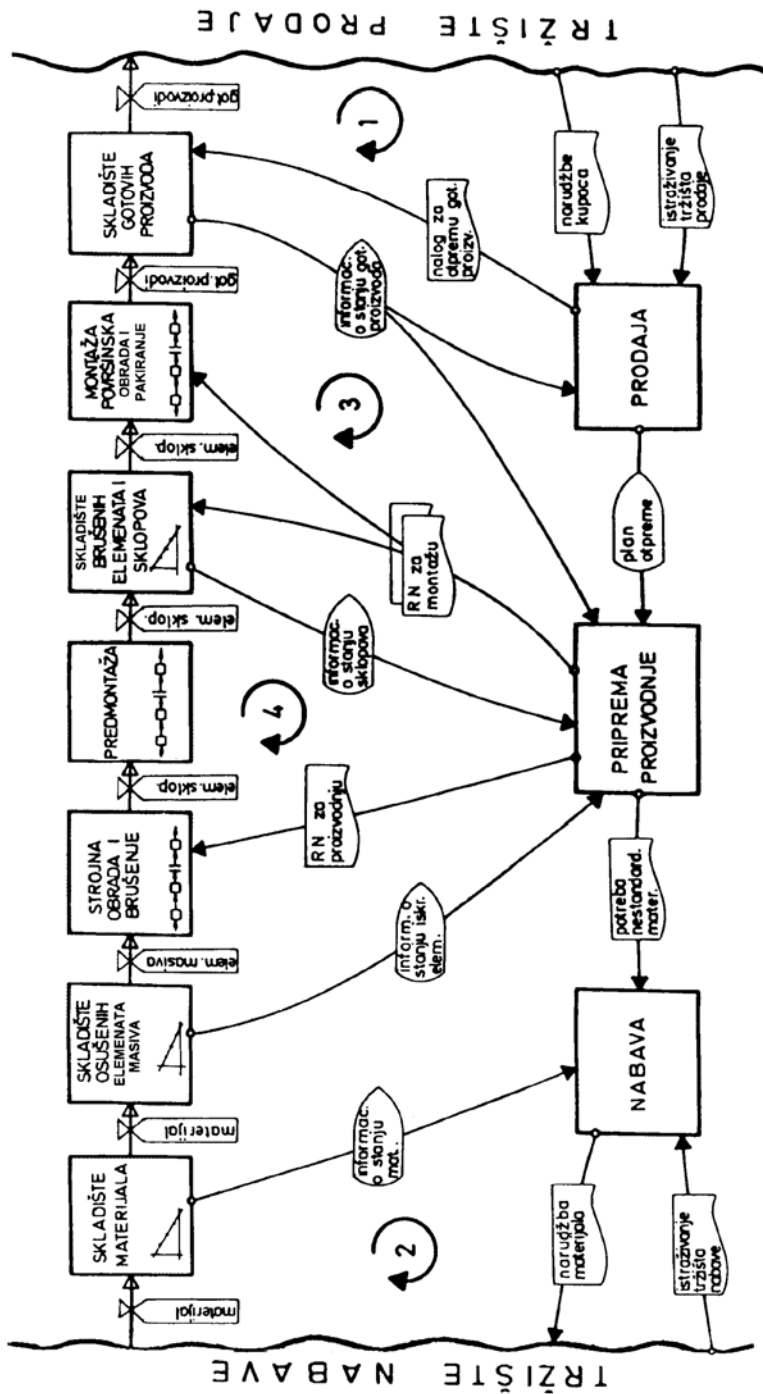




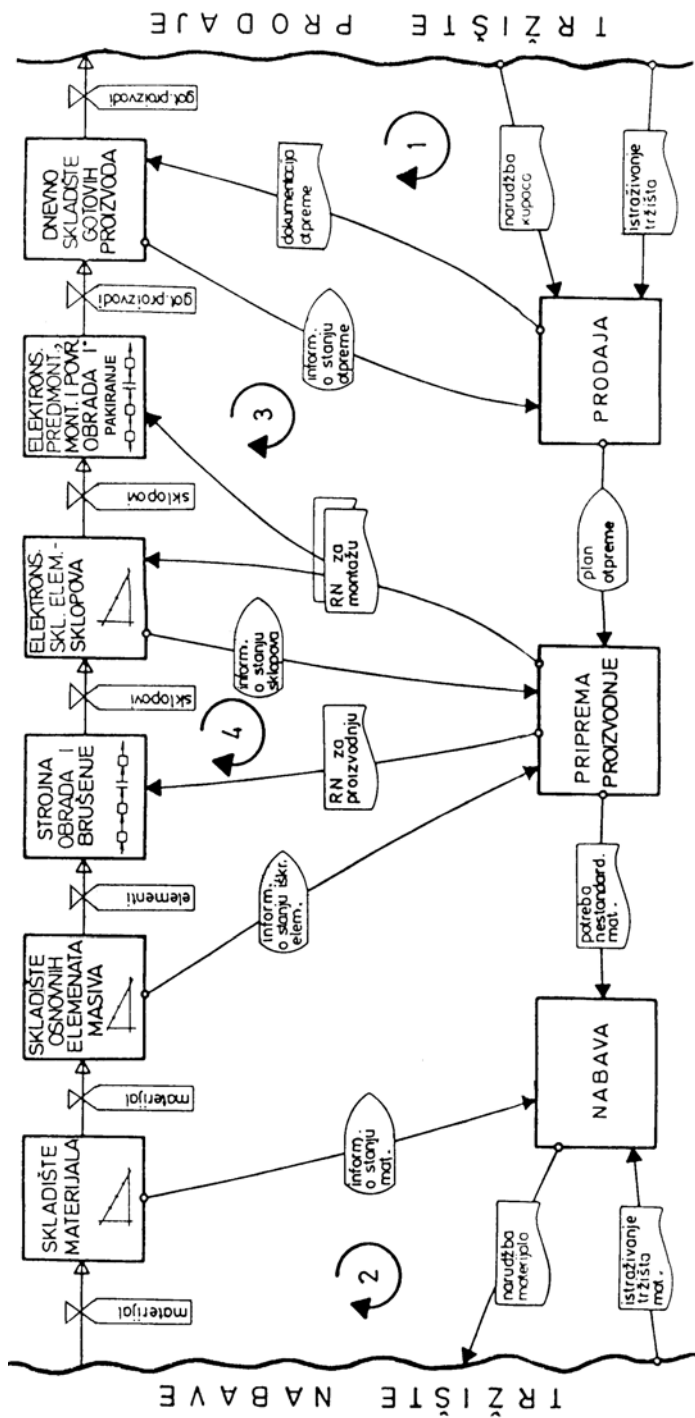
Slika 59. Blok-dijagram tradicionalnog sustava upravljanja proizvodnjom namještaja od punog drva



Slika 60. Blok-dijagram tradicionalnog sustava utemeljenog na kibernetičkim načelima upravljanja proizvodnjom namještaja od punog drva



Slika 61. Blok-dijagram kibernetičkog sustava upravljanja proizvodnjom namještaja od punog drva uz računalnu obradu podataka



Slika 62. Blok-dijagram kibernetičkog sustava upravljanja proizvodnjom namještaja od punog drva uz računalnu obradu podataka i upravljanje proizvodnim procesom



## 5. KIBERNETIKA

Treći sastavni element upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja jest kibernetika, koja je, zapravo konkretizacija sustavnog pristupa i teorije informacija. Ona je onaj treći element koji na osnovi postojećih informacija osigurava pravilan odabir optimalne tehnike i načina upravljanja sustavima. Iz same postavke ili pokušaja određenja teorije upravljanja zamjetno je da je kibernetika odraz sveobuhvatne teorije sustava. Iz toga je lako utvrditi da se teorija upravljanja zapravo bavi formaliziranim odnosima, odnosima koji su se već jedanput ostvarili i za koje se može pretpostaviti da će se ponovno pojaviti i da će ih biti moguće usmjeravati u određenom pravcu. I onda kada se u teoriju upravljanja uključi teorija vjerojatnosti, također je riječ o formaliziranim odnosima, s tim da dinamički razvoj događaja i međusobno ovisnih odnosa elemenata postaje savladiv upravo primjenom teorije vjerojatnosti.

Godine 1948. američki profesor matematike Wiener (91) kibernetikom naziva znanost o upravljanju i vezama u živim organizmima i strojevima.

Problematikom upravljanja, u cjelini ili u pojedinim fazama, bavili su se i bave se autori različitih znanstvenih oblasti i struka.

Za pojam upravljanja vezano je mnogo definicija. Jedna od najprihvatljivijih je ona prema kojoj je upravljanje skup trenutačnih akcija ili akcija tijekom vremena kojima se djeluje na sustav s namjerom da se ostvare njegovi ciljevi, odnosno ciljevi upravljanja.

Upravljanje sustavom provodi se tako da se djelovanjem na parametre upravljanja mijenjaju njihove vrijednosti. Kada je moguće djelovati na promjenu vrijednosti upravljanja, kaže se da je sustav upravljiv. Upravljanje je u biti prevođenje sustava iz nekog početnog stanja u željeno stanje.

Za ostvarenje funkcije upravljanja nužno mora postojati informacijski sustav. Informacijski sustav kao integrirani dio poslovnog sustava u današnje vrijeme razumijeva postojanje računala kao glavnog pomagala u funkcioniranju informacijskog sustava.

### 5.1. Osnovni pojmovi i načela upravljanja

Kibernetika je znanost o upravljanju složenim dinamičkim sustavima. Upravljanje se provodi radi postizanja određenog stanja sustava, a na osnovi prijama, prerade i iskorištavanja informacija.

Upravljanje (U) definira se kao skup:

$$U = \{ M, F_K, L \} \quad (19)$$

s elementima

M - matematički model sustava upravljanja

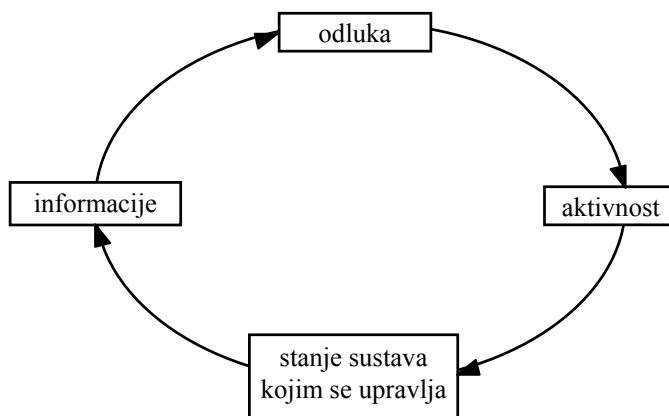
$F_K$  - kriteriji upravljanja

L - skup ograničenja.

Zadaća teorije upravljanja jest razviti metode pomoću kojih se na osnovi poznavanja elemenata M,  $F_K$ , L određuje konkretno upravljanje.

Upravljanje je prevođenje sustava u novo, unaprijed određeno stanje uz najmanji utrošak vremena, materijala i energije.

Svim je sustavima zajedničko to da je upravljanje moguće ostvariti zbog tromosti (inertnosti) sustava, odnosno sporosti reagiranja pojedinih njegovih dijelova na upravljačke odluke i trajanje izvodačkih aktivnosti.

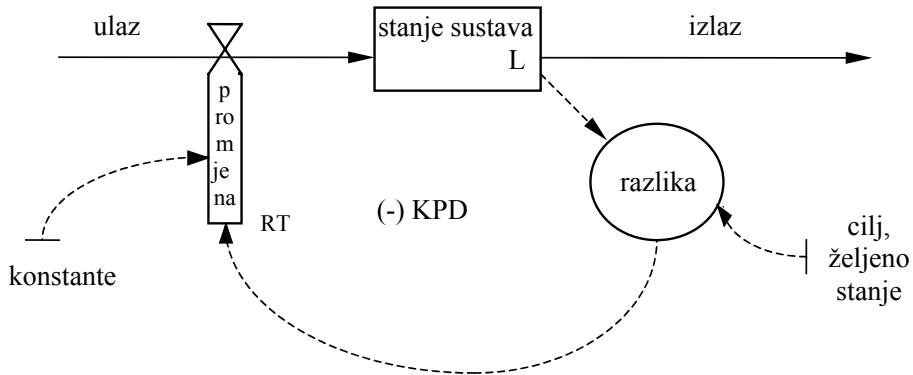


Slika 63. Paradigma upravljanja (prema Srići, 77)

U sklopu upravljanja nekim sustavom zapravo se upravlja stanjima tog sustava.

Upravljanje se ostvaruje uzročno-posljedičnim vezama (UPV), krugovima povratnog djelovanja (KPD) različitog polariteta (+, -) i zakašnjenjima.

Teorija kibernetike ustanovila je da je informacija nosilac upravljanja. Na osnovi teorije informacija kibernetika je otkrila i objasnila važnost funkcioniranja povratne veze u procesu upravljanja.



Slika 64. Upravljanje stanjima sustava (prema Munitiću, 68)

S pojavom kibernetike pojavilo se novo tumačenje mjesta i značenja informacija u materijalnom svijetu. U području znanosti očituju se dvije osnovne istine:

- prva, da bit upravljanja u živoj tvari, društvu i tehnici čini razmjenu i kruženje informacija, i to prije svega, njihova prerada
- druga, da dotadašnja predodžba o materijalnom svijetu na osnovi četiriju sastavnica- materijala, energije (kretanja), prostora i vremena, nije potpuna i da nedostaje peta komponenta - informacija.

To je stvorilo nove mogućnosti razvoja znanosti o upravljanju i drugih znanosti.

Sigurno je da informacija nije ni materijal ni energija, ali je točno i to da informacija nije nematerijalna pojava. Može se također reći da je informacija neodvojiva od materijala i energije.

Kibernetika je, u smislu definiranja značenja i zadaće informacije, usmjerila pozornost na ulogu informacije u upravljanju kao realnom svojstvu sustava u prirodi i društvu, odnosno u živoj tvari, društvu i tehnici. Otuda možda i dvojba o tome je li informacija ujedno i svojstvo nežive tvari. Znanstvena je misao suglasna u tome da je informacija imanentno svojstvo i žive i nežive tvari te da je univerzalna kao peta komponenta materijalnog svijeta.

Navedena načela upravljanja po svom su značenju opća, a na njihovim se osnovama u različitim područjima teorije i prakse mogu razvijati, i razvijaju se, posebna načela svojstvena pojedinim znanstvenim disciplinama i granama znanosti.

Okruženje neprekidno na različite načine utječe na sustav i nastoji ga dezorganizirati, poremetiti njegov rad, uništiti bit njegova djelovanja te povećati



broj stupnjeva slobode kretanja sustava. Upravljanje ima zadaću smanjiti ili potpuno utkloni nepovoljan utjecaj okruženja na sustav, ali i uzroke unutar sustava, te voditi sustav u smjeru ostvarenja postavljenog cilja.

Kibernetika kao znanost o upravljanju ne proučava sve sustave, već samo sustave s upravljanjem, tj. upravljane sustave. Ti se upravljani sustavi zovu kibernetički sustavi. Jedna od bitnih odrednica upravljanih sustava jest njihova sposobnost da mijenjaju svoje kretanje, da prelaze iz jednog stanja u drugo pod utjecajem različitih djelovanja, koja se zovu upravljačke akcije.

Kako se pod kibernetičkim sustavom, odnosno sustavom upravljanja razumijeva upravljani sustav, sustav kojim se može upravljati, u sustavu upravljanja uvijek mora postojati jedan njegov dio koji obavlja funkciju upravljanja sustavom. Pokatkad tu funkciju obavljaju dijelovi sustava koji ispunjavaju i druge funkcije, ali funkciju upravljanja najčešće obavlja za to posebno izgrađen dio sustava upravljanja. Taj dio sustava zove se upravljački dio sustava, a dio sustava kojim se upravlja zove se upravljani dio.

## **5.2. Osnovna koncepcija djelovanja kibernetičkog sustava**

Prevođenje dinamičkog sustava iz jednog stanja u drugo može biti ostvareno uz veći ili manji utrošak vremena, rada, materijala ili energije.

Upravljanje se kao univerzalno načelo (ne ulazeći u sadržaj upravljanja) sastoji od četiri osnovna elementa:

1. od uspostavljanja neposredne veze,
2. od uspostavljanja povratne veze,
3. od uspostavljanja neprekidnog toka informacija,
4. od uspostavljanja neprekidne preobrazbe informacija.

Neposrednom, povratnom vezom, protjecanjem informacija i njihovim preobražajem u instrukciju te naredbu o budućem ponašanju ostvaruje se načelo homeostaze - neprekidnog procesa uravnoteživanja složenog sustava i okruženja u kojemu se on razvija. Široko se primjenjuje u upravljanju kao univerzalnom načelu (termin homeostazis grčkog je podrijetla, a sastavljen je od grčkih riječi homos - jednaki i stasis stanje, te znači održavanje stalnoga, stabilnog stanja; u kibernetici se pod homeostazom razumijeva proces dinamičkog uravnoteživanja s okruženjem) (23).

### 5.3. Kibernetički sustavi, sustavi s upravljanjem

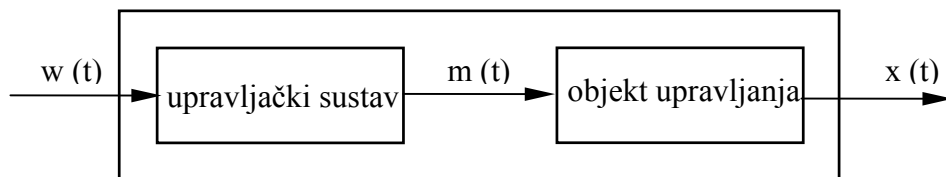
Da bi se neka specifična klasa sustava, po mnogočemu slična pripadjućem tipu sustava, razlikovala od drugih sustava, primjenjuju se različiti termini kao što su kibernetički sustavi, upravljani sustavi ili sustavi s informacijskom povratnom vezom. Ta specifična klasa sustava posjeduje mehanizam kojim se ostvaruje zadaća upravljača, koju često obavljaju specijalno konstruirani elementi sustava (u tehničkim sustavima) ili posebno imenovani dijelovi sustava (u organizacijskim sustavima) za upravljanje.

Kibernetički se sustav shematski najjednostavnije može predočiti kao sustav s dva objekta. Jedan se odnosi na upravljačke objekte, a drugi na upravljanje.

Zadaću upravljanja objedinjuje poseban sustav, povezan s objektom upravljanja.

Upravljački sustav (US) i objekt upravljanja (OU) čine sustav upravljanja. Na ulaz u upravljački sustav izvana dovodi se vodeća veličina  $w(t)$ , koja se naziva upravljačkom veličinom. U proizvodnim sustavima to je planirana ili željena veličina, tj. ona veličina koju treba postići upravljanjem. Na ulazu u objekt upravljanja oblikuje se upravljačko djelovanje  $m(t)$ . Na izlazu iz objekta pojavljuje se upravljačka veličina  $x(t)$  kao rezultat pretvaranja ili preobrazbe upravljačkog djelovanja.

Pri izgradnji sustava upravljanja polazi se od željenog ponašanja objekta upravljanja, na osnovi kojega se razvija program upravljanja. Taj program sadrži određeni skup upravljačkih djelovanja (23).



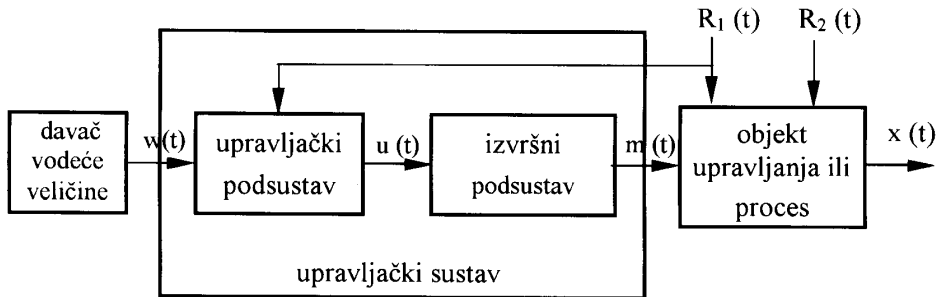
Slika 65. Skupovi upravljačkih djelovanja (prema Figuriću, 23)

#### 5.3.1. Otvoreni sustavi upravljanja

Na slici 66. nacrtana je uobičajena struktura otvorenog sustava upravljanja, u kojemu oznake  $R(t)$  predočuju - smetnje ili nepoželjne signale.

Dotadni je element sustava tzv. davač vodeće veličine, koji služi za zadavanje unaprijed izabranih veličina i njihovih vrijednosti. Taj sustav ne

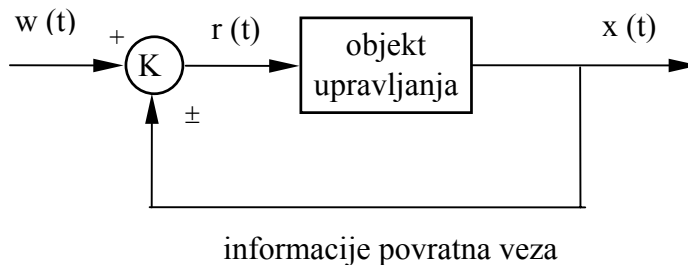
omogućuje proces optimizacije i njime se upravlja po unaprijed određenoj proceduri (planu) (23).



Slika 66. Otvoreni sustav upravljanja (prema Figuriću, 23)

### 5.3.2. Zatvoreni sustav upravljanja

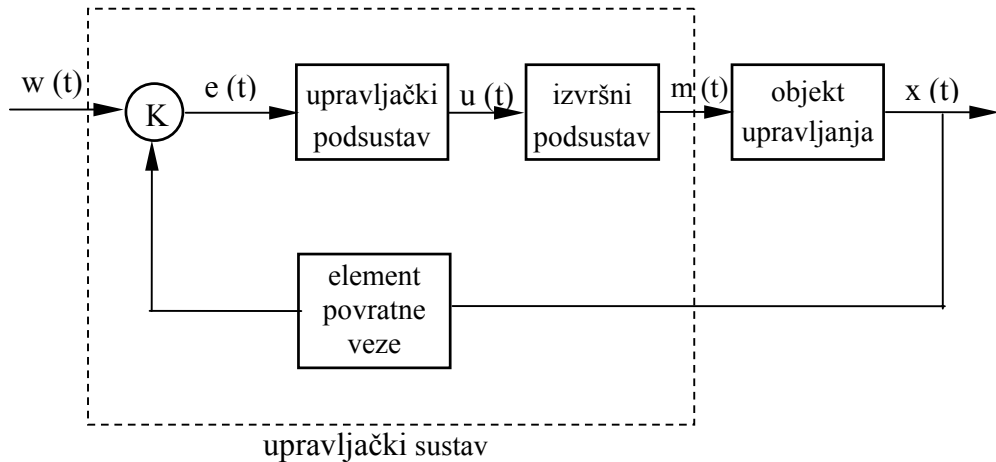
Na slici 67. dan je prikaz pojednostavnjene strukture zatvorenog sustava upravljanja. Osnovno obilježje te klase sustava jest povratna veza pomoću koje se na ulaz u sustav osim vodeće veličine  $w(t)$  dovodi i izlazna veličina  $x(t)$ , koja je nazvana upravljanom veličinom. Povratnom se vezom prenose informacije o ostvarenim ili realiziranim vrijednostima upravljane veličine  $x(t)$ . Realizirane vrijednosti upravljane veličine uspoređuju se sa željenom (planiranom) ili vodećom veličinom  $w(t)$  (23).



Slika 67. Povratna veza (prema Figuriću, 23)

To uspoređivanje obavlja se u elementu koji se naziva sabirač ili komparator (k). Na izlazu iz sabirača u svakom trenutku nastaje određeno odstupanje  $r(t)$  kao algebarski zbroj veličina  $w(t)$  i  $x(t)$  kao rezultata djelovanja povratne veze.

Na slici 68. predočena je tipična struktura zatvorenog sustava upravljanja (23).



Slika 68. Struktura zatvorenog sustava upravljanja (prema Figuriću, 23)

### 5.3.3. Entropija sustava

Entropija sustava je mjera stanja neorganiziranosti (nereda) sustava s težnjom tog sustava da s vremenom prijeđe u stanje potpune neorganiziranosti.

Nered u sustavu nastaje kao posljedica neusklađenosti ulaznih elemenata s izlaznim elementima, što znači poremećaj u strukturi sustava. Pritom zapravo pucaju veze među elementima sustava kojima se inače osigurava njegovo normalno djelovanje. To znači da se stanje nereda pojavljuje kao poremećaj strukturne ravnoteže unutar sustava. Entropija je mjera nedostatka informacija o stanju sustava.

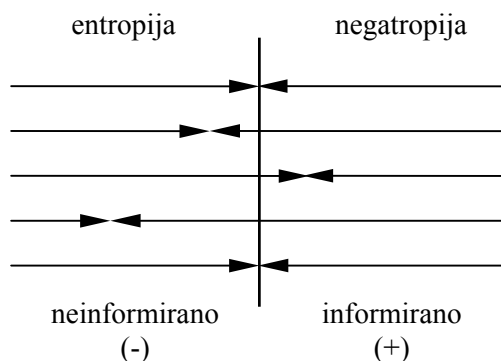
Prema Shannonu (23), entropija se izračunava prema izrazu:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i) \quad (20)$$

Kao suprotnost entropiji pojavljuje se negatropija, koja je mjera uspostavljanja organiziranog stanja u sustavu (negativna entropija). To znači da se unutrašnje uređenje svakoga konkretnog sustava uvijek nalazi između ta dva krajnja stanja.

Način opstanka i djelovanja sustava obilježava, uz ostalo, i neprestana borba među elementima, koja se izražava entropijom odnosno negatropijom. Shematski pojednostavljeno, to se može prikazati kao na slici 69.

Ako je entropija izraz i mjera neorganiziranosti, odnosno nereda, negatropija je izraz i mjera reda odnosno organiziranosti. Negatropija je po snazi jednaka entropiji, ali suprotnog predznaka, odnosno smjera očitovanja.



Slika 69. Entropijsko-negatropijski izrazi (autorov rad)

## 5.4. Optimalno upravljanje

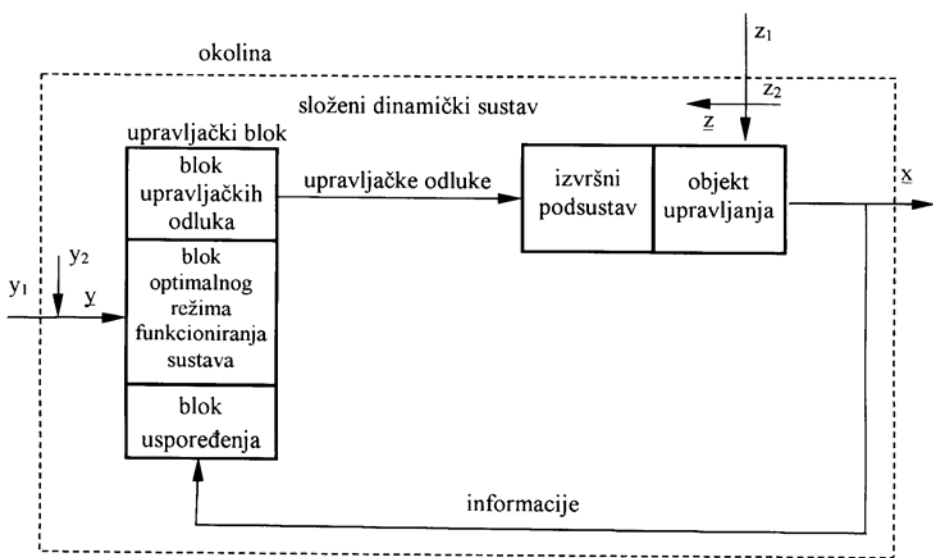
Zadaća svakog upravljanja jest aktivno djelovanje na objekt upravljanja da bi se poboljšalo njegovo ponašanje. Kako bi se mogli usporediti različiti oblici ponašanja upravljanog objekta i među njima izdvojiti najbolji, potrebno je raspolagati nekom mjerom ili veličinom koja će karakterizirati djelotvornost upravljanja. To su kriteriji djelotvornosti upravljanja, a znače mjerilo kvalitete, tj. dobrote upravljanja. Najčešće se zovu kriterijima optimalnosti.

Uzme li se u obzir bit optimalnog upravljanja, može se reći da je kibernetika znanost o optimalnom upravljanju složenim sustavima. Kibernetika je dala novi i pravi smisao optimalnom upravljanju, polazeći od toga da uz pojam optimalnog upravljanja mora stajati smisao optimalnosti koja je određena kriterijem. Na taj se način dolazi i do optimizacije.

Optimizacija pretpostavlja postojanje modela sustava upravljanja i skupa ograničenja što ih upravljačke akcije moraju zadovoljiti. U matematičkom smislu

optimizacija se svodi na pronalaženje ekstremnih vrijednosti funkcije ili kriterija uz uvjete i ograničenja zadanim jednadžbama i nejednadžbama.

Svaka varijanta upravljanja ima određenu vrijednost kriterija optimalnosti. U tom smislu, zadaća optimalnog upravljanja jest nalaženje i ostvarivanje one varijante upravljanja pri kojoj će kriterij optimalnosti imati najpovoljniju vrijednost. Zbog toga se može reći da se pod optimalnim upravljanjem razumijeva mnoštvo upravljačkih djelovanja usklađenih s ograničenjima sustava koja osiguravaju najpovoljniju vrijednost kriterija optimalnosti (23).



Slika 70. Pojednostavnjena blok-shema mehanizma optimalnog upravljanja složenim dinamičkim sustavima (prema Figuriću, 23)

Za ostvarivanje optimalnog upravljanja prijeko je potrebno:

- definirati određeni, željeni cilj djelovanja sustava,
- osigurati pritjecanje informacija o stvarnom stanju i ponašanju objekta upravljanja sustava i njegova okruženja koja utječu na sustav,
- osigurati mogućnost stalnog uspoređivanja informacija s određenim željenim ciljevima da bi se ustanovilo moguće odstupanje ponašanja objekta upravljanja u sustavu od postavljenih ciljeva,

- d) ako ponašanje objekta upravljanja odstupa od postavljenih ciljeva, treba osigurati utvrđivanje upravljačkog utjecaja (upravljačke odluke) kojom će se odstupanje ukloniti,
- e) osigurati prenošenje upravljačkog utjecaja (upravljačke odluke) na objekt upravljanja kojim će se vratiti u predviđeno, željeno stanje (23).

## **5.5. Osnovna koncepcija tvrtke zasnovane na kibernetičkim načelima**

Na osnovi navedenoga može se identificirati osnovna koncepcija djelovanja tvrtke zasnovane na kibernetičkim načelima. Koncepcija djelovanja razumijeva:

1. Uspostavljanje uzročno-posljedničnih veza između elemenata sustava.
2. Upravljanje nužno znači postojanje, tzv. neposredne veze od upravljačkog podsustava do izvršnih podsustava kojom se prenose instrukcije i nalozi izvršnim organima o tome što i kada trebaju raditi.
3. Upravljanje razumijeva postojanje, tzv. povratne veze od izvršnih podsustava do upravljačkog podsustava. Njome se podsustavima upravljanja prenose informacije o radu, strojevima i uvjetima izvršenja instrukcija dobivenih od upravljačkih podsustava. Zahvaljujući povratnoj vezi, budući se postupci prilagođavaju potrebama na osnovi prethodno obavljenog rada.
4. Obvezatna sastavnica upravljanja jest neprekidan tijek informacija putem veza, i to između podsustava upravljanja i izvršnih podsustava (tzv. nepovratne veze) te između izvršnih podsustava i podsustava upravljanja (tzv. povratne veze).
5. U sklopu upravljanja mora biti osigurano neprekidno preoblikovanje informacija koje se obavlja u podsustavu upravljanja iz oblika obavještajne informacije u informaciju zaključak - instrukciju za upravljanje.
6. Osnovni problem u primjeni suvremene teorije upravljanja jest potreba za posjedovanjem što točnijeg modela upravljanja. Valja imati na umu da se projektira upravljanje na osnovi modela, a stvarna se primjena obavlja na realnom sustavu. To znači da suvremene metode upravljanja trebaju osigurati što manju različitost objekta upravljanja i odgovarajućeg modela.
7. Jedan od važnijih problema viševarijabilnih sustava upravljanja jest problem usklađivanja integriteta većeg broja povratnih veza. Drugi znatan problem u upravljanju takvim sustavima jesu razna strukturna ograničenja koja se mogu postaviti sustavu upravljanja i informacijskom sustavu. Suvremena teorija upravljanja zahtijeva mjerenje svih promjenjivih činitelja koji određuju stanje procesa. U velikom broju primjera realna fizičko-tehnička ograničenja ne dopuštaju mjerenje svih promjenjivih činitelja procesa. Kad bi to i bilo moguće, odgovarajući bi mjerni sustav, a samim time i sustav upravljanja, po pravilu bio pouzdan.

Bolje razumijevanje upravljačkih odluka i izvršnih aktivnosti omogućuju modeli sustava. Modeliranjem i simuliranjem događaja u vremenu omogućuje se učenje i zaključivanje o ponašanju realnog sustava (23).

## **5.6. Upravljanje proizvodnjom pomoću računala**

Razvoj suvremene koncepcije teorije i prakse upravljanja najuže je povezan sa sve većom primjenom novih tehnologija u obradi informacija. Kada se danas govori o uvođenju automatizacije višeg stupnja u procese upravljanja proizvodnjom, misli se na primjenu i uvođenje računala u upravljački proces. Pojava računala i primjena metoda i sredstava upravljanja na osnovama primjene računala uvjetovana je objektivnim potrebama razvoja suvremene proizvodnje, sve većim i sve složenijim funkcijama upravljanja, povećanjem obujma proizvodnje, kao i njezinom sve većom koncentracijom. Primjena računala ubrzava obradu i prijenos velike količine informacija potrebnih za donošenje upravljačkih odluka. Matematičko modeliranje pomoću računala omogućuje da se u kratkom vremenu razmotri velik broj varijantnih rješenja upravljanja, odnosno da se razmotri više mogućih upravljačkih odluka te da se prepozna i odabere najpovoljnija među njima.





## **6. UPRAVLJANJE PROIZVODNOM U PRERADI DRVA I PROIZVODNI NAMJEŠTAJA**

U ovom je udžbeniku pristup upravljanju proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja sustavni i modelski. U literaturi se može prepoznati više tipičnih pristupa ovisno o strukturi sustava modela, tj. o broju elemenata sustava, načinu njihova povezivanja i broju veza između njih.

### **6.1. Povijesni osvrt na upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Unatrag četrdesetak godina nekolicina naših stručnjaka znanstveno se i praktično bavila rješavanjem problema upravljanja i pripreme proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja. Svakako treba spomenuti autore radova s tog područja: Dragoljuba Krstića, Roka Benića, Zvonimira Ettingera, Zdravka Fučkara i Mladena Figurića.

Davne 1959. godine prof. Dragoljub Krstić objavio je knjigu u četiri dijela o pripremi proizvodnje s naslovom Tehnička priprema rada u drvojoj industriji za pogone finalne proizvodnje. To je prva knjiga s tom tematikom objavljena u nas.

Knjiga je vrlo sustavno napisana i obrađuje zadatke u svezi s tehnološkom i operativnom pripremom te studijem rada.

U dijelu o tehnološkoj pripremi autor je obradio postupak konstrukcijskog oblikovanja proizvoda, zadatke vezane za taj postupak te opis i primjenu normi i tolerancija u proizvodnji namještaja. Popis i opis tehnološke dokumentacije sustavno je i temeljito prikazao formularima i hodogramom njihova tijeka u pogonima za proizvodnju namještaja.

Planiranje i pripremu materijala razvio je iz konstrukcijskog oblikovanja proizvoda. Opisao je i prikazao sve potrebne dokumente kao i metode utvrđivanja zaliha materijala minimax tehnikom. Na osnovi toga dao je prikaz industrijske kalkulacije za proizvode.

U knjizi je temeljito obrađen studij rada, posebno studij pokreta i prikazan niz praktičnih primjera iz proizvodnje namještaja.

Konstrukcijsko oblikovanje proizvoda usklađeno je s postojećom tehnološkom opremom, alatima i napravama.

Autor u knjizi definira poslove tehničke kontrole tehnološkog procesa, vrste kontrole, škarta, popratne dokumentacije i kontrole po fazama tehnološkog procesa, kao i obradu podataka u svezi s kontrolom.

Na području operativne pripreme Krstić daje metode i tehnike utvrđivanja i balansiranja kapaciteta, te proračune veličina serija na osnovi tehno-ekonomskih parametara.

Vrlo sustavno obrađuje planiranje proizvodnje, te na mnoštvu primjera i obračuna kapaciteta i ciklusa proizvodnje razrađuje operativne planove.

U knjizi je temeljito obrađen proizvodni ciklus, tj. kretanje materijala kroz proizvodnju namještaja. Na osnovi toga izrađeni su terminski planovi i utvrđen konačan redoslijed izvođenja radnih naloga.

Putem dokumenata (prikazom formulara, opisom i njihovim tijekom) prati se izvršenje radnih naloga i usklađuje s terminskim planom proizvodnje u proizvodnji namještaja.

Krstićeva knjiga bila je velik doprinos razvoju pripreme proizvodnje. Ona je dugo bila putokaz razvoja upravljanja proizvodnjom namještaja.

Sedamdesetih godina (1971. g.) Benić (11) objavljuje knjigu Organizacija rada u drvenoj industriji. U knjizi Benić definira proizvodni proces s ciljem proizvodnje dobara koja se stavljaju na raspolaganje potrošačima bilo izravno ili putem trgovačke mreže. Definira obrtnički, manufakturni i industrijski način proizvodnje. Industrijski način proizvodnje opisuje usporednim prikazom tipova proizvodnje i njihovih obilježja. Na taj način daje elemente suvremenog pristupa upravljanju proizvodnji namještaja.

Objašnjava trajanje proizvodnog ciklusa u proizvodnji.

Opisuje sustav lančanog rada, konvejera, rad na traci te ih usko povezuje s mehanizacijom i automatizacijom u industriji.

Benić je veliko poglavlje knjige posvetio planiranju i pripremi rada. Naglasak stavlja na predviđanje i povezuje ga s planiranjem proizvodnje i pripremom rada. U pripremu rada pripada organizacija radova u proizvodnji uređena tako da rad može teći bez zastoja. Definira mjesto, strukturu i opisuje djelokrug njezina rada. Uvodi funkciju upravljanja proizvodnjom s njezinih trideset funkcija koje prožimaju ukupni poslovni sustav tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Autor u knjizi objašnjava proces i postupak planiranja proizvodnje u pripremi drva i proizvodnji namještaja: daje analize tržišta i mogućnosti prodaje proizvoda, definiranja proizvoda, oblikovanja i konstruiranja proizvoda, planiranja proizvodnje, tijekova materijala i tehnološkog procesa te pripreme radnog naloga.

U radu se daje prikaz pripreme radnog naloga osiguranjem materijala i utvrđivanjem signalnih zaliha materijala, pripremom i ispisom tehnološke i operativne dokumentacije u pogonima za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Cjelovito, teorijski i primjerima autor, na osnovi ekonomskih parametara proizvodnje objašnjava nekoliko formula utvrđivanja veličine serije radnog naloga.

Usustavljenim pristupom planiranju, pripremi rada i upravljanju proizvodnjom BeniĆ daje veliko značenje tom području u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Sektor tehničke pripreme stalno treba pratiti izvršavanje radnog naloga, jer samo takvo temeljito praćenje omogućuje uočavanje svih manjkavosti propisanog postupka izrade proizvoda, a time se stvaraju i mogućnosti korekcije u realizaciji drugih radnih naloga.

Zadaća tehničke pripreme ne iscrpljuje se s izdavanjem radnog naloga i podloga za izvođenje rada (11).

Brojni naraštaji studenata naučili su značenje pripreme rada i upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja.

Ettinger se u znanstvenoj i stručnoj literaturi pojavljuje početkom šezdesetih godina (1962. g.) radom o tehničkoj pripremi proizvodnje. Njegovi kasniji radovi s područja upravljanja proizvodnjom usmjereni su izgradnji kibernetičkih sustava u preradi drva i proizvodnji namještaja. Izgradio je pristup o "naprednim oblicima sustava upravljanja proizvodnjom i poslovanjem u drvnoj industriji".

Godine 1978. definirao je pet osnovnih oblika sustava s njihovim specifičnim obilježjima i ograničenjima:

1. tradicionalni oblik sustava (nekibernetički oblik),
2. tradicionalni oblik sustava na kibernetičkim načelima,
3. kibernetički oblik sustava uz potporu računala,
4. kibernetički oblik sustava uz potporu računala i računalno upravljanje dijelovima proizvodnog procesa,
5. kibernetički oblik sustava uz potporu računala i računalno upravljanje cjelokupnim proizvodnim procesom.

Za te je sustave izgradio informacijsko-upravljačke sustave.

Te svoje koncepcije projektiranja kibernetičkog sustava uvodio je u tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja. U svojim se radovima zalaže za uvođenje mehanizacijskih sredstava u pripremu proizvodnje radi manjeg angažiranja zaposlenih na poslovima umnožavanja dokumenata, a kasnije za uvođenje računala i računalnu obradu podataka.

Ettinger je pionir u metodološkom pristupu ostvarivanja kibernetičkog sustava upravljanja industrijskim procesom proizvodnje.

Taj trend nastavlja i Fučkar (1976. g.) svojim sustavnim pristupom obogaćujući ga spoznajama teorije sustava.

Svoj pristup gradi na prepoznavanju događaja i stanja u sustavima. Stvarna stanja realnih sustava znatno se razlikuju od "željenih". Zbog toga Fučkar izgrađuje informacijsko-upravljački sustav kako bi stvorio sustav koji će funkcionirati kao cjelina. Pritom želi postići razumijevanje i uočavanje poremećaja u sustavu te "razmišljanje" i upravljanje putem kola povratnog djelovanja. U tu svrhu upotrebljava i objašnjava znanja iz teorije sustava,

operacijskih istraživanja, kibernetike i linearnog programiranja. U svoje radove uvodi vremensku dimenziju - dinamiku koja vlada u sustavima i u procesu upravljanja proizvodnjom, te spoznaje o međusobnoj ovisnosti elemenata sustava, stanja, događaja i aktivnosti.

Svoje ideje o upravljanju proizvodnjom i potporu upravljanju, kao i matematičke modele, metode i tehnike uvodi u niz tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja.

U kasnijim radovima zalaže se za uvođenje računala i računalne obrade podatka u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Krajem sedamdesetih godina (1978. g.) radove o problematici upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja objavljuje i Figurić. Radovi iz tog vremena obrađuju problematiku upravljanja zalihama materijala u proizvodnjama tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja.

U kasnijim radovima Figurić prepoznaje karakteristične modele upravljanja proizvodnim procesom. Uočava da promjene razine zahtjeva za količinama gotovih proizvoda važan su čimbenik u odabiru modela upravljanja proizvodnjom u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja. Razlog tome je nedvojbena utjecaj tržišta kao vanjskog okruženja tvrtke. Pri tome se on očituje dvama osnovnim pristupima upravljanju proizvodnjom:

1. radom za poznatog kupca, putem narudžbi,
  2. radom za nepoznatog kupca ili, drugim riječima, rad putem zaliha.
- Na osnovi toga autor prepoznaje tip industrijske proizvodnje. U prvom slučaju to je pojedinačna, a u drugome serijska ponavljajuća i masovna proizvodnja.

Na tom pristupu izgrađuje četiri tipična modela upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja:

1. rad po narudžbi za poznatog kupca,
2. rad po narudžbi za poznatog kupca (specijalizacija po vrsti proizvodnje i proizvoda),
3. rad po narudžbi za poznatog kupca,
4. rad po narudžbi za nepoznatog kupca.

Tim pristupom upravljanju proizvodnjom Figurić otvara vrata u to vrijeme budućim, zapravo današnjim, suvremenim koncepcijama upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja.

Radovi područja upravljanja proizvodnjom zasnivaju se na teoriji sustava, informacija, kibernetike i suvremenog pristupa funkcioniranju i organizaciji ukupnoga poslovnog sustava tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja.

Figurić ispravno uočava da se globalno upravljanje tvrtkom ostvaruje upravljanjem tijekomima materijala (logistika).

Izgrađuje sedam modula koji čine osnovu upravljanja proizvodnjom i poslovanjem u tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja. Na osnovi tih modula oblikuje modularni i parcijalni pristup izgradnji informacijsko-upravljačkog sustava, što u praksu provodi u nizu drvnoindustrijskih tvrtki.

U kasnijim radovima svoj pristup izgradnji optimalnog režima poslovanja tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja obogaćuje spoznajama dobivenim operativnim istraživanjima.

Na temelju novih spoznaja gradi koncepciju suvremene proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja. Ona se zasniva na prepoznavanju tehnoloških procesa i uvođenju fleksibilnih tehnoloških sustava u proizvodnju. Time je dokraja otvorio vrata suvremenim koncepcijama upravljanja proizvodnjom zasnovanima na cjelovitom upravljanju proizvodnjom uz potporu računala (CIM).

Svoje bogato znanje i spoznaje objavio je u brojnim radovima i knjigama namijenjenim stručnjacima za preradu drva i proizvodnju namještaja te studentima, budućim inženjerima drvne tehnologije.

## **6.2. Karakteristični tehnološki procesi u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Proces (1.2) skup je međusobno ovisnih sredstava i radnji koji preoblikuje ulazne elemente u izlaze. Ta sredstva mogu obuhvaćati osoblje, financijska sredstva, postrojenja, opremu, tehnike i metode (95).

Proces rada proizvodnih sustava u općem predložen je na slikama 71. i 72.

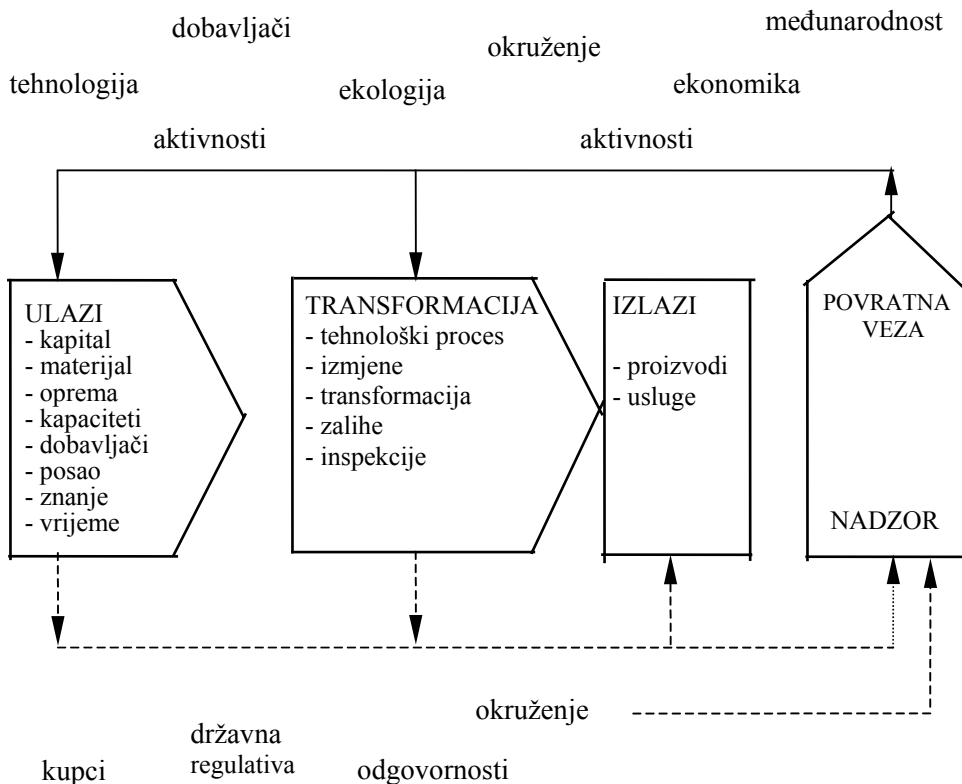
Tehnološki je proces dio proizvodnog procesa koji obuhvaća rad na proizvodnim radnim mjestima. On je za različite proizvode različit i čini zaokruženu cjelinu. Tehnološki proces sadrži metode rada na radnim mjestima, režime rada, vremena i složenost poslova koji se obavljaju pri izradi proizvoda (23).

Tehnološki procesi definiraju:

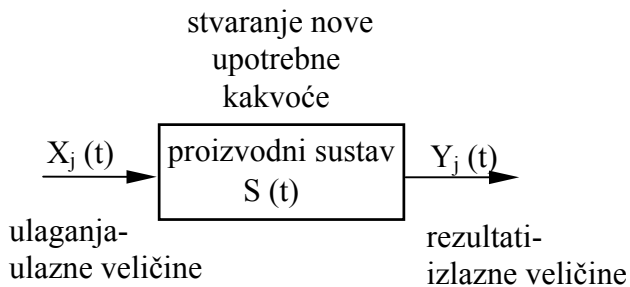
- izbor materijala, dijelova, podsklopova, sklopova
- redoslijed operacija, izbor opreme za svaku operaciju, izbor alata i kontrolu proizvodnog procesa za svaki proizvod koji se izrađuje.

Tehnološki procesi u preradi drva i proizvodnji namještaja mogu se podijeliti na:

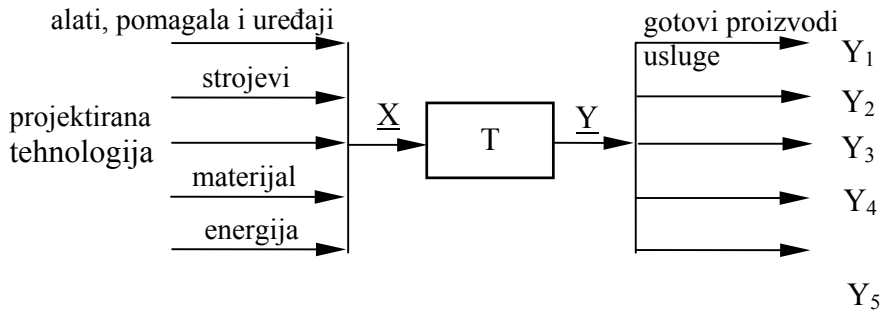
- tehnološke procese proizvodnje sirovina
- tehnološke procese proizvodnje poluproizvoda
- tehnološke procese proizvodnje podsklopova
- tehnološke procese proizvodnje gotovih proizvoda (23).



Slika 71. Tehnološki proces (prema Stivensonu, 78)



Slika 72. Proizvodni sustav (prema Figuriću, 23)



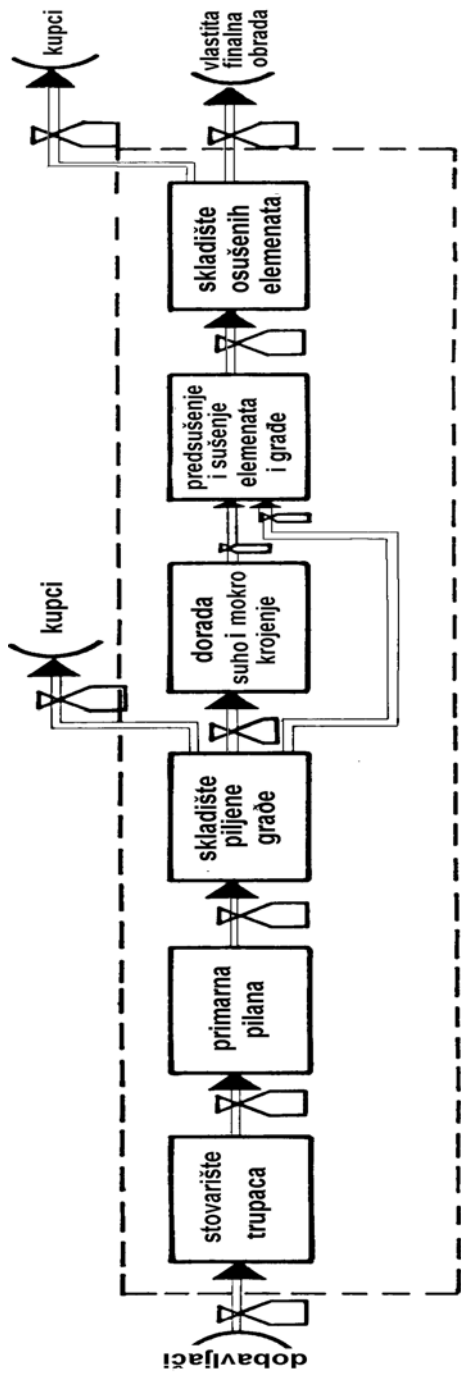
Legenda: T- tehnološki proces,  $\underline{X}$ - ulazni elementi,  $\underline{Y}$ - izlazni elementi

Slika 73. Tehnološki proces (prema Figuriću, 23)

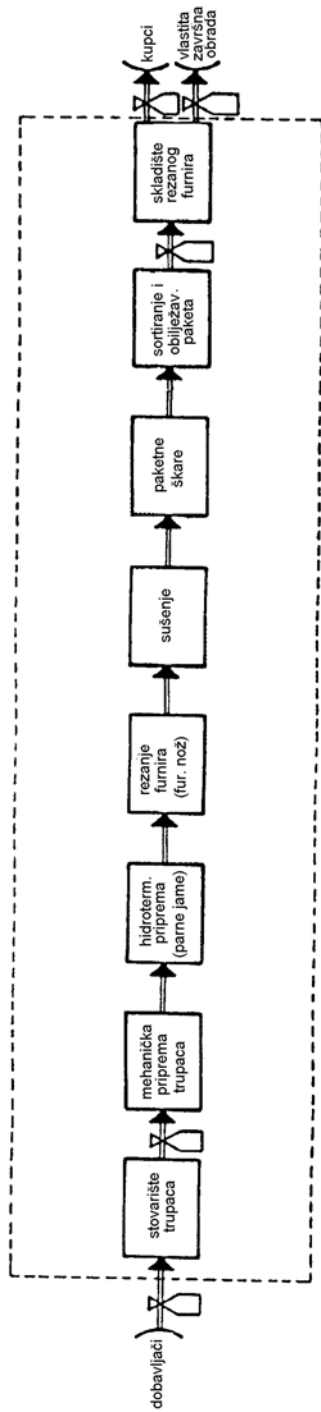
Svakom tipu tehnološkog procesa odgovara određena vrsta tijeka materijala. Tehnološki se proces može shematski prikazati blok-dijagramom, kojim je općenito prikazan svaki sustav orijentiran na davanje neke izlazne vrijednosti. Na slikama 74-79. dani su osnovni karakteristični tehnološki tijekovi proizvodnih procesa u preradi drva i proizvodnji namještaja. To su:

- proizvodnja piljene građe, sušene građe i nesastavljivog materijala (sl.74)
- proizvodnja furnira, šperploča, panel-ploča, ploča iverica te drugih panela i ploča
  - proizvodnja furnira rezanjem drva (sl. 75)
  - proizvodnja furnira ljuštenjem drva, izrada šperploča i otpresaka (sl. 76),
  - proizvodnja ploča iverica i oplemenjenih ploča iverica (sl. 77)
- proizvodnja namještaja
  - proizvodnja namještaja (kombinacija panel-ploča i punog drva) (sl. 78)
  - proizvodnja ojastućenog namještaja (sl. 79).

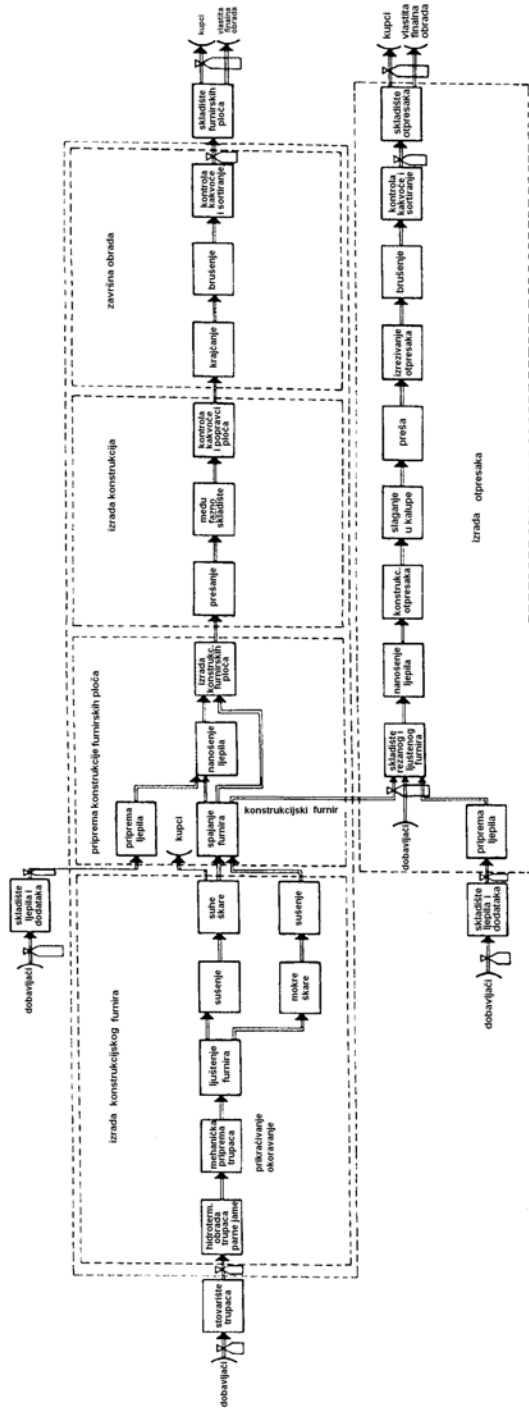




Slika 74. Proizvodnja piljene građe, osušene i nesastavljivog materijala (prema Figuriću, 23)

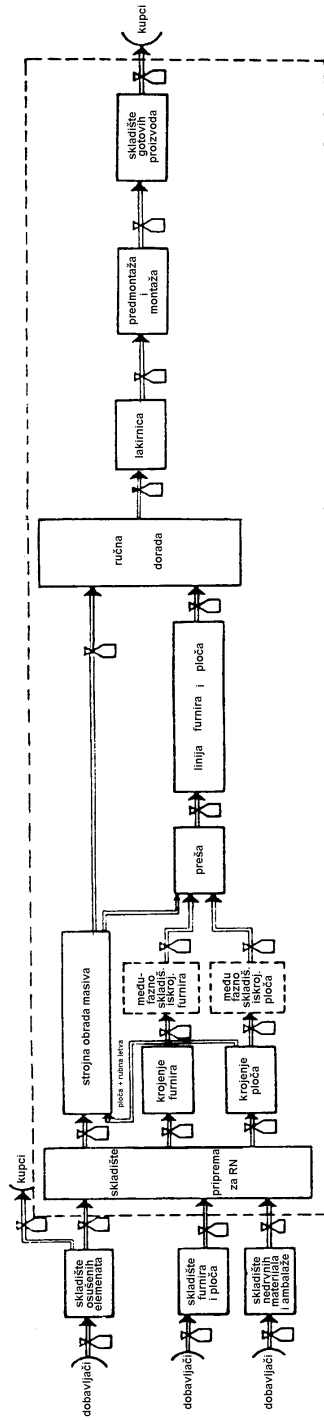


Slika 75. Proizvodnja rezanog furnira (prema Figuriću, 23)

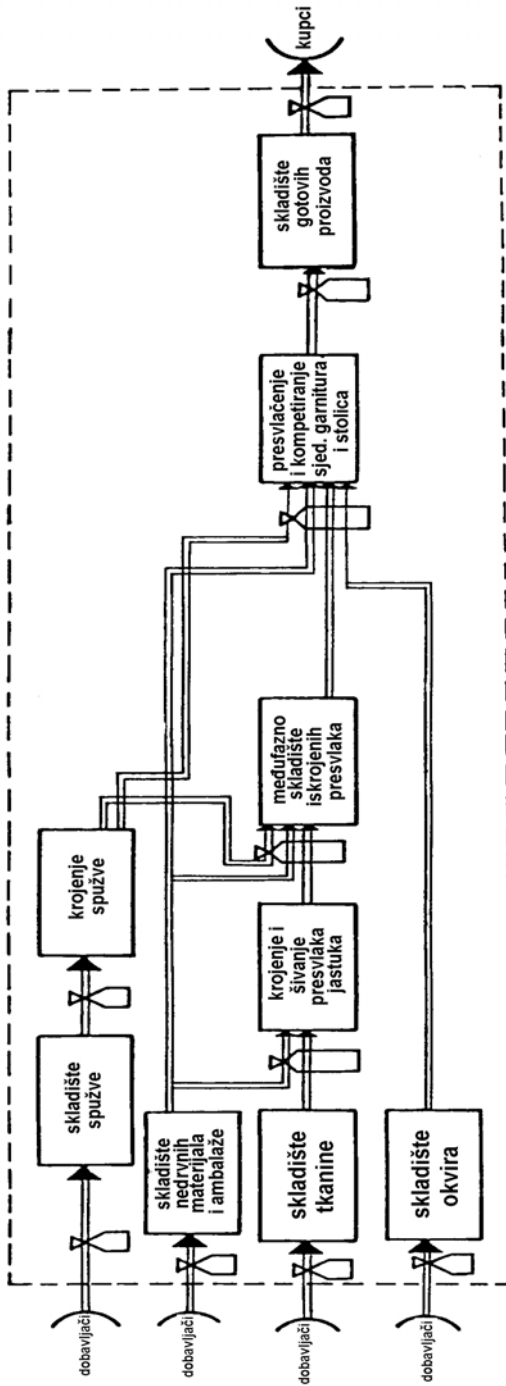


Slika 76. Proizvodnja ljuštenog furnira, izrada konstrukcijskih ploča i otpresaka (prema Figuriću, 23)





Slika 78. Proizvodnja namještaja (kombinacija panelnih ploča i punog drva (prema Figuriću, 23)



Slika 79. Proizvodnja ojaštuenog namještaja (prema Figuriću, 23)

### **6.3. Karakteristični modeli proizvodnih sustava u preradi drva i proizvodnji namještaja s obzirom na složenost strukture i način upravljanja**

Ako se faze proizvodnje shvate kao proizvodne jedinice poslovnog sustava za preradu drva i proizvodnju namještaja, mogu se radi preglednosti izdvojiti ovi karakteristični modeli proizvodnih sustava:

1. proizvodni sustavi jednostavne fazne strukture,
2. proizvodni sustavi redno složene fazne strukture,
3. proizvodni sustavi paralelno složene fazne strukture,
4. proizvodni sustavi redno paralelno složene fazne strukture (23).

#### **6.3.1. Proizvodni sustavi jednostavne fazne strukture**

Proizvodni sustavi jednostavne fazne strukture jesu oni u kojima se prerada sirovina, odnosno izrada proizvoda obavlja u samo jednoj fazi proizvodnje.

Kao primjer proizvodnog sustava jednostavne fazne strukture može se navesti proizvodnja piljene građe (primarne pilane, bez dorade) organizirana kao samostalni proizvodni sustav. Trupci za preradu u svim procesima kupuju se na tržištu. Piljena se građa isporučuje tržištu kao poluproizvod za daljnju obradu. Iako se takvi procesi smatraju proizvodnim sustavima jednostavne fazne strukture, najčešće su složeni od više tehnoloških faza: stovarišta trupaca, proizvodnje piljene građe i uskladištenja. S obzirom na to da ti proizvodni procesi po pravilu čine samo jednu tržišnu fazu proizvodnje, mogu se nazvati proizvodnim sustavima samo jedne proizvodne faze (23).

#### **6.3.2. Proizvodni sustavi složene fazne strukture**

Proizvodni sustavi složene fazne strukture mogu se razvrstati u tri osnovne skupine:

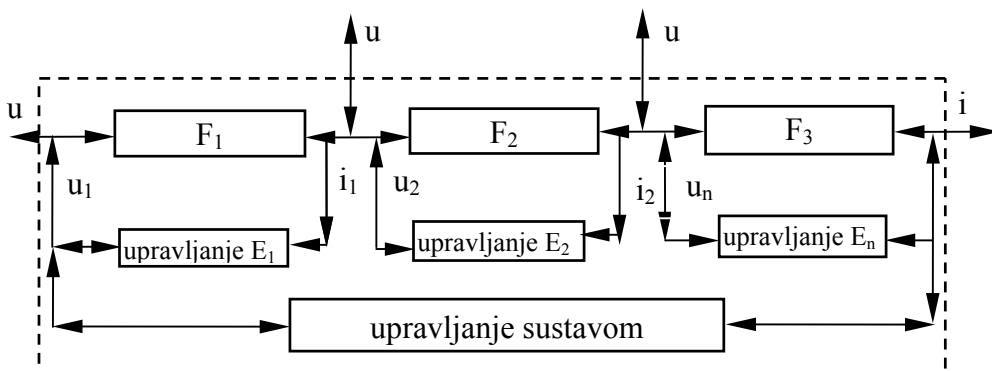
1. proizvodne sustave redno (postupno) složene strukture,
2. proizvodne sustave paralelno složene strukture,
3. proizvodne sustave redno-paralelno složene strukture (23).

To je osnovna podjela složenih proizvodnih sustava promatrana s motrišta tržišta. Danas se ti sustavi nazivaju hijerarhijskim sustavima upravljanja proizvodnjom.

### 6.3.3. Proizvodni sustavi redno (postupno) složene strukture

Osnovno obilježje proizvodnih sustava redno složene strukture jest da se završeni (gotovi) proizvod izrađuje tako da se određena piljena građa postupno preraduje u procesima koji su međusobno redno (postupno) vezani. Shema takvog tijeka proizvodnje predočena je na slici 80.

Sa slike se vidi da svaki fazni proces ima svoj ulaz i izlaz. Svaki izlaz iz prethodne faze dio je ukupnog ulaza u sljedeću fazu prerade materijala. Treba još uočiti da iz sustava postoji samo jedan izlaz gotovih proizvoda na tržište, a on se nalazi u posljednjoj fazi prerade.



Legenda:  $F_1$  - proizvodnja piljene građe,  $F_2$  - doradna pilana i sušionica drva,  
 $F_3$  - proizvodnja namještaja od punog drva

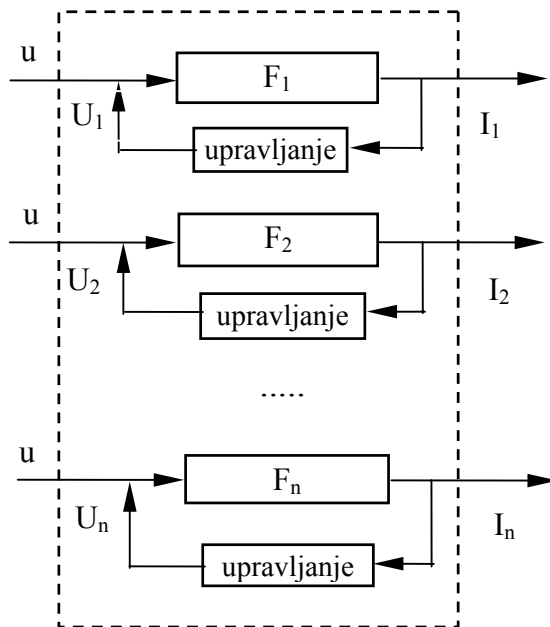
Slika 80. Model proizvodnog sustava redne (postupne) fazne strukture  
(modificirano prema Figuriću, 23)

Karakterističan primjer tog tipa proizvodnog sustava jest proizvodnja namještaja od punog drva, koja u svojem sklopu ima proizvodnju piljene građe ( $F_1$ ), doradnu pilanu i sušionicu drva ( $F_2$ ), proizvodnju namještaja od punog drva (stolove, komode i sl.) ( $F_3$ ), uz uvjet da pogoni nijedne od prethodnih faza ne mogu slobodno prodavati svoje proizvode na tržištu. Sve je u tom sustavu podređeno višem stupnju završenosti proizvoda unutar sustava (23).



### 6.3.4. Proizvodni sustavi paralelno složene strukture

Model proizvodnih sustava paralelno složene fazne strukture prikazan je na slici 81. Ta slika predočuje procese u kojima se obrađuju različiti proizvodi, s tim što se svaki proizvod obrađuje u samo jednoj fazi cjelokupnog obradnog procesa. Prikaz je pojednostavnjen, pa se unutar jedne faze obrade u stvarnosti može provesti raščlamba na više tehnoloških faza. Taj proizvodni sustav ne obilježuje kontinuitet i homogenost, već tehnološka heterogenost. U tom se sustavu stvaraju usporedni proizvodni programi. Sustavi se međusobno ne respektiraju, nemaju potrebe za suradnjom, jer im se ciljevi zbog istih ulaznih resursa suprotstavljaju (23).



Legenda:  $F_1$  – proizvodnja piljene građe,  $F_2$  – proizvodnja panelnih ploča,  
 $F_n$  – druge proizvodnje

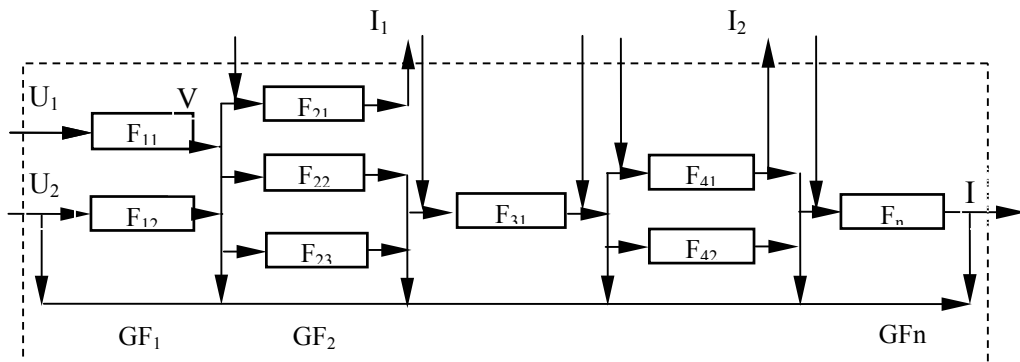
Slika 81. Model proizvodnje sustava paralelene fazne strukture  
(modificirano prema Figuriću, 23)

U proizvodnom sustavu paralelno složene strukture istodobno se izrađuje veći broj proizvoda, naime najmanje onoliko koliko je paralelnih faza proizvodnje. U tržišnim uvjetima proizvodnje takav sustav može imati neke prednosti pred redno složenim sustavom proizvodnje, u kojemu se istodobno

može proizvoditi samo jedan proizvod (proizvodni program). Te prednosti rezultat su mogućnosti plasmana različitih proizvoda na tržištu, jer se u slučaju stagnacije plasmana pojedinih proizvoda mogu uspješno plasirati drugi proizvodi koji tvrtki donose profit (23).

### 6.3.5. Proizvodni sustav redno-paralelno složene strukture

Model proizvodnih sustava redno-paralelno složene strukture jest model općeg tipa. Proizvodni sustavi tako složene strukture mogu imati vrlo brojne mogućnosti modeliranja. Na slici 82. prikazan je primjer modela takvoga proizvodnog sustava.



Legenda:  $F_{11}$  – skladište drvnog materijala,  $F_{12}$  – skladište panelnih ploča,  $F_{21}$  – proizvodnja ležaja,  $F_{22}$  – proizvodnja namještaja od punog drva,  $F_{23}$  – proizvodnja pločastog namještaja,  $F_{31}$  – međufazno skladište sastavljivog materijala,  $F_{41}$  – površinska obrada namještaja,  $F_{42}$  – montaža namještaja,  $F_n$  - skladište gotovih proizvoda

Slika 82. Model proizvodnog sustava rednoparalelne fazne strukture (modificirano prema Figuriću, 23)

U općem slučaju takav se proizvodni sustav sastoji od više faza prerade materijala, u kojemu osim ulaza u svaku fazu proizvodnje može biti i više izlaza iz sustava.

U proizvodnji namještaja takvi su sustavi najčešći. Kao karakterističan primjer mora se navesti sustav s pilanom koja jedan dio svoje proizvodnje slobodno prodaje na tržištu, a drugi dio namjenski pili za potrebe daljnje prerade

unutar sustava. Jednak je primjer i izrada nesastavljivih i sastavljivih materijala nakon toga, dok, primjerice, finalni pogon jedan dio poluproizvoda nabavlja na slobodnom tržištu, a drugi dio unutar sustava i sl.

#### **6.4. Karakteristični modeli upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Postoji više načina ili sustava za upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja koji se međusobno razlikuju ovisno o konkretnim uvjetima djelovanja promatrane tvrtke.

Na način upravljanja proizvodnjom utjecat će činjenica da je proizvodnja pojedinačna, serijska ili masovna, kao i to je li riječ o proizvodnji sirovina, opreme ili proizvoda široke potrošnje te je li proizvodnja kontinuirana ili komadna i sl.

Sustav upravljanja proizvodnjom treba omogućiti skraćivanje rokova proizvodnje (isporuke) i spriječiti gubitke u proizvodnji, tj. zadržati troškove unutar planiranih granica. Način upravljanja proizvodnjom zasniva se na obradi informacija koje se odnose na složenost proizvoda, tehnologiju proizvodnje, veličinu serija, raspoložive kapacitete i djelatnike, mogućnosti nabave materijala, zahtijevane rokove isporuke i sl.

Svaki sustav upravljanja proizvodnjom u osnovi se sastoji od određenog broja radnji (aktivnosti). Ustroj sustava kao cjeline ovisi o tome čemu se daje prednost, koje su odlučujuće činjenice za tijek i način proizvodnje te koji redosljed omogućuje djelotvorniju proizvodnju. Opći popis aktivnosti obuhvaća obradu informacija, a to obično znači ugovaranje, isporuku, nabavu materijala, izradu tehničke i druge dokumentacije za planiranje i praćenje proizvodnje, lansiranje radnih naloga u proizvodnju, raspoređivanje poslova prema izvršiteljima, praćenje i kontrolu izvršenja i obračun utroška materijalnih i vremenskih resursa.

Vjerojatno se najveći učinak dobro organiziranog sustava upravljanja proizvodnjom može očekivati u predviđanju i osiguranju rokova isporuke. Ona tvrtka koja osigurava održavanje rokova isporuke, zadovoljavajuću kakvoću i konkurentnu cijenu proizvoda može u suvremenim uvjetima računati s izlaskom na svjetsko tržište, a upravo se to postiže dobrim upravljanjem proizvodnjom.

Najkraći rok moguće je postići ako se proizvodi isporučuju sa zaliha. Takva se proizvodnja može relativno lako organizirati, moguće ju je točno i na dulji rok planirati, osigurati materijale, strojeve i alate. Za takvu je proizvodnju potrebna stabilna potražnja.

Ako se način upravljanja temelji na zahtjevima kupaca, onda je postupak organizacije proizvodnje složeniji, a tijekovi isporuke načelno dulji. Općenito, proizvodnja se može organizirati tako kao da se uvijek radi za zalihe. Međutim,

pritom se postavlja pitanje smanjenja zaliha zbog kamata na obrtnu kratkotrajnu imovinu i skraćenog ciklusa proizvodnje elemenata, podsklopova i montaže. Tu je, konačno, i problem nekurentnih proizvoda na zalihama - rizik takve proizvodnje uvijek postoji (23).

Potrebno je navesti da pristup razmatranju osnovnih modela upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja još uvijek nema općeprihvaćene ni strogo određene definicije modela upravljanja. U praksi i teoriji susreću se različite podjele i nazivi.

Okretanje u smjeru traženja i izgradnje djelotvornog sustava upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja dovelo je do sučeljavanja postojećih klasičnih postavki o proizvodnji. Kao prvo, bilo je potrebno odbaciti postojeće shvaćanje prema kojemu se proizvodni proces izjednačuje s tehnološkim procesom i, drugo, odbaciti postojeće kriterije za podjelu proizvodnje.

Jasna i stroga podjela proizvodnje na osnovne tipove elementarni je preduvjet za postavku i izgradnju djelotvornog sustava upravljanja proizvodnjom. Prilikom pristupanja rješavanju postavljenog problema pošlo se od postavke da se razlike između pojedinih tipova proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja ponajprije očituju kao razlike u načinu odvijanja proizvodnog procesa. Kako se taj proizvodni proces uvijek pojavljuje kao objekt upravljanja, logično je da se on smatra tim osnovnim kriterijem.

Tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja mogu se kategorizirati na različite načine. Sadržajno se mogu podijeliti na dvije kategorije: na one koje proizvode po narudžbi i one koje proizvode za zalihi, u očekivanju narudžbe. Proizvodnja u tvrtkama prve kategorije mora čekati sve dok se ne dobije narudžba sa svim detaljnim specifikacijama. U tvrtkama druge kategorije proizvodnja se može planirati bez obzira na specifične narudžbe.

U sklopu te osnovne podjele tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja za svaki od osnovnih modela identificirane su po dvije karakteristične inačice. Izbor modela obavljen je na osnovi važnih informacija za upravljanje proizvodnjom. Kao takve odabrane su:

- stanje zaliha materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda
- veličine narudžbe
- mjesto ulaska informacije o narudžbi u sustav (23).

Proces strukturiranja, odnosno ustrojavanja sustava za upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja provodi se u tri relativno izdvojene faze. U prvoj se fazi obavlja tzv. dijagnostička analiza i identifikacija modela proizvodnje.

U sklopu druge faze postavlja se i razrađuje model buduće tvrtke podrazumijevajući pritom:

- modeliranje strukture sastavnih elemenata
- definiranje strukture odnosa između svih sastavnih elemenata

- definiranje sustavnog motrišta informacijskog sustava i informacijskih putova
- izradu tzv. organizacijskog pravilnika u kojemu se uz visok stupanj detaljizacije definiraju sve bitne odrednice postavljenog modela upravljanja (23).

U trećoj se fazi ostvaruje proces neposrednog uvođenja prihvaćenog modela upravljanja.

Iz tih nekoliko općepoznatih postavki može se zaključiti da su dva osnovna sustava upravljanja proizvodnjom:

- upravljanje pomoću narudžbi (MRP II sustav)
- upravljanje pomoću zaliha materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda (ROP sustav).

Karakteristični modeli upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja, prema Figuriću (23) jesu:

1. model A - rad po narudžbi za poznatog kupca,
2. model B - rad po narudžbi za poznatog kupca  
(specijalizacija glede vrste proizvodnje i proizvoda),
3. model C - rad po narudžbi za poznatog kupca,
4. model D - rad po narudžbi za nepoznatog kupca (vlastiti proizvodni program),
5. druge karakteristične inačice modela upravljanja proizvodnjom namještaja.

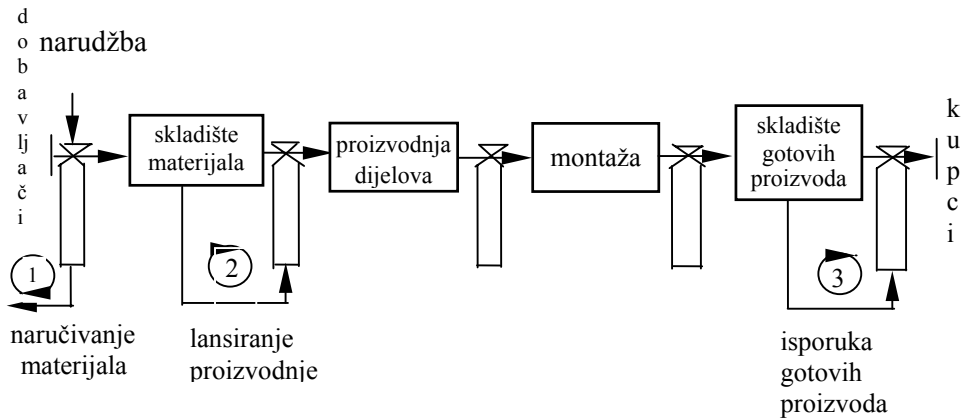
#### **6.4.1. Model A - rad po narudžbi za poznatog kupca**

Taj model upravljanja proizvodnjom namještaja ima tri bitna obilježja:

1. proizvodni program nije ograničen na određenu skupinu standardnih proizvoda nego je orijentiran na jednu klasu, odnosno skupinu proizvoda. Taj se, program unutar prihvaćenoga proizvodnog područja, ostvaruje u skladu sa zahtjevima kupaca, u svim željenim inačicama proizvoda. Na taj način realizacija svake pojedine narudžbe pretpostavlja izradu nove konstrukcije i novog modela tehnološkog procesa,
2. proizvodni sustav sastoji se od veće ili manje skupine raznovrsnih strojeva i uređaja, prostorno razmještenih u istovrsne skupine strojeva. Stoga u tome modelu uvijek postoji neka neusklađenost između rasporeda sastavnih elemenata (tzv. instalirane tehnologije) i slijeda tehnoloških operacija (tijek tehnološkog procesa je neusmjeren),
3. budući da je taj model karakterističan isključivo za rad po narudžbi, informacije o veličini narudžbe iskorištavaju se za naručivanje materijala. Pritom se cijelom proizvodnjom upravlja unaprijed, rokovi isporuke su najdulji, a mogućnosti kašnjenja u isporuci najveće.

Budući da proizvodnja, s obzirom na konstrukciju i izvedbu proizvoda, teče prema zahtjevima kupaca, za taj je model karakteristično to da se proizvodni

proces uvijek reproducira u punom obliku, pri čemu se obuhvaćaju sve sastavne faze proizvodnje i modeliranja tehnološkog procesa, operativna priprema i tehnološki proces (sl. 83).



Slika 83. Model A - rad po narudžbi za poznatog kupca (prema Figuriću, 23)

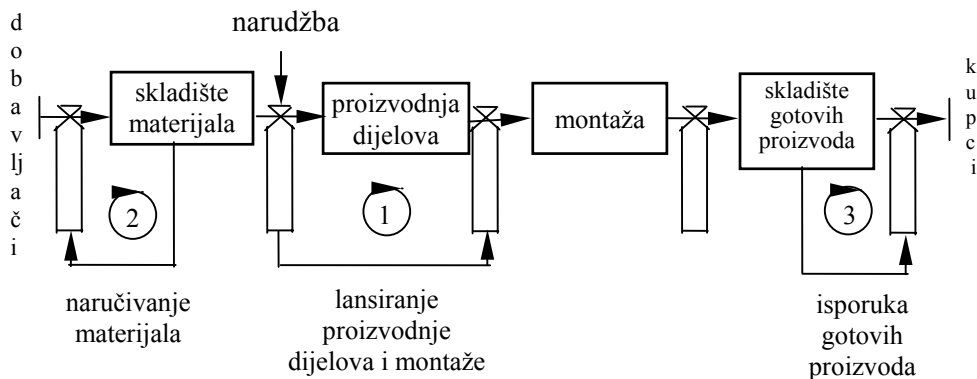
Taj je model upravljanja proizvodnjom namještaja najsloženiji i najnerazvijeniji jer se konstrukcijski i tehnološki elementi svaki put zasebno definiraju, što zahtijeva velik broj stručnog osoblja i često najdulju stavku u proizvodnom procesu. Taj model uvjetuje stalno programiranje rasporeda radnih operacija po radnim mjestima radi minimizacije asinkronosti u tehnološkom procesu. To znači da pretpostavlja postojanje ne samo složenog sustava upravljanja nego i primjenu prilično složenih kvantitativnih modela, ali omogućuje brzo prilagođavanje proizvodnog programa zahtjevima tržišta, u čemu se i iscrpljuje njegova osnovna i gotovo jedina odlika za industrijsku proizvodnju. Međutim, model je karakterističan i za pojedinačnu (unikatnu), kao i za obrtničku proizvodnju. Primjenjiv je u malim pogonima koji su povezani s velikim industrijskim sustavima (23). Taj model funkcionira prema MRP II sustavu.

## 6.4.2. Model B - rad po narudžbi za poznatog kupca (specijalizacija glede vrste proizvodnje i proizvoda)

Taj model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja ima sljedeća obilježja:

1. proizvodni program obuhvaća relativno širok krug različitih proizvoda standardnog tipa, čiji konstrukcijski i tehnološki elementi imaju višekratnu upotrebnu vrijednost. Stoga se proizvodni proces skraćeno reproducira i obuhvaća samo operativnu pripremu i tehnološki proces,
2. u tome modelu proizvodnje postoji određen oblik neusklađenosti između rasporeda sastavnih elemenata tehnološkog sustava za proizvodnju i više različitih tehnoloških sljedova izrade pojedinih proizvoda. To se očituje u nesinkroniziranosti obradnog procesa, a posljedica toga je visok stupanj neiskorištenosti proizvodnih kapaciteta.

Informacija o veličini narudžbe u tome modelu služi za lansiranje elemenata isporuke, koji su dulji nego u modela C i D, a kraći nego u modela A. Mogućnost kašnjenja u isporuci vrlo je velika (sl. 84).



Slika 84. Model B - rad po narudžbi za poznatog kupca  
(specijalizacija glede vrste proizvodnje i proizvoda) (prema Figuriću, 23)

Osobitost tog modela jest upravljanje proizvodnjom unaprijed, s tim da se uskladišteni materijal vodi po jednome od sustava za vođenje optimalnih količina zaliha (ROP sustav).

Prema prikazanim informacijsko-regulacijskim krugovima vidi se kako se proizvodnja dijelova može lansirati sa  $RN_1$  (radni nalog), a montirati sa  $RN_2$ . Međutim, to ne isključuje samo jedan jedinstveni RN za cijelu seriju proizvoda.

U tome modelu proizvodni je program usmjeren na jednu klasu, odnosno skupinu sličnih proizvoda, koji se prema zahtjevima kupaca izrađuju u željenim varijantama i veličinama. Osim toga, proizvodni se proces stalno reproducira u svom punom obujmu, obuhvaćajući pritom sve faze rada, odnosno modeliranje proizvoda, modeliranje tehnološkog procesa, operativnu pripremu i tehnološki proces. Budući da je proces stvaranja novog proizvoda prema modelu A i B izvan standardnih proizvoda i u osnovi identičan, ti modeli trebaju imati identičnu strukturu organizacijskih elemenata. Razlika između njih je prije svega unutar tehnološkog procesa (23).

Procesi u preradi drva i proizvodnji namještaja zasnovani na tome modelu jesu proizvodnja piljene građe, poslovi doradne pilane, proizvodnja furnira, panela i ploča, ploča iverica i drugih panela, proizvodnja građevne stolarije i elemenata. Taj model funkcionira prema ROP i MRP II sustavu.

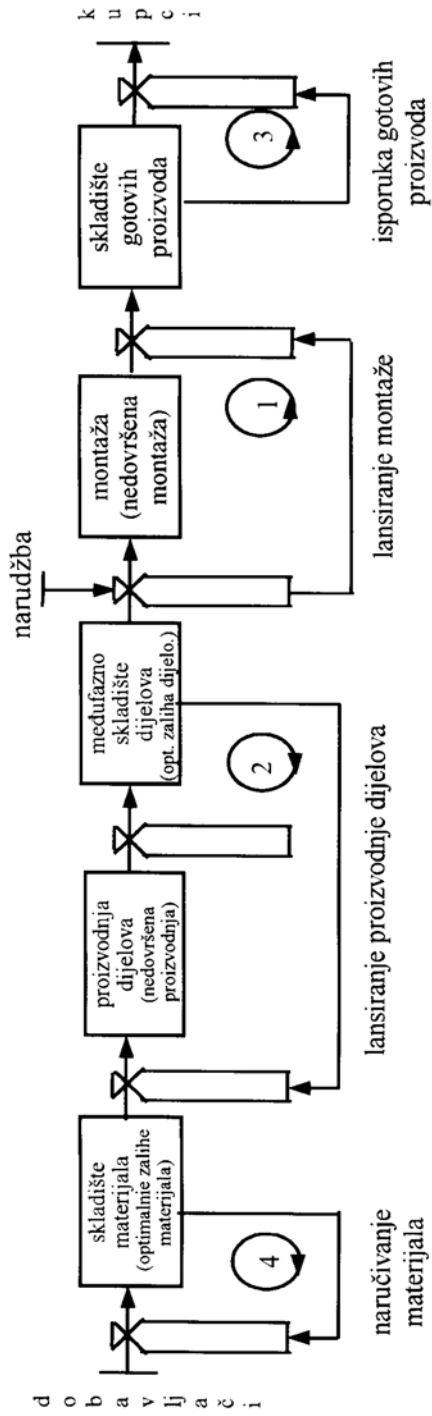
### **6.4.3. Model C - rad po narudžbi za poznatog kupca**

Taj model upravljanja proizvodnjom namještaja ima ova obilježja:

1. proizvodni program obuhvaća više konstrukcijom i tehnologijom sličnih proizvoda standardnog tipa,
2. sastavni elementi tehnološkog sustava za proizvodnju u većem su ili manjem stupnju usklađeni s tehnologijom izrade proizvoda,
3. tehnološki se proces odvija kontinuirano, uz primjenu strojeva različitog stupnja univerzalnosti, odnosno prilagodljivosti.

U tom modelu informacije o veličini narudžbe služe za lansiranje naloga za montažu (a ne za otpremu gotovih proizvoda iz skladišta gotovih proizvoda kao u modelu D). Rokovi isporuke dulji su nego u modelu D, a mogućnost kašnjenja u isporuci je veća. Međutim, osnovna mu je prednost što u skladištu nema zaliha gotovih proizvoda. Dakle, glavno obilježje tog modela je vlastiti proizvodni program, a isporuka i montaža (kompletiranje) obavlja se po narudžbi. Tijekom materijala upravlja se u dva smjera, unaprijed i unatrag. Informacijsko-regulacijski krug br. 1 regulira upravljanje proizvodnjom unaprijed, i to radnim nalogom za montažu ( $RN_1$ ). Na osnovi podataka o zalihama dijelova u međufaznom skladištu isporuka kupcu također se unaprijed regulira regulacijsko-informacijskim krugom br. 3. Regulacijsko-informacijskim krugovima br. 2 i 4 upravlja se unatrag. Zalihe u međufaznom skladištu dijelova i skladištu materijala vode se prema jednome od sustava zaliha. Taj model proizvodnje, u kojemu tehnološki proces teče uz primjenu visokospecijaliziranih i automatiziranih strojeva i agregata najrazvijeniji je tip proizvodnje (sl. 85).





Slika 85. Model C – rad po narudžbi za poznatog kupca (prema Figuriću, 23)

Taj model upravljanja proizvodnjom standardnih elemenata s motrišta upravljanja nije poseban model. Postoje svi preduvjeti i snažna tendencija da proizvodnja standardnih proizvoda postane dominantan oblik proizvodnje. S prelaskom na proizvodnju standardnih elemenata mogu se šire i potpunije zadovoljiti individualne potrebe i zahtjevi kupaca, odnosno potrošača (korisnika); moguće je maksimalno skratiti vrijeme od narudžbe do isporuke proizvoda, ulagati minimalan iznos finansijskih sredstava za održavanje objektivno potrebnih zaliha gotovih proizvoda te za smanjenje troškova proizvodnje, odnosno cijene koštanja proizvoda od drva.

Međutim, koliko će biti iskorištene te mogućnosti što ih pruža proizvodnja standardnih elemenata, ne ovisi o samoj proizvodnji, nego ponajprije o činjenicama izvan nje. Prelazak na proizvodnju standardnih elemenata pretpostavlja postojanje cjelovitoga konstrukcijskog rješenja izvedbe standardnih elemenata (23). Taj model funkcionira prema ROP i MRP II sustavu (23).

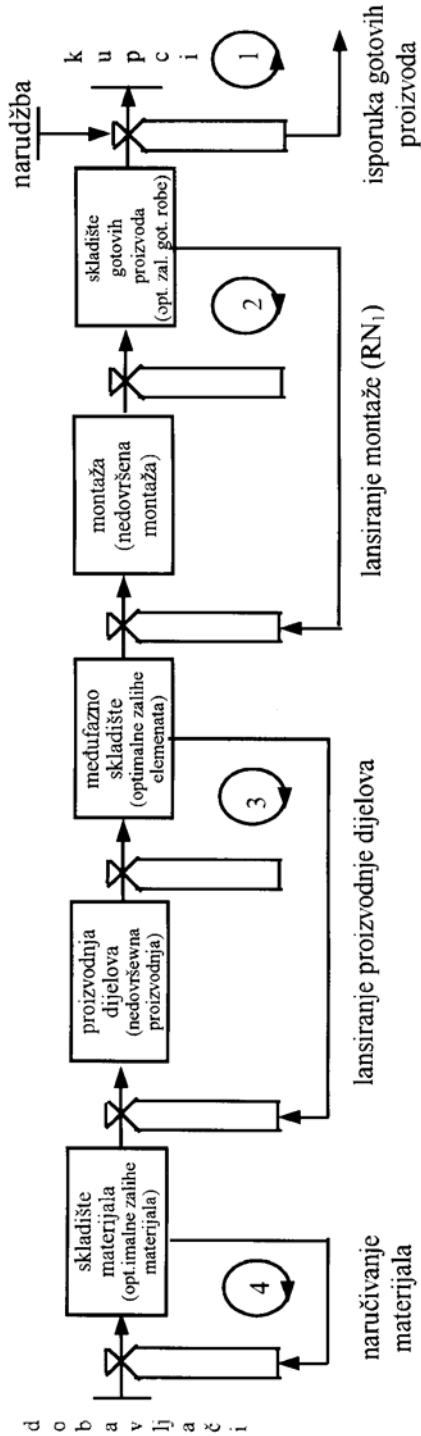
#### **6.4.4. Model D - rad po narudžbi za nepoznatog kupca**

Taj model upravljanja proizvodnjom namješta ima dva bitna obilježja:

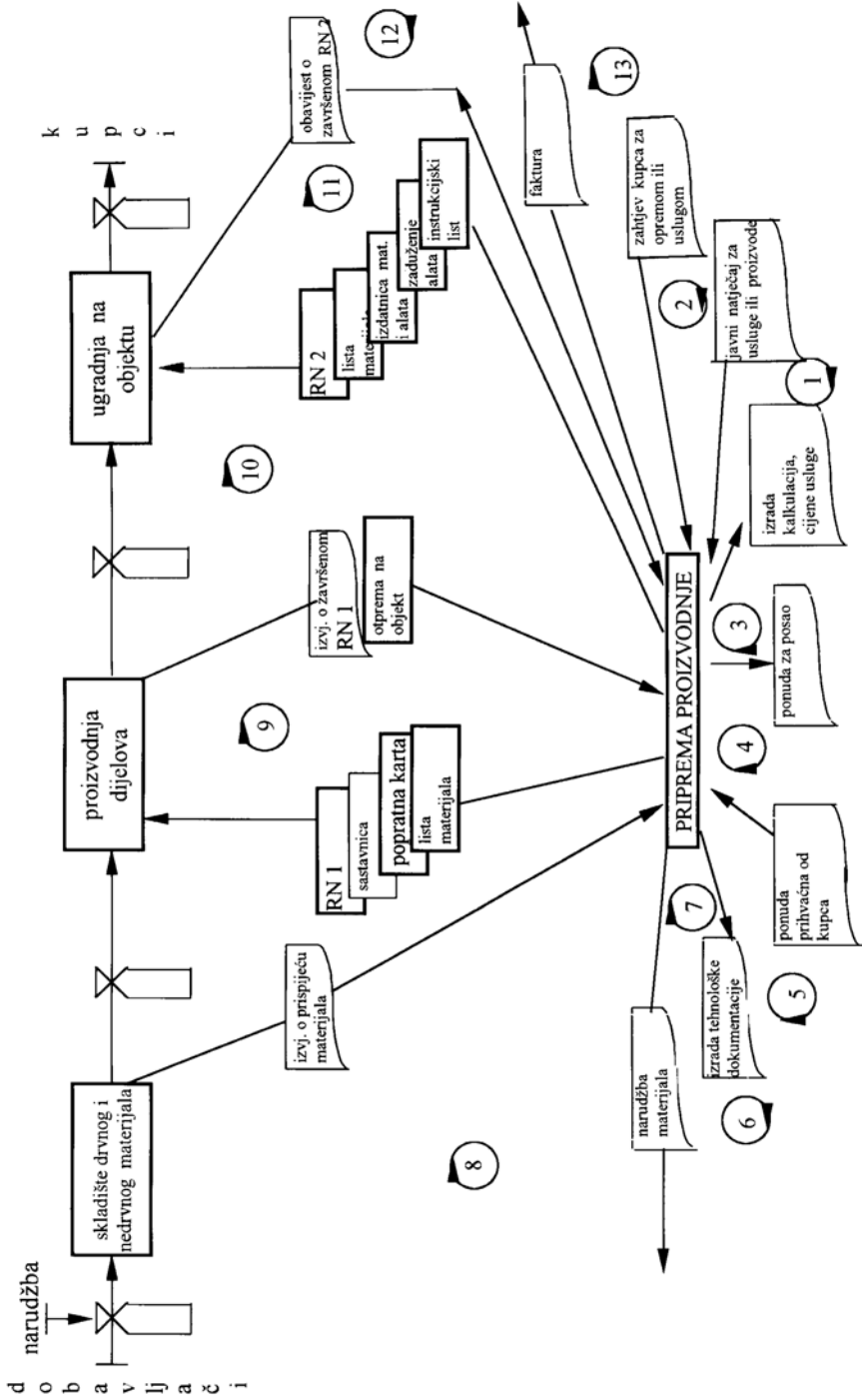
1. proizvodni je program usmjeren na proizvodnju jednoga ili više u izvedbenom smislu identičnih proizvoda standardnog tipa,
2. tehnološki sustav za proizvodnju u strojnoj obradi potpuno je usklađen s tehnološkim procesom, koji se provodi uz primjenu visokospecijaliziranih i automatiziranih strojeva i agregata, uz minimalno sudjelovanje ljudske radne snage.

Taj model ima najkraći rok isporuke, i to zato što se gotovi proizvodi isporučuju iz skladišta gotovih proizvoda (informacijsko-regulacijski krug 1). Ostatkom toga tijeka materijala upravlja se unatrag optimiranjem zaliha elemenata ili podsklopova (informacijsko-regulacijski krug 2) u međufaznom skladištu, prije montaže na temelju naloga za montažu ( $RN_1$ ). Zatim slijedi lansiranje proizvodnje dijelova (elemenata) drugim radnim nalogom ( $RN_2$ ). Nakon toga se optimizacijom zaliha standardnih elemenata naručuje materijal (informacijsko-regulacijski krug 4). Zalihe se u skladištima vode na optimalnoj zalihi jednim od sustava utvrđivanja zaliha (sl. 86).

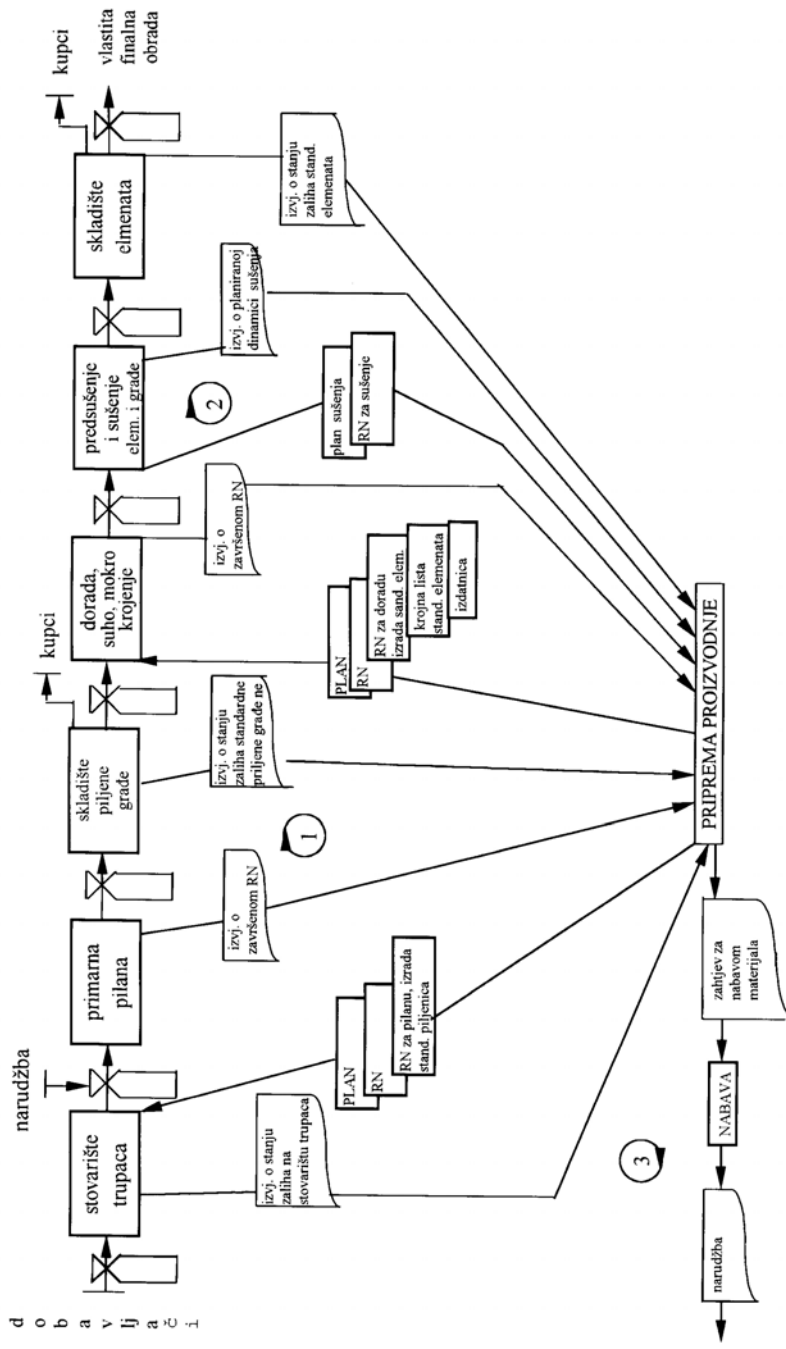
Riječ je o proizvodnji standardnih proizvoda gdje konstrukcije i tehnologija imaju višekratnu upotrebnu vrijednost, a proizvodni se proces stalno reproducira putem operativne pripreme i tehnološkog proces (23).



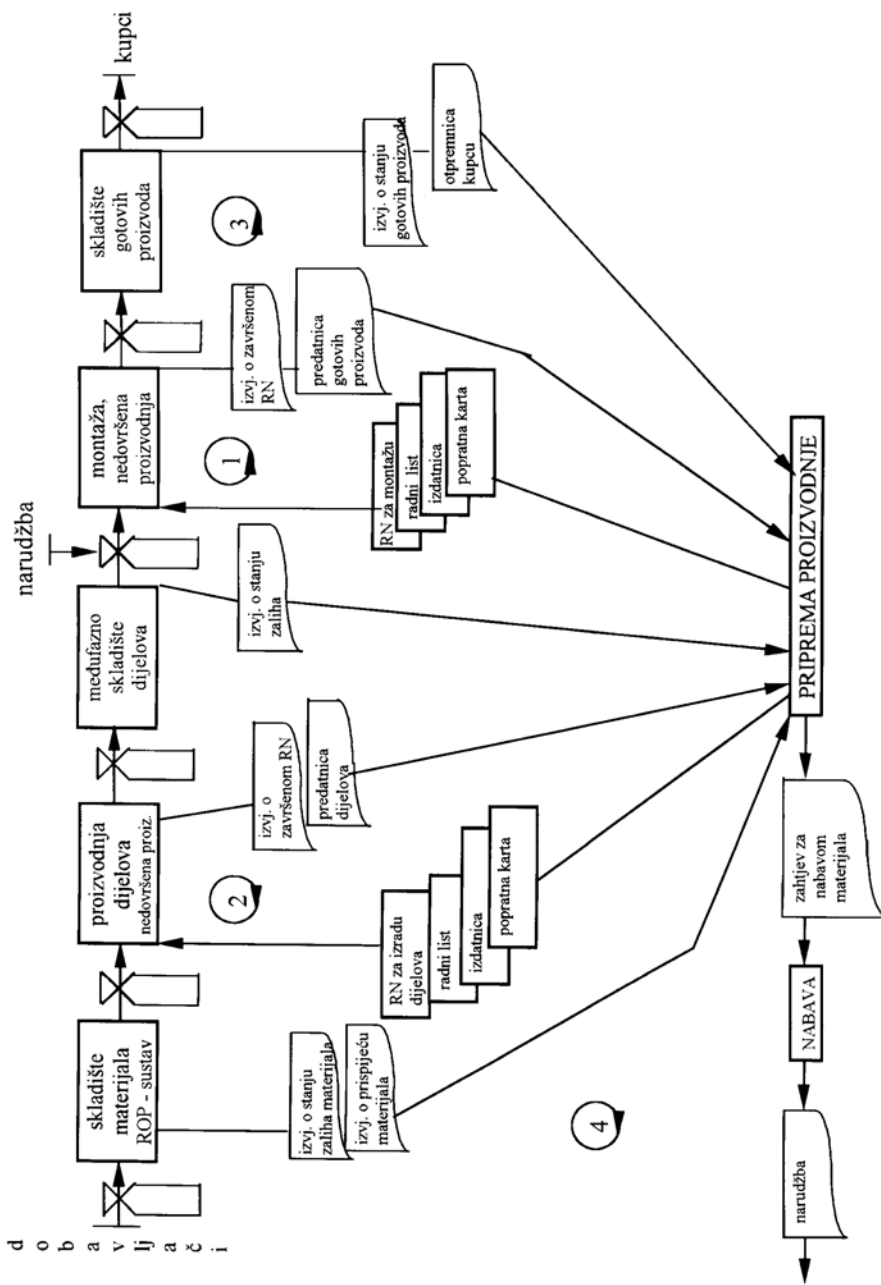
Slika 86. Model D – rad po naružbi za nepoznatog kupca (prema Figuriću, 23)



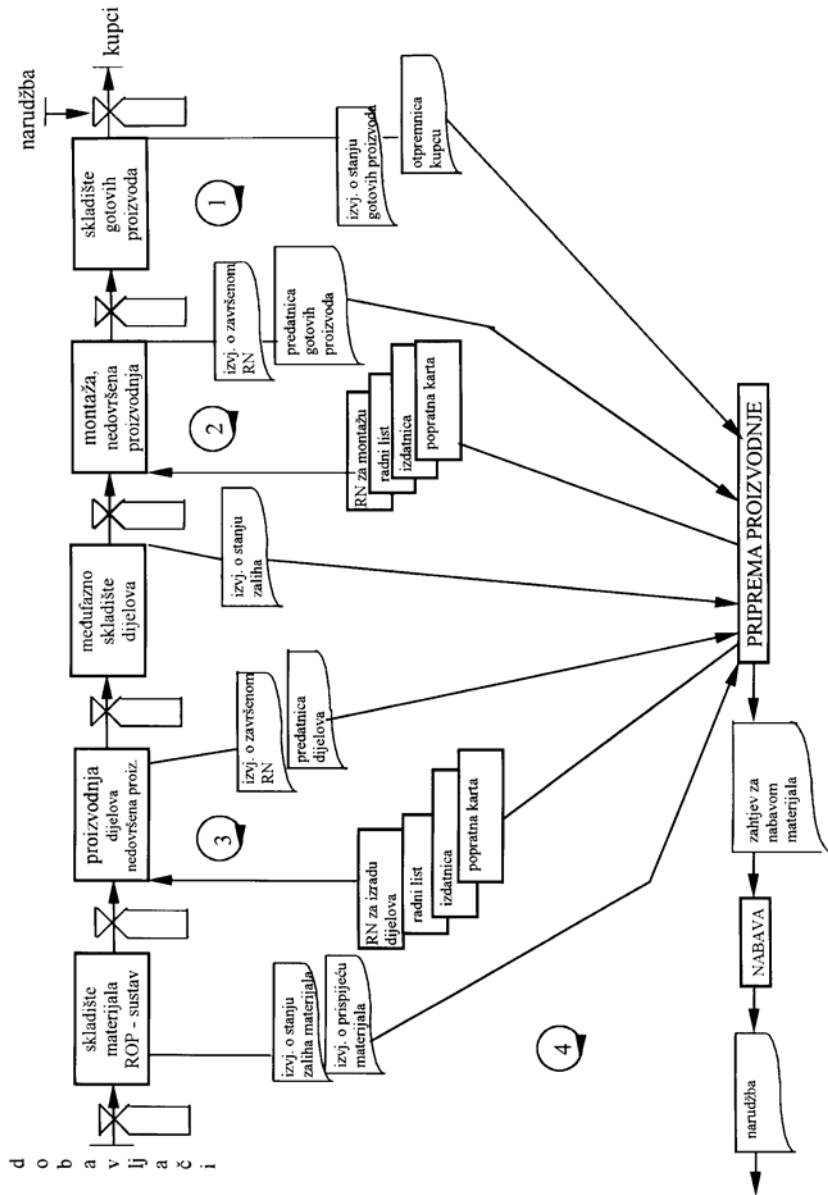
Slika 87. Model upravljačko-informacijskog sustava, model A (modificirano prema Figuriću, 23)



Slika 88. Model upavljačko-informacijskog sustava, standardni osušeni elementi, model B (modificirano prema Figuriću, 23)



Slika 89. Model upravljačko-informacijskog sustava, model C (modificirano prema Figuriću, 23)



Slika 90. Model upravljačko-informacijskog sustava, model D (modificirano prema Figuriću, 23)





#### **6.4.5. Karakteristične inačice modela upravljanja u proizvodnji namještaja**

Osim navedenih, najčešćih karakterističnih inačica modela proizvodnje u proizvodnji namještaja, mogu se navesti i sljedeći (23).

1. Serijska proizvodnja namještaja bez međufaznog skladišta. Tim načinom proizvodnje izrađuje se samo jedan tip namještaja, a nakon toga drugi tip. Proizvodnja tog tipa teče tako da elementi i sklopovi idu jedan iza drugog, jedan pokraj drugog ili zajedno, pa se istodobno preklapaju. Taj način odgovara proizvodnji tzv. komadnih proizvoda i garnitura.
2. Serijska proizvodnja namještaja s međufaznim skladištem sklopova ili podsklopova. U tom modelu proizvodnje izrađuje se tzv. komponibilni proizvodni program sa standardiziranim sklopovima ili podsklopovima (u konstrukcijskom smislu) koji se, strojno obrađeni, uskladištuju u međufazno skladište. Prema inačici tog modela sklopovi se prije ulaska u međufazno skladište površinski obrade. Montaža se u tome modelu izvodi na tri načina:
  - po narudžbi kupaca, što znači u promjenjivim veličinama serija, ovisno potrebama trgovine, odnosno smjeru vožnje pri transportu
  - u jednakim veličinama serija za skladište gotovih proizvoda
  - izrada prednjica može se izvesti tek nakon što narudžba postane poznata, a dovršeni korpusni dijelovi mogu čekati i na zalih.
3. Serijska proizvodnja podsklopova i sklopova rastavljenog namještaja. U takvoj se proizvodnji također izrađuje tzv. komponibilni proizvodni program sa standardiziranim sklopovima ili podsklopovima koji se strojno obrade i uskladištuju u međufazno skladište dijelova. Ovisno o narudžbi kupca, podsklopovi se kompletiraju, ali nema sastavljanja u montaži, jer je program rastavljen i montira se kod kupca. Taj oblik ima i svoju inačicu za slučaj da se podsklopovi i sklopovi serijski proizvode u strojnoj obradi za korpus, a prednjice se izrađuju (ili se nabavljaju od kooperanata) i montiraju po narudžbi kupca.
4. Proizvodnja namještaja bez međufaznog skladišta i skladišta gotove robe. U takvoj se proizvodnji, na osnovi narudžbe različitih kupaca, provodi spajanje radnih naloga za sklopove ili podsklopove u strojnoj obradi prema specifikacijama različitih narudžbi. Tako se zadovoljava kompromis u zahtjevu za serijskom proizvodnjom u strojnoj obradi, radom bez međufaznog skladišta i montažom u različitim veličinama serija za poznatog kupca.

5. Proizvodnja za opermu objekata. U tom se tipu proizvodnje izrađuju pojedinačni dijelovi proizvoda. Proizvodnja teče tako da se različite pozicije iz radnog naloga izvode jedna iza druge, jedna pokraj druge ili zajedno, pa se istodobno preklapaju. Taj način odgovara i pojedinačnoj (boutique) proizvodnji namještaja.

Uz sve to valja napomenuti da su se prikazani modeli upravljanja u proizvodnji namještaja, osobito posebno u nekim djelatnostima, razvili u više oblike.

## **6.5. Konceptija modela dinamičkog upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Kvalitativno i kvantitativno određivanje koncepcije modela upravljanja procesom proizvodnje najčešće se ostvaruje modularnim pristupom. Poznata su različita rješenja iz literature i prakse. Sustav upravljanja najčešće se projektira putem dvaju osnovnih modula:

1. modula upravljanja materijalnim resursima,
2. modula upravljanja kapacitetnim resursima.

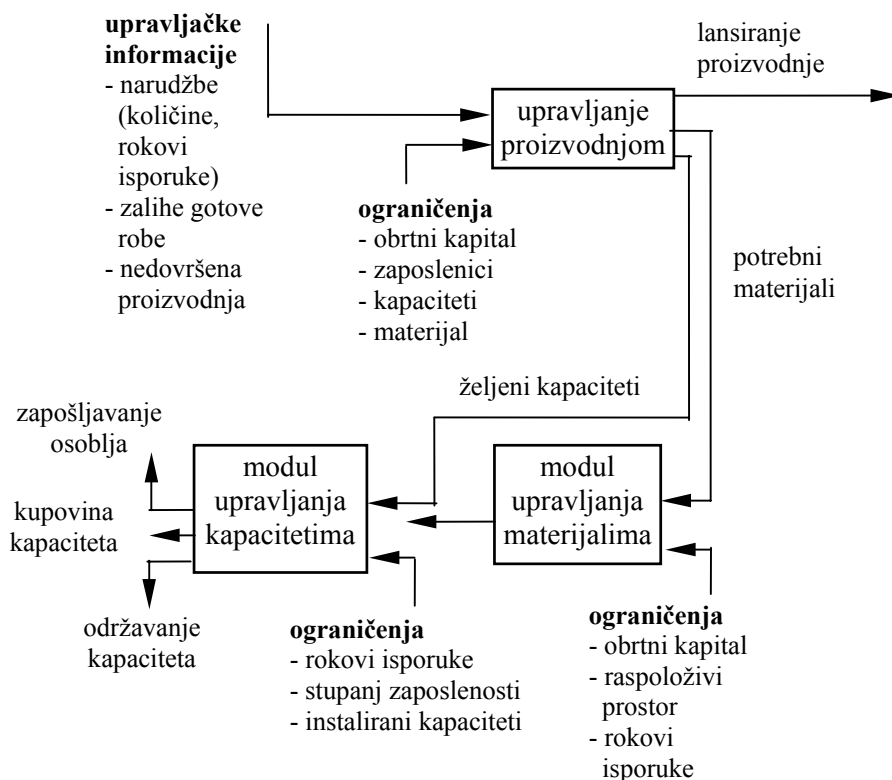
Da bi sustav mogao dinamički integrirati oba modula u jedinstvenu cjelinu, bez obzira na to u kojoj su organizacijskoj jedinici bili raspoređeni poslovi (pretpostavlja se svrsishodno), potrebno je uvesti kombiniranu matričnu organizaciju oblikujući dva programa za obavljanje zadataka.

Na osnovi spoznaja o upravljanju proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja, model upravljanja može se postaviti kao na slici 91. Proizvodnjom se upravlja putem dvaju osnovnih modularnih programa. Moduli čine sveobuhvatan i racionalan temelj za izgradnju integralnog sustava upravljanja proizvodnjom (sl. 91).

### **6.5.1. Modul upravljanja materijalnim resursima**

Osnovna zadaća modula upravljanja materijalnim resursima jest osiguravanje ulaznih tijekova materijala i poluproizvoda. U tom se programu uspostavljaju odnosi između dva kvalitativno različita stupnja (materijala i novca), što utječe na strukturu informacijskog podsustava.

U osnovi postoji pet elementarnih radnih zadataka upravljanja materijalima: planiranje, nabava, transport, kontrola ulaska materijala i disponiranje materijala, koji su međusobno neraskidivo povezani logikom uspješnoga gospodarenja drvnim i nedrvnim resursima.



Slika 91. Upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja putem dvaju osnovnih modularnih programa (modificirano prema Figuriću, 23)

Na osnovi identifikacije zadanih ciljeva u tom se integriranom modulu mogu identificirati ovi radni zadaci (23):

1. konstrukcija strukture proizvoda od drva (nacrti, izmjene nacrti, struktura proizvoda, izmjena u strukturi proizvoda),
2. obrada sastavnice proizvoda od drva (izvještaj o promjenama u strukturi sastavnice),
3. planiranje potreba drvnog i nedravnog materijala (normativi materijala, materijalna lista),
4. stanje zaliha drvnog i nedravnog materijala i poluproizvoda (izvještaji o stanju materijala, izvještaj o promjenama materijala),

5. upravljanje nabavom drvnog i nedravnog materijala (upravljanje narudžbama, izvještaj o kritičnim materijalima, izvještaj o zamjenama),
6. upavljanje dopremom drvnog i nedravnog materijala (izvještaj o prispijeću, organizacija dopreme),
7. ulazna kontrola drvnog i nedravnog materijala (izvještaj o kvalitativnome i kvantitativnom preuzimanju),
8. izrada radnih naloga (izvještaj o postojanju svih materijala u radnom nalogu, otvoreni, zatvoreni nalozi, pregled materijala prema radnom nalogu, izvještaj o kritičnim nalogima),
9. kontrola standardnih troškova (izvještaj o strukturi troškova, izvještaj o promjenama troškova, izvještaj o analizi troškova).

Organizacija upravljanja materijalnim resursima u preradi drva i proizvodnji namještaja može se prilagoditi konkretnim uvjetima. Osnovna koncepcija modula upravljanja materijalnim resursima predočena je na slici 92 (23).

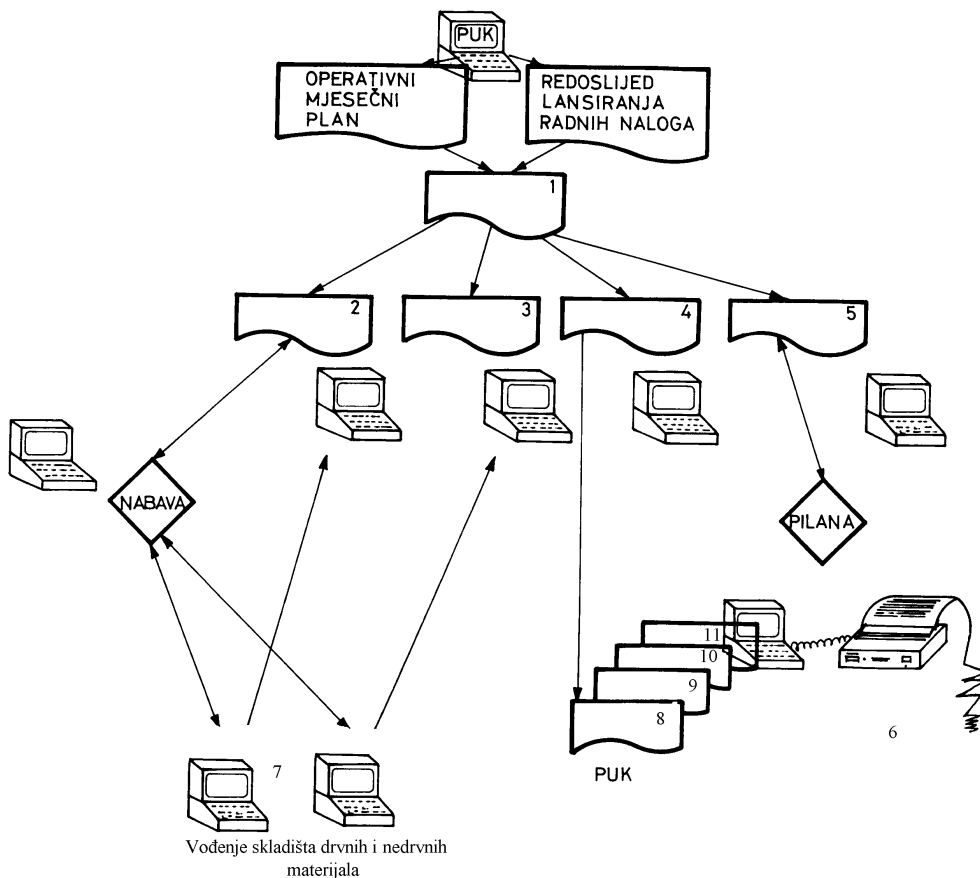
### **6.5.2. Modul upravljanja kapacitetnim resursima**

Osnovna funkcija modula - upravljanje kapacitetnim resursima u preradi drva i proizvodnji namještaja kao skup upravljačkih aktivnosti ima zadaću ostvariti ciljeve upravljanja proizvodnjom, tj. ispuniti plan proizvodnje realizacijom radnih naloga. To znači da elementarne pretpostavke za dinamičko upravljanje modulom moraju biti količinski i vremenski stvarno određene, a ne predviđene narudžbe, što ujedno znači da modul sadrži ulaz i popis stvarnih narudžbi, popis neipunjenih narudžbi i popis zaliha gotovih proizvoda.

U osnovi, elementarne faze upravljanja kapacitetnim resursima jesu grubo planiranje (orijentacijsko planiranje koje određuje početak proizvodnje prema pojedinim narudžbama), fino planiranje proizvodnje (niža, konkretnija razina planiranja), dispečiranje poslova u proizvodnji (konačna podjela poslova po radnim mjestima), održavanje uređaja i postrojenja te kontrola dijelova ili poluproizvoda tijekom rada.

Na osnovi identifikacije zaokruženih cjelina u tom programu mogu se identificirati ove skupine radnih zadataka:

1. operativna prodaja proizvoda od drva (ugovori, narudžbe),
2. stanje zaliha gotovih proizvoda od drva (izvještaji, stanje zaliha gotovih proizvoda),
3. tehnološka struktura proizvodnog procesa (tehnološke operacije, transportne operacije, alat, oruđe, uređaji, karakteristika rada, vrijeme),

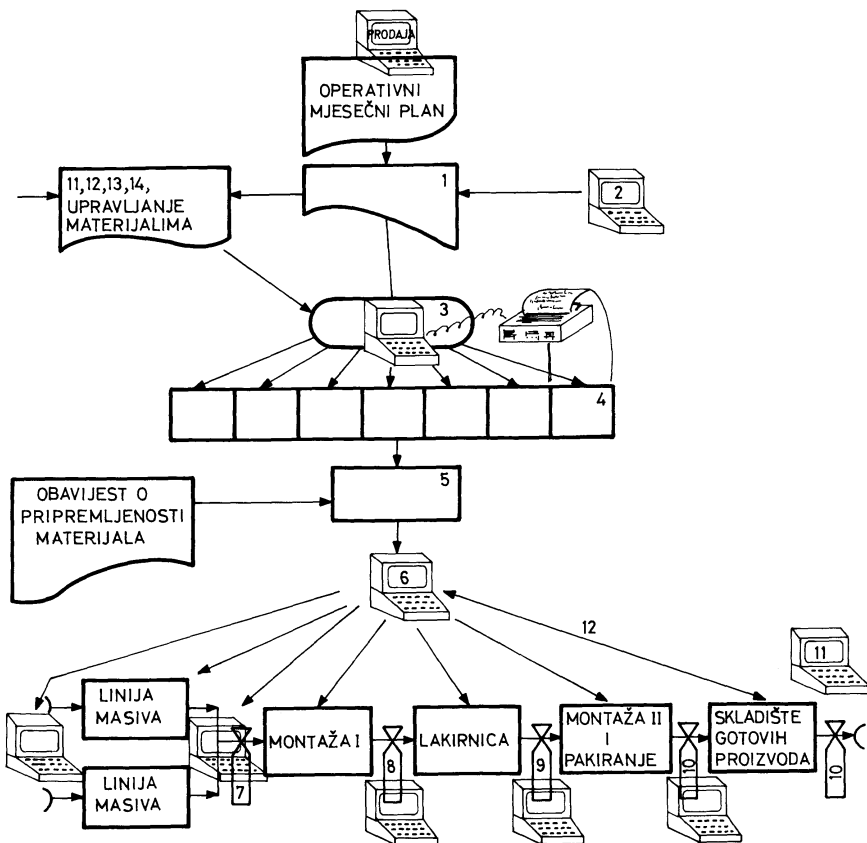


LEGENDA: 1- sastavnica - nacrt proizvoda, 2 - popis materijala i dijelova koje treba nabaviti, 3 - popis dijelova sa skladišta materijala, 4 - popis dijelova koje treba izraditi, 5 - popis dijelova koje treba izraditi pilana, 6 - izvještaj o stanju zaliha materijala, 7 - vođenje skladišta drvnog i nedravnog materijala, 8 - normativ potreba materijala, 9 - nacrti, skice, detalji, 10 - tehnički opis, 11 - krojna lista

Slika 92. Modul upravljanja materijalnim resursima (prema Figuriću, 23)

4. grubo planiranje (terminsko usuglašavanje na razini prodaja - priprema proizvodnje - proizvodnja),
5. fino planiranje kapaciteta (analiza opterećenja radnih mjesta, vrijeme transporta, prosječno vrijeme čekanja, troškovi strojeva, dnevni kapaciteti, broj smjena, plan opterećenja djelatnika),
6. upravljanje radnim nalogima - dispečiranje (lansiranje radnih naloga, stanje izvršenja radnih naloga, otvoreni radni nalozi, zatvoreni radni nalozi, kritični radni nalozi, terminiranje),
7. upravljanje tehnološkim postupcima i unutrašnjim transportom,
8. kontrola izvršenja poslova (kontrola dijelova ili proizvoda tijekom rada, analiza završenih radnih naloga, analiza troškova proizvodnje, kalkulacije),
9. održavanje uređaja i postrojenja (osposobljavanje kapaciteta za rad),
10. upravljanje opremom (planiranje otpreme) (23).

Osnovna koncepcija modula upravljanja kapacitetnim resursima dana je na slici 93.



LEGENDA: 1- redosljed lansiranja radnih naloga, 2 - praćenje kapaciteta radnih mjesta, 3 - umnožavanje tehnološke dokumentacije, 4 - tehnološka dokumentacija: radni nalog, nacrt, skica, detalj, tehnički opis, krojna lista, normativi potreba materijala, izdatnica materijala, plan rada, radni list, popratna karta, 5 - kompletirani radni nalog, 6 - terminer proizvodnje (terminski plan, lansiranje i praćenje RN-a), 7-10 - primopredajnice i popratne karte, 11 - praćenje skladišta gotovih proizvoda, 12 - obavijest o završetku radnog naloga

Slika 93. Modul upravljanja kapacitetnim resursima (prema Figuriću, 23)

## 6.6. Problematika upravljanja proizvodnjom

Području upravljanja proizvodnjom pripadaju neke logističke funkcije kao što su:

- određivanje potrebne količine krajnjih proizvoda
- planiranje zahtjeva za materijalima kako bi se odredile količine i rokovi nabave
- obračun zaliha
- raspoređivanje poslova za izvršitelje
- planiranje i uravnoteživanje kapaciteta
- određivanje redoslijeda lansiranja radnih naloga
- kontrola ostvarivanja postavljenog cilja i poduzimanje korektivnih akcija (10).

Tijekom posljednjih godina, usporedno i neovisno jedna o drugoj, razvijale su se i razvijaju se mnoge logističke koncepcije koje su trebale omogućiti djelotvorno rješavanje prethodno navedenih zadataka. Zbog složenosti razmatrane problematike rješavanje tih zadataka u konkretnoj industrijskoj proizvodnji složen je zadatak. Njega je, bez odgovarajuće informatičke podrške, vrlo teško riješiti na zadovoljavajući način.

U današnjoj se industrijskoj praksi mogu uočiti ove tendencije razvoja PPC (Production Planning Conception) koncepcija:

- tradicionalna koncepcija (klasična teorija)
- suvremene koncepcije
  - PPC koncepcija, koja obuhvaća i nadzor procesa (Production Planning Conception)
  - MRP II koncepcija (Material Requirements Planning)
  - OPT koncepcija (Optimized Production Technologies)
  - JIT, JIT/TQC, TQM (Just-in-Time, Total Quality Control, Total Quality Management)
  - planiranje i samokontrole proizvodnje (10).

### 6.6.1. Tradicionalna koncepcija planiranja i kontrole proizvodnje

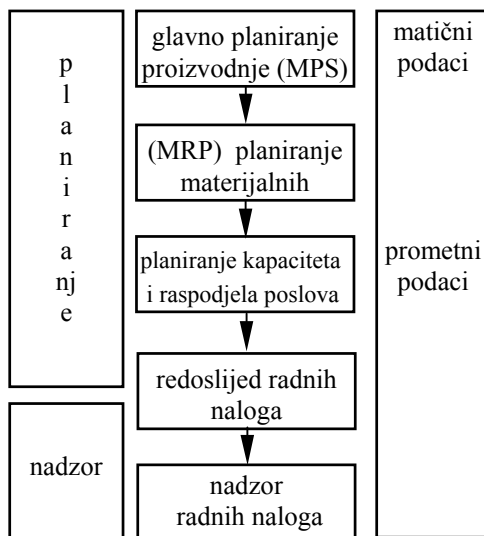
Tradicionalna koncepcija upravljanja proizvodnjom dana je na slici 94. Unutar nje jasno se razlikuje nekoliko faza koje se odnose na planiranje i nadzor proizvodnje.

#### Planiranje

Glavno planiranje proizvodnje (MPS - Master Production Sheduling) početni je korak u fazi planiranja. U tradicionalno orijentiranim PPS (Production Planning System) sustavima planiranja proizvodnje taj je dio obično najslabije obrađen, za što postoje razlozi. Uloga tog koraka u planiranju



namijenjena je ponajprije određivanju proizvodnog procesa u sljedećemu planskom razdoblju. Osobi koja donosi odluke u dugoročnom planiranju treba osigurati važne i što točnije informacije o mogućim zahtjevima kupaca. Osim poznavanja postojećih zahtjeva, to obuhvaća i procjenu (predviđanje) novih zahtjeva (na temelju podataka iz povijesti). Kako je tržište dinamička kategorija, procjene na dulji rok obično su nepouzdana, što je ujedno i glavni razlog što se taj modul ne primjenjuje.



Slika 94. Konceptija tradicionalnog sustava planiranja i nadzora proizvodnje (prema Beniću, 10)

Planiranje materijalnih potreba proizvodnje (MRP - Material Requirements Planning) korak je u kojemu se obično u nekoliko periodičnih planova detaljno predviđaju svi materijalni resursi potrebni za proizvodnju (prikupljaju se materijalne potrebe). Cilj tog postupka jest dobivanje jasne predodžbe o tome koji materijal i kada (okvirno) treba naručiti kako tijekom pojedinog razdoblja ne bi nastajali zastoji u proizvodnji zbog nedostataka materijala i/ili alata. U toj se fazi još uvijek uzimaju u obzir ograničenja realno raspoloživih kapaciteta.

Planiranje kapaciteta i raspodjela poslova (SCCP - Scheduling and Capacity Planning) korak je kojim se mora osigurati da svi planirani radovi budu gotovi navrijeme. To znači da se unutar jednog razdoblja MRP-a mora planirati onolika količina posla koja je, poštujući tehnološki tijek proizvodnje, ostvariva uz postojeće proizvodne kapacitete. U praksi je to najsloženiji i najosjetljiviji dio posla, iz kojega obično izvire i svi problemi

praktičnog provođenja cjelovite koncepcije. Zato na toj razini obično "pada" većina softverskih paketa, i to ne zbog nedostatka metodologija i algoritama rješavanja problema, već zbog nepredvidivoga stohastičkog utjecaja niza vanjskih i unutarnjih čimbenika na stvarnu raspoloživost kapaciteta. Njih je teško unaprijed predvidjeti (u duljem prognostičkom razdoblju) i ukalkulirati u planiranje. Pri rješavanju tog složenog zadatka može se, ovisno o konkretnoj situaciji, govoriti o ovim slučajevima:

- raspodjeli poslova na izvršitelje ako su kapaciteti neograničeni
- raspodjeli poslova na izvršitelje ako su kapaciteti ograničeni
- sekvencioniranju poslova.

U prvom se slučaju određuje vrijeme početka i završetka poslova, prema redosljedu proizvodnje. Unutar nekog slobodnog vremenskog razdoblja (za svako radno mjesto) može se kandidirati sljedeći u nizu poslova ako je slobodni vremenski interval dulji ili jednak zadanom trajanju posla. Za svaku je proizvodnju karakteristično da jedan dio vremena otpada na razna čekanja (tzv. međuoperacijski zastoji). Zbog toga se radi smanjenja ukupnog vremena čekanja, različitim metodama za svako planirano razdoblje, nastoji maksimalno uravnotežiti opterećenost kapaciteta. Time se istodobno, koliko je najviše moguće, uklanjaju neželjeni učinci preopterećenja ili podopterećenja.

U praksi, međutim, najčešće raspoložemo ograničenim kapacitetima. U biti je problem identičan prethodnome, samo su metode njegova rješavanja različite. Zato se u takvim slučajevima obično primjenjuju metode matematičke optimizacije, jer je samo tako moguće dobiti uporabljive i točne termine početka i završetka svake operacije svakog posla.

Sekvencioniranje poslova je postupak dodjeljivanja poslova izvršiteljima pri čemu se ne zahtijeva i ne podrazumijeva unaprijed određen redosljed njihova obavljanja. Ono je moguće kada je svejedno kojim se redosljedom treba izvesti pojedini niz operacija (sekvencija), odnosno kada postoje alternativne tehnologije provedbe za pojedine pozicije.

Određivanje redosljeda veza je između faze planiranja i kontrole proizvodnje. U njoj se određuje redosljed obavljanja svih poslova na svakome pojedinom radnom mjestu.

**N a d z o r .** Samo obavljanje poslova na radnim mjestima ne pripada djelokrugu planiranja, ali je nužno radi dobivanja točnih i pravodobnih informacija o obavljenim operacijama. Samo je tako, poznavajući stvarnu situaciju u svakom vremenskom trenutku, moguće kontrolirati tijek proizvodnje i stupanj finalizacije proizvoda, te poduzimati potrebne korektivne akcije. Cilj tih akcija je završetak kompletne proizvodnje navrijeme, do zadanog vodećeg termina. Pri znatnijim odstupanjima od plana potrebno je reterminirati proizvodnju. Način na koji se to obavlja jednak je načinu u SCCP modulu.

## 6.6.2. Kritika tradicionalnog sustava

Iskustvo korisnika u uporabi tradicionalnih sustava nije uvijek u skladu s obećanjima i očekivanjima. Dugoročno planirani vodeći termin i velik udio nedovršene proizvodnje u tvrtkama često stvara probleme koji se očekuju kao prevelike interne zalihe materijala, a mnoštvo poslova u tijeku (nedovršena proizvodnja) često stvara nepotrebnu zbrku u proizvodnji. To je ujedno i glavni razlog nekorištenosti i nepotpunog korištenja kompletnog PPC sustava u industrijskoj praksi. Pritom valja naglasiti i ovo:

1. s porastom broja poslova koje treba terminirati rastu i teškoće određivanja točnih zahtjeva,
2. tijekovi materijala i proizvoda (pozicija) već su unaprijed određeni u MPS i MRP modulima. Budući da u toj fazi nisu uzimani u obzir realno raspoloživi kapaciteti, modul za raspoređivanje poslova na izvršitelje prvi je modul koji se koristi tim informacijama. To u praksi, kada je riječ o realno ograničenim kapacitetima, rezultira time da će, bez obzira na odabrani redoslijed terminiranja proizvodnje (ili odabranu kombinaciju redoslijeda), dio poslova ostati nedovršen i prijeći u vodeći termin. Međutim, ovisno o načinu raspoređivanja i redoslijedu obavljanja poslova (specificiranim prioritetima), postoje izgledi da se nedovršena proizvodnja u većem ili manjem opsegu minimizira,
3. za MRP modul i modul raspoređivanja poslova na izvršitelje moraju biti poznata i točno određena (prethodno proračunana) vremena trajanja svih pojedinih operacija. U praksi zbog objektivnih razloga ta vremena često nisu poznata, odnosno manje su ili više točno procijenjena. Kao rezultat toga pri provedbi terminskih planova pojavljuju se odstupanja od planiranih termina. Kako se sve dalje zalazi u planirano vremensko razdoblje, kašnjenja pojedinih proizvoda i pozicija se kumuliraju te odstupanja od planiranih termina postaju sve veća. Na slici 95. shematski je prikazan model sustava koji generira takav tip zakašnjenja u proizvodnji. U anglosaksonskoj se literaturi model prema kojemu se u proizvodnim sustavima uvijek i neprekidno povećava udio nedovršene proizvodnje naziva sindromom vodećeg vremena (10).

Navedeni razlozi bili su čimbenicima zbog kojih se tijekom 80-ih godina postupno počelo odustajati od tradicionalne koncepcije.

U nastavku će ukratko biti opisane neke suvremene koncepcije upravljanja proizvodnjom.



Slika 95. Sindrom vodećeg vremena (prema Beniću, 10)

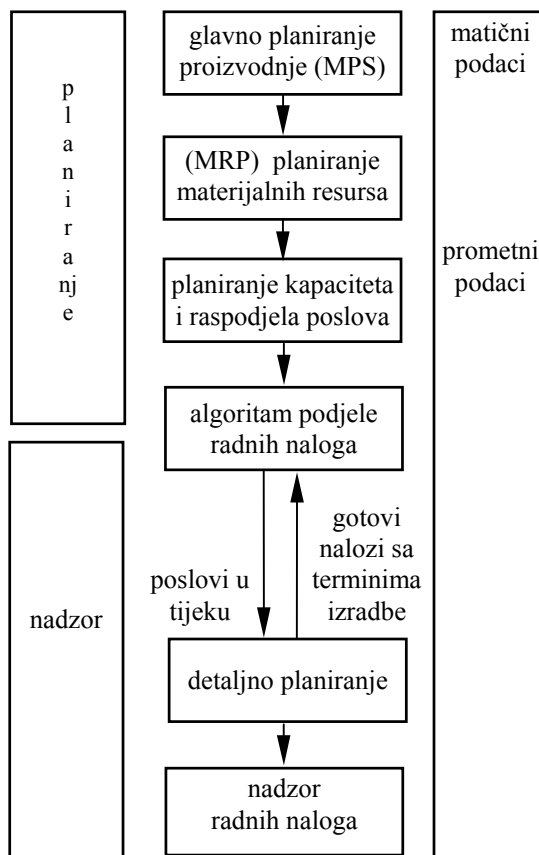
### 6.6.3. Suvremene koncepcije upravljanja proizvodnjom

#### 6.6.3.1. Proširenje tradicionalne koncepcije kontrolom proizvodnog procesa

Osnovno obilježje te koncepcije jest da se odvijanje proizvodnog procesa putem tzv. vanjskih osjetilnih organa nadzire računalom. Na taj se način: 1. nadzire odvijanje proizvodnje (proizvodnog procesa), 2. prati stupanj završenosti pojedinih proizvoda, 3. uspoređuju realno utrošena vremena s planiranim, 4. prikupljaju informacije o zastojsima u proizvodnji i o razlozima tih zastoja i 5. ostvaruju realni preduvjeti za uspješno reterminiranje proizvodnje. Termin vanjski osjetilni organ" uporabljen je jer je za razmatranje sasvim nevažno u kojem će obliku te informacije biti predočene programskom sustavu (hoće li ih upisati čovjek ili će ih računalo dobiti elektronskim putem). Bitno je samo to da ih PPC sustav dobiva, te da na temelju toga može samostalno (ili uz pomoć čovjeka kao donositelja odluke) poduzeti sve potrebne ispravljачke akcije. Osnovni cilj koji se koncepcijom želi postići jest minimiziranje nedovršene proizvodnje koja će preostati nakon vodećeg termina. Temeljno obilježje koje tu koncepciju izdvaja od tradicionalne jest postojanje povratnih informacija i povlačnost upravljačke strukture. Na slici 96. nacrtana je shema jednog takvog sustava (10).

Težište praktične realizacije koncepcije je na nadzoru poslova. Zbog toga je u mnogim slučajevima detaljno terminiranje proizvodnje poželjno obavljati raspršeno u samim radnim centrima (strojna skupina koja ostvaruje zadani

repertoar operacija). Na razini organizacije obavlja se grubo planiranje, dok se fino terminiranje obavlja na razini svakoga pojedinog radnog centra. Količina pozicija (a time i potrebnih poslova) i redoslijed lansiranja naloga za izradu vrlo su važni za performanse samog sustava.



Slika 96. Konceptija planiranja proizvodnje s nadzorom procesa (prema Beniću, 10)

Za koncepciju je bitno istaknuti:

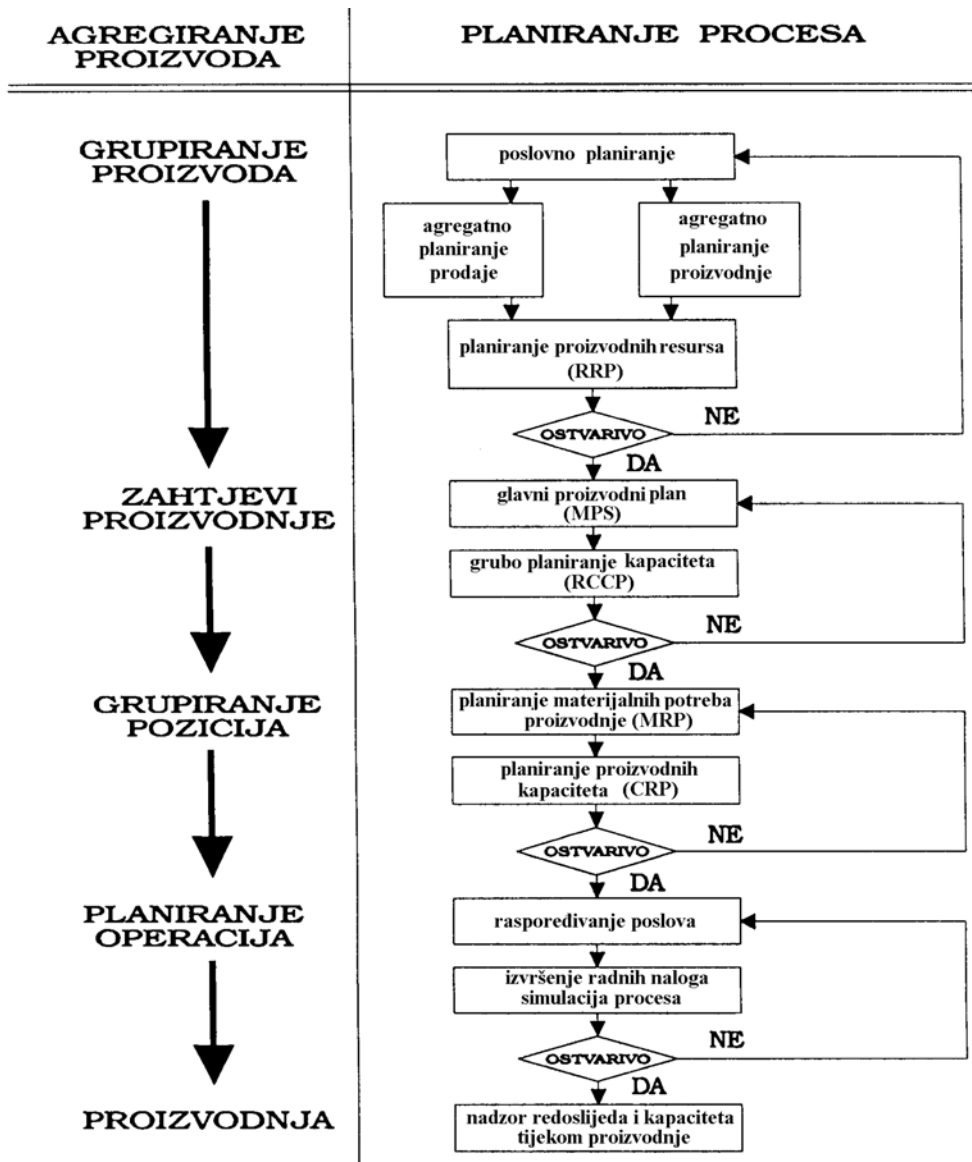
1. prosječno (očekivano) vrijeme izrade povećava se količinom nedovršene proizvodnje. Neposredna su posljedica veće količine poslova dulja prosječna vremena čekanja u redovima za obradu (bufferi), što ima negativni učinak (povećanje koeficijenta protoka proizvodnje),
2. kako se u sustavu postupno povećava količina nedovršene proizvodnje redovi čekanja se produljuju, a time se povećava i vjerojatnost besposlice na radnim mjestima. Posljedica toga je smanjena iskorištenost kapaciteta,
3. povećanje opsega nedovršene proizvodnje utječe na povećanje koeficijenta protoka. Kako bi se što dosljednije poštovao vodeći termin, potrebno je reorganizirati početna pravila prioriteta, čime ona postaju važan metodološki čimbenik kojim se determinira postizanje vodećeg termina,
4. što su prosječni redovi čekanja u sustavu dulji, dulje je i prosječno vrijeme što ga klijenti odnosno poslovi čekaju do početka izvođenja. Međutim, time se povećava vjerojatnost da se prikladnijim raspoređivanjem poslova na izvršitelje smanji uzaludno trošenje vremena poslova odnosno klijenata (10).

### **6.6.3.2. Koncepcija MRP II**

MRP II je hijerarhijsko strukturiran informacijski sustav proizvodnje koji se temelji na ideji sveobuhvatnog upravljanja svim proizvodnim resursima tijekom procesa koji integrira sve aktivnosti od marketinga, preko prodaje i nabave, do proizvodnje i održavanja. U tom smislu ta je koncepcija bitno, a ne samo konceptualno proširenje tradicionalnog PPC sustava. Na slici 97. u općim je crtama prikazana shema svega onoga što takav sustav obuhvaća. U odnosu prema tradicionalnom shvaćanju problematike upravljanja proizvodnjom, za MRP II koncepciju tipično je:

1. poslovno planiranje (Business Planning) koje obuhvaća i planiranje zahtjeva za resursima (Resource Requirements Planning - RRP),
2. planiranje materijalnih potreba proizvodnje (Master Requirements Planning - MRP), u sustavu kojega je i planiranje potreba za kapacitetima (Capacity Requirements Planning - CRP).

Ta je koncepcija u svojoj biti mnogo više od pukog planiranja i kontrole proizvodnje. To je sveobuhvatna koncepcija cjelovitoga poslovnog planiranja i kompletnog poslovanja. Planiranje proizvodnje nije ograničeno s obzirom na broj planskih razdoblja, a njegova bit čini modul planiranja zahtjeva za proizvodnim resursima (Resource Requirements Planning - RRP). Pri tome se pod pojmom resursa razumijeva sve što je potrebno za nesmetano odvijanje proizvodnje (npr.



Slika 97. Okvir za razmatranje MRP II koncepcije upravljanja proizvodnjom (prema Beniću, 10)

materijal, uređaji, instrumentarij kapaciteti, radnici, dokumentacija, ostale informacije i sl.). Samo planiranje procesa obavlja se logičkim redoslijedom,

ovako kako se proizvodi grupiraju za potrebe proizvodnje. U početnoj se fazi proizvodi grupiraju na temelju zahtjeva. Pri tome se, polazeći od poslovnog plana, iterativno (u ponavljajućem slijedu) planiraju potrebe proizvodnih resursa. Na temelju toga određuju se stvarni zahtjevi proizvodnje, tj. izrađuje se glavni proizvodni plan i u grubo planiraju kapaciteti. Tek na osnovi prethodno provedenih akcija i grupiranih pozicija planiraju se materijalne potrebe proizvodnje i proizvodnih kapaciteta. Nakon toga slijedi faza detaljnog planiranja operacija i lanisanja radnih naloga u proizvodnju.

Pri tome se, prije lansiranja radnih naloga obavlja računalna provjera mogućnosti njihova izvršenja, pri čemu se obično primjenjuju metode matematičkog programiranja ili diskretne simulacije. MRP II sustav u biti je hijerarhijski organiziran, te ga je moguće decentralizirati, pri čemu se niže hijerarhijske grupe aktivnosti detaljno terminiraju raspoređene po odjelima ili radnim centrima.

### **6.6.3.3. Konceptija optimalnih proizvodnih tehnologija**

Konceptija optimalnih proizvodnih tehnologija (Optimized Production Technologies - OPT) temelji se na uvidu u tijek materijala i proizvoda/pozicije. Bitna obilježja proizvodnog sustava ograničena su uskim grlima proizvodnje, koja treba ukloniti. Na taj se način uvodi red u proizvodnju, te se ona osigurava od posljedica slučajnih kvarova i zastoja zbog proizvodne opreme, koji mogu bitno poremetiti glavne termine plana proizvodnje.

OPT filozofija u svom je izvornom obliku određena pomoću tzv. devet pravila. To su:<sup>1</sup>

- treba balansirati tijekomove proizvodnje, a ne kapacitete
- razina iskorištenja radnih mjesta koja nisu uska grla proizvodnje nije određena njihovim potencijalima nego drugim ograničenjima sustava
- iskorištenje resursa i njihovo aktiviranje za proizvodne potrebe nisu istoznačnice
- vrijeme izgubljeno zbog uskih grla proizvodnje nenadoknadivo je<sup>2</sup>
- ne postoji ušteda vremena na kapacitetima koji nisu uska grla proizvodnje<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Prema Vollman, Berry, Whybark: Manufacturing Planning and Control System, Dow Jones Irwin, Homewood, IL, 1988, str. 852.

<sup>2</sup> U originalu: "Sat izgubljen zbog uskoga grla u proizvodnji zauvijek je izgubljen sat".

<sup>3</sup> U originalu: "Sat proizvodnje ušteden na kapacitetima koji nisu uska grla fatamorgana je".



- uska grla proizvodnje upravljaju koeficijentom protoka i zalihama sustava
- prebacivanje pojedinačnih obrada u sklopu istoga proizvodnog procesa na alternativne kapacitete ne može, a često i ne smije, biti nadomjestak unutar samog procesa<sup>1</sup>
- proizvodni se proces mora moći mijenjati
- raspored poslova na izvršitelje razmatra se uzimanjem u obzir svih ograničenja. Vodeći termin koji je rezultat takvog rasporeda ne smije biti previše krut.<sup>2</sup>

Na slici 98. shematski je nacrtana struktura modula raspoređivanja poslova na izvršitelje tipičnog OPT sustava planiranja proizvodnje.

Tijekom vremena prethodna su pravila dopunjena s pet općih zahtjeva u postavljanju logističkog sustava za OPT koncepciju (10). To su:

1. identificirati sva ograničenja sustava; treba točno prepoznati sve prethodne resurse, zahtjeve tržišta i uska grla proizvodnje,
2. odlučiti kako najbolje iskoristiti ograničenja sustava. Ograničenja sustava uvjetuju tijekom materijala kroz proizvodni sustav. Zato se kapaciteti koji čine uska grla trebaju terminirati tako da, gdje god je to moguće, koeficijenti protoka budu maksimirani te, u skladu s tim definirati terminske planove proizvodnje svih ostalih kapaciteta. U odnosu prema maksimiranju koeficijenata protoka, poželjno je da veličine serija na mjestima koja čine uska grla budu što veće, a trajanje operacija što kraće. Visok stupanj iskorištenosti kapaciteta, što je vrlo poželjno za resurse koji čine uska grla, razumijeva dovoljnu količinu pričuvnih poslova kao suprotnost izgubljenom vremenu koje se pojavljuje u tijekovima materijala na uskim grlima proizvodnje,
3. podrediti sve ostalo mogućnosti odlučivanja. Radna mjesta na kojima se postiže prekoračenje kapaciteta ne smiju biti potpuno iskorištena. Osim toga, na radnim mjestima koja nisu uska grla, a koja opskrbljuju uska grla, dopušteno je raditi samo ako zalihe u bufferima ne prelaze unaprijed određene količine. Ako su zalihe veće od maksimalno dopuštenih, na takvim radnim mjestima prestaje rad, sve dok one ne padnu ispod maksimalno dopuštenih,
4. stalno (ako je moguće) “podizati” ograničenja sustava. Kapacitete koji su uska grla potrebno je povećavati. To se mora činiti na sve načine,

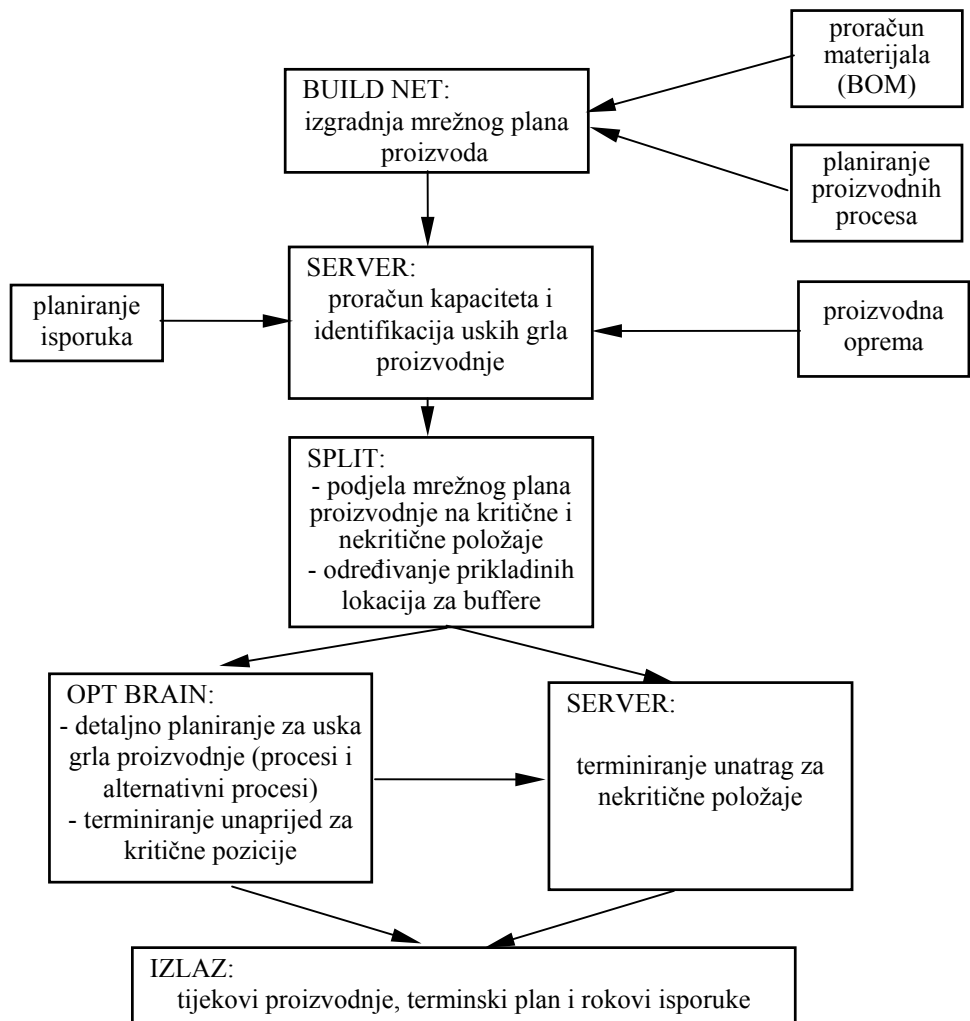
---

<sup>1</sup> To pravilo u biti govori da se unaprijed moraju propisati alternativni proizvodni procesi. To znači da se npr. jedna pozicija može izraditi na više načina (pomoću više različitih proizvodnih procesa).

<sup>2</sup> Ovaj zahtjev definira da su mala odstupanja od plana dopuštena. Ona pak, po mogućnosti, trebaju biti negativna, što znači da će proizvodnja biti gotova i prije vodećeg termina.

5. ponavljati prethodne akcije. Posao u prethodnim točkama, ako je tijekom toga uklonjeno neko od ograničenja sustava, treba stalno ponavljati.

Osnovni preduvjeti terminiranja proizvodnje i određivanja vremenske "karte" materijalnih potreba u proizvodnji u OPT koncepciji jesu 1. mrežni planovi (sheme odvijanja) izrade pozicija za proizvode, 2. terminski rokovi planiranih isporuka i 3. raspoloživi vremenski resursi proizvodnih kapaciteta. Pri tom je, kada je riječ o modulu SERVER, dopušteno prekoračenje kapaciteta veće i od 100%. Naime, nakon tog modula, u modulu SPLIT, konceptualno se provodi jedan od bitnih elemenata proračuna. Na temelju prethodnog proračuna kapaciteta prema zahtjevima vremenske slike tijekom proizvodnje (a u skladu sa strukturnim sastavnicama) obavlja se razdvajanje resursa (proizvodni kapaciteti) na kritične i nekritične (v. sl. 98). Detaljno terminiranje kritičnih resursa obavlja se u modulu OPT-BRAIN, i to na načelu terminiranja unaprijed. U navedenoj literaturi (88) navodi se da su detalji algoritma u modulu OPT-BRAIN trajanja. Na taj se način dobiva terminska slika prema kojoj se u modulu SERVER obavlja terminiranje unatrag za resurse koji nisu kritični. Tako se u dva koraka dobiva realno ostvariv terminski plan proizvodnje. Povratne veze u koncepciji, u smislu uklanjanja uskih grla u proizvodnji, trajna su zadaća donositelja poslovne odluke.



Slika 98. Planiranje proizvodnje optimalnom proizvodnom koncepcijom (prema Beniću, 10)

#### 6.6.3.4. Konceptije just-in-time, TQM, KANBAN

KANBAN koncepcija nastala je tijekom sedamdesetih godina kao odraz specifičnih teškoća s kojima se susretala japanska automobilska industrija. U većini slučajeva složeni problemi planiranja proizvodnje zahtijevaju zalihe koje jamče nesmetano odvijanje proizvodnje. Japanska automobilska industrija, za razliku od američke i europske, zbog specifičnih teškoća (manjka kapitala za kreditiranje proizvodnje) nije mogla dopustiti veće zalihe materijala, te je bilo potrebno stvoriti model sustava u kojemu nesmetano može teći proizvodnja s malo zaliha, pri čemu treba poštovati vrlo kratke rokove isporuke. Problem je u sljedećemu:

- zalihe repromaterijala za odvijanje proizvodnje koštaju (u njih je uložena znatna obrtna kratkotrajna imovina)
- u mnogim tvrtkama sposobnost predviđanja prodaje vrlo je loša ili nikakva, te se ne isplati držati velike zalihe gotovih proizvoda (pitanje je hoće li se moći prodati)
- visoke zalihe nisu ništa drugo doli pokrivanje nedjelotvornosti vlastitoga proizvodnog sustava (nerealna vremena izrade odnosno ispunjenja norme te ostale manjkavosti u proizvodnom procesu) i dobavljača materijala, kao i njihovo držanje, ne stvaraju pritisak za uklanjanjem evidentnih uzroka niske proizvodnosti.

Logika just-in-time proizvodne filozofije jest ukloniti uzroke velikih zaliha, pri čemu proizvodni proces mora biti organiziran tako da u njemu uvijek bude prisutan minimum zaliha. Na taj je način moguće djelotvorno planirati proizvodnju (ne razmišljajući o rokovima isporuke dobavljača), pri čemu se primjenjuju jednostavnije metode kontrole. Radi oživljavanja just-in-time filozofije, potrebno je poduzeti ove akcije:

- reorganizirati logistički lanac tako da se postigne dovoljna fleksibilnost i pouzdanost unutar proizvodnog sustava kako bi se poštovali vodeći termini proizvodnje (rok isporuke)
- uvesti takvu kontrolu proizvodnje da ona bude što jednostavnija i prisutna u svakom elementu proizvodnog sustava.

Samo upravljanje sustavom više je od upravljanja zalihama. U biti, poželjno je postići kontinuirani razvoj i usavršavanje proizvodnje i proizvodnih procesa.

To znači da treba imati odgovarajuću kontrolu i upravljati bitnim čimbenicima. To su:

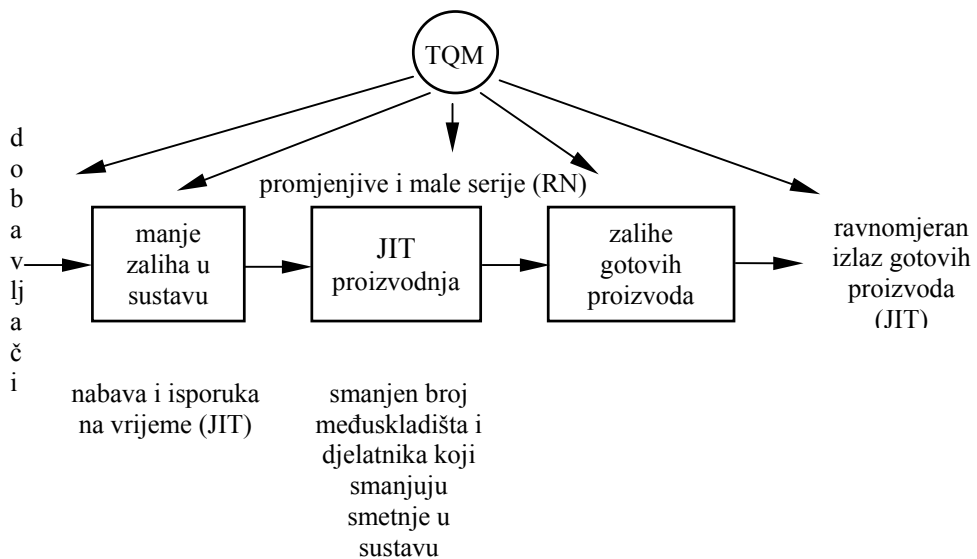
1. skraćenje vremena operacije, može se postići dvojako: smanjenjem veličina serije i organizacijom tehnološkog procesa u smislu povećanja broja radnih operacija ili u smislu promjene režima obrade,
2. pojednostavljenje tijekom materijala, što znači da cjelokupni proizvodni proces svih pozicija treba podijeliti prema skupinama proizvoda ili pozicija. Na temelju toga sastavlja se proizvodna linija (odnosno

projektira se proizvodni proces) u kojemu proizvodi/pozicije imaju sličan tehnološki postupak (u smislu operacija i radnih mjesta na kojima se oni izvode). Pri tome nije važan redoslijed njihova izvođenja. Na taj se način dobiva mogućnost sastavljanja fleksibilnih obradnih stanica i fleksibilnih sustava specijaliziranih za pojedine grupacije proizvoda/pozicija. To uz ostale prednosti osigurava znatne mogućnosti utjecaja na trajanje operacija,

3. fleksibilnost kapaciteta, glede količina koje se na njima proizvode. Time treba postići učinak kompenzacije pri znatnijim fluktacijama narudžbi. To znači da radna mjesta treba koncipirati tako da budu sposobna za različite tipove operacija.

Takva koncepcija fleksibilnosti zahtjeva i visoke troškove, te je poželjno:

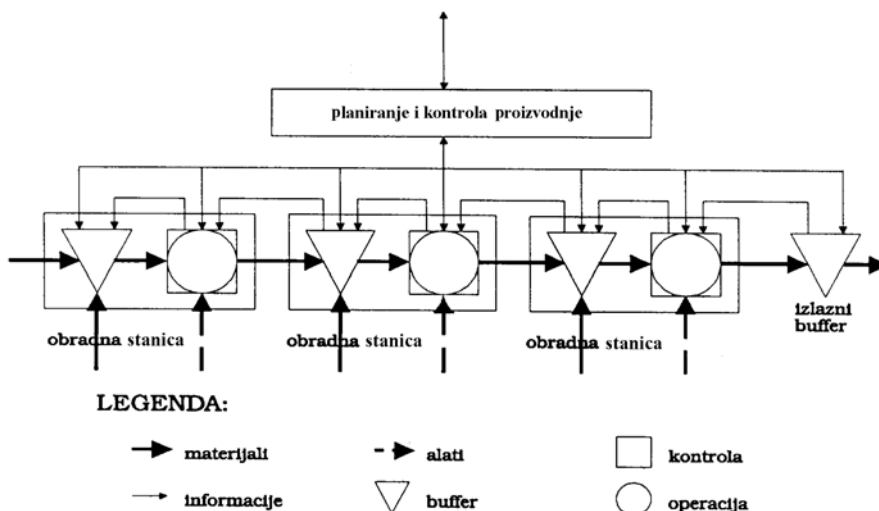
- smanjiti broj varijacija koje se javljaju tijekom vremena glede opsega proizvodnje
- integrirati dobavljače u just-in-time koncepciju tako da u kratkim rokovima moraju isporučiti male količine reprodukcijaskog materijala u najkasnijemu mogućem terminu a da to ne ugrozi kakvoću proizvoda



Slika 99. Just-in-time, TQM koncepcija upravljanja proizvodnjom (prema Figuriću, 23)

- povećati pouzdanost proizvodnog procesa preventivnim održavanjem, kontrolom i kakvoćom.

Na slici 100. predočena je paradigma koncepcije proizvodnje prema KANBAN sustavu.



Slika 100. Koncepcija proizvodnje KANBAN sustava

Tipičan sustav kontrole proizvodnje za koncepciju just-in-time (u japanskoj industriji) temelji se na stalnom držanju vrlo niskih zaliha (buffera) za sve gotove proizvode, materijal i poluproizvode. Svaka je pak proizvodna linija (svaki KANBAN) složena u obliku serijski spojenih radnih mjesta. Pri planiranju proizvodnje primjenjuje se tzv. povlačni sustav, za koji je karakteristično da se, ovisno o strukturnoj sastavnici i zahtjevima kupaca (obračun materijala), u proizvodni sustav, sastavljen od niza KANBANA, lansiraju radni nalozi za proizvodnju nedostajuće količine proizvoda svakog KANBANA uvećane za količine potrebne za održavanje stalne razine zaliha poluproizvoda. Na isti se način dobavljačima upućuju i zahtjevi za potrebnim materijalom. Kako se svaki KANBAN smatra jedinstvenim radnim centrom on sadrži vlastiti informacijski sustav koji funkcionira na jednakim (prethodno opisanim) načelima lansiranja naloga za izradu pozicija. Kapacitet svakog KANBANA prema van ne mjeri se ovisno o radnim satima, već o jedinicama svakog proizvoda za svako terminsko razdoblje. To planiranje na razini kompletnoga proizvodnog sustava čini vrlo jednostavnim. Težište se stavlja na planiranje unutar jednog KANBANA, koje je

zbog bitno manjeg broja pozicija (a time i ukupnih poslova) jednostavniji zadatak. Stoga, kada proizvodnja jednom započne, ostaje samo problem kontrole nedovršene proizvodnje unutar svakog KANBANA. U tom je smislu koncepcija just-in-time decentraliziran sustav proizvodnje u kojem se decentralizirano odlučuje na razini svakog KANBANA.

Zapadnoeuropsko-američki pandan japanskom konceptu just-in-timea (KANBANA) organizacije proizvodnog sustava jest CONWIP<sup>1</sup>. Izvorno, CONWIP je općenitije koncipiran od samog KANBANA. Osnovna mu je ideja održavati stalnu razinu nedovršene proizvodnje svakoga proizvodnog tijeka stalnom (svaka je proizvodna linija jedan proizvodni tijek). Pri tome se nedovršena proizvodnja mjeri prema potrebama kapaciteta uskih grla proizvodnje.<sup>2</sup> Na taj način svaki proizvodni tijek postaje jedna CONWIP linija. Jedanput započeta proizvodnja održava se prema tzv. povlačnom načelu. Proučavajući dostupne izvore informacija, u literaturi nailazimo na konceptijske sličnosti tog načela s uvođenjem konceptualno razvijenog sustava proizvodnje u proizvodnji namještaja (Fučkar, 1987.).

#### **6.6.3.5. Samorazvijajući sustav planiranja i samokontrole proizvodnje**

Samorazvijajući sustav planiranja i samokontrole<sup>3</sup> temelji se na provjeri kumulativnog broja jedinica proizvoda-pozicije koji su u nekom vremenskom trenutku prošli preko nekoga kontrolnog mjesta. U sklopu kompletnog procesa proizvodnje može postojati neograničen broj takvih kontrolnih mjesta. Ona se obvezno nalaze na ulazu i na izlazu tzv. kontrolnog bloka. Pojam kontrolnog bloka može se objasniti na sljedeći način.

Cijeli je proizvodni sustav podijeljen na blokove, pri čemu kao kriterij oblikovanja jednog bloka služe oni proizvodni kapaciteti kojima je moguće proizvesti ili obraditi skupine pozicija-prozvoda (grupna tehnologija). Kontrolna mjesta proizvodnog sustava imaju isključivo zadaću nadzora tijekom proizvodnje.

Kako se svi proizvodi mogu strukturirati u obliku hijerarhijskih strukturnih sastavnica, mora postojati središnje mjesto u kojemu se nadzire kompletno stanje proizvodnje svakog proizvoda. Tako se stječe potpuna slika o obavljenim poslovima, radovima koji su u tijeku i poslovima koje tek treba obaviti. Zato se

---

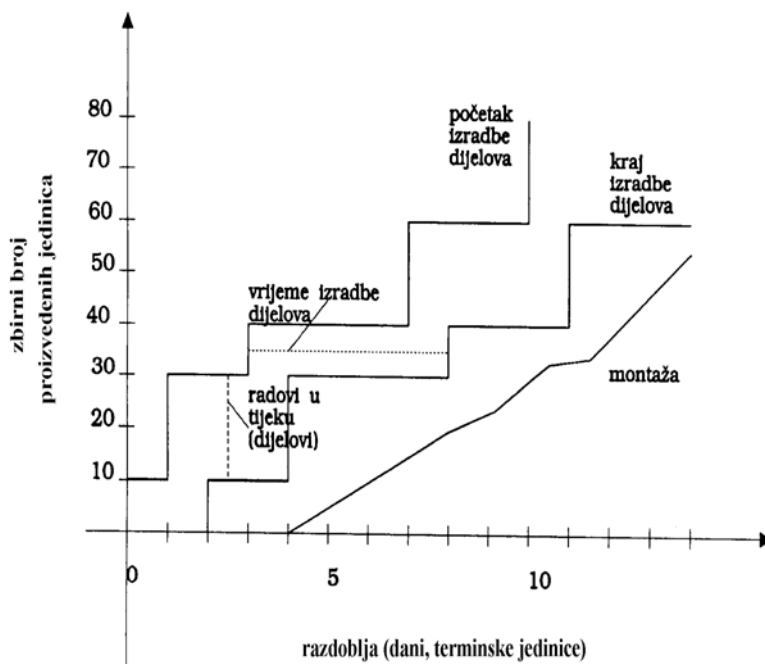
<sup>1</sup> Spearman, M. L., Hopp, W. J., Woodruff, CONWIP: A Pull Alternative to KANBAN, International Journal of Production Research 28, 5, 1990, str. 879-894.

<sup>2</sup> Spearman, M. L. Hopp, W. J., Woodruff: A Hierarchical Control Arhitecture for Constant Work-in-Proces (CONWIP) Production Sytems, Journal of Manufacturing and Operation Management 2,3, 1989, str.147-171.

<sup>3</sup> Heinemeyer, Produktionsplanung und - steuerung mit Fortschittzahlen für interdependente Fertigungs - und Montageprozesse, Handbuch der Logistik, 14, Lfg. XII/88, 1988, 1-46.

pri masovnoj proizvodnji s visokom pouzdanošću može predvidjeti (prognozirati) ponašanje sustava u budućnosti i poduzeti potrebne akcije kako bi se održala planirana dinamika proizvodnje. Težište takvog sustava planiranja i kontrole proizvodnje je na MPS i MRP modulima planiranja proizvodnje. Naglasak je na potrebama i tijekovima materijala, dok se pitanjima raspoloživih kapaciteta pridaje manje značenje. Obično se pretpostavlja da unutar jednoga planskog razdoblja (do vodećeg termina) ima dovoljno kapaciteta da se prikladnim raspoređivanjem poslova na izvršitelje ostvari plan proizvodnje, što je u dobro uhodanoj masovnoj proizvodnji uglavnom tako.<sup>1</sup>

Osnovno načelo sustava planiranja i samokontrole proizvodnje дано je na slici 101.



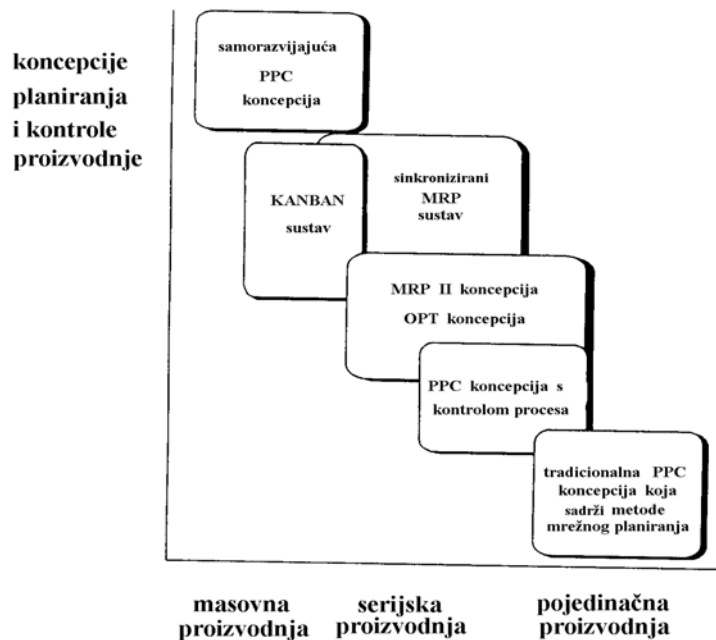
Slika 101. Dijagram obavljanja poslova

<sup>1</sup> Sustav planiranja i samokontrole uveden je u automaobilskoj industriji Daimler-Benz.



### 6.6.3.6. Primjenjivost suvremenih koncepcija planiranja i kontrole proizvodnje

Svaka od opisanih koncepcija pogodna je za drugačiji tip proizvodnje. Zato je za uspješnu primjenu neke od njih u stvarnoj proizvodnji vrlo važno poznavati sve specifičnosti konkretne proizvodnje. Na slici 102. (88) prikazana je sistematizacija pojedinih koncepcija s obzirom na tip proizvodnje. U budućnosti je realno očekivati razvoj novih koncepcija planiranja i kontrole proizvodnje, posebice ako se računa s razvojem inteligentnih proizvodnih sustava (IMS – Intelligent Manufacturing System).



Slika 102. Primjenjivost koncepcija planiranja i kontrole proizvodnje

## **6.6.4. Konceptcija inteligentnog planiranja i kontrole proizvodnje**

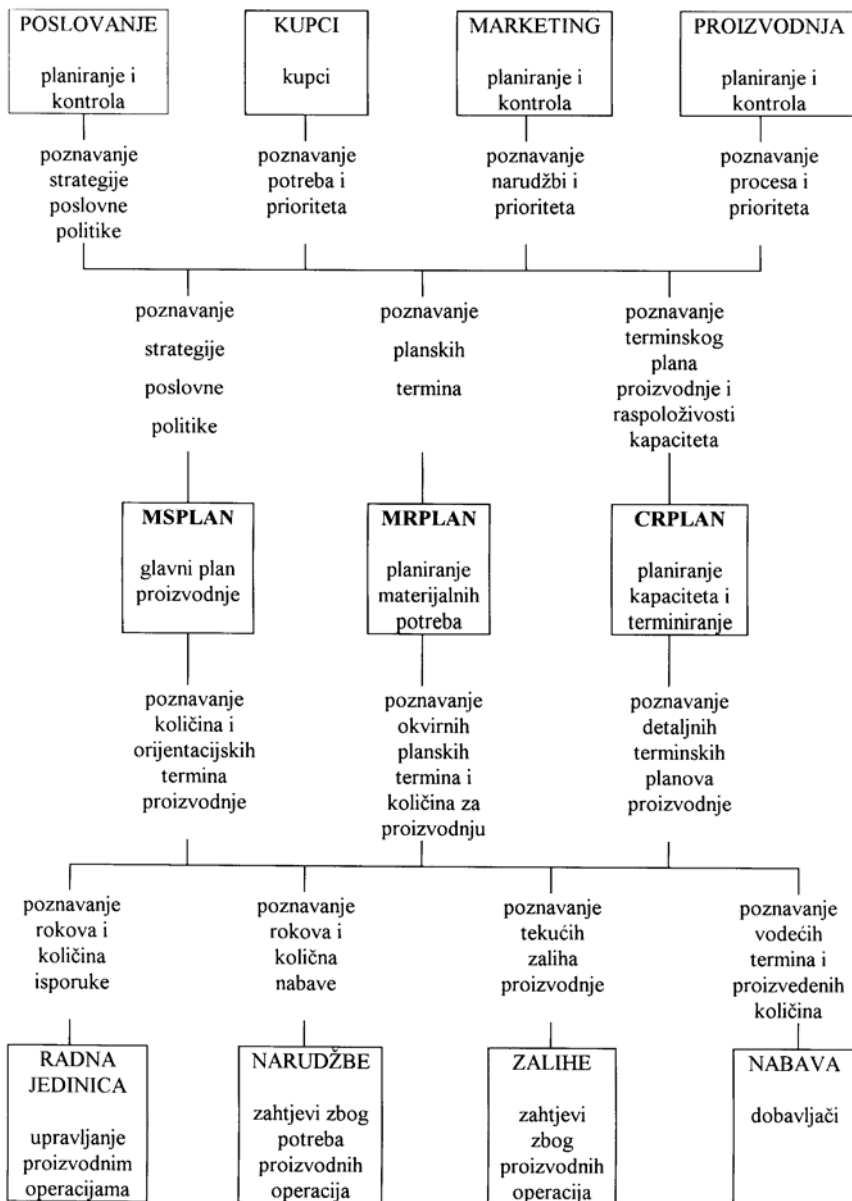
Opisani trendovi u industrijskoj proizvodnji upućuju na postupnu usmjerenost prema manjim serijama. Izrada pozicija dodjeljuje se malim proizvođačima. Na taj se način tekuća proizvodnja rasterećuje od nepotrebnih troškova i smanjuju se zalihe. Veći proizvođači zadržavaju marketing, razvoj, montažu, kontrolu i održavanje, a mali se bave isključivo proizvodnjom po narudžbi. Manje narudžbe materijala omogućuju proizvođačima uspješnije upravljanje proizvodnjom te uvođenje suvremenih načina planiranja proizvodnje. Takve su tendencije, uz tehnološke mogućnosti suvremenih informatičkih pomagala, omogućile razvoj i ostvarenje novih konceptija planiranja i kontrole proizvodnje - nazovimo ih konceptijama za 21 stoljeće.

U tom se smislu posljednjih godina pojavljuju zanimljivi pokušaji uvođenja metoda umjetne inteligencije u rješavanje problema planiranja i kontrole proizvodnje. Pri tome je ad hoc postavljena teza da bi takvo (nazovimo ga inteligentnim) planiranje trebalo donijeti nove proboje. Pri tome se mogu jasno razlučiti dvije skupine, dvije razine, uvođenja: 1. kvalitativna konceptija modela odlučivanja (razina kvalitativno provjerenih odluka) i 2. kvantitativna konceptija modela odlučivanja (razina kvantitativno podržanih odluka) (10).

### **6.6.4.1. Kvalitativni modeli odlučivanja**

U prvoj je skupini riječ o kvalitativnim modelima cjelovitog sustava poslovnog odlučivanja, koje je u biti komplementarno već opisanim konceptijama. Naglasak te konceptije je na analizi cjelovitog modela upravljanja proizvodnjom, pri čemu se prije svega razmatraju kvalitativne odrednice problema. Metode umjetne inteligencije u tim su modelima ponajprije u funkciji izrade kvalitativnih modela za inteligentno djelujuće odlučivanje računalnog programa. Pri tome se preskaču metodološki problemi rješavanja pojedinih zadataka u sklopu razmatrane problematike (npr. problem terminiranja proizvodnje). Značenje tih metoda očituje se na strateškoj i taktičkoj razini odlučivanja, te su u tom smislu komplementi konceptiji modeliranja za učenje (10).

U navedenom smislu najzanimljiviji su i najcjelovitiji Karijev i Gal-Tzurov (50) model. U njihovu je radu, između ostaloga, prikazan konceptualni kvalitativni model cjelovitog sustava planiranja i kontrole proizvodnje.



Slika 103. Konceptualna shema inteligentnog planiranja i kontrole proizvodnje (prema Beniću, 10)

Bitan konceptualni čimbenik koji spomenutom sustavu osigurava atribute umjetne inteligencije (odnosno ekspertnog sustava), jest usmjerenost prema klasičnim okvirima (frame) odlučivanja karakterističnim za objektivno orijentirane jezike umjetne inteligencije. O tome autori pišu:

“Arhitektura umjetne inteligencije usmjerena na okvire odlučivanja idealno se uklapa u sustav planiranja i kontrole proizvodnje zbog integrirajuće i interaktivne prirode tih okvira odlučivanja koje mogu predstavljati entitete i atribute procesa planiranja. Pravila predočuju međusobne odnose (odnosno međusobna djelovanja entiteta). Mehanizam zaključivanja može biti strategija prema kojoj se razvija plan ili strategija kontrole proizvodnje.”

Utjecaj okoline na sustav očituje se u interaktivnoj razmjeni informacija triju osnovnih modula planiranja i kontrole proizvodnje. To su: MSPLAN (Master Shedule Plan - Modul za glavno planiranje proizvodnje), MRPLAN (Material Requirements Planning - Modul za planiranje materijalnih potreba proizvodnje) i CRPLAN (Capacity Requirements Planning and Sheduling - Modul za terminiranje proizvodnje) s okolinom u kojoj djeluje proizvodni sustav. U tome se smislu, pri koncipiranju, realizaciji i samom djelovanju sustava očituje holistički pristup. Sami autori navode:

“Holistički pristup ključ je uspjeha učinkovitog planiranja i kontrole proizvodnje. Mnoge teškoće vezane za ostvarenje proizvodnih planova nastaju zbog nedovoljne zastupljenosti aktivnosti koje nisu dio proizvodnog procesa, ali su tijesno povezane s njime.”

Veze unutar inteligentno djelujućeg sustava ostvarene su u obliku izlazno-ulaznih slotova kojima su povezani osnovni entiteti sustava. Funkcioniranje sustava temelji se na imanentno ugrađenoj težnji da on bude u stanju ravnoteže. U tom smislu svaka promjena u podacima okoline uzrokuje pokretanje cijelog lanca događaja (odnosno akcija unutar samog ekspertnog sustava) kojima je cilj vratiti sustav u ravnotežno stanje. To novo stanje ravnoteže obično znači promjenu pripadajućih vrijednosti atributa sustava (npr. promjenu kapaciteta, promjenu proizvodnih procesa i sl.). Pri tome se kao osnovni instrumentarij za postizanje ravnoteže primjenjuje kvalitativna simulacija koja donositeljima odluke treba dati relevantne podatke za donošenje odluka (10).

Cjeloviti sustav odlučivanja sastoji se od 11 okvira (entiteta), pri čemu je svaki od njih zasebna klasa s tri do šesnaest slotova. Svaki okvir odlučivanja izvršava se na jednoj razini (instanciji). Slotovi (ima ih 69) čine ulazno-izlazne veze koje mogu poprimiti tri vrijednosti: 0, početnu (planiranu) vrijednost, -, negativnu vrijednost (odstupanje od planiranog ranga vrijednosti) i +, pozitivnu vrijednost (odstupanje iznad planiranog ranga vrijednosti).

Odlučivanje u sustavu očituje se djelovanjem IF...THEN pravila, podijeljenih u setove specifičnih entiteta. Svako pravilo (ima 39 IF...THEN pravila podijeljenih u 8 skupina, "SET") korespondira s jednom ili više vrijednosti ulazno-izlaznih slotova, što pak u sustav uključuje pobudno djelovanje okoline u

obliku funkcijskih (ulaznih) vrijednosti. Mehanizam zaključivanja sastoji se od korisničkog sučelja kojim se zadaju, kontroliraju i preko kojeg se dobivaju vrijednosti kontrolnih operatora. Djelovanje sustava očituje se u:

1. izvodenju glavne sekvencije. Mehanizam zaključivanja zahtijeva od planera opis ili opis veza koje treba modificirati i/ili ostvariti. Nakon toga, primjenom pravila ugrađenih u mnoštvo iteracija prema unaprijed određenom redoslijedu izvršavanja okvira odlučivanja u bazi znanja (to su tzv. instancije), sustav mijenja razinu izlaznih vrijednosti do zadovoljavajuće granice na kojoj se postiže stanje ravnoteže,

2. izvodenju nizova podsekvencija. Mehanizam zaključivanja izvodi mnogostruke iteracije preko setova pravila za svaki okvir odlučivanja. U svakoj se iteraciji prema redoslijedu upisanom u bazi podataka (a ona čini bazu znanja) provjeravaju pravila. Svako se pravilo provjerava s obzirom na mogućnost da se preskoči, prihvati ili odbaci. U početku se preskaču pravila kojima se mijenjaju vrijednosti postojećih veza. Na taj se način dobiva podskup pravila koji tijekom daljnjega interaktivnog postupka treba ignorirati (jer su ta pravila prihvaćena). To posljedično znači da se iteracija obavlja za prethodno nezadovoljena pravila. Ako se tijekom brojnih iteracija, u kojima se pokušavaju postići one vrijednosti koje će sustav vratiti u stanje ravnoteže, potvrdi neko od nezadovoljenih pravila, iteracija se prekida. Takvo se potvrđeno pravilo prebacuje u početnu skupinu zadovoljenih pravila. Prethodni se postupak ponavlja sve dok sva pravila jedne podsekvencije ne budu prihvaćena, odnosno dok nijedno ne bude odbačeno,

3. terminiranju postupka. Postupak se ponavlja sve dok sva pravila za sve glavne sekvencije ne budu prihvaćena, odnosno dok nijedno ne bude odbačeno. Kada se pojavi prethodni događaj, postupak je gotov (10).

U tablici 2 (50) dan je karakterističan izvadak iz cjelovitog okvira odlučivanja sa setovima i pravilima odlučivanja.

Tablica 2. Izvadak ekspertnog sustava planiranja i kontrole proizvodnje (prema Kari, Gal-Tzuru, 50)

* FRAME	MARKET		
SLOT	CO-DATES	TERNARY	INPUT
SLOT	MS-DATES	TERNARY	INPUT
SLOT	CO-DATES	TERNARY	OUTPUT
*INSTANCE			
FRAME	PLANNING	PRODUCE	
FRAME	MASTER	MSPLAN	
FRAME	MATERIAL	MRPLAN	
FRAME	CAPACITY	CRPLAN	
FRAME	WORKSHO	SHOPFLOR	

\* RULES

SET	MARKET	
IF	MS-DATES	EQ +
THEN	CO-DATES	EQ +
IF	MS-DATES	NE +
THEN	CO-DATES	EQ 0
SET	PRODUCE	
IF	C-POLICY	EQ +
AND	CP-LOAD	EQ -
OR	SF-LOAD	EQ -
OR	SF-DATES	EQ +
THEN	MS-LOAD	EQ +
	SF-LOAD	EQ 0
	CP-LOAD	
	SF-LOAD	

#### 6.6.4.2. Kvantitativni modeli odlučivanja

Druga skupina u pristupu rješavanju problema planiranja i kontrole proizvodnje prihvaća metodološke odrednice izvršavanja pojedinih zadataka pri rješavanju stvarnog problema planiranja i kontrole proizvodnje. Unutar cjelovite koncepcije takvi su zadaci:

- pronaći kritični put koji pri mrežnom planiranju i praćenju projekata uvjetuje vodeći termin proizvodnje
- pronaći put s najvećim izgledom za uspjeh (primjena teorije igara i primjena teorije odlučivanja na donošenje optimalnih poslovnih odluka koja od mogućih alternativa daje potencijalno najbolje rezultate)
- pronaći najbolje rješenje koje zadovoljava neke specifične uvjete (npr. primjena cjelobrojnog optimiranja pri rješavanju problematike izbora optimalnoga proizvodnog programa)
- pronaći najbolje rješenje transportnog problema (maksimiranje transportnih učinaka minimizacijom ukupno transportiranih količina koja rješava niz problema rukovanja materijalom)
- rasporediti niz neslijednih poslova na izvršitelje kako bi se postigli specifični ciljevi (metode asignacije s različito definiranim funkcijama cilja)
- rasporediti niz slijednih poslova na izvršitelje kako bi svi poslovi bili što prije gotovi (problemi terminiranja proizvodnje s postavljanjem različitih ciljeva) (50).

## 6.6.5. Kritika kvalitativnog modela inteligentnog planiranja i kontrole proizvodnje

Opisani je model kvalitativni okvir za globalno rješavanje problema. U vezi s tim, sami autori (50) napominju:

“Razvoj konzistentnog skupa funkcija zaista je težak zadatak, čak i za male modele. Usto postoji mnogo potencijalnih kombinacija razina vrijednosti ulaznih varijabli za tzv. trening sustava, a svaki je mogući ishod zanimljiv. Procedure za prekid i debugiranje mogu pomoći pri vrednovanju stanja apstrakcije modela takvog tipa.”

Iz tog pak proizlazi:

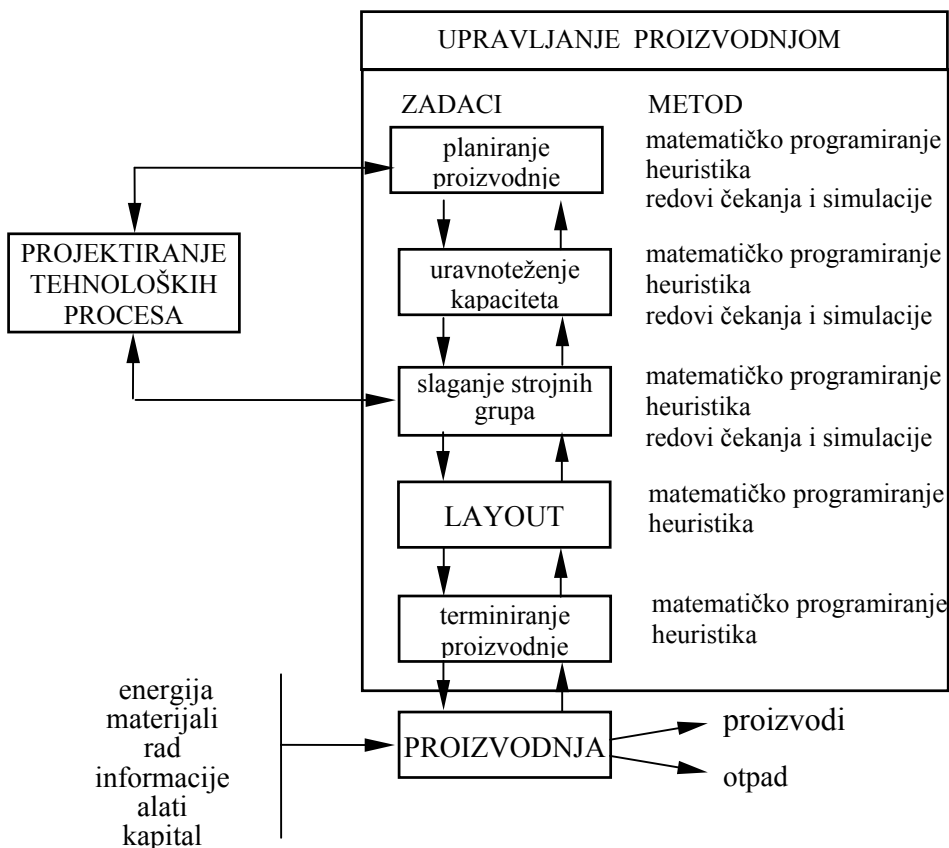
- prije same uporabe sa sustavom se treba "iterativno igrati" kako bi se provjerio. To često zbog specifičnih teškoća s računalnom memorijom može biti težak zadatak
- sustav je primjenjiv za male modele, dok se pri velikim modelima mogu očekivati znatne teškoće vezane za izradu samog modela ili vezane za djelovanje provjerenog modela u praktičnoj primjeni (upitnost dobivenih rezultata).

Usprikoš prethodnoj kritici, treba istaknuti da kvalitativni modeli imaju presudnu važnost za uspješno rješavanje takvih problema u praksi. U tom smislu takvi modeli imaju svoju ulogu, što navode i sami autori. Bez odgovarajuće kvalitativne formulacije modela planiranja i kontrole proizvodnje ne može se očekivati ni uspješna primjena konkretnih rješenja za pojedine specifične zadatke. Kvalitativno modeliranje, koje pripada koncepciji ekspertne potpore klase "modeliranje za učenje", zbog složenih je veza unutar samog sustava, njegovih potreba i širega (a time i cjelovitijeg) pristupa rješavanju problema moćan suvremeni instrumentarij za analizu i razvoj sustava. Mogućnosti tako podržanog odlučivanja imaju potencijalno važnu primjenu u analizi mogućih situacija koje donosi budućnost (iterativne igre). Na taj je način primjenom suvremene, računalom podržane tehnologije (hardvera i softvera), moguće u obliku igre dobiti praktične odgovore tipa: Što treba poduzeti ako ...? (What if ...?)

Autori u svom istraživanju ne obrađuju problem objedinjavanja metoda rješavanja pojedinih specifičnih zadataka unutar složenog problema planiranja i kontrole proizvodnje. Kvantitativne razine djelovanja opisanog modela, same su za sebe složena problematika. Zbog niza međusobno povezanih zadataka, pri čemu je rješenje prethodnog zadatka polazna osnova za rješavanje sljedećeg zadatka. Usto se svaki od njih (metodološki gledano) rješava nevezano s drugima. Posljedica toga je nepovoljan utjecaj na kvalitetu rješavanja općeg zadatka. Ovisno o tipu proizvodnje, općenito se razlikuju dva tipa proizvodnje: 1. pojedinačna (projektna) i 2. ponavljajuća proizvodnja. Unutar ponavljajuće proizvodnje bez obzira na veličine serija, zadaci se mogu grupirati u ove glavne kategorije: 1. planiranje proizvodnje, 2. balansiranje proizvodnih kapaciteta, 3.

formiranje strojnih grupa, 4. LAYOUT proizvodnih postrojenja i 5. raspored poslova na izvršitelje.

Unutar izloženog okvira pojedini su zadaci međusobno povezani (shema na sl. 104). Suvremene metode za rješavanje tih zadataka dijele se na: 1. matematičko programiranje, 2. redove čekanja i simulacije, 3. različite heurističke metode, a u novije se vrijeme njima pridružuju i metode sa zajedničkim pridjevkom "umjetna inteligencija". Problem planiranja i kontrole proizvodnje u suvremenim proizvodnim sustavima, a time i u koncepciji inteligentnih proizvodnih sustava (IMS), hijerarhijski je strukturiran. Takva koncepcija podijeljenih upravljačkih, nadzornih i kontrolnih funkcija omogućuje mnogo lakše i jednostavnije objedinjavanje raznorodnih metoda u jedinstveni model, čime se olakšava rješavanje konkretnih zadataka kojima obiluje svakodnevna proizvodna praksa.



Slika 104. Zadaci i metode u planiranju proizvodnje (prema Beniću, 10)



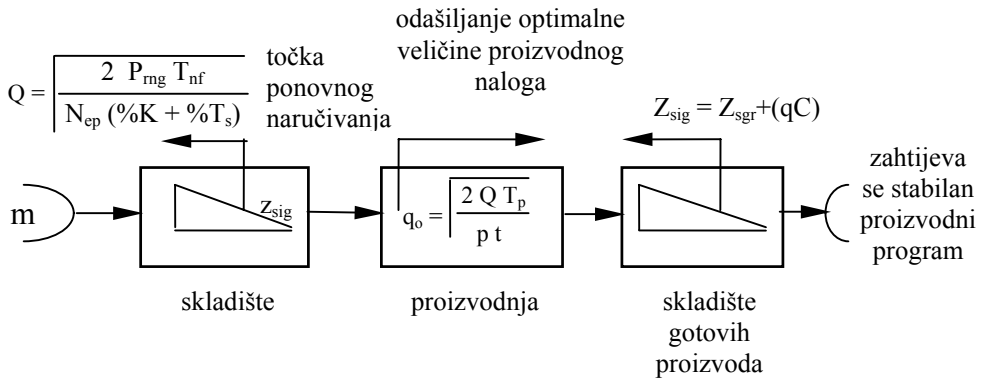
## **6.6.6. Metode i tehnike upravljanja proizvodnjom**

### **6.6.6.1. ROP sustav (Reorder Point System - točka pri kojoj se ponovno naručuje)**

Taj se sustav upravljanja proizvodnjom osniva na signalnoj zalihi materijala, poluproizvoda i proizvoda na skladištu materijala, odnosno gotovih proizvoda. Signalna količina je ona vrijednost zaliha pri kojoj je potrebno ponovno naručiti robu kako tvrtka ne bi ostala "izvan" potrebne zalihe materijala. Osnova toga sustava su zalihe određene za sve oblike i količine materijala odnosno gotovih proizvoda. Najsigurnije je imati maksimalne zalihe jer se tako u svakom trenutku može odgovoriti na svaki zahtjev kupca, odnosno proizvodnje. Troškovi su najmanji kada uopće nema zaliha. Kako bi se pomirile te dvije tvrdnje i našao kompromis, u obzir se uzima još jedna sastavnica upravljanja proizvodnjom i poslovanjem - ekonomična veličina nabave materijala i serije proizvoda u proizvodnji. Radni su nalozi na taj način samo popuna zaliha gotovih proizvoda. ROP sustav upravljanja proizvodnjom prikazan je na slici 105.

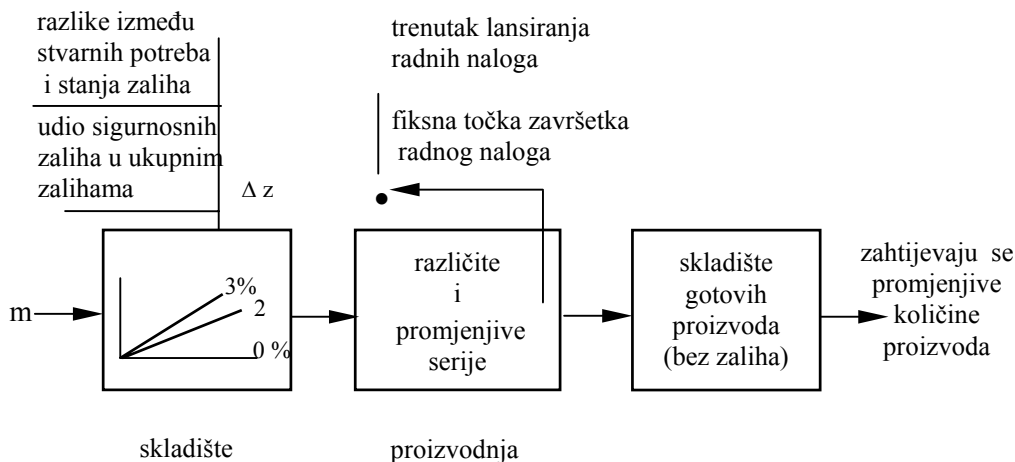
### **6.6.6.2. MRP sustav (Material Requirements Planning - planiranje materijalnih resursa)**

Taj sustav upravljanja proizvodnjom postaje djelotvoran kada zbog izrazito jake konkurencije na tržištu vrijeme kao dominantan činitelj postaje vrlo važno. Pojavljuje se potreba za terminiranjem, kao i za smanjenjem zaliha na razinu nižu od one koju je promovirao ROP sustav. Taj se sustav, kao i ROP, počeo razvijati u sustav upravljanja zalihama, a kasnije je prerastao u sustav upravljanja proizvodnjom, uz istodobno razvijanje metoda za planiranje potreba kapaciteta (CRP - Capacity Requirements Planning). MRP sustav upravljanja proizvodnjom dan je na slici 106. Iz slike je vidljivo da se MRP sustav koristi pojmom sigurnosne zalihe. To nije jedini način upravljanja zalihama u tom sustavu upravljanja proizvodnjom i poslovanjem. Sustav omogućuje upravljanje zalihama materijala, signalnom zalihom i radom bez zaliha, kao i kombinacijom tih triju načina. Proizvodnjom se upravlja prema narudžbama kupaca. Budući da su zbog rada po narudžbi za poznatog kupca serije manje i promjenjive, uz mogućnost da se i dalje posluje sa zalihom, važno je da se proizvodnja terminira. To se radi tako da se odredi točan datum isporuke robe kupcu te da se na temelju njega odredi datum početka rada na radnom nalogu. Kako je većinom riječ o radu po narudžbi za poznatog kupca, a terminiranje se obavlja na temelju točno dogovorenog datuma isporuke, skladište gotovih proizvoda ostaje bez zaliha.



Legenda:  $Q$  – ekonomična količina pojedinačne nabave,  $2$  – recipročna vrijednost skladišnog stanja,  $P_{mg}$  – planska godišnja potrošnja materijala izražena u količini,  $T_{nf}$  – troškovi nabave fiksni po jednoj nabavi,  $N_{ep}$  – jedinična nabavna cijena materijala,  $\%K$  – postotak kamata na zalihu materijala izražen kao cijeli broj,  $\%T_s$  – postotak troškova uskladištenja izražen kao cijeli broj,  $q_o$  – optimalna veličina serije (komada proizvoda),  $Q$  – potreba materijala za plansko razdoblje (komada proizvoda),  $T_p$  – troškovi pripremanja radnog naloga i podešavanje strojeva (novčanih jedinica),  $p$  – postotak kamata na uloženi kapital i troškovi uskladištenja,  $t$  – troškovi po jedinici proizvoda (novačnih jedinica),  $Z_{sgr}$  – sigurnosna zaliha,  $Z_{sig}$  – signalna zaliha (količina kod koje se naručuje),  $B$  – rok isporuke (vremenska jedinica),  $C$  – mogući rok prekoračenja roka isporuke (vremenska jedinica),  $q$  – prosječna potrošnja materijala

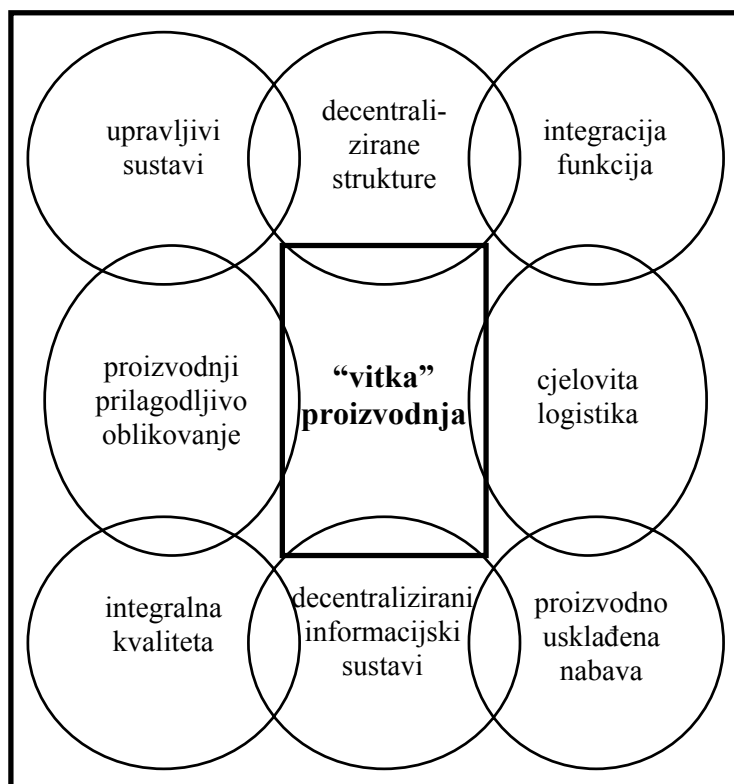
Slika 105. ROP sustav upravljanja proizvodnjom (prema Figuriću, 23)



Slika 106. MRP sustav upravljanja proizvodnjom (prema Figuriću, 23)

### 6.6.6.3. Lean Production System (sustav “vitke” proizvodnje)

Sustav upravljanja “vitkom” proizvodnjom jest prijelaz s američke proizvodne filozofije MRP sustava, u kojemu su dopuštene zalihe, pogreške i stvaranje određene sigurnosti pomoću sigurnosnih zaliha određenog materijala, na japansku proizvodnu filozofiju JIT sustava. “Vitka” proizvodnja je filozofija koja se temelji na racionalizaciji proizvodnje. Potrebno je racionalizirati zalihe, trajanje pojedinih operacija, tijek materijala, vrijeme transporta i proces proizvodnje. Na taj se način postiže “vitka” proizvodnja, odnosno proizvodnja kojoj su smanjeni troškovi, a koja ujedno zadovoljava potrebe i zahtjeve kupaca. Takva proizvodnja zahtijeva isključivo rad po narudžbi za poznatog kupca, pouzdanog dobavljača i prilagodljivu proizvodnju s visokorazvijenom tehnologijom. “Vitka” proizvodnja predložena je na slici 107.

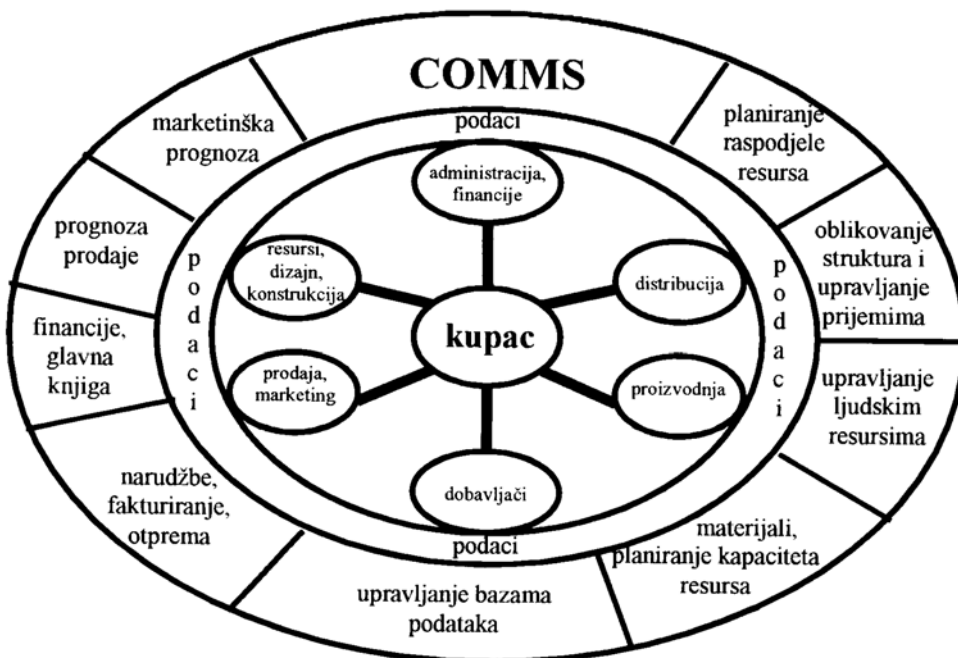


Slika 107. “Vitka” proizvodnja (prema Bizjaku, 13)

#### 6.6.6.4. COMMS (Customer Oriented Manufacturing Management System - prema kupcu orijentiran upravljački proizvodni sustav)

To je današnjem vremenu najprimjerenija koncepcija upravljanja proizvodnjom i poslovanjem. Ona je još uvijek u razvoju, a povezuje kupca, dobavljača i distribucijski sustav s financijama, djelatnicima, projektiranjem,

konstrukcijama, marketingom i proizvodnjom. Cijeli je sustav potpuno podređivanje proizvodnoga i poslovnog sustava željama i potrebama kupaca. Shematski je predložen na slici 108.



Slika 108. COMMS upravljački sustav (prema Figuriću, 23)

### 6.6.7. Usporedni prikaz suvremenih koncepcija, metoda i tehnika upravljanja proizvodnjom

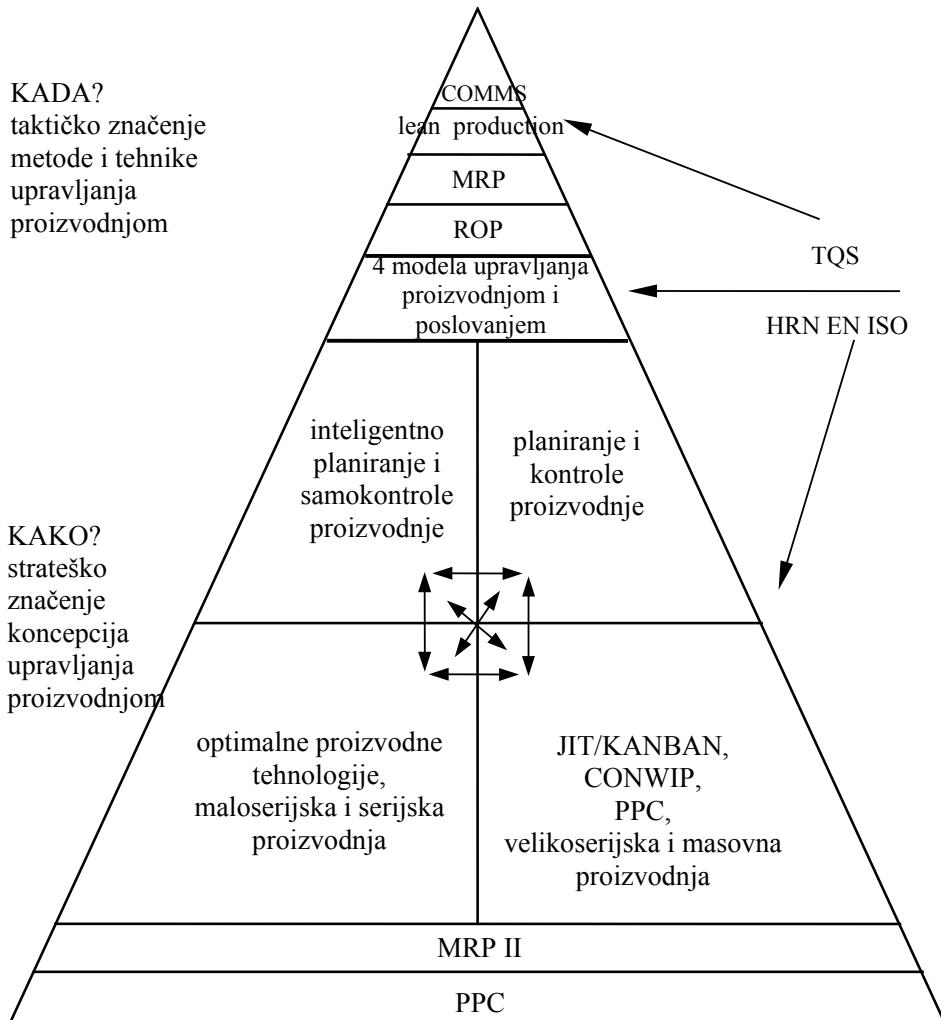
Riječ je o pristupu poslu, o načinu kako raditi - ovisno o alternativnim tehnološkim postupcima.

Koncepcije upravljanja proizvodnjom imaju strateško značenje za tvrtku. Metode i tehnike imaju taktičku vrijednost za tvrtku. Odgovaraju na jednostavno pitanje: kako provesti određenu koncepciju upravljanja proizvodnjom.

Metode i tehnike tog sustava osvjetljavaju način na koji se mogu provesti suvremene koncepcije upravljanja proizvodnjom, te odgovaraju na jednostavno pitanje o tome kada ih provesti.

Kao pomirenje između suvremenih koncepcija te metoda i tehnika upravljanja proizvodnjom mogu se postaviti četiri tipična modela upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja (23). Ti modeli zadovoljavaju strateško i taktičko značenje upravljanja proizvodnjom, tj. odgovaraju na pitanje kada i kako ustrojiti i pokrenuti koncepciju upravljanja proizvodnjom. U te se modele mogu uklopiti sve koncepcije i metode upravljanja proizvodnjom.

Moguće je pretpostaviti da je u koncepcijama, metodama i tehnikama upravljanja proizvodnjom uveden ISO i TQC sustav. Usporedni prikaz dan je na slici 109.



Slika 109. Usporedni prikaza suvremenih koncepcija, metoda i tehnika upravljanja proizvodnjom (autorov rad)



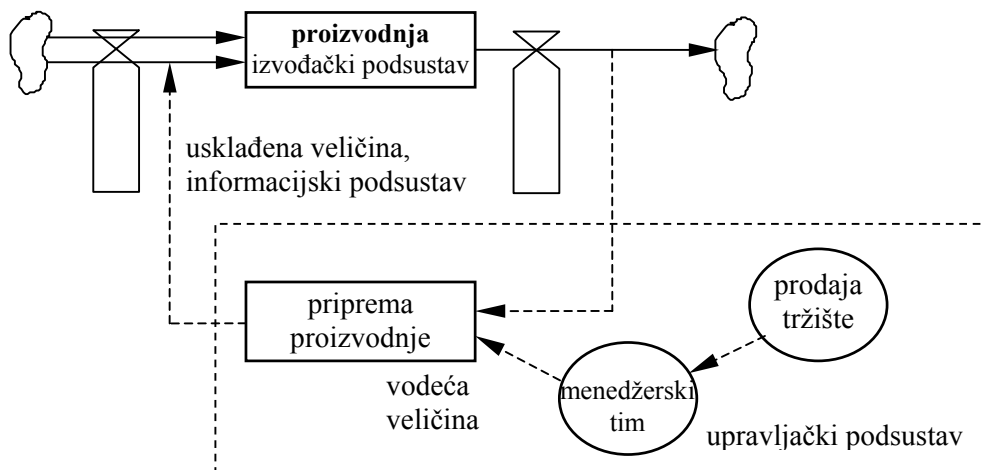


## 7. PRIPREMA PROIZVODNJE KAO DIO UPRAVLJAČKOG SUSTAVA U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA

Cilj pripreme proizvodnje jest da se prije izrade proizvoda ili neke radne operacije prouče sve mogućnosti gubitaka energije, vremena i materijala te da se predvide svi oni momenti i činitelji koji će na rad utjecati tako da se s minimalnim utroškom ljudske i pogonske energije i materijala postigne maksimalan učinak.

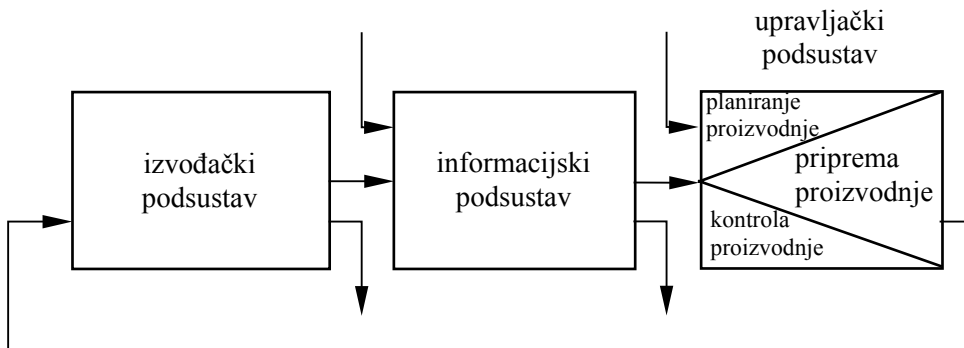
Na slici 110. prikazan je blok-dijagram znatno pojednostavnjene predodžbe upravljanja proizvodnim procesom. Prikazani kibernetički model sastavljen je samo od nekoliko elemenata proizvodnog sustava.

Proizvodni sustav u preradi drva i proizvodnji namještaja po pravilu je raščlanjen na upravljački podsustav, izvođački podsustav i informacijski podsustav. Priprema proizvodnje sastavni je dio upravljačkog podsustava. Nakon završene proizvodnje slijedi i kontrola. Planiranje, priprema proizvodnje i njezina kontrola su upravljačke funkcije.



Slika 110. Paradigma upravljanja procesom proizvodnje (autorov rad)

Na slici 111. prikazana je priprema proizvodnje kao dio upravljačkog sustava.



Slika 111. Priprema proizvodnje kao dio upravljačkog sustava  
(prema Figuriću, 23)

Razmotri li se temeljni model nekog procesa u klasičnoj tvornici, odmah će bit uočljivo da priprema proizvodnje čini jezgru dinamičkog modela upravljanja. Stoga granice između planiranja, upravljanja i kontrole nisu krute.

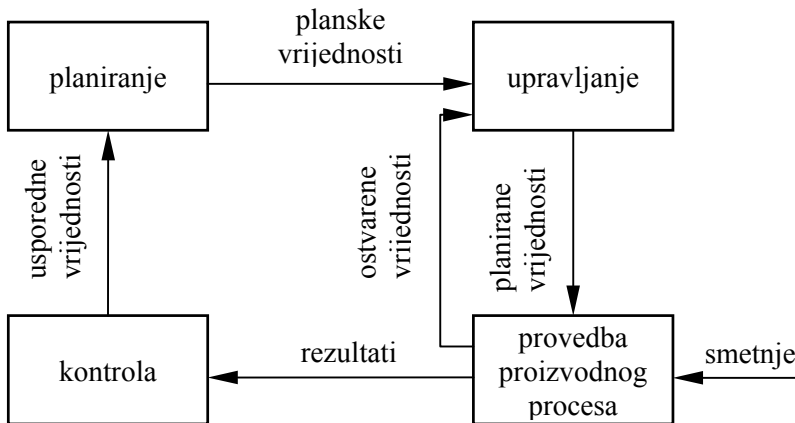
Iz dosadašnjeg teksta jasno je da iz pripreme proizvodnje proizlaze radni nalozi za proizvodnju. Ti su nalozi informacijski izlaz ne samo pripreme proizvodnje nego cijeloga upravljačkog podsustava kojemu pripada i priprema proizvodnje. Nalozi za proizvodnju istodobno su i ulazi u izvođački podsustav (23).

Odlučivanje u sklopu pripreme proizvodnje provodi u djelo ono što je prije toga planirano. Te su odluke to teže što u planovima ima manje predviđenih detaljnih rješenja i konkretnih okolnosti, odnosno zato što te odluke više odstupaju od načelno pretpostavljenih.

Rezultati operativnog planiranja na bilo kojem funkcijskom području pojavljuju se još kao neraspodijeljeni zadaci koje treba izvršiti, pri čemu valja uzimati u obzir i planirana ograničenja, osobito glede troškova. U okvirima što ih određuje odgovarajući operativni plan treba odlučiti o tome tko, kako, gdje i kada izvršava određeni zadatak te kojom se tehnologijom i instrumentarijem treba služiti. Pritom se pojavljuju različite mogućnosti o kojima je potrebno odlučiti. Kad se donese odluka o ostvarivanju odgovarajućega operativnog plana, ma kakva ona bila ogledat će se u nalogu za proizvodnju.

Iz grafičkog prikaza (sl. 112) mjesta što ga priprema proizvodnje zauzima u sklopu upravljačkog sustava vidi se da se ona ne oslanja samo na planiranje nego i na kontrolu. To upućuje na činjenicu da priprema za proizvodnju kojom se

ispunjava neki zadatak u budućnosti treba uzeti u obzir i to kako se on izvodio u prošlosti.



Slika 112. Mjesto pripreme proizvodnje u upravljačkom sustavu (prema Figuriću, 23)

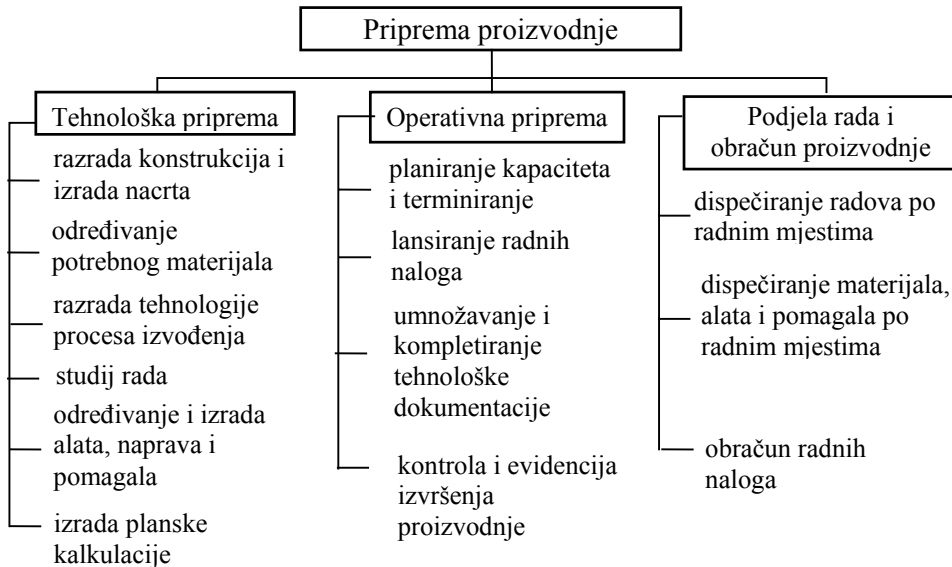
Priprema proizvodnje obuhvaća:

- a) organiziranje izvođenja proizvodnje,
- b) koordiniranje tog izvođenja (23).

Organiziranje razumijeva stvaranje organizacijske strukture koja osigurava svrsishodnost poslovanja. U tom smislu organiziranje postoji i u sklopu planiranja i unutar kontrole, a ne samo unutar pripreme proizvodnje. Zapravo i cijeli proces upravljanja treba razumjeti kao proces organiziranja. Organiziranje pritom obuhvaća raspored rada i pripremu strojeva, određivanje prava i obveza te odgovornost i disciplinu izvršitelja (23).

Koordiniranje obuhvaća povezivanje i prilagodbu raščlanjenih zadataka i organizacijske strukture kako bi se osigurala svrsishodnost poslovanja. U tom smislu postoji koordiniranje u sklopu planiranja i kontrole, a ne samo u sklopu pripreme proizvodnje. Zapravo, i samo planiranje znači koordiniranje ciljeva s predviđenim vanjskim ciljevima, a i cijeli proces upravljanja treba razumjeti kao proces usmjerenog koordiniranja. Međutim, pritom se govori samo o koordiniranju unutar pripreme proizvodnje.

Određenim radnim zadacima pripreme proizvodnje potrebno je obuhvatiti organizacijske postupke koji omogućuju racionalnu proizvodnju, jednostavnu i praktičnu primjenu. Priprema proizvodnje obično se dijeli prema naravi zadataka na tehnološku pripremu, operativnu pripremu i podjelu rada (sl. 113).



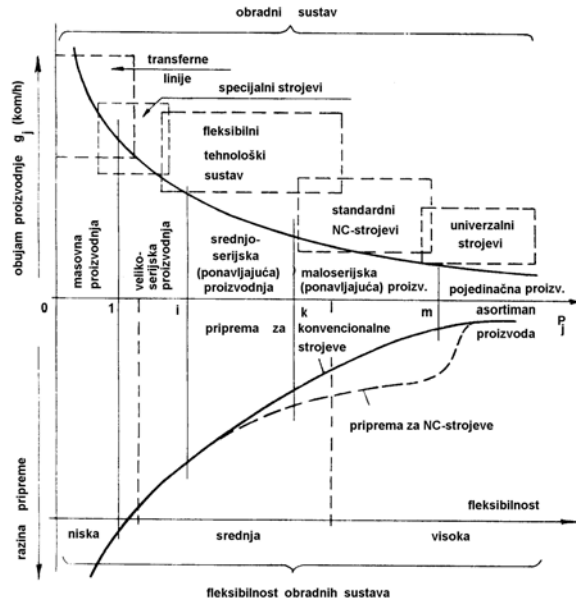
Slika 113. Podjela poslova u pripremi proizvodnje (prema Figuriću, 23)

U literaturi se spominje više podjela pripreme proizvodnje. Jedan od mogućih pristupa, uvjetovan razvojem tehnologije, prikazan je na slici 114. Razvoj tehnologije nameće velike promjene u sustavu pripreme proizvodnje s primjenom suvremenih računalnih metoda i tehnika upravljanja proizvodnjom. Na slici je predočena razina pripreme proizvodnje u službi tipa proizvodnje.

Priprema proizvodnje sastoji se od većeg broja parcijalnih podsustava. Te parcijalne podsustave nije moguće uvijek jednoznačno razgraničiti jer im se poslovi i zadaci isprepleću. Na slici 115. prikazano je moguće strukturiranje pripreme proizvodnje prema parcijalnim podsustavima.

Priprema proizvodnje treba odrediti:

- koji se proizvodi, poluproizvodi itd. moraju izrađivati u proizvodnom sustavu
- od kojih će se sirovina, materijala, poluproizvoda, sklopova itd. izrađivati zahtijevani predmeti
- kolike se količine pojedinih predmeta moraju proizvesti

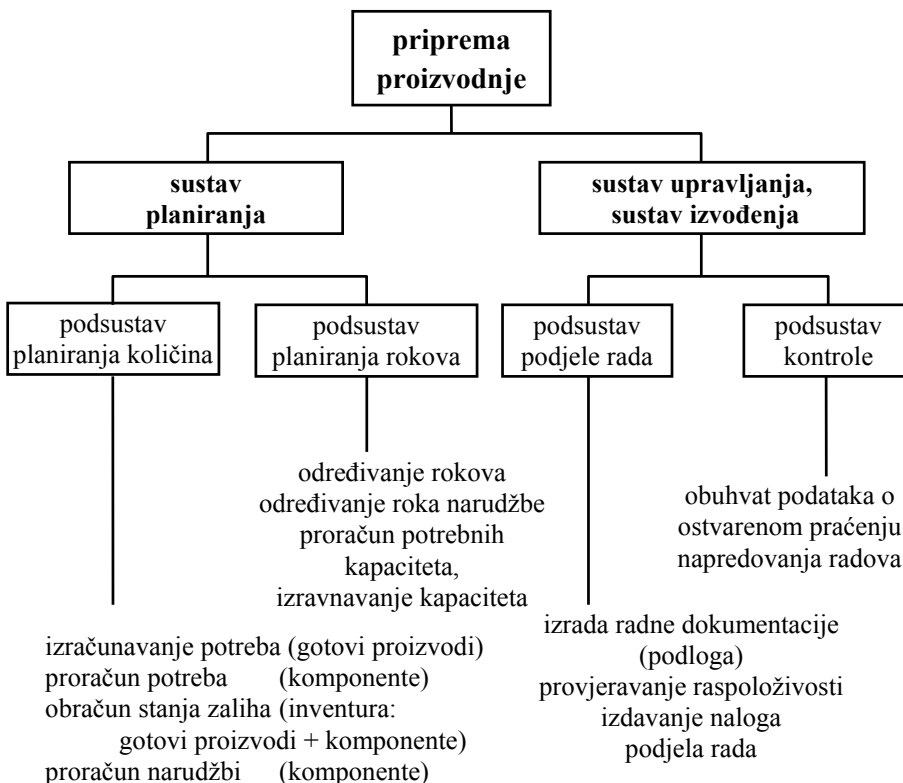


Slika 114. Razina pripreme u funkciji tipa proizvodnje (prema Mečaninu, 62)

- do kojeg vremena i kojim se redosljedom moraju proizvesti navedeni predmeti
- prema kojim se (već unaprijed propisanim) postupcima mora izvoditi izvoditi rad
- na kojim se strojevima mora raditi
- uz koliki se broj djelatnika i kojega profila moraju izraditi potrebni proizvodi poluproizvodi i sl.

Drugim riječima, priprema proizvodnje operativni plan mora utvrditi:

- na osnovi poznatih podataka o potrebnim proizvodima, poluproizvodima, sklopovima i sl.
- na osnovi podataka o postupcima izrade, odnosno obrade
- na osnovi podataka o količinama sirovina, materijala, poluproizvoda, sklopova itd. potrebnih za izradu zahtijevane količine proizvoda
- na osnovi podataka o vremenu potrebnom za izradu pojedinih proizvoda, poluproizvoda i sl.
- na osnovi svojstava strojeva kojima se izrađuju spomenuti predmeti, na osnovi potrebnog materijala, kapaciteta i djelatnika (23).



Slika 115. Struktura pripreme proizvodnje prema parcijalnim podsustavima (prema Figuriću, 23)

Operativni je plan zapravo proračun svih navedenih osnovnih podataka za određenu količinu gotovih proizvoda, kao i usklađivanje svih ulaznih resursa koji omogućuju najekonomičniju izradu proizvoda ili usluga.

Naravno, to se može postići vrlo različitim metodama, tehnikama i postupcima, većom ili manjom preciznošću, uz pridavanje pozornosti velikom ili neznatnom broju utjecajnih činitelja. Svaka se tehnika oslanja na osnovne podatke. Kvalitetni su osnovni podaci baza za dobru i uspješnu pripremu proizvodnje, bilo da se izračunavanje i usklađivanje obavlja ručno ili uz pomoć računala.

Kvalitativnim osnovnim podacima mogu se smatrati:

- a) opći podaci o materijalima, poluproizvodima, gotovim proizvodima, sklopovima i sl.,

- b) podaci o konstrukciji pojedinih predmeta, odnosno podaci o njihovoj strukturi,
- c) podaci o postupcima izrade poluproizvoda, sklopova, konačnih proizvoda i sl.,
- d) ostale vrste informacija kao ulaz u pripremu proizvodnje.

a) Opći podaci o predmetima

U opće podatke o nekom predmetu pripadaju podaci o:

- težini
- obliku i dimenzijama
- materijalu od kojega je napravljen
- svojstvima
- cijenama i prodajnim uvjetima i sl.

Svi navedeni, kao i drugi podaci čuvaju se u kartotekama pri ručnoj obradi podataka ili u tablicama pri računalnoj obradi podataka.

b) Podaci o složenosti strukture predmeta

Podaci o strukturi odnosno složenosti predmeta upisani su u sastavnici. Za takav dokument u našoj praksi još ne postoji ustaljeni naziv, a upotrebljavaju se ovi nazivi: sastavnica, lista dijelova, karta materijala i sl. Najprimjerenijim se smatra termin sastavnica, pa ćemo ga upotrebljavati i u ovom tekstu.

Podaci o strukturi proizvedenih predmeta potrebni su gotovo svim funkcijama tvrtke. Istina, ti su podaci polazište za rad u operativnoj pripremi proizvodnje i u samoj proizvodnji, ali bez podataka o strukturi proizvoda ne mogu funkcionirati ni obrada podataka za kalkulacije, obračun proizvodnje, opskrba potrebnim materijalom i poluproizvodima, skladištenje itd.

Upravo zbog te višestruke potrebe za sastavnicom mora se prije svega utvrditi:

- koje podatke mora sadržavati ta lista
- kakvoga oblika mora biti lista.

Tek će se takva sastavnica moći koristiti u svim poslovnim funkcijama tvrtke. Sljedeće je pitanje kako pohraniti podatke iz sastavnice da bi ih korisnici mogli dobiti brzo i bez potrebnog traženja. Pri ručnoj obradi podataka to će se obavljati pomoću kartoteke, a pri računalnoj obradi podataka pomoću tablica podataka o strukturi proizvoda.

Poznate su mnoge mogućnosti organizacije kartoteke, odnosno tablica, a sve se zasnivaju na što detaljnijem označavanju (šifriranju) sastavnica, odnosno njima pripadajućih predmeta. Proizvođači računalne opreme nude već gotove programske pakete za obradu tog područja. Svi se oni zasnivaju na definiciji, odnosno odgovoru o osnovnim podacima potrebnim za razmatranje strukture proizvoda (23).

### c) Podaci o postupcima izrade

Svaki element, sklop i proizvod izrađuje se prema posve određenom postupku koji je funkcija početnih uvjeta u samoj proizvodnji i konačnih zahtjeva glede oblika, svojstava, dimenzija i dr. kojima proizvod mora odgovarati. Proizvodnja je uređena ako udovoljava ovim uvjetima:

- za izradu svakog predmeta utvrđen je i određeni odnosno propisani optimalni radni i tehnološki postupak
- svi su postupci na odgovarajući način dokumentirani
- izrada pojedinih predmeta teče prema dokumentiranim postupcima.

Da bi posljednji zahtjev bio ispunjen, svi radni i tehnološki postupci moraju biti odgovarajuće pohranjeni.

Dokument s podacima o postupku izrade najčešće se naziva planom rada. Kao i za sastavnicu, tako se i za oblikovanje plana rada ponajprije mora utvrditi sljedeće:

- koje podatke o postupku mora sadržavati
- kakav oblik mora imati
- kako se svi ti podaci moraju pohraniti da budu lako i brzo dostupni korisnicima.

Iako bez posebnih dokaza, valja navesti da je za vođenje poslovanja svake tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja potreban prilično velik broj kvalitetnih informacija, pa će se u tekstu o toj problematici pridati posebna pozornost (23).

### e) Ostale vrste informacija kao ulaz u pripremu proizvodnje

Razmotri li se detaljnije informacijski ulaz u pripremu proizvodnje koji je ujedno i informacijski izlaz iz ostalih informacijskih podsustava, potrebno je istaknuti tri različite vrste internih informacija:

1. informacije koje pokazuju rezultate operativnog planiranja,
2. informacije koje potvrđuju rezultate izvođenja,
3. informacije koje su unutar informacijskog podsustava posebno prilagođene potrebama pripreme proizvodnje.

Razumije se da neke informacije u pripremi proizvodnje mogu u upravljački podsustav ulaziti i izvana. U tom je slučaju riječ o informacijskom ulazu u pripremu proizvodnje koji nije istodobno i informacijski izlaz iz informacijskog podsustava vlastite tvrtke (23).



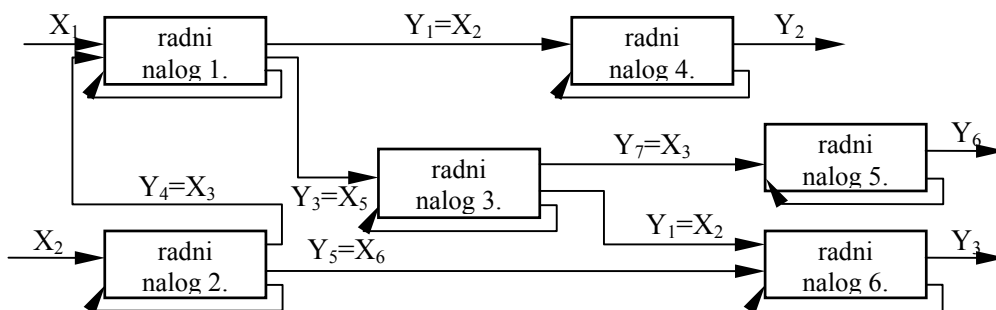
## 7.1. Radni nalog - osnovni nosilac informacija za upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja

### 7.1.1. Definiranje radnih naloga

Kada je posrijedi definiranje radnih naloga u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja kao organizacijskim sustavima, s obzirom na njihovu složenost i utjecajne činitelje, sustavni je pristup prvi i osnovni preduvjet. Bez sustavnog pristupa ne mogu se uočiti sve potrebne ulazne transformacijske i izlazne osobitosti radnog naloga, odvojiti unutrašnji od vanjskih poremećaja, uspostaviti nužno jedinstvo, pravodobnost i međusobna ovisnost informacija, dijelovi sklopova, proizvoda i radova, a sve je to uvjet za uspješno rješavanje problema upravljana proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja.

Nicklich (23) u raščlanjivanju i spajanju radnih naloga vidi organizacijski zakon oblikovanja. On taj zakon objašnjava činjenicom da radni nalog svaku tvrtku "vidi" kao gromadu koja se mora raščlaniti na pojedine dijelove i da rješenja naloga pojedinih dijelova, međusobno povezanih, daju rješenje cjelokupnoga radnog naloga.

Polazeći od toga da se organizacija svake tvrtke promatra kao organizacijski sustav u kojemu postoje sve osnovne funkcije i stvarne organizacijske jedinice, tvrtka se može definirati kao skup podsustava i odnosa među njima, grupiranih ili raščlanjenih, ovisno o stvarnom stupnju podjele rada, razini tehnologije (mehanizaciji, automatizaciji) i sl. Takav pristup analizi rada i utvrđivanju radnih naloga prihvaćen je kao osnovno polazište. Na slici 116. dana je opća shema podjele cjelokupnoga radnog naloga na pojedinačne naloge.



Slika 116. Podjela cjelokupnoga radnog naloga (prema Figuriću, 23)

Kada se definiraju radni nalozi, treba poći od osnovnih ciljeva stvarne tvrtke odnosno, konkretnije, od izlaznih informacija, usluga ili proizvoda tvrtke koji se postavljaju kao ciljni učinci njezina funkcioniranja, i na osnovi njih usustaviti sve radne naloge sa stajališta njihove tehničko-tehnološke i organizacijske uvjetovanosti i povezanosti, dok će izlazne informacije, usluge i proizvodi svakog od tako usustavljenih radnih naloga pridonijeti i osiguranju izlaznih informacija, proizvoda ili usluga tvrtke od kojih se i pošlo.

Takvim postupkom svaki radni nalog dobiva svoje točno određeno mjesto u upravljačko-informacijskom sustavu svake tvrtke.

Izgradnja stvarnoga upravljačko-informacijskog sustava započinje zapravo povezivanjem radnih naloga u funkcionalnu cjelinu, radi pretvaranja nižih faza rada (stvaranja upotrebnih vrijednosti) u više. Pritom je moguće izvesti opći oblik i strukturna obilježja poslovnog sustava.

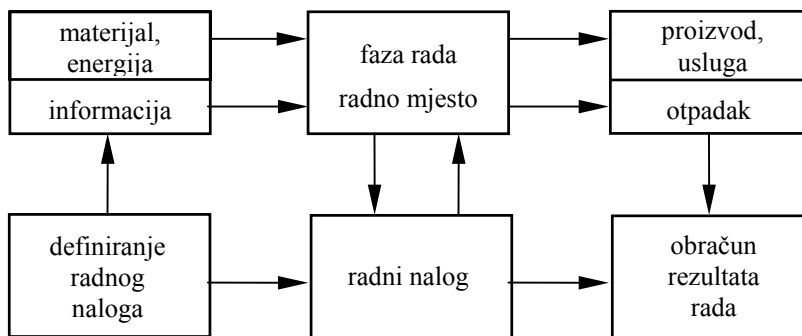
1. radni nalog elementarna je jedinica upravljačko-informacijskog sustava,
2. upravljačko-informacijski sustav sastoji se od različitih radnih naloga,
3. upravljačko-informacijski sustav uređeni je niz radnih naloga kojima se omogućuju željene transformacije,
4. tvrtku karakterizira vrijeme potrebno za pretvorbu ulaza u njihov izlazni oblik.

Na osnovi navedenoga može se zaključiti da upravljačko-informacijski sustav ističe radni nalog kao temeljni nosilac ukupne funkcije. Tako radni nalog dobiva svoju ulogu jer kao sastavni dio pripada uređenom nizu radnih naloga koji čine zaokruženu tehnološku cjelinu. Radni je nalog dio upravljačko-informacijskog sustava koji se može posebno promatrati i u kojemu se čovjekovim svrsishodnim djelovanjem od nižih upotrebnih vrijednosti stvaraju više.

Takav pristup određuje kvalitativne i kvantitativne osobitosti radnih naloga. U svakom konkretnom slučaju te je osobitosti tvrtke moguće uočiti promatranjem njezine:

- a) tehnologije,
- b) organizacije rada,
- c) standardnih i ciljnih učinaka (planiranja i vrednovanja odnosa).

U sklopu obilježja organizacije rada u pojedinoj tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja mora se prikazati i funkcionalna podjela do razine organizacijskih, odnosno radnih cjelina (u kojima se pojavljuju primopredajni odnosi). Funkcionalna podjela rada trebala bi težiti optimalnoj razini za ostvarenje zacrtanih proizvodnih programa. Iznošenjem osnovnih obilježja pojedine funkcije u tvrtki definirat će se elementi organizacijskog sustava, u smislu davatelja i izvršitelja proizvodnih zadataka, te registrirati poslovni događaji, njihov količinski i vrijednosni iznos te obračun učinaka odnosno rezultata (sl. 117) (23).



Slika 117. Definiranje međufaznih i primopredajnih odnosa (prema Figuriću, 23)

Definiranje međufaznih i primopredajnih odnosa vrlo je važan posao jer utječe na niz aktivnosti (planiranje, pripremu rada, kontrolu i ocjenu optimalnih odnosa). Stoga je potrebno utvrditi na koji su način definirane razine pojedinih faza rada i primopredajni odnosi između pojedinih organizacijskih cjelina (tko daje i tko preuzima radni nalog te na koji način), kako se mjeri, prati i obračunava izvršenje radnog naloga (količina, kvaliteta, vrijednost, vrijeme) u svakoj od organizacijskih cjelina.

Na analizu organizacije logički se nadovezuje sinteza organizacije, pod kojom treba razumijevati određivanje strukture prema za to određenim pravilima (organizacijskim načelima). Budući da analiza organizacije obuhvaća analizu naloga i analizu rada, na te dvije analize nadovezuju se dvije odgovarajuće sinteze - sinteza radnih naloga i sinteza rada.

### 7.1.2. Podjela radnih naloga

Na osnovi navedenoga, a imajući na umu osnovni cilj, utvrđivanje i podjela radnih naloga moraju biti prilagođeni stvarnim rješenjima i potrebama stvarnih uvjeta. Osobita vrijednost teorijske analize radnih naloga jest što ona omogućuje da se dedukcijom dođe do postavljanja radnih hipoteza, koje će u konkretnim slučajevima poslužiti kao vodič za empirijska istraživanja (rješenja). Na osnovi iznesenoga, navodimo neke najkarakterističnije pojavne oblike radnih naloga (23).

#### a) Radni nalozi prema stupnju podjele

Prema stupnju podjele načelno postoje dva tipična pojavna oblika radnih naloga: 1. Osnovni (elementarni) radni nalog i 2. kombinirani radni nalog (sastavljen prema razinama). Baza podataka o strukturi proizvoda skup je podataka o konstrukcijskoj strukturi. Struktura proizvoda sadrži sve postojeće

odnose elemenata, a iz nje se vide neposredni odnosi elemenata, njihov udio i razina elemenata u strukturi itd.

#### b) Radni nalozi prema načinu podjele

Budući da podjela radnih naloga ima važan organizacijski smisao, za preopsežne radne naloge postoje određena pravila podjele. Obično se pojavljuju tri oblika podjele radnih naloga: 1. lančanje, 2. dijeljenje, 3. razdruživanje (sl. 118).

#### Lančani radni nalozi

Pri lančanju elementarni radni nalozi slijede kao karike u lancu. Pojedine djelatnosti sastavljenoga naloga u elementarnim zadacima općim dijelom postaju ciljevi naloga.

Radni nalozi nisu tako povezani da bi promjena u elementarnom zadatku utjecala na druge zadatke. U lančanom se radnom nalogu može poboljšati rad u jednom elementarnom radnom zadatku, a da se time ne postigne poboljšanje rada u sastavljenom radnom nalogu kao cjelini. Na primjer, radni nalog za neki proizvod dijeli se na lančane zadatke za strojnu obradu, za površinsku obradu te za montažu.

#### Podijeljeni radni nalozi

Ako se osnovni radni nalog dijeli, pa se njegovi elementarni zadaci izvršavaju usporedno, iako su međusobno ovisni, nazivaju se podijeljenim nalogima. Ispravci u pojedinim elementarnim nalogima ne mogu se uspješno samostalno obaviti. Ako se u jednom od elementarnih zadataka nešto izmijeni, mora se paziti na prilagođavanje u svim ostalim elementarnim radnim nalogima. Poboljšanje karika u lancu ne znači nužno poboljšanje cjeline.

S djelovanjem prvobitnoga radnog naloga isto je kao s lančanjem prvobitnog radnog naloga, jer su elementarni radni zadaci sačuvali jaku povezanost. Na primjer, radni nalog za neku stolicu dijeli se na elementarne radne naloge za nogu, za sjedalo, za naslon itd.

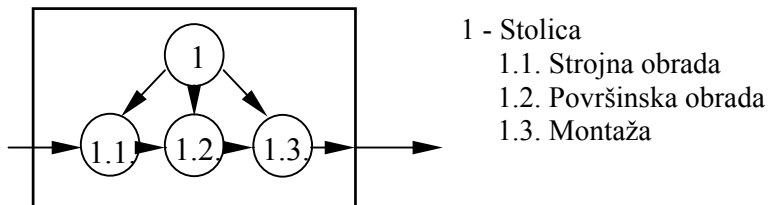
#### Razdruženi radni nalozi

Razdruživanjem se radni nalog dijeli tako da se u elementarnim zadacima sačuvaju iste djelatnosti. Na primjer, radni nalog za neku garnituru namještaja dijeli se na razdružene radne naloge za stolac, za klupu, za ormar itd.

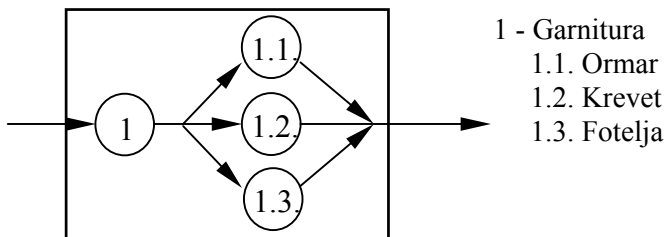
#### Kombinirani radni nalozi

U praksi se najčešće pojavljuju kombinacije navedenih radnih naloga.

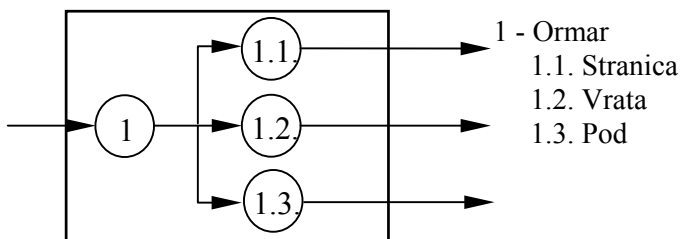
### 1. lančanje radnih naloga



### 2. dijeljenje radnih naloga



### 3. razdruživanje radnih naloga



Slika 118. Načelna podjela radnih naloga (prema Figuriću, 23)

### c) Radni nalozi prema broju izvođenja

S obzirom na broj i karakter ponavljanja radnih naloga, poznati su ovi njihovi pojavni oblici: 1. ponavljajući radni nalozi bez ograničenja u izvršavanju, 2. ponavljajući radni nalozi s ograničenjem u izvršavanju, 3. neponavljajući radni nalozi (dodatni i prekovremeni) (23).

### Ponavljajući radni nalozi bez ograničenja

Ponavljajući radni nalozi pojavljuju se uglavnom u izvršnim funkcijama, osobito u proizvodnji, transportu i održavanju uređaja i postrojenja. Osnovno obilježje tih radnih naloga jest da se mogu izvršavati bez ograničenja. U njima se mogu utvrditi i pratiti ova obilježja: količina rada (obujam), kvaliteta ostvarenih rezultata rada, ostvarene uštede u radu, uspješnost u korištenju strojeva. Ti nalozi mogu biti pojedinačni ili skupni.

### Ponavljajući radni nalozi s ograničenjima

Limitirajući radni nalozi ograničeni su glede ostvarivanja većeg obujma rada od unaprijed maksimalno dopuštenoga, ovisno o programiranoj (projektiranoj) propusnoj moći radnog kapaciteta na kojemu (kojima) se izvršava radni nalog, odnosno o propisanom režimu rada te se ne može (ili ne smije) prebaciti većim zalaganjem djelatnika.

Budući da se obveze iz tih radnih naloga količinski ne mogu prebaciti s obzirom na utvrđeni učinak, mogu se utvrditi i pratiti ova obilježja: kvaliteta ostvarenih rezultata rada, utrošak radnog vremena, metode ostvarene u radu (djelomično), uspješnost u korištenju strojeva, broj ostvarenih optimalnih učinaka, urednost u radu. Ti radni nalozi mogu biti pojedinačni ili skupni.

### Povremeni (neponavljajući) radni nalozi

Toj skupini radnih naloga pripadaju tzv. iznenadni radni nalozi koji se pojavljuju od slučaja do slučaja. To su radni nalozi za koje se pretpostavlja da će se pojaviti.

Međutim, oni ne mogu biti normirani prema obujmu rada i u svezi s njima mogu se utvrditi i pratiti ove veličine: kvaliteta ostvarenih rezultata rada, uspješnost u korištenju strojeva, ostvarene uštede u radu, iskorištenje radnog vremena, urednost pri radu. Svi navedeni radni zadaci mogu biti pojedinačni ili skupni.

#### c) Radni nalozi s obzirom na broj izvršitelja koji sudjeluju u njihovu izvođenju

Takvi su radni nalozi:

- pojedinačni
- skupni.

### Pojedinačni radni nalozi

Navedeni radni nalog sadrži zadatak za jednog djelatnika na jednome radnom nalogu. Osnovno obilježje vrste naloga jest da se oni mogu izdati samo za one poslove koji se mogu izdvojiti kao neovisni o poslovima drugih naloga.

### Posebni oblik pojedinačnog radnog naloga

Taj oblik radnog naloga znači da jedan djelatnik radi na više strojeva, uređaja ili postrojenja odjednom ili izvršava više naloga odjednom.

### Skupni radni nalog

Skupni radni nalog obuhvaća zadatak u kojemu sudjeluje više izvršitelja, a može biti:

1. svedeni skupni nalog namijenjen skupini djelatnika, a određen je zbrajanjem pojedinačnih zadataka,
2. skupni nalog za koji nije potrebno odrediti pojedinačne zadatke ili se oni ne mogu utvrditi.

Skupni se radni nalog izdaje:

- kada se zbog uvjeta tehnološkog procesa (npr. automatizacije i mehanizacije pojedinih operacija i sl.) ne može izmjeriti učinak pojedinih djelatnika
- kada je mjerenje učinka pojedinog djelatnika nesvršishodno zbog međusobne ovisnosti jednog radnog mjesta o drugom (npr. na linij i sl.), to pridonosi boljem iskorištenju kapaciteta.

Pod skupnim učinkom razumijeva se učinak dvaju ili više djelatnika na jednome ili više radnih mjesta. Skupni se rad uvodi:

1. kada radni nalog prelazi mogućnosti pojedinca, a po naravi se ne može podijeliti na pojedinačne poslove ili bi takvo dijeljenje bilo neopravdano,
2. kada su pojedinačni radovi međusobno povezani prirodom tehnološkog procesa pa se učinak jednog djelatnika neposredno odražava na učinak ostalih djelatnika,
3. kada je struktura radnih naloga takva da ih mogu (ili moraju) izvršavati djelatnici različitih specijalnosti.

### **7.1.3. Osnovna pravila pri identifikaciji radnih naloga u stvarnim uvjetima operacionalizacije**

Da bi se došlo do potrebnih rješenja, pri identifikaciji radnih naloga u stvarnim uvjetima operacionalizacije bit će potrebno provesti (23):

- a) raščlanjivanje (analizu) cjelokupnoga složenog radnog naloga na djelomične (pojedinačne) zadatke,
- b) spajanje ili objedinjavanje (sintezu) djelomičnih zadataka u cjelinu,
- c) kombiniranje radnih naloga.

#### a) Raščlanjivanje radnih naloga

Raščlanjivanjem radnih naloga omogućeno je ne samo pojednostavnjenje složenih radnih naloga nego i njihovo sužavanje i umnogostručavanje. Raščlanjivanje radnih naloga valja provesti prema načelima znanstvene ili empirijske analize, i to:

1. prema izvršenju radnog naloga,
2. prema objektu,
3. prema fazi i
4. prema svrsi.

Budući da je svaki skupni ili složeni radni nalog složeni skup osnovnih (elementarnih) zadataka, za analizu je bitno poznavati područje funkcije od koje se polazi pri raščlanjivanju skupnoga radnog naloga, tj. utvrditi provodi li se raščlanjivanje za potrebe izvršenja naloga na području funkcije nabave, proizvodnje, prodaje itd., i na temelju toga ocijeniti svrsishodnost tog raščlanjivanja. Prema tome, predmet analize nije samo raščlanjivanje funkcije nego i raščlanjivanje ukupnoga radnog naloga prema posebnim ciljevima. Tako će se raščlanjivanje ukupnoga radnog naloga u proizvodnji neke pilane najprije raščlaniti na tri skupine radnih naloga, i to na:

- zadatke raščlanjene prema poslovima s trupcima (dovoz, rukovanje, skidanje kore, skraćivanje, sortiranje i odvoz)
- zadatke raščlanjene prema poslovima u pogonu pilane (piljenje na zadane dimenzije)
- zadatke raščlanjene prema stupnju rukovanja s piljenom građom (sortiranje, obilježavanje, sušenje, slaganje, povezivanje i otprema).

Polazeći od objekta, raščlanjivanje ukupnoga radnog naloga može se obaviti:

- prema obracima (materijalu, poluproizvodima ili gotovim proizvodima)
- prema strojevima - tehnologiji (radnim i pogonskim strojevima, alatu, transportu i sl.)
- prema kupcima i dobavljačima
- prema područjima prodaje
- kombinirano, tj. prema objektu i funkciji.

Za analizu (raščlanjivanje) ukupnoga radnog naloga često je vrlo važno jesu li u strukturi naloga sadržani djelomični radni zadaci različitog ranga.

Analiza radnih naloga prema pojedinim fazama bit će usmjerena na utvrđivanje činjenice je li raščlanjivanje radnih naloga u skladu s redoslijedom radnih zadataka (npr. neki se proizvod najprije kroji, zatim strojno obrađuje, a potom montira).

Analizom se može prosuditi i opravdanost raščlanjivanja radnih naloga prema svrsi poslovanja. Naime, polazeći od svrhe poslovanja, radni su nalozi primarni i sekundarni. Primarni se radni nalozi odnose na funkcije kojima se ti



nalozi, a time i svrha poslovanja, ostvaruje (npr. u proizvodnji, prodaji, transportu i dr.). Sekundarni su oni kojima se pridonosi ostvarenju primarnih radnih zadataka. Primjerice primarni su zadaci u finalnoj obradi drva piljenje, glodanje, bušenje i brušenje, a sekundarni održavanje strojeva i uređaja, snimanje radnog vremena i sl.

#### b) Spajanje ili povezivanje radnih naloga

Radni nalozi, koji su često brojni i višestruki, spajaju se ili povezuju (sintetiziraju) u cjelinu radi ostvarenja zajedničkoga poslovnog cilja udruženim djelovanjem.

Taj se cilj npr. ne mora odnositi samo na količinu proizvodnje nego i na njezinu kvalitetu ili na nastale troškove kao odraz kvalitete i kvantitete (u cijeni koštanja) i dr.

Iako je raščlanjivanje radnih naloga tvrtke vrlo važno, ipak je to raščlanjivanje samo pripremni postupak za ostvarenje konačnog cilja koji se postiže tek spajanjem tih naloga. Raščlanjivanje je, prema tome, samo potrebna predradnja da se spajanjem svih naloga ostvari cilj tvrtke, kao što je i analiza samo potreban prethodni postupak da se dođe do sinteze.

Međutim, budući da je raščlanjivanje (uz izbor i sređivanje) samo jedan od triju postupaka tvrtke, prije konačnog spajanja naloga (radi sinteze) bit će potrebno njihov izbor, sređivanje i raščlanjivanje podvrgnuti prethodnoj analizi.

#### c) Kombiniranje radnih naloga

Ni u jednome od tri slučaja podjela sastavljenoga radnog naloga nije samo formalna. O optimalnom načinu podjele razmišlja se samo kada su na raspolaganju sve mogućnosti. Konačno su rješenje najčešće lančanje i dijeljenje.

Pogodnost lančanja i dijeljenja jest omogućivanje specijalizacije radnih metoda. Razdruživanje radnih naloga, suprotno tome, navodi heterogenost djelatnosti iz prvobitno sastavljenoga radnog naloga, ali zato omogućuje veću samostalnost osnovnih radnih zadataka. Dijeljenje radnih naloga ne omogućuje samo da se projektiranje i provedba obavljaju brže, nego i s većom sigurnošću. Međutim, valja upozoriti da pretežit broj tih podjela nije tako konačan kako je navedeno, pa se tada govori o kombiniranom dijeljenju radnih naloga. Za kombiniranje su najpovoljniji osnovni zadaci nastali lančanjem jer ih međusobna povezanost upućuje na veću usklađenost. Kombiniranje postaje posebice važno pri složenim podjelama.

Radnih naloga nastalih razdjeljivanjem može biti toliko da kombiniranje među njima postaje nepregledno. Pritom radni zadaci postupno postaju toliko nepregledni da se ciljevi podjele gotovo ne osjećaju.

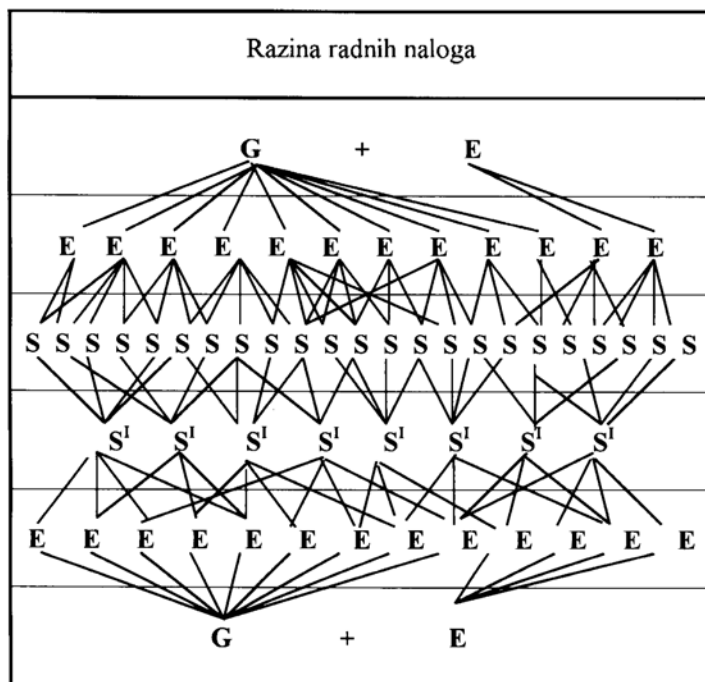
Koje će načelo raščlanjivanja netko primijeniti, ovisit će o veličini tvrtke i organizacijskim ciljevima, o sposobnosti vođenja i slanja informacija, o kvaliteti i broju osoblja te njihovu iskustvu. Optimalno ili idealno raščlanjivanje u praksi ne

postoji. Međutim, jednako je tako pogrešno odreći se raščlanjivanja, što se inače često događa. Neuredni radni nalozi stvaraju teškoće pri rasporedu ljudi i njihova djelokruga rada, a posljedica toga su sukobi glede kompetencije djelatnika te teža podjela ovlaštenja, odgovornosti, kao i provedba odnosno kontrola.

Na slici 119. dan je primjer kombiniranoga radnog naloga, i to u proizvodnji namještaja, gdje se planom predviđa proizvodnja određenog broja garnitura (G) uz koje se izrađuje i poseban broj individualnih elemenata (E), sastavnih dijelova garnitura. U tom je primjeru način izdavanja radnih naloga ovakav:

- radni nalozi za elemente (E)
- nakon toga elementi se raščlanjuju na standardne sklopove (S)
- standardni se sklopovi (S) spajaju u sklopove višeg reda složenosti (S')
- nakon toga u montaži iz S<sup>I</sup>, radni se nalozi ponovno pretvaraju u osnovni radni nalog za elemente (E).

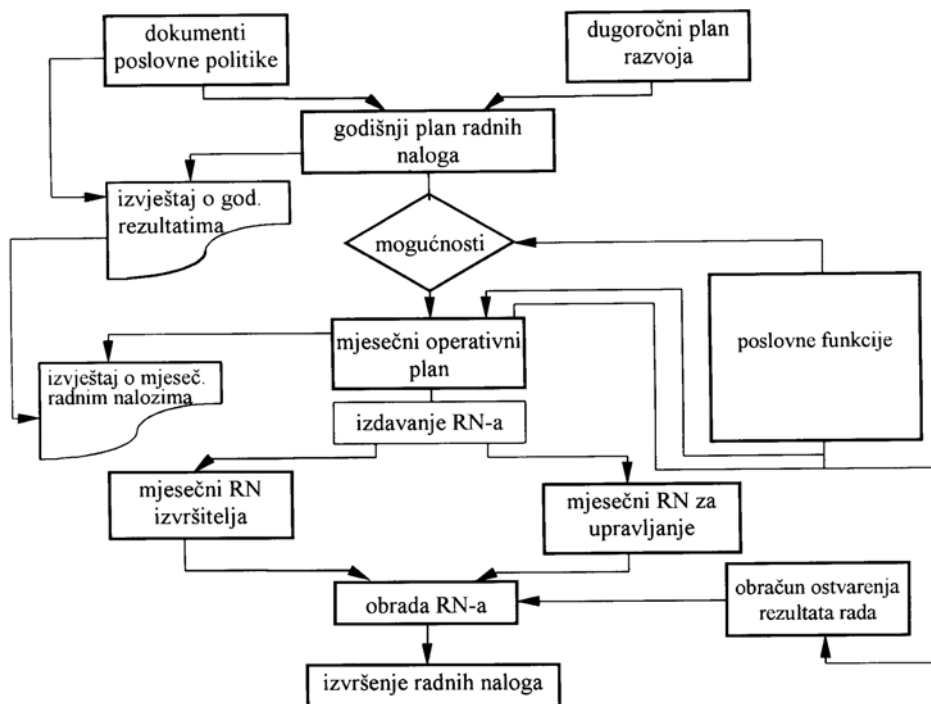
Na taj se način osigurava planom predviđena kombinacija G + E (23).



Slika 119. Kombinirani radni nalog (prema Figuriću, 23)

#### 7.1.4. Planiranje izdavanja i kontrola izvršavanja radnih naloga

Iz mjesečnih operativnih planova izrađuje se redoslijed izdavanja radnih naloga. Kontrola izvršenja radnih naloga putem raznih dokumenata o izvršenju ima svoje specifičnosti, a jedne od njih su specifičnosti radnih naloga na području obrade informacija. Na osnovi navedenoga na slici 120. prikazana je jedna od mogućih shema planiranja i kontrole izvršenja radnih naloga u tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja.



Slika 120. Algoritam planiranja i kontrole izvršenja radnih naloga (prema Figuriću, 23)

## **7.2. Strukturni model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Rastavljanje proizvoda od drva na sastavne dijelove i opisivanje njegovih gradbenih i oblikovnih obilježja može se uraditi na različite načine.

Različiti autori imaju različite načine razmišljanja i prema njima oblikuju primjerenu preobrazbu proizvoda u podatak, a zatim u dokument.

Klasični način tog rada poznat je kao priprema rada, odnosno priprema proizvodnje. To je uže određenje rada, koje je potrebno da se zamišljeni proizvod uz pomoć tvoraca proizvodnog procesa preobrazi u realan proizvod.

Kada izrada proizvoda počinje s pretvaranjem informacija o proizvodu, to moramo izvesti na način primjenjiv u stvarnoj proizvodnji. Pretvaranjem informacija u podatke, a zatim u dokumente stvara se sustav koji omogućuje oblikovanje točnog modela prema realnoj predodžbi o izradi zamišljenog proizvoda.

Zato se sustav treba strukturirati u logičan slijed informacija o proizvodu. Rezultat tog procesa je strukturni model proizvoda u kojem su objedinjeni svi podaci o sadržaju, obliku i načinu izrade proizvoda.

U klasičnom jeziku to su podaci o konstrukciji, tehnologiji i potrebnim resursima za proizvodnju.

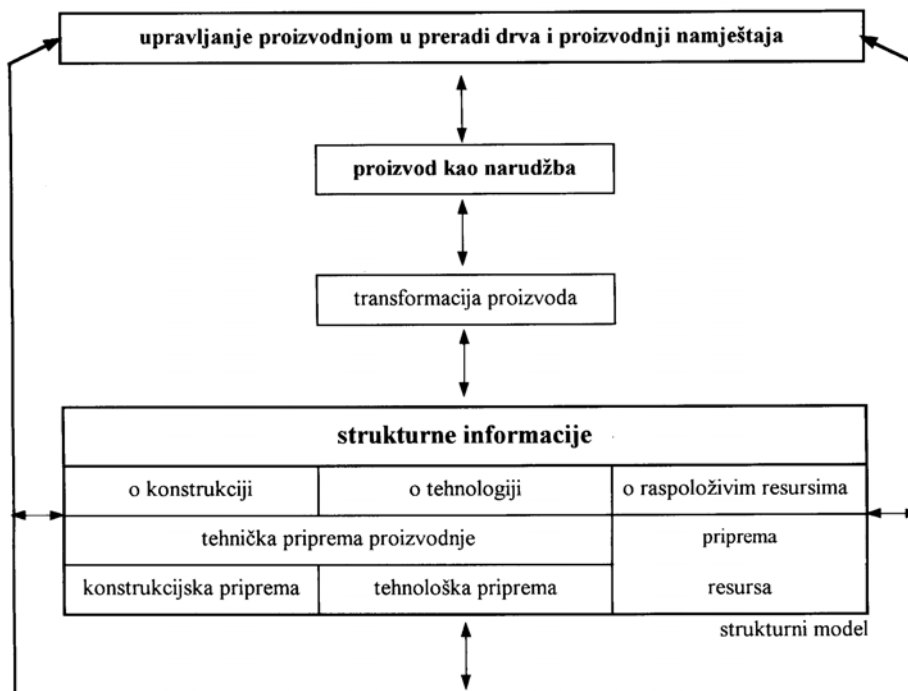
Strukturni model, koji razumijeva oblik, sadržaj i način izrade zamišljenog proizvoda, oblikovan je na osnovi informacija o konstrukciji, tehnologiji i raspoloživim resursima u tehnološkoj pripremi, koja sadrži podatke o konstrukciji (konstrukcijska priprema) i pripremi resursa (54).

Strukturni model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Kovaču, 54) dan je na slici 121.

### **7.2.1. Tehnološka priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Tehnološka priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja jest ukupnost međusobno povezanih procesa koji osiguravaju tehnološku spremnost proizvodnje za lansiranje radnih naloga (definicija proizvoda zadane kakvoće, utvrđenog roka izrade, veličine serije i dopuštenih gubitaka vremena). Tehnološka priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja obuhvaća:

- projektiranje tehnoloških procesa obrade i montaže proizvoda od drva
- projektiranje tehnološke opreme za izradu proizvoda od drva
- projektiranje alata i naprava za izradu proizvoda od drva.



Slika 121. Strukturalni model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Kovaču, 54)

Osnovu daljnjeg rada čini projektiranje tehnoloških procesa obrade i montaže. Navode se sljedeće osnovne faze obrade i operacije kao dijelovi tehnoloških procesa karakterističnih za preradu drva i proizvodnju namještaja. To su:

a) faze obrade

- hidrotérmička obrada
- lijepljenje
- površinska obrada
- sklapanje (montaža)

b) operacije

- piljenje
- blanjanje
- glodanje
- tokarenje
- bušenje

- savijanje
- brušenje
- pakiranje.

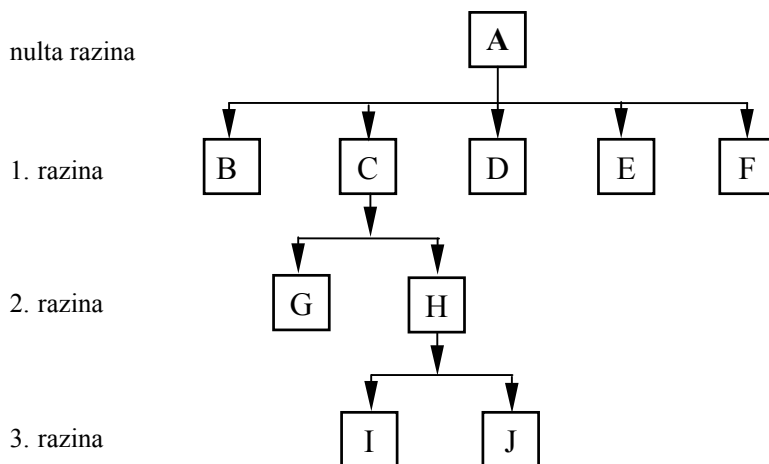
Logika tehnološkog procesa i redoslijeda operacija prerade drva i proizvodnje namještaja određuje se pomoću određenih tehnoloških podloga.

Radi podizanja djelatnosti rada i smanjenja gubitaka drvnoga i nedravnog materijala, uz osiguranje nužne kakvoće proizvoda, obavlja se tehnološko prilagođavanje konstrukcije proizvoda od drva. To znači da su procesi projektiranja proizvoda i projektiranje za proizvodnju (tehnologija) međusobno ovisni.

### 7.2.1.1. Izrada sastavnice proizvoda od drva

To je prva faza u redoslijedu definiranja tehnološke pripreme u preradi drva i proizvodnji namještaja. Ona određuje strukturu proizvoda od drva. Pod konstrukcijskom strukturom proizvoda od drva razumijevaju se međusobni odnosi elemenata koji čine proizvod. S motrišta složenosti elementi mogu biti jednostavni (ako ne sadrže druge elemente – nesastavljivi materijali) i složeni (oni koji sadrže druge elemente-sastavljivi materijali).

Od početnog materijala i dijelova do gotovog proizvoda postoje različiti stupnjevi složenosti (razine), a broj razina ovisi o složenosti proizvoda. Struktura se može grafički predočiti u obliku stabla (sl. 122).

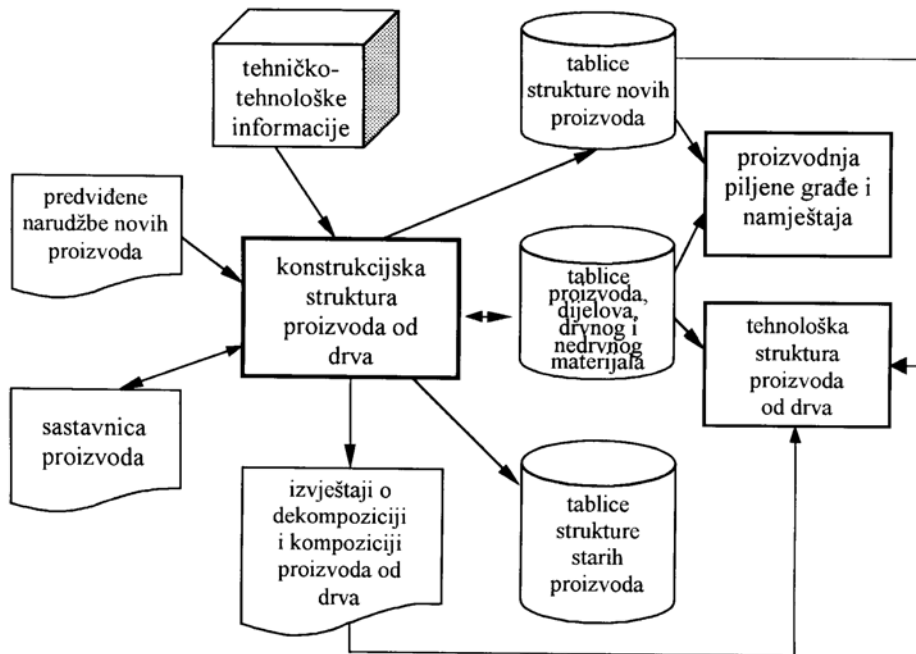


Slika 122. Sastavnica proizvoda od drva (prema Figuriću, 23)

Određena je ona struktura proizvoda od drva za koju su poznati svi međusobni odnosi elemenata. Ti međusobni odnosi elemenata definirani su ako postoje informacije koje omogućuju da se proizvod sastavi (kompozicija proizvoda) i da se proizvod rastavi (dekompozicija proizvoda).

Informacije o dekompoziciji proizvoda služe se u fazi konstruiranja, a informacije o kompoziciji proizvoda koriste se u fazi proizvodnje.

Općeniti algoritmi obrade podataka s odgovarajućim bazama podataka te ulaznim i izlaznim izvještajima prikazani su na slici 123.



Slika 123. Konstrukcijska struktura proizvoda od drva (prema Figuriću, 23)

Osnovni radovi s područja konstrukcija sastoje se od:

- izrade nacrtu za nove proizvode od drva, naprave i ambalažu
- izmjene i usavršavanje postojećih nacrtu
- prilagodbe tuđih nacrtu radi prilagođavanja vlastitoj tehnološkoj strukturi (tehnološkim mogućnostima)

- kopiranje - umnožavanje za potrebe kompletiranja tehnološke dokumentacije naloga pohrane matrica i nacrt (23).

### Vrsta nacrt

Osnovne vrste nacrt u praksi prerade drva i proizvodnje namještaja jesu:

- montažni nacrti proizvoda ili sklopova
- nacrti dijelova ili elemenata.

### Sastavnica nacrt

Sastavnica nacrt osnovni je element obilježavanja nacrt proizvoda od drva. Sastoji se od osnovnog dijela s identifikacijskim podacima i dodatnog dijela, onog iznad zaglavka s elementima sastavnice proizvoda, poluproizvoda ili sklopa. Osnovna sastavnica nacrt prema ISO 7200 1984 NEQ ICXS 01.100.10 i ISO 7573 1983 NEQ upisuje se u desni donji kut nacrt tako da je na složenom nacrtu uvijek s vanjske strane. Nacrti proizvoda od drva imaju dodatni dio, tj. sastavnicu proizvoda u koju se unose sklopovi odnosno sastavni dijelovi. Za složenije proizvode dodatni dio sastavnice sadrži popis ovih sastavnih elemenata:

- na nacrtu proizvoda popis poluproizvoda ili sklopova
- na nacrtu poluproizvoda popis sklopova
- na nacrtu sklopova popis dijelova.

Na slici 124 dan je nacrt police i sastavnice nacrt.

### Sastavnica proizvoda

Sastavnica proizvoda od drva koju izrađuje konstruktor sadrži popis svih vrsta drvnog i nedravnog materijala, dijelova, podsklopova i sklopova i to onim redom kojim će se u procesu sastavljanja sklopiti u složenije sastave. Osnovna namjena sastavnice jest da posluži tehnologu materijala za određivanje ukupnih potreba osnovnog i pomoćnog materijala za seriju proizvoda, a tehnologu procesa proizvoda od drva posluži pri izradi sustavnog i potpunog redoslijeda određivanja procesa obrade po dijelovima, podsklopovima i sl.

Sastavnica će poslužiti termineru proizvodnje, koji će u njezinu nastavku načiniti terminsku sastavnicu montaže iz koje se uzimaju podaci za planove pokretanja proizvodnje po dijelovima i sklopovima (sl. 125, 126) (23).

### Tehnički opis proizvoda od drva

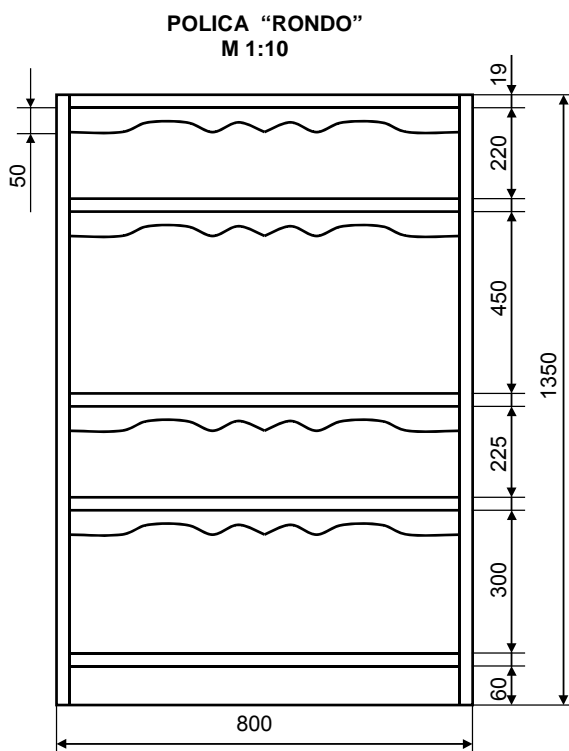
Tehnički podaci o nacrtu proizvoda od drva uglavnom definiraju dimenziju ili oblik proizvoda, no ne određuju u potpunosti sve zahtjeve komercijalno-tehnološke prirode. Stoga ih je za potpuno definiranje izrade i zahtijevane kakvoće potrebno dopunski obuhvatiti tehničkim opisom proizvoda od drva. Drugim riječima, tehnički opis proizvoda od drva sadrži sve one podatke koji su iz tehnološke dokumentacije nevidljivi (sl. 127) (23).



## Pohrana nacрта proizvoda od drva

Zadaci pohrane su:

- preuzimanje nacрта, njihova pohrana te izdavanje radi izmjene ili kopiranja
- vođenje evidencije pohranjenih, izdanih ili uništenih nacрта putem kartoteke nacрта
- ovjera i kontrola dovršenih nacрта od ovlaštenih osoba prije upotrebe
- izmjene i dopune u nacrtima te izrada novih: obavlja se na osnovi naloga za izradu dokumentacije. Izmjene u nacrtu provode se redovito prije izdavanja dokumentacije i početka proizvodnje
- označivanje nacрта šiframa
- unošenje u karticu nacрта svih podataka o nacrtu.



9.	RUBNA TRAKA	FOLIJA	1	10610	20	0,2
8.	MOŽDANICI	Bu	62	32	8	8
7.	POLEDINA	VL 5	1	1295	789	5
6.	SOKL	IT 18	1	762	60	18
5.	PREDNJI UKRAS	IT 18	4	762	45	18
4.	STRANICA DESNA	IT 18	1	1350	450	18
3.	STRANICA LIJEVA	IT 18	1	1350	450	18
2.	POLICA POD	IT 18	4	762	445	18
1.	STROP	IT 18	1	762	450	18
OZNAKA	PROIZVOD, POLUPROIZVOD, SKLOP		MATERIJAL	KOMADA	DUŽINA	
ŠIRINA	DEBLJINA	DOPUŠTENO	MJERILO		TEŽINA	
		ODSTUPANJE	MATERIJAL, POLUPROIZVODA, MODEL			
			NAZIV I OZNAKA:			
		izradio	<b>POLICA RONDO</b>			
		konstr.				
		stand.				
			BROJ CRTEŽA:			Ukupno listova:
						List:

Slika 124. Sastavnica nacrtu (prema Figuriću, 23)

		Datum	Nosilac posla		List				
		27.04.1998.	O5-TFN		1				
SASTAVNICA PROIZVODA			Naziv proizvoda:		Sifra proizvoda:				
			POLICA "RONDO"		2348-2-8				
Redni broj	Šifra dijela proizvoda	Naziv dijela proizvoda	Korn. u pro.	mjesto troš.	SHEMA				
					element	podsklop	sklop	dio	proizvod
1	-	strop	1	-	○				
2	-	rubna folija krača	1	-	○				
3	-	strop	1	-	○				
4	-	polica (pod)	4	-	○				
5	-	rubna folija krača	4	-	○				
6	-	polica (pod)	4	-	○				
7	-	stranica lijeva	1	-	○				
8	-	rubna folija duža	1	-	○				
9	-	rubna folija krača	1	-	○				
10	-	stranica lijeva	1	-	○				
11	-	stranica desna	1	-	○				
12	-	rubna folija duža	1	-	○				
13	-	rubna folija krača	1	-	○				
14	-	stranica desna	1	-	○				
15	-	prednji ukras	4	-	○				
16	-	rubna folija ukrasa	4	-	○				
17	-	prednji ukras	4	-	○				
18	-	sokl	1	-	○				
19	-	poleđina	1	-	○				
20	-	polica " RONDO "	1	-	○				○

Slika 125. Sastavnica proizvoda (prema Figuriću, 23)

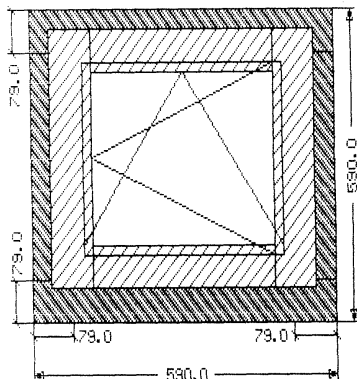
SASTAVNICA ZA RN: **LOKVE**

Rok izrade:

%%%

POZICIJA: 1 Tip prozora: **WIND11** Tip profila: **AAPROFIL56**  
 Šir./Vis.: **590.0/ 590.0** KOM: Po skici: **1** Zrcalno:

jednokrilni prozor 6/6 zaokretno otklopni



***** DIMENZIJA DOPROZORNIKA IN OKAPNICE *****			
POLJE	Utor doprozor. (Š/V)	Okapnica	Dužina
1	509.0/ 474.0	STASAL 1116/56smeθa	456.0

***** OKOV *****					
TIP	ŠIFRA	KOM	TOČNA MJERA	NAZIV	
C-11D	24614	1	314.5	GONILKA	325
C-11D	24755	1		ŠKARJE 250 - E11	
C-11D	26053	1	343.0	VOD. ŠKARIJ 250/475	

***** KRILA *****					
POLJE	KRILLO	OTV.	MJERA V UTORU	VANJSKA MJERA	
1	N-CELO	DH	390.0/ 361.5	514.0/	485.5

***** STAKLO *****					
POLJE	KRILLO	MATERIJAL	NETO MJERA	STAKLA	ŠIFRA
1	N-CELO	TERMOPAN DVO 23mm	382.0/	353.5	LOKVE / 1/1/1N

***** BRTVILO *****					
POLJE	POLOŽAJ	MATERIJAL	DIMENZ. BRTVILA		ŠIFRA
1	N-CELO	BRTVILO EPDM CRNI	478.0/	449.5	LOKVE / 1/1/1N

Površinska obrada: Broj nanosa Materijal  
 1 LAZURA RADONJA

Slika 126. Primjer računalom ispisane sastavnice proizvoda građevne stolarije (s dopuštenjem tvrtke Lokve d.d., Proizvodnja i trgovina drvnim proizvodima, Lokve)

PJ <b>TEHNIČKI OPIS</b> broj...	Datum	Broj naloga	Listovi  Broj nacrtā
Oznaka	Naziv proizvoda/poluproizvoda		NarudŹba/kupac
Namjena proizvoda			
Norma za oblikovanje i kakvoću:			
Dimenzije / sastavljen / pakiranje			
Vrsta i kakvoća drvnog materijala:			
Vrsta i kvakvoća nedravnog materijala:			
Točnost i finoća obrade:			
Konstrukcija i naćin sastavljanja:			
Površinska obrada:			
Pakiranje			

Sastavio:

Rukovoditelj odjela:

Rukovoditelj proizvodnje:

Slika 127. Tehnićki opis proizvoda od drva (prema Figuriću, 23)

### **7.2.1.2. Određivanje potrebnoga drvnog i nedravnog materijala u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Materijal u preradi drva i proizvodnji namještaja većina autora dijeli na:

- drvni materijal
- poluproizvode nabavljene od kooperanata i/ili vanjskih dobavljača
- nedrvni materijali za izradu proizvoda od drva
- režijski materijal (koji se troši u procesu proizvodnje, ali se ne ugrađuje izravno u proizvod).

#### **Izrada normativa drvnog materijala**

Normativ drvnog materijala jest utrošak određene vrste materijala po jedinici proizvoda od drva. Pod osnovnim materijalom u preradi drva i proizvodnji namještaja razumijeva se piljena građa, nesastavljivi dijelovi, panel-ploče, furniri i drugi drvni materijal koji se ugrađuje u proizvod.

Polazište za određivanje normativa drvnog i nedravnog materijala jest nacrt sa sastavnicom i tehničkim opisom te sastavnica montaže. Konstrukcijom su već određeni vrsta materijala, dimenzije i kakvoća proizvoda od drva.

Formular normativa drvnog materijala (sl.128) temeljni je dokument, ali nije i sastavni dio dokumentacije radnog naloga. Služi za izradu krojnih lista i izradu materijalne liste (23).

#### **Krojna lista**

Krojna je lista (sl.129) nosilac svih informacija o okvirnim (točna mjera s nadmjerama) i točnim mjerama svih elemenata, bilo da su panel-ploče, punog drva ili furnira.

Često se u fazi krojenja izrađuje više krojnih lista (radi racionalnijeg krojenja), pri čemu možemo govoriti o specifičnom dokumentu koji može zamijeniti radni nalog. On vrijedi samo za fazu krojenja. tj. grubu strojnu obradu, krojenje spužve, panel-ploča, furnira i sl. (23).

#### **Izrada normativa nedravnog materijala**

Normativ nedravnog materijala obuhvaća utrošak određene vrste pomoćnog materijala po jedinici proizvoda od drva. Nedrvni je materijal svaki materijal koji je ugrađen u proizvod, a nije drvni. To su npr. ljepila, čavli, spojnice, vijci, brusni papir, lakovi i sl. Osobito se naglašava važnost točnog izračunavanja utrošenih količina materijala. Previsoki ili preniski normativi materijala rezultiraju netočnim kalkulacijama, koje mogu prouzročiti neugodne komplikacije u proizvodnji i nabavi (sl. 130).







Profitna jedinica

NORMATIV NEDRVNIH MATERIJALA

Za proizvod: Polica " RONDO "

Tip \_\_\_\_\_

Redni broj	Naziv materijala	Oznaka materijala	Jedin. mjera	Normativ za proizvod			Primjedba
				netto	isk. %	brutto	
1	RUBNA FOLIJA	RF 0,2	m	10.61	75	14.147	za moždanike
2	PVAC LJEPILO	PVAC	kg	0.0372	80	0.0465	
3	MOŽDANICI	M Bu fi 8	kom	62	95	65	
4	ČAVLIĆI	Č 20x2,5	kom	50	95	53	
5							
6							
7							
8							
9							

Sastavio:

Rukovoditelj odjela:

DATUM:

DATUM:

Slika 130. Normativ nedravnog materijala (prema Figuriću, 23)

## Lista materijala

Ta lista (sl. 131) služi kao jedinstveni nosilac svih informacija za sav drveni i nedrvni materijal, te poluproizvode koji idu u zajednički radni nalog zadan brojem proizvoda. U listu materijala se unose svi zbirni podaci iz normativa drvnog i nedravnog materijala.

Proizvod-tip		PJ	Naziv sklopa	List		Broj nacrt	
Red. broj	Oznaka materijala	Kakvoća	Naziv materijala	Jed. mj.	Količina	Stvarna cijena	Iznos

Slika 131. Lista materijala (prema Figuriću, 23)

## Izdatnica drvnog i nedravnog materijala

Izdatnica drvnog i nedravnog materijala (sl. 132, 133) izdaje se i otprema s ostalom operativnom dokumentacijom u proizvodnju na njezinu početku. Taj je dokument izveden iz materijalne liste. Na osnovi izdatnice materijala skladištar izdaje materijal za proizvodnju.

## Dodatna izdatnica drvnog i nedravnog materijala

Ako izdana količina nije dostatna za izradu i završetak radnog naloga, potrebno je zatražiti dodatnu izdatnicu za određenu vrstu i količinu materijala. Za dodatnu će se izdatnicu upotrijebiti isti formular kao i za izdatnicu materijala, s tim da se preko svih kopija povuče dijagonalna crvena crta upozorenja o većem utrošku materijala, a na poleđini se obrazloži zašto je došlo do povećanja potrošnje materijala.

Proizvod		Ozn. djel. sklopa	Naziv el. sklopa			Broj nacrt		
Po zic.	Šifra materijala	Naziv materijala	Jed. mj.	Količina	Stvarna cijena	Iznos		
Datum	Jed. mj.	Izdana količina	Stvarna cijena	Iznos	Sklad. šifra	Odjel	Primio	Skladištar

Slika 132. Izdatnica drvnog i nedravnog materijala (prema Figuriću, 23)

IZDATNICA ZA: **OKOV**

Rad. nalog: **LOKVE**

Za radni nalog potrebni su sledeći djelovi okova:

Komada	Šifra	Naziv	Preuzeo	Datum
1	24614	GONILKA 325		
1	24696	VOGALNIK		
1	24755	ŠKARJE 250 - E11		
1	26053	VOD. ŠKARIJ 250/475		
1	24706	ZAP.ELEM. C51		
1	24612	ZAP.ELEM. C52		
1	24229	ES11 KOTNI LEŽAJ D		
1	24230	E11 TOP KOT. SPONA D		

Opisani okov potrebno je pripremiti do:

Podpis:

Slika 133. Primjer računalnog ispisa izdatnice (s dopuštenjem tvrtke Lokve d.d., Prodaja i trgovina drvnim proizvodima, Lokve)

### Povratnica drvnog i nedravnog materijala

Kada se zbog bilo kojeg razloga iz skladišta podigne više drvnog i nedravnog materijala nego što je bilo potrebno, valja ga vratiti u skladište. To se obavlja pomoću povratnice materijala, a ispisat će je osoba koja je podizala materijal sa skladišta.

## Potraživanje materijala

Tim dokumentom priprema proizvodnje zahtijeva od nabave da izvrši nabavu drvnog i nedravnog materijala za planiranje potreba proizvodnje.

Poštovani,

Datum:

Za radni nalog broj      naručujemo okov prema specifikaciji:

Komada	Šifra	Naziv
1	24614	gonilka 325
1	24696	kutnik
1	24755	škare 25 – E11
1	26053	vodilica škara 250/475
1	24706	zap. element C51
1	24612	zap. element C52
1	24229	ES11 kutni ležaj D
1	24230	E11 top kutna veza D

Navedeni okov dostavite nam do...

Slika 134. Primjer računalnog ispisa potraživanja materijala  
(s dopuštenjem tvrtke Lokve d.d., Prodaja i trgovina drvnim proizvodima, Lokve)

## Evidencija utroška drvnog i nedravnog materijala

Evidencija utroška drvnog i nedravnog materijala služi za kontrolu utroška materijala u preradi drva i proizvodnji namještaja (sl. 135).

Red. br.	Oznaka mat.	Kval.	Naziv materijala	Jed. mj.	Planirana količina	Izdano	Stanje ili razlika
1	IT 18	I/II	IVERICA IT 18	m2	3550.6	1691.25	1860.375
2	VL 5	II	VLAKNATICA VL5	m2	1126.9	640.5	489.342
3	RF 0,2	I	RUBNA FOLIJA	m <sup>2</sup>	14147	7500	6650
4	PVAC	I	LJEPILO PVAC	kg	46.8	25	25
5	M Bu fi 8	I/II	MOŽDANICI	kom.	65000	35000	30500
6	Č 20x2,5	I/II	ČAVLIĆI	kom.	53000	25000	28500

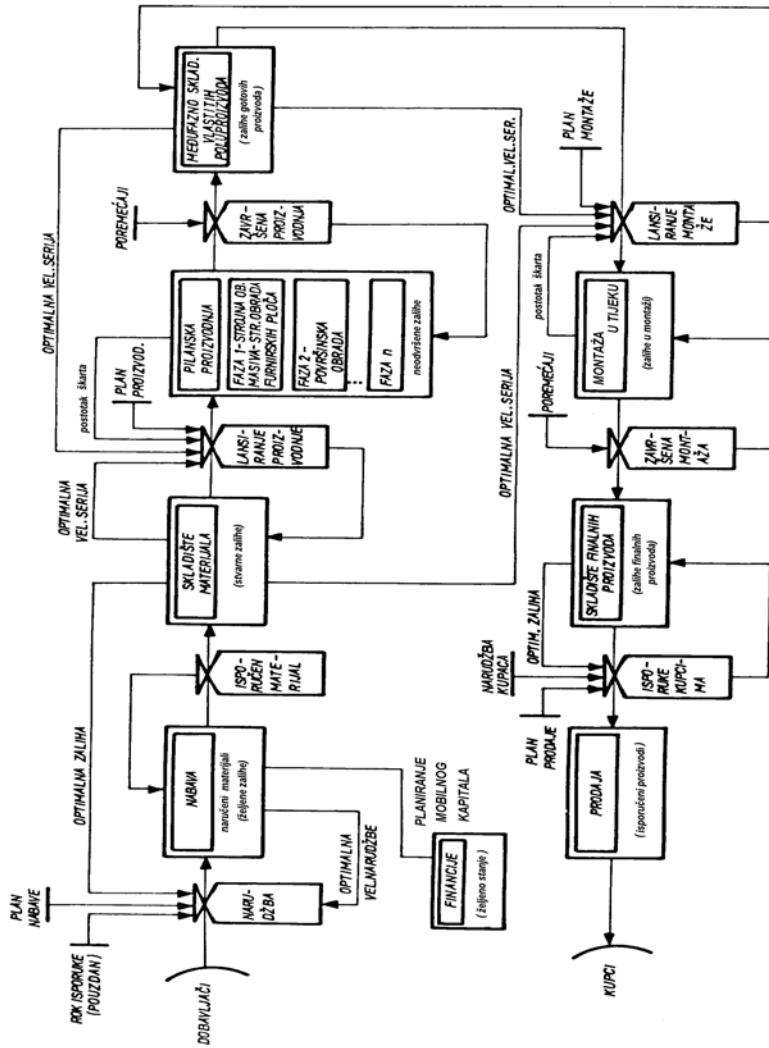
Slika 135. Evidencija utroška materijala (prema Figuriću,23)

### 7.2.1.3. Metode određivanja optimalnih zaliha drvnog i nedravnog materijala u preradi drva i proizvodnji namještaja

Analizirajući prethodne modele upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja, nameće se načelno pitanje: kako i kojim metodama osigurati da troškovi budu optimalni, tj. da se ulazi usklade s izlazima iz skladišta, uz uvjet održanja stalne proizvodnje i prodaje proizvoda od drva? Ne smije se zaboraviti da vrlo često, čak i pri stalnoj proizvodnji, na zalihama drvnog i nedravnog materijala ili na zalihama proizvedenih poluproizvoda leži znatana obrtna kratkotrajna imovina (sl. 136).

Danas u svijetu postoji mnogo metoda kojima se rješava ta problematika, a za potrebe ovog rada iznesene su osnovne postavke koje najčešće dolaze u obzir za primjenu u preradi drva i proizvodnji namještaja. To su po pravilu tri skupine metoda (autorski rad):

1. diskretnost u realizaciji nabave pri jednolikoj i kontinuiranoj potrošnji materijala (određivanje količina pri kojima se obavlja ponovno naručivanje tj. signalnih i minimalnih zaliha),
2. slučajnost izmjena, tj. stohastičke promjene parametara u sustavu koji regulira tijekove materijala (određivanje količina pri kojima se obavlja ponovno naručivanje, tj. signalnih zaliha),
3. predviđene izmjene u konjunkturi, što je posljedica sezonske naravi proizvodnje, potražnje i očekivanog povećanja cijena.



Slika 136. Model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja s naznačenim mjestima moguće optimizacije (prema Figuriću, 23)

Upravljanje zalihama u nekom sustavu nabave sastoji se od utvrđivanja dvaju osnovnih parametara: opsega narudžbi i vremenskog razmaka između dviju narudžbi. Skup pravila prema kojima se odlučuje pri utvrđivanju tih elemenata naziva se strategijom upravljanja zalihama. Svakoj strategiji upravljanja zalihama odgovaraju određeni troškovi obrtne kratkotrajne imovine.

Matematička pretpostavka za pronalaženje optimalne strategije ovisi o sustavu osiguranja zaliha. Za neke sustave upravljanja zalihama materijala stvoreni su modeli i njihovi matematički odnosno statistički predlošci za izračunavanje. Oni su se pokazali korisnima u rješavanju problema upravljanja zalihama u tim sustavima.\*

#### **7.2.1.4. Razrada tehnološke strukture proizvodnog procesa**

Faza razrade tehnološkog procesa treća je u redoslijedu određivanja budućih materijalnih tijekova u izradi proizvoda od drva. Njome se stupanj određenosti podiže na višu razinu zato što se osim proizvoda i njegove strukture određuju i dva nova osnovna elementa - radna snaga i tehnološka oprema, kao i redoslijed obrade materijala odnosno tehnološki proces izrade proizvoda od drva. Takvim povećanjem određenosti olakšava se upravljanje proizvodnjom.

Općeniti algoritam obrade podataka s odgovarajućim bazama podataka ulazno-izlaznim tablicama i izvještajima prikazan je na slici 137.

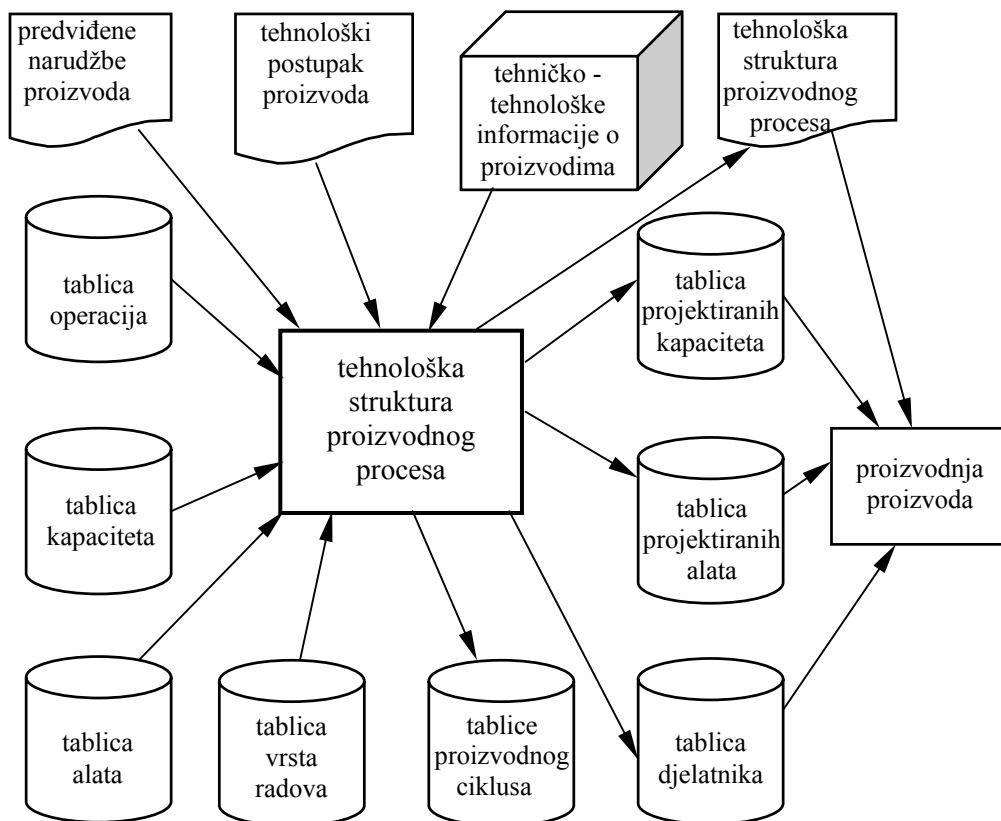
Određivanje tehnološkog procesa temelji se na optimalnim tehnološkim režimima rada, u ovisnosti o postojećoj tehnološkoj opremi i konstrukciji proizvoda.

Postupak obrade koji se primjenjuje u procesu izrade dijelova provodi se u skladu s određenim režimom rada. Za svaku obradu postoje karakteristični elementi režima rada. Njihove vrijednosti proizlaze iz mogućnosti obradnog sustava kojim se rješavaju određeni zahtjevi. Vrijednosti elemenata režima rada za svaki pojedini slučaj moraju se što točnije odrediti. Između pojedinih veličina režima rada postoji funkcionalna ovisnost, iz čega proizlaze pojedinačne vrijednosti, ovisne o određenim ograničenjima (23).

S prihvaćanjem kibernetičkog pristupa sustavu čovjek - stroj i podjela tog sustava na podsustave čovjek i stroj, problem definiranja režima rada dobiva novu dimenziju s obzirom na značenje namjene i sadržaja. Prema tome, režim rada, kao viši pojam označuje usklađenje stanja obaju podsustava. Radi uspješne realizacije mora se podijeliti na dijelove uvjetovane sposobnostima čovjeka i konstruktivno-tehnološkim obilježjima stroja. Zbog toga, se kada je riječ o podsustavu čovjek,

---

\* Studente upućujemo na udžbenik Jelačić, D.: Upravljanje proizvodnim sustavima u drvenoj industriji, zbirka zadataka, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1995.



Slika 137. Tehnološka struktura proizvodnog procesa (prema Figuriću, 23)

govori o metodi rada, a kada je riječ o podsustavu stroj, govori se o režimu obrade, što zajedno čini režim rada.

Svaka novonastala promjena okolnosti u kojima se provodi projektirani režim rada poremetila bi provođenje optimalnog režima i prouzročila pojavu nekog nepredviđenog uvjeta ovisnoga o veličini te promjene, koja bi više ili manje odstupala od projektiranog režima. Da bi se to spriječilo, u optimalni je režim rada potrebno ugraditi rješenja za slučajeve promjene uvjeta. Na taj način optimalni režim tijekom vremena, kao i pri promjenama uvjeta, ostaje optimalan.

Promjene uvjeta mogu biti vrlo različite, te očekivane ili neočekivane. Očekivane, tj. bolje rečeno predvidive promjene trebalo bi unijeti u optimalan režim rada. Nepredvidive se, promjene naravno, ne mogu unijeti u nj, jer su



nepoznate, ali se mora predvidjeti mogućnost njihova nastanka. Praktična posljedica navedenih tvrdnji jest činjenica da režim rada u dijelovima u kojima se mogu pojaviti promjenjivi uvjeti, ima više inačica. U nekim će slučajevima, dakle, sigurno biti manja šteta ako se dopusti narušavanje određenog režima rada nego da se ustanovljava više inačica za moguću promjenu uvjeta (23).

U skladu s tim, određeni režimi rada sadrže primjerice, metodu rada rukovatelja strojem, konstruktivno-tehnološka obilježja stroja te mogućnosti predviđanja njihovih promjena u praktički dopuštenim granicama.

### **7.3. Dinamički model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Dokumenti strukturnog modela u elaboriranom obliku čekaju na početak proizvodnje proizvoda od drva.

U trenutku, odluke o početku proizvodnje dokumenti dobivaju vremensku komponentu i uključuju se u dinamički sustav upravljanja izradom proizvoda od drva.

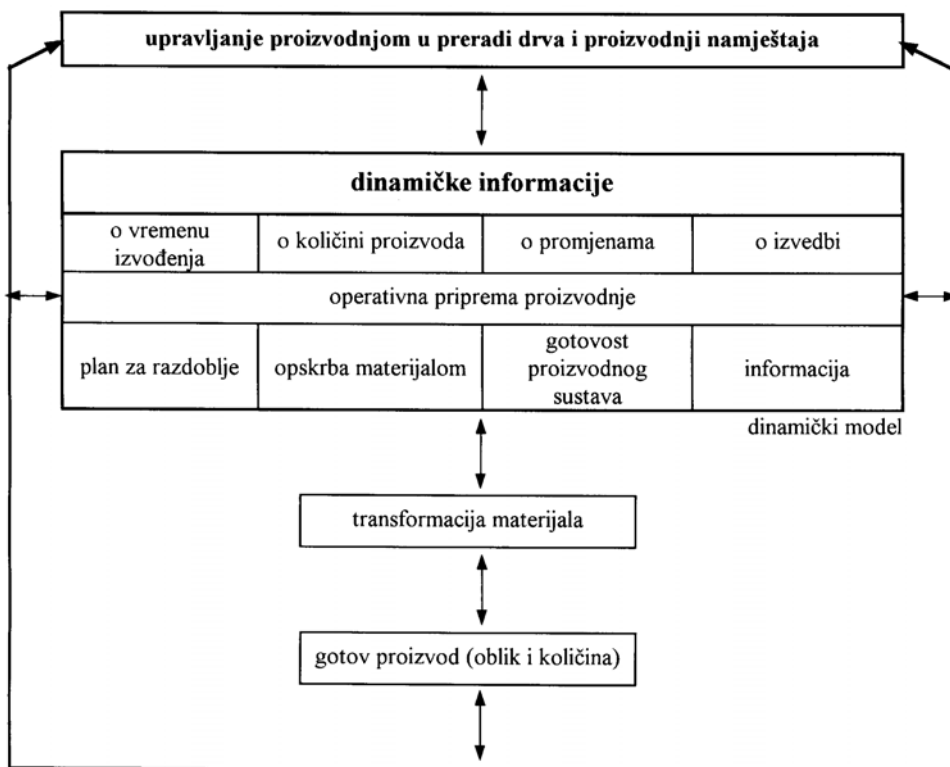
Za taj je sustav bitno da predvidiva vremenska dinamika toka proizvodnje, način prijenosa informacija (tijek informacija), uvjeti izvršavanja, nabava drvnog i nedravnog materijala (tijek materijala) i energije (tijek energije) organizirano utječu na moguće promjene u procesu, koje nastaju zbog različitih zastoja, tj. smetnji.

Zato cijeli dinamički sustav mora biti upravljan tako da se postignu predviđeni ciljevi.

Dinamički model daje podatak o trajanju proizvodnje, načinu njezine izvedbe, količini proizvoda i promjenama, što je objedinjeno u operativnoj pripremi.

U njoj se pomoću plana i informacija, podataka o opskrbi materijalom te pripremom proizvodnog sustava postiže pretvorba materijala u planirani proizvod od drva.

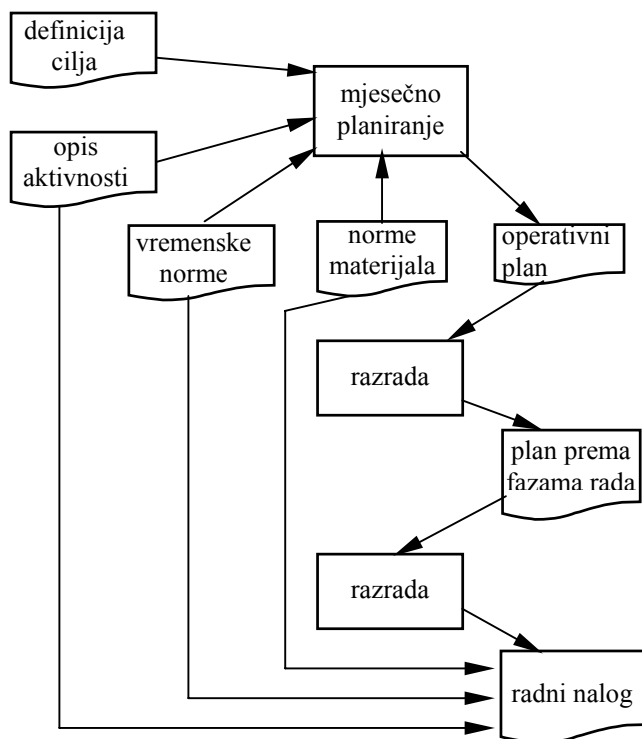
U klasičnom smislu taj je dinamički model operativna priprema u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Kovaču, 54), a predočen je na slici 138.



Slika 138. Dinamički model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Kovaču, 54)

### 7.3.1. Operativna priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja

Osnovni zadaci operativne pripreme u preradi drva i proizvodnji namještaja jesu planiranje kapaciteta i određivanje rokova radnih naloga za izradu dijelova i proizvoda te isporuke gotovih proizvoda. U većini tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja operativna je priprema u svom razvoju u znatnom raskoraku s tehnološkom pripremom, te se u mnogim tvrtkama svodi na pripremu i izdavanje proizvodne dokumentacije te na praćenje dinamike kapaciteta ključnih radnih mjesta. Zbog tih razloga na slici 139. dan je grafički prikaz postupka od plana do definiranja radnih



Slika 139. Prikaz pristupa operativnoj pripremi proizvodnje od plana do definiranja radnih naloga (prema Figuriću, 23)

naloga o operativnoj pripremi proizvodnje uobičajen u tvrtkama za preradu drva i proizvodnju namještaja (23).

Potrebno je naglasiti da se radni list koristi isključivo u strojno-ručnoj proizvodnji i ondje gdje pojedinačna norma vremena služi kao instrument za određivanje plaća.

S promjenama tehnologije, organizacije i upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja, pa i drugdje, zamjetno je ukidanje pojedinačnih normi te će i taj dokument s vremenom nestati.

### Plan rada ili tehnološki list

Plan rada je opisni prikaz redoslijeda provedbe tehnološkog procesa u preradi drva i proizvodnji namještaja. Na osnovi tog dokumenta upravlja se tehnološkim procesom, tj. određuju se vrsta i redoslijed operacija za dijelove, sklopove i proizvode, definiraju se radna mjesta, stručni profil i broj djelatnika za pojedina radna mjesta te normativ vremena za pojedine radne operacije (sl. 140).

### Radni list

Radni list (sl. 141) izvadak je jedne operacije iz plana rada, a cilj mu je da u proizvodnju prenese sve podatke što ih je tehnolog odredio za operaciju. Radni se list ispisuje za svaku operaciju posebno. Na njegovoj se poleđini bilježi utrošak radnog vremena djelatnika po operaciji te podaci o izrađenoj količini i kakvoći proizvoda.

Radni list važan je dokument na osnovi kojega se obračunava plaća djelatnika za određeni zadatak. Povrat tog dokumenta iz odjela često ide putem pripreme proizvodnje, koja na taj način uzima podatke o vremenu izrade i provodi kontrolu izvršenja norme. Može služiti i kao evidencija završenih operacija u proizvodnji, čime se kontrolira ispunjenje radova (23).

Valja naglasiti da se radni list koristi isključivo u strojno-ručnoj proizvodnji i ondje gdje pojedinačna norma vremena služi kao instrument izračuna plaće.

Kako se, tehnologija, organizacija i upravlja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja i drugdje mijenja, očekuje se ukidanje pojedinačnih normi te će i taj dokument s vremenom nestati.



Broj radnog naloga: 15		Broj komada: 1000		Datum početka proizvodnje		Datum završetka proizvodnje	
Element		sklop		Proizvod		Broj nacrti	
STRANICA DESNA		POLICA " RONDO "					
Krojne mjere		Ciste mjere		Materijal		Jed mj. m2	
1370	470	18	1350	18	IVERICA IT 18	Količina	
Br.		RADNA OPERACIJA		p.r. t/kom.		pr bod/kom	
KROJENJE PLOČA		KROJENJE PLOČE		R.M		Ukup. vrijeme	
				g.r.		0.09	
				p.r.		0.04	
				g.r.		0.05	
				p.r.		1	
				g.r.		1	
				p.r.		0.09	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	
				p.r.		8	
				g.r.		18	
				p.r.		10	
				g.r.		8	
				p.r.		18	
				g.r.		10	



### **7.3.1.1. Utvrđivanje normativa vremena i vremena naloga <sup>1</sup>**

Kako se studij rada obrađuje u predmetu Organizacija rada u drvnoj industriji, u ovom tekstu ne obrađuju se metode i načini utvrđivanja vremena naloga o normativu vremena, već se samo ističe da se u zadatke tehnološke pripreme ubraja i utvrđivanje vremena izrade, analiza vremena izrade, izračunavanje vremena potrebnog za rad na određenom radnom mjestu, analize tijeka proizvodnog procesa te izrada prijedloga za poboljšanje načina rada. Rezultati rada na tom području tehnološke pripreme upisuju se u formulare o planu rada (tehnološki list) te u dokumente koji se izvode iz njega.

### **7.3.1.2. Izrada naprava, pomagala, alata i mjerila <sup>2</sup>**

Tehnološka priprema u preradi drva i proizvodnji namještaja upravlja radom na određivanju, izradi i opskrbi alatima, napravama i pomagalima.

Iz toga proizlazi da su osnovni zadaci oštrenice alata (alatnice) te radionice naprava i pomagala:

- uskladištenje i izdavanje alata i naprava za upotrebu
- održavanje alata i naprava, što obuhvaća oštrenje alata, obnovu i popravak alata i naprava
- izradu novih alata i naprava
- otpis alata i naprava.

### **7.3.1.3. Izrada planske kalkulacije <sup>3</sup>**

Osnovna informacija prije donošenja odluke o proizvodnji nekog proizvoda jesu troškovi njegove izrade. Kao podloga za izradu planskih kalkulacija služi sastavnica proizvoda, tehnološki list, normativi materijala i vremena.

Kalkulacija je namijenjena formiranju cijena proizvoda na tržištu. Nakon završene proizvodnje i obračuna proizvođač očekuje da se njegova predviđanja ostvare te da stvarni troškovi odgovaraju planiranima.

---

<sup>1</sup>Čitatelje upućujemo na udžbenik Figurić, M: Organizacija rada u drvnoj industriji, Narodne novine, Zagreb, 1987.

<sup>2</sup>Pri organiziranju rada radionice alata i naprava preporučuje se djelo: Vila-Leicher: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova - poslovanje specijalnim alatima, Informator, Zagreb, 1972.

<sup>3</sup>Čitatelje upućujemo na udžbenik Figurić, M: Osnove ekonomike proizvodnje u šumarstvu i preradi drva, Odabrana poglavlja za studente šumarstva i drvne industrije, I dio, Šumarski fakultet, Zagreb, 1994.



#### **7.3.1.4. Planiranje kapaciteta u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Operativno planiranje proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja jest planiranje izvršenja godišnjeg plana proizvodnje za manja vremenska razdoblja - kvartale, rjeđe za dulji rok, a najčešće za mjesec dana.

Operativni plan proizvodnje razumijeva ostvarenje osnovnoga, godišnjeg plana proizvodnje za svaki mjesec, svakih deset dana ili za pojedine dane. Razrađuje se čak po smjenama, fazama izrade, radnim mjestima i gotovim proizvodima. To je detaljan plan izvršenja proizvodnje. Operativni je plan važan instrument evidencije i kontrole izvršenja godišnjeg plana proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja.

Metode operativnog planiranja sastoje se u tome da se tehnikom proračuna, formulara i grafikona utvrde:

- raspoloživi kapaciteti (stanje strojeva, alata i uređaja)
- raspoloživi broj i struktura djelatnika
- raspoložive količine i vrste materijala
- količine poluproizvoda i gotovih proizvoda
- obujam nedovršene proizvodnje
- rokovi isporuke gotovih proizvoda kupcima.

Prije izrade operativnog plana proizvodnje, operativna priprema mora znati stanje raspoloživih kapaciteta: jesu li svi strojevi i ostala operema u ispravnom stanju za proizvodnju, tj. jesu li fazni kapaciteti usklađeni ili nisu, drugim rječima, postoje li uska grla i na kojemu mjestu. U tu svrhu izrađuje se plan iskorištenja kapaciteta (23).

Planiranje proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja povezano je s prilagodbom proizvodnih resursa, odnosno upravljanjem proizvodnim resursima kako bi se navrijeme i u roku udovoljilo zahtjevima isporuke gotovih proizvoda kupcu. Izrada plana proizvodnje u nadležnosti je određene osobe koja donosi odluke, pri čemu plan mora biti usklađen s prethodno dogovorenom politikom tvrtke. Odgovornost donošenja odluka podrazumijeva osiguranje svih potrebnih proizvodnih resursa (kapaciteta, zaposlenika, materijala i dr.) glede kakvoće i količine, pri čemu treba ispuniti proizvodni plan, ostvariti zahtjevanu razinu kakvoće proizvoda i postići minimalne proizvodne troškove.

### 7.3.1.4.1. Kapaciteti u preradi drva i proizvodnji namještaja

#### Tehnološki kapaciteti

Sposobnost stroja da u određenome vremenskom razdoblju ( $t$ ) proizvede određenu količinu učinka ( $Q$ ) nazivamo kapacitetom ( $K_k$ ) tog stroja. Prema tome:

$$K_k = Q / t \quad (21)$$

Tehnološki kapaciteti izražavaju se količinom materijala, energije ili informacija. Da bi se odredio tehnološki kapacitet, potrebno je utvrditi uvjete u kojima će se on ostvariti: odrediti količinu učinka, kvalitetu učinka, obradke, potreban broj i profil djelatnika, stupanj učinka djelatnika, razdoblje izrade, broj radnih smjena, puno iskorištenje instaliranog postrojenja, tehnološke metode i sl.

Na osnovi navedenoga može se reći da je kapacitet složena veličina. Ona je rezultat ukupnog djelovanja svih činitelja proizvodnje i njihova racionalnog povezivanja. Tehnološki kapacitet ne ovisi samo o tehničkim obilježjima instalirane opreme već i o ostalim dvama elementima proizvodnje: djelatnicima i obracima, kao i o organiziranju svih tih elemenata u proizvodnji. Ovisno o postignutom uspjehu u usklađivanju proizvodnih činitelja, što je rezultat subjektivnih (npr. kvarovi strojeva) i objektivnih (npr. situacije na tržištu) okolnosti u kojima tvrtka za preradu drva i proizvodnju namještaja posluje, postojeći se kapacitet može više ili manje iskoristiti.

Kada se govori o tehnološkim kapacitetima, moguće je razlikovati:

- a) ugrađeni ili instalirani,
- b) raspoloživi ili stvarni,
- c) potrebni,
- d) iskorišteni kapaciteti.

a) Ugrađeni ili instalirani kapaciteti označuju maksimalnu količinu rada koja se na stroju može ostvariti s obzirom na njegova tehnička svojstva. Izrazimo li ugrađene kapacitete ( $K_u$ ) satima rada stroja, dobit ćemo:

$$K_u = m \times n \times s \quad (\text{sati u godini}) \quad (22)$$

gdje je:

- $m$  - ukupan broj dana u godini  
 $n$  - broj sati rada u smjeni  
 $s$  - broj smjena tijekom dana.

b) Raspoloživi (radni, stvarni, proizvodni) kapaciteti jesu u stvarnosti moguće iskorištenje ugrađenih kapaciteta. Raspoloživi kapaciteti

( $K_r$ ) jednaki su ugrađenim kapacitetima ( $K_u$ ) umanjenima za nužne prekide ( $t_p$ ) u radu. Prema tome je:

$$K_r = K_u - t_p \quad (23)$$

Uvijek je:

$$K_r < K_u \quad (24)$$

Ovisno o tome organizira li se proizvodnja u jednoj, dvije ili tri smjene, proistječe da je:

$$K_{r1} < K_{r2} < K_{r3} \quad (25)$$

gdje je:

$K_{r1}$  - radni kapaciteti proizvodnje u jednoj smjeni

$K_{r2}$  - radni kapaciteti proizvodnje u dvije smjene

$K_{r3}$  - radni kapaciteti proizvodnje u tri smjene.

c) Potrebni tehnološki kapaciteti ( $K_p$ ) jesu kapaciteti što ih tvrtka treba ostvariti u ovisnosti o mogućnostima tržišta, potrebnom vremenu izrade i raspoloživim kapacitetima. Potrebni kapaciteti pokazuju koliko mora biti iskorištenje strojeva tijekom određenog razdoblja da bi se ostvario plan proizvodnje.

d) Iskorišteni kapaciteti ( $K_i$ ) pokazuju stvarnu iskorištenost strojeva u određenom razdoblju. Iskorišteni kapacitet označava ostvarenu proizvodnju iskazanu onim jedinicama kapaciteta u kojima su i proračunani i svi ostali kapaciteti.

Kapaciteti se mogu izračunavati i prikazivati ovim pokazateljima:

- vremenskim jedinicama
- količinskim jedinicama
- energetske jedinicama
- vrijednosnim jedinicama.

U praksi se može mjeriti kapacitet radnog mjesta, stupanj iskorištenja kapaciteta radionice, pogona, tvornice i cijele tvrtke.

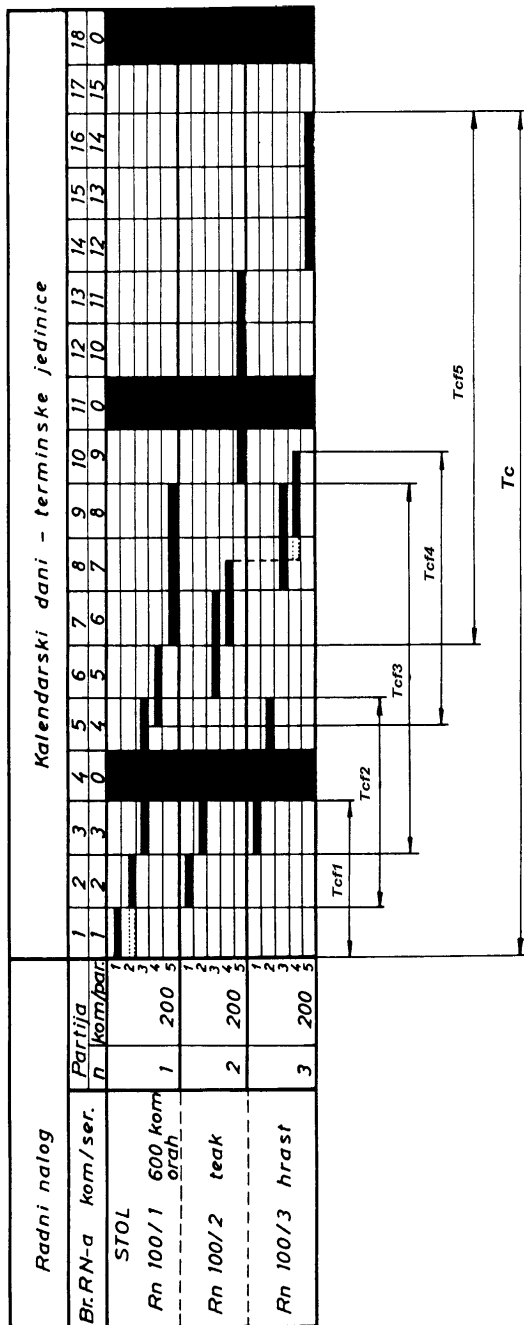
Tablica 3. Proračun raspoloživog fonda radnog vremena za razdoblje od 1.1. do 1.12.: 313 radnih dana, 10 radnih mjesta i 40 satni radni tjedan

Redni broj	Elementi proračuna	Strojna obrada	
1.	Broj djelatnika ili radnih mjesta	10	
2.	Mogući fond radnog vremena	25.040	
3.	Godišnji odmori	2 %	500
4.	Državni blagdani	10 d.	480
5.	Bolovanja	3 %	750
6.	Razni izostanci uposlenih	1 %	250
7.	Prekidi rada	2 %	500
8.	Remont strojeva i uređaja	10 d.	480
9.	Preventivno održavanje strojeva	1 %	250
10.	Različiti zastoji	5 %	1.250
11.	Ukupni gubici radnog vremena	4.460	
12.	Korisno radno vrijeme iskazano djelatnim satima	20.580	
13.	Prebačaj norme	10 %	2.058
14.	Korisno radno vrijeme u norma-satima	22.638	
15.	Broj smjena	2	
16.	Potreban fond sati za ispunjenje plana	51.245	
17.	Višak sati	-	
18.	Manjak sati	5.969	
		3	
19.	Grafički prikaz zauzetosti kapaciteta	2	
		1	

Ako detaljnije promotrimo navedeni proračun, uočiti ćemo da se od 25.040 sati mogućega godišnjeg fonda radnog vremena odbiju predviđeni gubici (tabl. 3).

Na osnovi proračunanoga potrebnog fonda radnog vremena za izvršenje plana i na osnovi proračuna raspoloživog fonda vremena prisposodobom se može zaključiti gdje su kapaciteti preveliki, a gdje su uska grla proizvodnje.

Postavljanju operativnog plana koji će omogućiti kontinuitet proizvodnje i ostvarenje planiranih rokova prethodi analiza raspoloživog kapaciteta. Hoće li biti prihvaćen prijedlog nekog plana proizvodnje s predloženim terminima isporuke (sl. 143), ovisi upravo o raspoloživom kapacitetu najopterećenijih radnih mjesta te o uravnoteženosti kapaciteta, što prije svega ovisi o međusobnom odnosu strukture asortimana i instaliranih kapaciteta.



Legenda: Tcf<sub>1</sub> – proizvodni ciklus krojenja furnira, Tcf<sub>2</sub> – proizvodni ciklus krojenja ploča, Tcf<sub>3</sub> – proizvodni ciklus strojne obrade, Tcf<sub>4</sub> – proizvodni ciklus lakiranja, Tcf<sub>5</sub> – proizvodni ciklus montaže, Tc – cjelokupni proizvodni ciklus

Slika 143. Terminski plan proizvodnje (prema Figuriću, 23)

Tablica 4. Planirani gubici u tijeku kalendarske godine

Razlog nerada	Dani
Državni blagdani	10
Remont	10
Preventivno održavanje	5
Ostalo (razni zastoji)	12
UKUPNO	37

U osnovi postoje dvije metode planiranja kapaciteta: planiranje prema kapacitetima i planiranje prema rokovima. Pri planiranju prema kapacitetima uz prekoračenje raspoloživih kapaciteta prekoračuju se i rokovi. Primjenom metode planiranja kapaciteta prema rokovima zadani se rokovi održavaju, ali uz prekoračeni dodatni kapacitet ili se smanjeni kapacitet mora smatrati dodatnim troškom.

Prednosti i nedostatke obiju planskih metoda treba prosuditi prema specifičnim okolnostima svake tvrtke. Univerzalnog savjeta za to rješenje nema.

#### **7.3.1.4.2. Utvrđivanje proizvodnog ciklusa u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Da bi se proizvodnja u preradi drva i proizvodnji namještaja mogla racionalno odvijati, cijeli proizvodni proces i količinske odnose treba vremenski uskladiti, tj. u tu svrhu treba predvidjeti i izračunati proizvodni ciklus u užem smislu.

Proizvodni ciklus u našem razmatranju nazivamo odsječkom kalendarskog vremena u kojem se provodi proizvodni proces u užem smislu.

Trajanje proizvodnog ciklusa jedan je od osnovnih tehničko-ekonomskih pokazatelja tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja. To trajanje određuje brzinu obrtaja kapitala, stupanj iskorištenja kapaciteta, organizaciju proizvodnje i sl.

Strukturni dijelovi proizvodnog ciklusa jesu:

- vrijeme proizvodnje - tehnološko vrijeme - neposredna obrada
- vrijeme transportiranja - unutrašnji transport predmeta tijekom procesa proizvodnje
- vrijeme kontrole - vrijeme provjere, različitih inspekcija u tijekovima materijala, ulaza, obrade i izlaza materijala

- vrijeme prekida u proizvodnom procesu, tj. prekidi u vezi s režimom rada i radnim vremenom
- vrijeme za prirodne procese-prirodno sušenje drva, hlađenje drva i drvnih proizvoda, kondicioniranje proizvoda od drva.

Svako skraćanje proizvodnog ciklusa osim neposrednog ekonomskog učinka ima i posljedicu: povećan izlaz proizvodnje u jedinici vremena, bolje iskorištenje strojeva, uređaja i radnih površina te povećanje djelotvornosti rada.

Drugim riječima, pod proizvodnim ciklusom razumijeva se vrijeme za koje obradak (materijal) prođe sve operacije, od početka izrade nekog elementa, sklopa ili proizvoda, do njegova uskladištenja, odnosno ulaska u neku višu fazu proizvodnje.

Trajanje proizvodnog ciklusa može se općenito izraziti formulom:

$$T_c = \sum t_o + \sum t_t + \sum t_{\text{prek.}} + \sum t_{\text{org. prek.}} \quad (26)$$

gdje su:

$t_o$  - vremena operacija (vremenske jedinice)

$t_t$  - vrijeme transporta (vremenske jedinice)

$t_{\text{prek.}}$  - vrijeme neplaniranih prekida u radu (vremenske jedinice)

$t_{\text{org. prek.}}$  - vrijeme planiranih organizacijskih prekida (vremenske jedinice).

U osnovi postoje ovi načini izvođenja operacija na predmetu obrade:

- postupni način,
- paralelni način,
- kombinirani način,
- tzv. stvarni.

Da bi se objasnila sva četiri načina, isti je primjer razrađen za svaki način posebno.

Na nekom je elementu potrebno obaviti četiri operacije, kojih je trajanje prikazano u tablici 5.

Tablica 5. Pregled operacija i vremena njihova trajanja (prema Figuriću, 23)

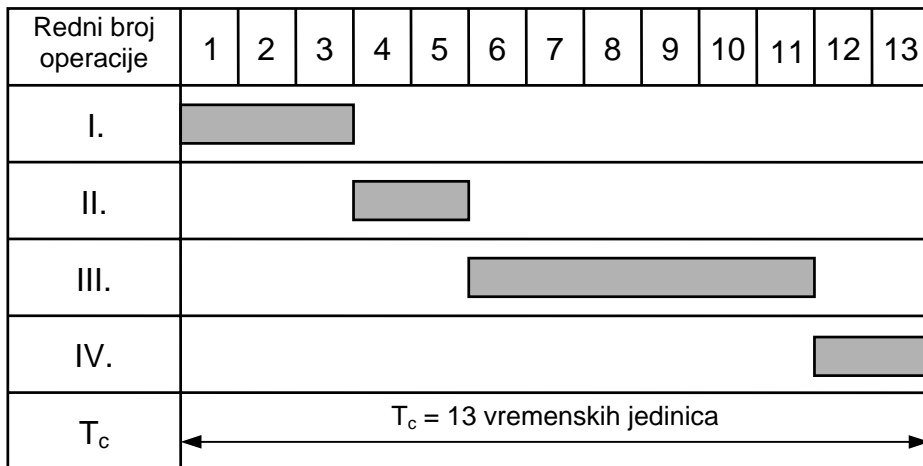
Redni broj operacije	Vrijeme trajanja operacije (vremenske jedinice)
I.	3
II.	2
III.	6
IV.	2

### Postupni način izvođenja operacija

Pri tom načinu izvođenja operacija sljedeća se operacija odnosno iduća faza obrade ne može početi izvršavati dok se prethodna potpuno ne završi. Prema tome, proizvodni ciklus traje onoliko koliko je suma norma-sati potrebna za izvršenje svih operacija. Takav se način proizvodnje može prikazati ovom relacijom:

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \dots + t_n \quad (27)$$

Postupni način izvođenja operacija prikazan je na slici 144.



Slika 144. Postupni način izvođenja operacija (prema Figuriću, 23)

Za taj je način izvođenja operacija znakovito da proizvodni ciklus traje onoliko koliko i zbroj svih operacija što prate ukupno trajanje ciklusa:

$$T_c = \sum t_i \quad (28)$$

### Paralelni način izvođenja operacija

Za isti element s jednakim podacima o trajanju pojedinih operacija pretpostavit će se da je pojedine operacije moguće izvoditi paralelno (sl. 145).



Osnovna su obilježja paralelnog načina kretanja proizvodnje:

1. da iduća operacija počne prije nego što prethodna završi na svim predmetima serije,
2. da je ukupan proizvodni ciklus kraći od zbroja vremena trajanja pojedinih operacija.

Takav način kretanja proizvodnje može se prikazati sljedećom relacijom:

$$T_c < \sum t_i \quad (29)$$

Redni broj operacije	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I.	█												
II.			█										
III.				█									
IV.									█				
$T_c$	← $T_c = 10$ vremenskih jedinica →												

Slika 145. Paralelni način izvođenja operacija (prema Figuriću, 23)

#### Kombinirani način izvođenja operacija

Kombiniranim načinom izvođenja operacija proizvodni ciklus se može još više skratiti. Na slici 146. prikazan je primjer takvog načina. Osnovni je problem da operacija III. započne što prije jer je njezino trajanje najdulje, pa zato i najviše utječe na trajanje ciklusa. Da bi se postigao što raniji početak operacije III, operacija II. počela je prije nego pri paralelnom načinu izvođenja. Isto je učinjeno i s operacijom IV. Može se zaključiti da su sve operacije započete prije ili nakon druge operacije podijeljene na nekoliko dijelova kako bi se omogućilo što veće skraćivanje proizvodnog ciklusa. Operacija III, kao vremenski najdulja, može se kontinuirano provoditi, a ciklus je osjetno skraćen (23).

Redni broj operacije	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I.													
II.													
III.													
IV.													
$T_c$	← $T_c = 8$ vremenskih jedinica →												

Slika 146. Kombinirani način izvođenja operacija (prema Figuriću, 23)

#### Stvarni način izvođenja operacija

Polazeći od definicije proizvodnog ciklusa kao osnove razmatranja, proizlazi činjenica da su sva tri prethodno navedena načina izvođenja operacija "idealni modeli".

U stvarnosti se mora računati i s vremenom transporta između operacija, vremenom kontrole, vremenom uskladištenja i vremenima raznih operacijskih prekida (koji mogu biti planirani, ali i neplanirani). Zbog tih razloga pri stvarnom načinu izvođenja operacija vrijeme ciklusa uvijek je dulje nego u "idealnome modelu".

Stvarni ciklus izvođenja operacija za pretpostavljeni primjer dan je na slici 147. U njemu su pretpostavljeni:

- zastoj 1, između I. i II. operacije
- zastoj 2, između II. i III. operacije
- zastoj 3, između III. i IV. operacije (23).

Pri stvarnom načinu izvođenja operacija u drvenoj industriji ukupno trajanje proizvodnog ciklusa dulje je od trajanja ciklusa pri postupnom načinu izvođenja operacija i to za trajanje pojedinih zastoja između operacija ( $T_{z1}, T_{z2}, \dots, T_{zn}$ ). U tom slučaju trajanje proizvodnog ciklusa može se prikazati ovom relacijom:

$$T_c = \Sigma t_o + \Sigma t_t + \Sigma t_{\text{prek.}} + \Sigma t_{\text{org. prek.}} \quad (30)$$

gdje su:

$\Sigma t_o$  - vremena operacija (vremenske jedinice)

$\Sigma t_t$  - vremena transporta (vremenske jedinice)

$\Sigma t_{\text{prek.}}$  - vremena prekida u radu (vremenske jedinice)

$\Sigma t_{\text{org. prek.}}$  - vremena planiranih organizacijskih prekida (vremenske jedinice).

### 7.3.1.4.3. Utvrđivanje koeficijenta protoka <sup>1</sup>

Koeficijent protoka  $f$  bezdimenzionalni je broj koji kazuje koliko je puta stvarni proizvodni ciklus veći od proizvodnog ciklusa izvršenog postupenim načinom izvođenja operacija.

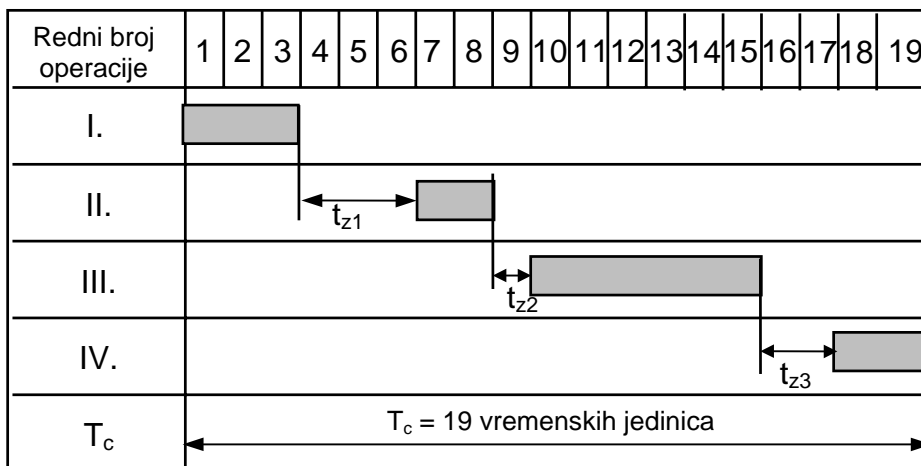
Izračunava se prema formuli:

$$f = T_s / T_N \quad (31)$$

pri čemu su:

$T_s$  - stvarni proizvodni ciklus u satima

$T_N$  – ukupan broj norma-sati po radnom nalogu.



Slika 147. Stvarni ciklus proizvodnje (prema Figuriću, 23)

<sup>1</sup> Studente upućujemo na udžbenik Jelačić, D.: Upravljanje proizvodnim sustavima u drvnjoj industriji, zbirka zadataka, Šumarski fakultet, Zagreb, 1995.

U svezi s utvrđivanjem koeficijenta protoka ne smije se zanemariti ni protok  $K$ , koji se odnosi na smjene u proizvodnji:

$$K_1 = f / 8, \text{ za rad u jednoj smjeni} \quad (32)$$

$$K_2 = f / 16, \text{ za rad u dvije smjene} \quad (33)$$

$$K_3 = f / 24, \text{ za rad u tri smjene} \quad (34)$$

ili:

$$T_s = f / 8 \times \sum T_N \quad (35)$$

Koeficijent protoka služi za utvrđivanje (planiranje) rokova završetaka radnih naloga.

#### **7.3.1.4.4. Terminiranje proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Nesporna je činjenica da se terminiranje proizvodnje namještaja anticipira kao središnji problem u sklopu organizacije proizvodnje u tvrtki. Svrha postupaka terminiranja jest razdijeliti poslove i aktivnosti, radne operacije na izvršitelje, kapacitete i radna mjesta, pri čemu je nužno utvrditi točne termine početaka i završetaka operacija. Na taj se način, ovisno o svrsi, utvrđuju bitni događaji čijom se kontrolom prati ostvarenje zacrtanog plana proizvodnje te poduzimaju preventivne i ispravljačke aktivnosti kako bi se održala dinamika planiranih radova s obzirom na konačni termin proizvodnje. Terminiranjem se dobivaju podaci presudnog značenja za planiranje proizvodnje, posebice ima li se na umu potreba i zahtjev za pravodobnim osiguranjem svih materijalnih resursa u proizvodnji, kako bi određeni posao ili operacija počeli i završili u određenim rokovima. U tom smislu nije nimalo svejedno kako i na koji način koncipirati i postaviti model planiranja proizvodnje, jer je u realnim situacijama donositelj odluke uvijek suočen s izborom između jednoga ili više ciljeva:

- obaviti proizvodnju poštujući utvrđeni termin isporuke proizvoda (tzv. konačni termin)
- minimizirati proizvodne troškove
- minimizirati ukupnu količinu poslova
- minimizirati ciklus trajanja proizvodnje
- minimizirati nedovršenu proizvodnju
- maksimizirati iskorištenost kapaciteta izbjegavajući stvaranje uskih grla na proizvodnim kapacitetima

- izbalansirati stupanj opterećenja - iskorištenje proizvodnih kapaciteta
- minimizirati zalihe u sustavu tijekom proizvodnog procesa.

O složenosti problema raspodjele poslova, odnosno terminiranja proizvodnje kao šireg okruženja problema raspodjele poslova, moguće se uvjeriti i iz same činjenice da se terminiranje kao zadatak pojavljuje na razini pripremnih, ali i na razini realizacijskih aktivnosti upravljanja proizvodnjom. Pojavni oblici terminiranja očituju se isključivo u sklopu složenosti rješavanja različitih zadataka, no uvijek s istom svrhom u obliku sličnih ili identičnih zadataka. Jedanput je to zadatak optimalne raspodjele poslova na radna mjesta, drugi put je to rješavanje problema slijedne raspodjele poslova koji se sastoje od niza operacija – sekvencija, i izvođenje na raspoloživim kapacitetima – radnim mjestima, sa zadaćom postizanja unaprijed definiranih ciljeva u skladu s težnjama donositelja odluke. U oba slučaja jasan je i nedvojben naglasak na optimiranju – pronalazaženju najboljeg rješenja, te njegovoj kasnijoj primjeni u proizvodnji.

To je u skladu i s osnovama logistike koja objedinjuje proučavanje i rješavanje problema planiranja pripreme, opskrbe, raspodjele, kontrole praćenja i upravljanja svim resursima i njihovim tijekovima s ciljem optimizacije ukupnih troškova proizvodnje namještaja.

Utvrđivanje optimalnog redoslijeda lansiranja radnih naloga u preradi drva i proizvodnji namještaja\*

U razradi terminiranja proizvodnih kapaciteta u preradi drva i proizvodnji namještaja vrlo često na isto radno mjesto čeka više radnih naloga. Pritom je osnovni problem kako uskladiti da “n” radnih naloga uđe u “m” varijanti u proizvodni proces. Polazno motrište u postavljanju različitih pravila prednosti zasnivalo se na mnoštvu postavki za koje je utvrđeno da utječu na izvođenje proizvodnog procesa. Definiranjem nekog pravila o prednosti u osnovi se određuje kriterij na temelju kojega se pojedini radni nalozi upućuju u proizvodnju. Tehnike utvrđivanja optimalnog redoslijeda lansiranja radnih naloga mogu se podijeliti na dvije skupine.

1. Tehnike za terminiranje kojima se određuje redoslijed radnih naloga prije nego uđu u proces proizvodnje. Čine ih ove tehnike:
  - 1.1. SOT (Shortest Operation Time); najveću prednost dobivaju operacije koje najkraće traju,
  - 1.2. SPT (Shortest Processing Time); najveću prednost imaju procesi najkraćeg vremena trajanja,

---

\* Studente upućujemo na udžbenik Jelačić, D.: Upravljanje proizvodnim sustavima u drvnoj industriji, zbirka zadataka, Šumarski fakultet, Zagreb, 1995.

- 1.3. LPT (Longest Processing Time); prednost se daje operacijama najduljeg vremena trajanja,
  - 1.4. FCFS (First Come, First Served); prednost ima radni nalog koji je najdulje čekao, a za njim redom nalozi prema zakonitostima vremena pristizanja,
  - 1.5. LCFS (Last Come, First Served); prednost ima radni nalog koji je najkraće čekao, tj. onaj koji je najkasnije stigao,
  - 1.6. FISFS (DD) (First In, First Served, Due Date System); radni se nalozi raspoređuju prema planiranom datumu završetka poslova. Oni koji trebaju biti prvi gotovi imaju apsolutnu prednost,
  - 1.7. RAND (RS) Random Selection); to je tehnika nasumičnoga (slučajnog) odabira redosljeda lansiranja radnih naloga u proizvodnju; vrlo je česta u proizvodnji,
  - 1.8. PCO (Preferred Customer Order); najveću prednost ima radni nalog određenog kupca.
2. Tehnike za reterminiranje. U tu skupinu pripadaju sve tehnike koje se primjenjuju ako se skupina radnih naloga već nalazi u proizvodnji, ali im je zbog bilo kojeg razloga potrebno promijeniti redosljed izvođenja – ponovno terminirati proizvodnju. Postoje četiri takve tehnike:
    - 2.1. SS/PT (Static Slack, Remaining Processing Time); kriterij izbora prednosti lansiranja radnih naloga zasniva se na izračunavanju omjera preostalog vremena obrade i preostalog posla,
    - 2.2. SS/RO (Dynamic Slack, Remaining Processing Time); kao prednost služi vrijednost kritičnog omjera preostalog vremena obrade i preostalog broja radnih operacija,
    - 2.3. DS/PT (Dynamic Slack, Remaining Processing Time); prednost pri upućivanju radnih naloga u proizvodnju određuje se kritičnim omjerom vremena preostalog do konačnog termina umanjenog za preostalo očekivano vrijeme i preostalo vrijeme obrade,
    - 2.4. DS/RO (Dynamic Slack, Remaining Number of Operations); analogno prethodno opisanom pravilu, prednost lansiranja određuje se kritičnim omjerom vremena preostalog do konačnog termina umanjenog za preostalo očekivano vrijeme i preostali broj radnih operacija.

Te tehnike vrijede samo za stvarne uvjete pri terminiranju i reterminiranju proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja.

#### **7.3.1.4.5. Podjela rada (dispečiranje poslova) u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Raspodjela rada obuhvaća ove radne zadatke:

- prijam radne dokumentacije od operativne pripreme rada
- priprema radne dokumentacije za svaki sljedeći posao koji će se proslijediti na pojedino radno mjesto. Za svako radno mjesto treba pripremiti još jedan posao osim sljedećega, te voditi evidenciju o svemu što je djelatniku potrebno za posao što ga u tom trenutku obavlja
- dostava svih potrebnih alata, naprava i mjerila na radno mjesto kako djelatnik ne bi gubio vrijeme na pripremu radnog mjesta za obavljanje tog posla
- pravodobna dostava materijala potrebnog za sljedeći posao na pripadajuće radno mjesto
- slanje materijala nakon završenog posla na sljedeću radnu operaciju ili na skladište poluproizvoda odnosno gotovih proizvoda
- briga o rokovima izrade proizvoda i poluproizvoda
- obavještanje funkcije kontrole kakvoće kada je potrebno preuzeti materijal, kao međufazni ili kao gotovi proizvod
- slanje radne dokumentacije na ona mjesta i u one službe kako je organizacijski predviđeno
- dodjeljivanje zadataka djelatnicima internog transporta (86).  
Može se zaključiti da raspodjela rada vodi osobitu brigu i kontrolu o:
  - a) izvršenju rokova završetaka proizvodnje,
  - b) tijeku materijala kroz proizvodnju,
  - c) pravodobnoj dostavi alata i naprava na radna mjesta,
  - d) unutarnjem transportu (23).

#### **7.3.1.4.6. Evidencija i analiza izvršenja operativnog plana proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Evidencija izvršenja operativnog plana proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja

Izvršenje operativnog plana proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja prati se dnevno zato da bi se na kraju svakog dana odnosno svake smjene znalo u kojem je omjeru izvršen plan. U tu se svrhu stvarne veličine uspoređuju s planiranim a bilježe se bitne pojave tijekom izvršenja plana da bi se znalo i tko je utjecao na određene rezultate.

Postupak praćenja izvršenja plana naziva se operativnom evidencijom. Plan se može pratiti algebarski i grafički, i to:

- u naturalnim jedinicama (količinama)
- u vremenskim jedinicama
- u vrijednosnim jedinicama.

Analiza izvršenja operativnog plana proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja

Raznolikost ostvarenja operativnih i planskih opsega proizvodnje daje analitičaru dovoljno materijala za ispitivanje udjela aktivnih i pasivnih činitelja koji su utjecali na pojavu odstupanja od postavljenih planskih zadataka. U toj analizi rada, što se također pojavljuje kao jedan od bitnih ataka operativnog planiranja, treba utvrditi:

- izvršenje rokova isporuke gotovih proizvoda
- postignutu količinu rada
- ostvarenu djelotvornost u radu
- postignutu kakvoću proizvoda
- opterećenje kapaciteta i sl.

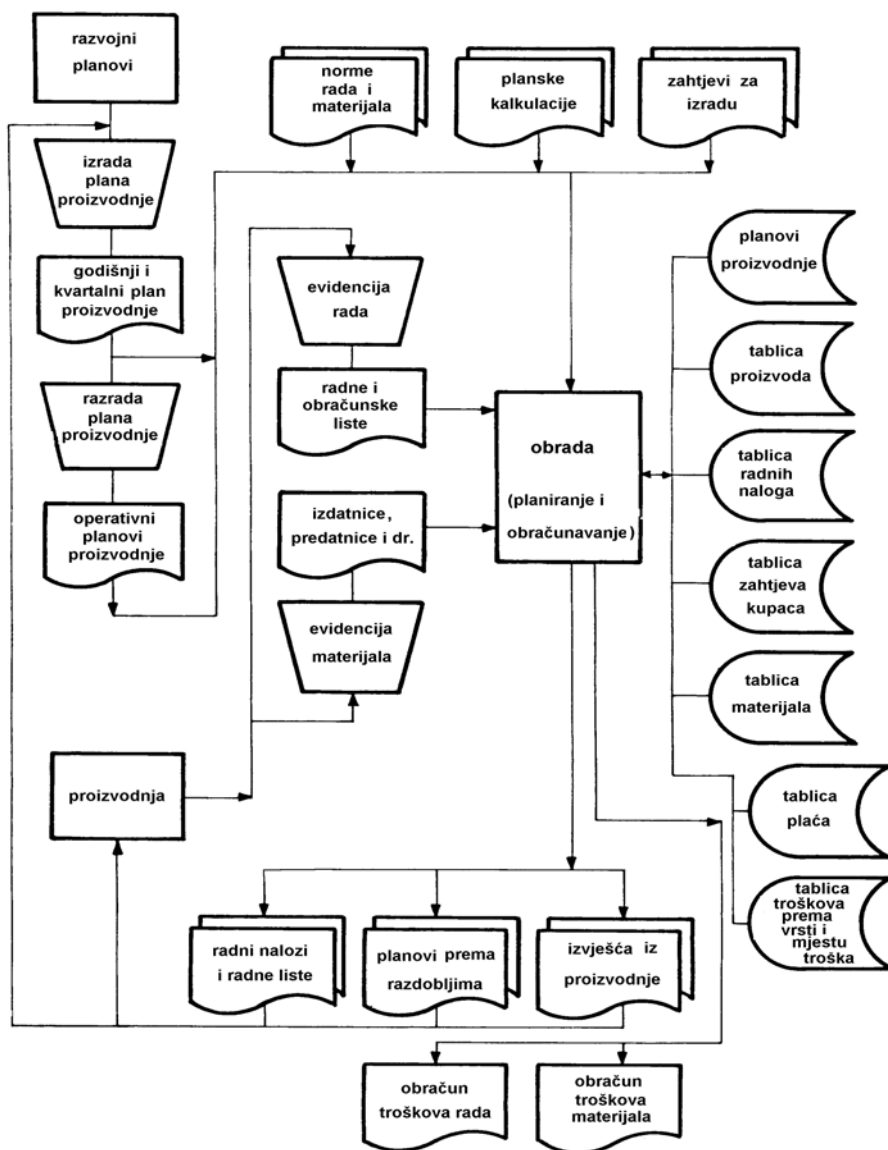
Svaki taj pokazatelj, koji rezultira iz analize onoga što je postavljeno u obliku operativnog plana proizvodnje i izvršenja samog rada, omogućuje ocjenu i vrednovanje rada, određivanje mjesta i ranga obavljenih poslova u ukupnim postignutim rezultatima rada. Operativni plan sa svojim elementima i dokumentacijom jamči objektivnu prosudbu o izvršenju rada.

Operativni plan nije samo instrument kojim se pogonu ili odjelu dodjeljuje stvaran zadatak, već je on istodobno i sredstvo upravljanja izvršenjem tog zadatka.

#### Obračun proizvodnje

Na osnovi navedenih evidencija i analiza moguće je napraviti obračun proizvodnje, koji obuhvaća sve elemente učinkovitosti poslovanja tijekom jednoga obračunskog razdoblja. Na osnovi slike 148. mogu se uočiti osnovni tijekovi obračuna proizvodnje.





Slika 148. Tijek informacija pri planiranju i obračunu proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Figuriću, 23)

### 7.3.1.5. Softverski paket Micro-MAX MRP

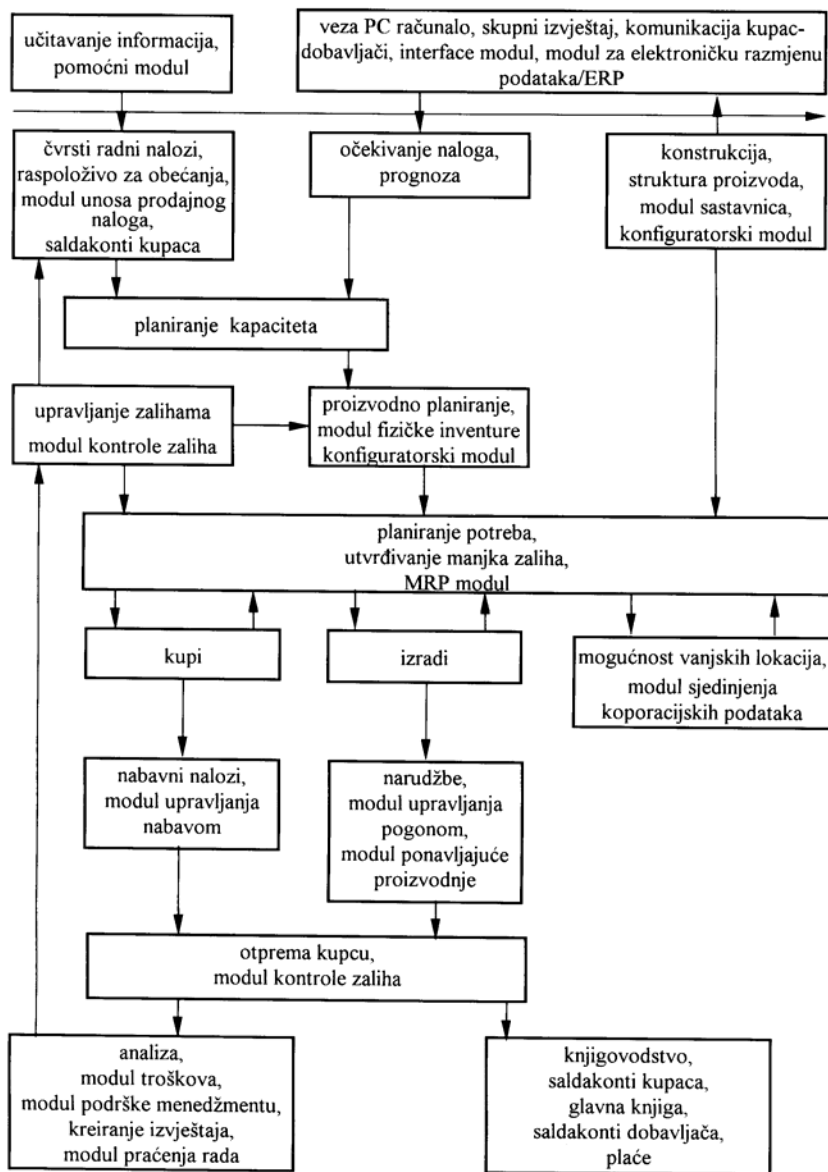
Danas su poslovi u pripremi proizvodnje podržani računalom i cjelovitim integralnim softverskim paketima. Takav paket umnogome olakšava i pojeftinjuje rad s dokumentima i obradu podataka. Jedan od takvih softverskih paketa je Micro-MAX MRP, čije je funkcioniranje prikazano na slici 149.

MRP II koncepcija omogućuje planiranje i upravljanje svakim nalogom (nabavnom i proizvodnom stavkom kao dijelom gotovog proizvoda). Znatne se koristi mogu postići na sva tri područja na kojima se menadžment bori za boljitak svoje tvrtke i za smanjenje troškova proizvodnje: 1. bolje iskorištenje proizvodnih resursa materijala i kapaciteta, 2. povećanje učinkovitosti rada i 3. bolje zadovoljavanje potreba kupaca. Micro-MAX MRP jedan je od MRP II orijentiranih softverskih paketa koji su nastali u SAD-u. i najrasprostranjeniji je paket. Riječ je o paketu modularnog tipa izrađenome za PC IBM kompatibilna računala, a radi pod WINDOW NT i NOVELL NETWare mrežnim softverom. U potpunosti slijedi koncepciju MRP II, kako po tijekovima kojima se kreću informacije, tako i prema funkcijama koje se obnavljaju u pojedinim modulima.

Bazni softverski paket Micro-MAX MRP sadrži ove module:

- upravljanje sastavnicama
- upravljanje pogonom - određivanje tijeka tehnološkog procesa
- upravljanje nabavom
- glavni plan proizvodnje
- planiranje potreba materijala
- upravljanje skladištima
- upravljanje prodajom
- potpora odlučivanju i upravljanju proizvodnjom i poslovanjem (oblikovanje svih vrsta izvještaja materijalnoga i financijskog poslovanja).

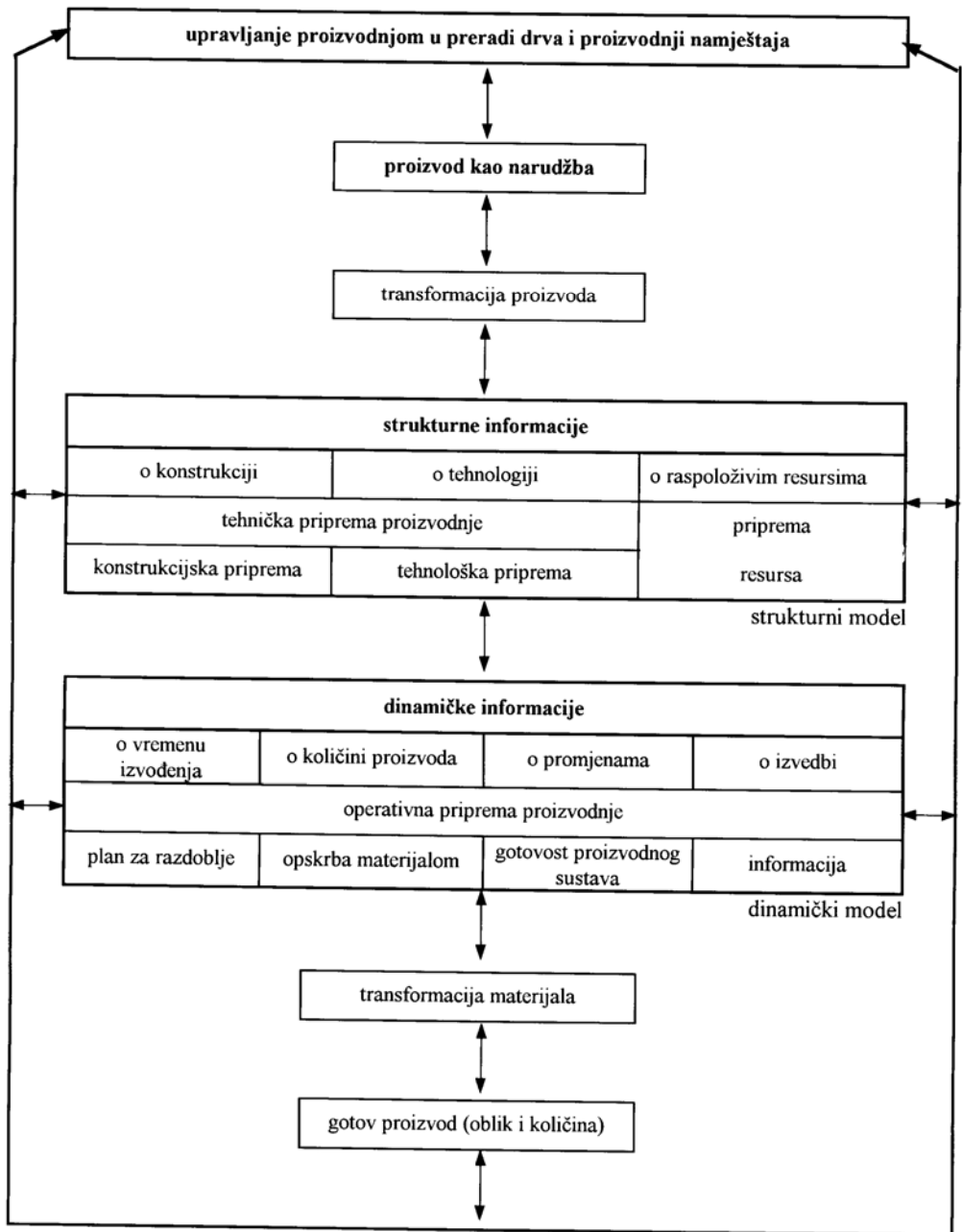
Program je koncipiran za mrežu računala.



Slika 149. Funkcionalna shema softverskog paketa Micro-MAX MRP (uz dopuštenje MILNATRADE, Split)

### **7.3.1.6. Dinamiziranje modela upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja**

Na slici 150. dan je objedinjeni strukturni (statički) i dinamički model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja. Ta su dva modela povezana u cjelinu aktivnostima i djelovanjima u fazi pripreme i izvođenja proizvodnje neovisno o načinu pripreme informacija (ručno, posebnim strojevima za umnožavanje dokumentacije, računalom). Iz opisanog sustava upravljanja proizvodnjom vidi se da sve pripremljene strukturne podatke o proizvodu i dinamičke informacije iz pripreme proizvodnje predajemo u operativnu pripremu proizvodnje. Ona upućuje poslove u proizvodnju i upravljanje proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja.



Slika 150. Objedinjeni strukturni i dinamički model upravljanja proizvodnjom u preradi drva i proizvodnji namještaja (prema Kovaču, 54)



## **8. RAČUNALNA POTPORA POSLOVIMA PRIPREME PROIZVODNJE U PRERADI DRVA I PROIZVODNJI NAMJEŠTAJA**

U suvremenom svjetskom gospodarenju računala su automatizirala velik dio aktivnosti radi brzog razvoja novih, kvalitetnih i konkurentnih proizvoda od drva. U preradi drva i proizvodnji namještaja više nije problem računalna potpora pojedinih poslova (projektiranje konstrukcija proizvoda od drva, tehnološko planiranje, programiranje CNC strojeva i robota, upravljanje proizvodnjom i dr.) već kako te “otoke automatizacije” međusobno povezati u skladan, cjelovit sustav automatiziran pomoću računalnih sustava. Ti su sustavi nazvani CIM (Computer Integrated Manufacturing - cjeloviti sustav proizvodnje).

CIM nije proizvod koji je moguće kupiti i instalirati. CIM je način razmišljanja i rješavanja problema. Naglasak je na razumijevanju načina na koji treba projektirati djelotvornu proizvodnju u tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja.

CIM kao višeslojni model prikazuje i opisuje proizvodni sustav u odnosima njegova fizičkog, funkcionalnog i organizacijskog okruženja.

Pet slojeva modela CIM obuhvaća proširivanje navedenog motrišta sustava. Model odvaja rad i podržavanje proizvodnih funkcija te pobliže objašnjava detaljnu strukturu projektiranog sustava.

Višeslojni se model unutrašnjeg sustava proizvodnje pokazuje kao peteroslojni fizički, funkcionalni i organizacijski sustav s budućnošću da bude korišten.

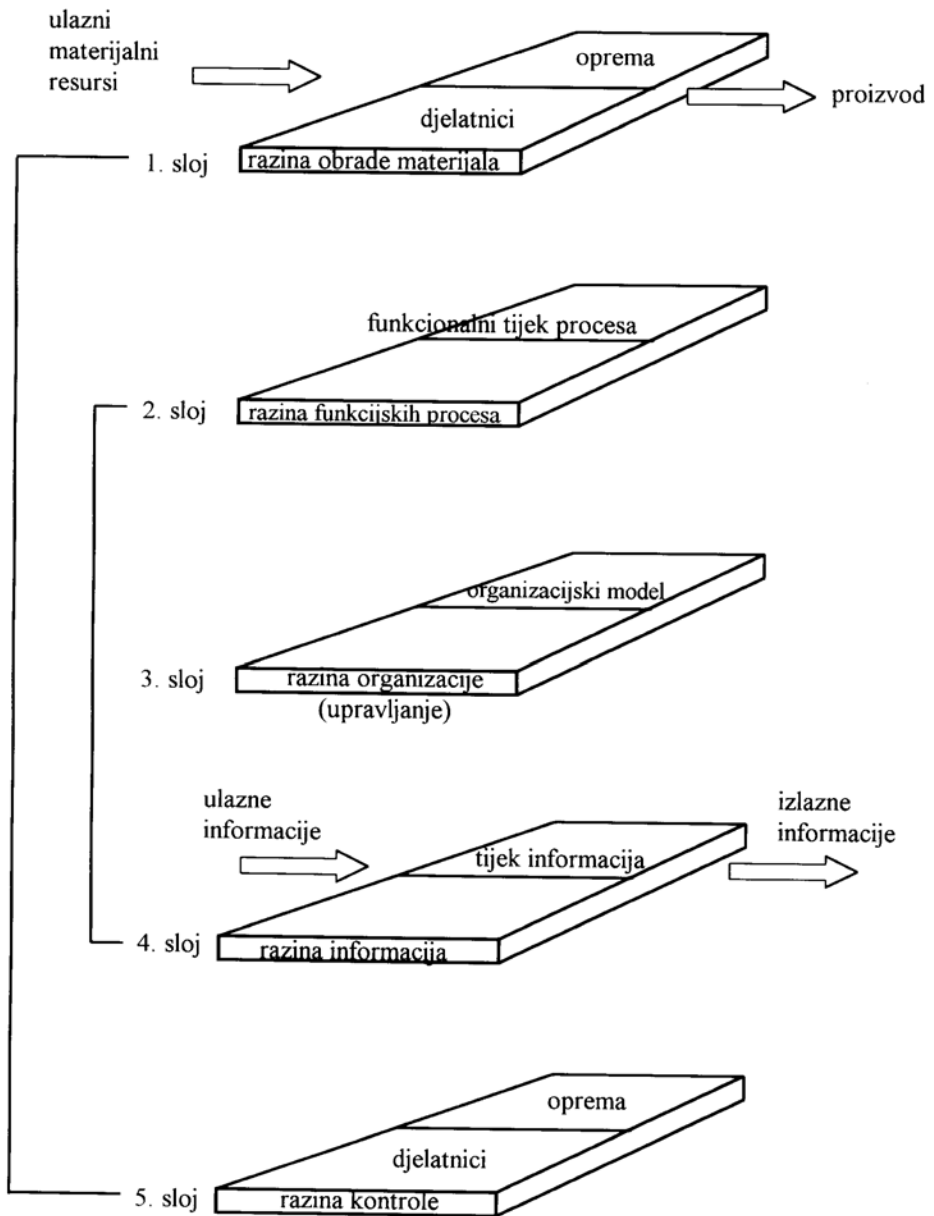
Integracija proizvodnje, cjelovitog sustava proizvodnje (CIM) u tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja obuhvaća sve razine na kojima se hijerarhijski i usklađeno, cjelovito i svrsishodno rješava problematika upravljanja proizvodnjom (sl. 151) (10,66).

Upravljanje tijekomima materijala najniža je razina na kojoj se na temelju ulaza (materijala, alata, instrumentarija, poluproizvoda) preko njihove preobrazbe uz pomoć raspoložive opreme i djelatnika definira izlaz (gotov proizvod, usluga, otpad).

Funkcijski procesi s bazom znanja i informacijskom osnovom za obavljanje svakog procesa čine višu razinu upravljanja.

Upravljački mehanizam s organizacijskom strukturom u kojoj se očituju međusobni odnosi djelatnika i organizacije (podjela poslova) čini slijedeću, nadređenu, razinu upravljanja u proizvodnji.

Informacijska razina, kao i same informacije, proizvod je tijekomova podataka, a funkcija joj je omogućiti poslove na svim nižim razinama upravljanja.



Slika 151. Višerazinski model upravljanja proizvodnjom (prema Beniću, Mitchellu, 10, 66)



Najvišu razinu cjelovite proizvodnje čine oprema i djelatnici - donositelji odluke, koji omogućuju upravljanje procesima. Ta razina pretpostavlja donositelja odluke koji, koristeći se prikladnim komunikacijskim sustavima i oblicima pohranjivanja i slanja podataka, razmjenjuje ideje sa softverskim sustavom za potporu odlučivanju, te simulacijom (računalnom provjerom) procjenjuje njihov učinak na modelu poslovnog sustava i tako uvjetuje usklađena djelovanja na svim podređenim razinama (10, 66).

Drugim riječima, materijalni resursi opskrbljuju 1. sloj - sloj materijalnog procesa. Oprema i djelatnici kreiraju izlazni proizvod.

Sloj 2 sloj je procesnih funkcija koje sadrže znanja. One opisuju funkciju izvršavanja projektiranog procesa.

Sloj 3 - organizacijsko upravljački sloj, opisuje funkciju djelatnika u organizaciji.

Sloj 4 - funkcijski sloj informacija, dobiva ulazne informacije i oblikuje informaciju kao izlaz.

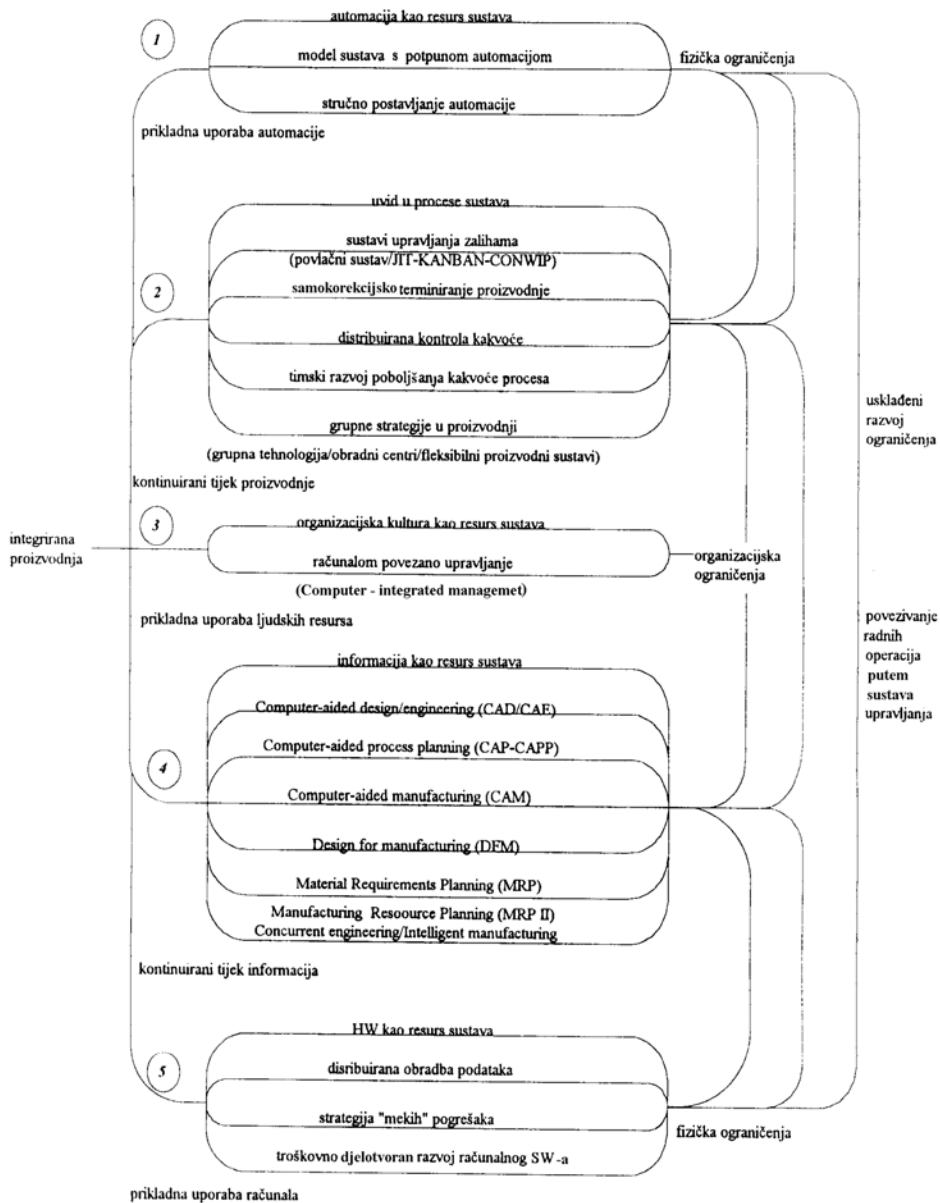
Sloj 5 - kontrolni sloj, sastoji se od zaposlenika i opreme zaduženih za kontrolu procesa.

Između tih pet slojeva uspostavljena je komunikacija i postoje jake međuveze.

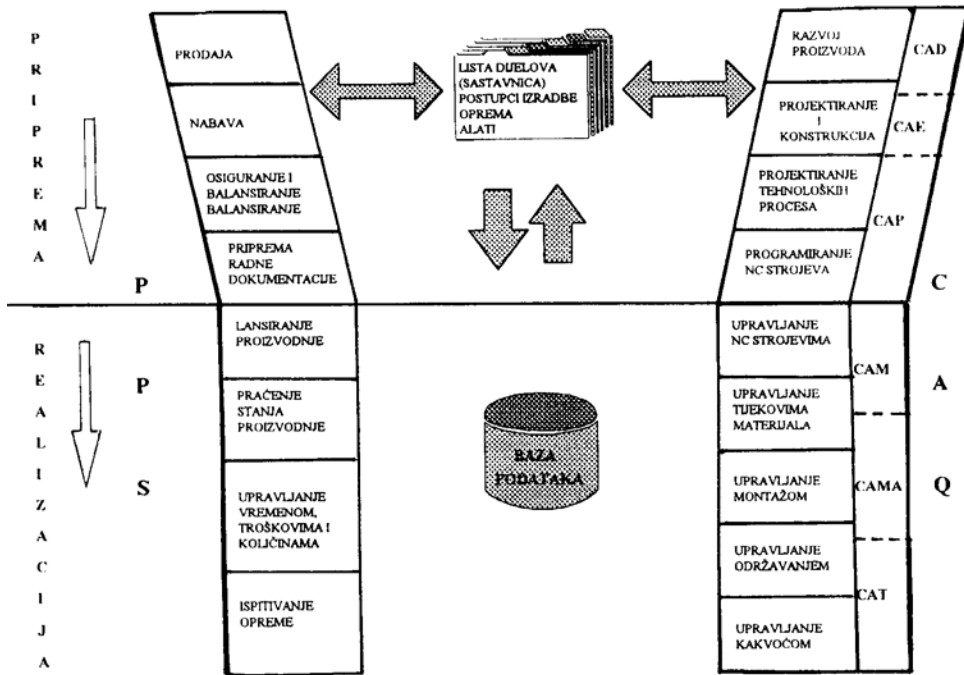
Projektiranje načela CIM-a povezuje se s više različitih slojeva višeslojnog modela. Ono je vezano za sve slojeve interakcijom putem modeliranja slojeva. Integriranje operacija postiže se sustavom razvoja informacijskih baza podataka i upravljanjem.

Hijerarhijske razine upravljanja proizvodnjom jedinstveni su i cjelovit okvir za definiranje ukupne proizvodnje (sl. 152) (10, 66). U tom se smislu unutar niza hijerarhijski ustrojenih razina rješavaju i povezuju sve djelatnosti u proizvodnji. Sama integracija čini organizacijsku koncepciju i ne samo nju čiji je naglasak na prilagodljivosti proizvodnih resursa. Bit takve filozofije u suvremenoj proizvodnji jest afirmiran pristup upravljaju kapacitetima koji trebaju podmiriti tržišne potrebe, uz najkraće odzivno vrijeme od izdavanja radnog naloga do isporuke gotovog proizvoda, pri čemu se, prosječno računajući, po jedinici proizvoda ulaže minimalan kapital. S toga se ukupna prilagodljivost sustava, osim u nizu tehničkih atributa, nužno očituje i u nizu atributa koji pripadaju logistici. Primjena tog načela duboko i značenjski zadire u organizaciju proizvodnje, a pritom se rabe i termini kao što je tržište, koji na prvi pogled i ne pripada proizvodnoj funkciji.

Koncepcija cjelovite proizvodnje povezuje dva motrišta istoga osnovnog problema: organizacijski (upravljanje proizvodnjom) i tehničko-tehnološki (upravljanje kakvoćom), što je definirano paradigmom na slici 153. Pri rješavanju obaju problema koristi se isti informacijski sustav i baza podataka.



Slika 152. Poslovi, procesi i aktivnosti integrirane proizvodnje u sklopu razine upravljanja (prema Beniću, Mitchellu, 10, 66)



Slika 153. Konceptija integracije proizvodnje

## 8.1. Konceptija razvoja računalne potpore poslovima pripreme proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja

Osnovni činitelji oblika tehnološke pripreme proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja jesu tip proizvodnje, primjena obradnih tehnologija, stupanj složenosti i raspoloživi obradni sustavi.

Oblik tehnološke pripreme u funkciji tipa proizvodnje potrebno je promatrati kroz razinu tehnološkog procesa, pri čemu se razina povećava s porastom količine proizvoda. U pojedinoj proizvodnji velik dio poslova tehnološke pripreme obavlja sam inženjer na radnome mjestu jer najčešće sam određuje tehnološki postupak i režime obrade.

Oblik tehnološke pripreme ovisi i o tipu tehnološkog procesa.

Tehnološka priprema može biti namijenjena klasičnim i računalno upravljanim obradnim sustavima. Uvođenje suvremenih proizvodnih procesa u preradi drva i proizvodnji namještaja zahtijeva sve veću primjenu računalne tehnologije u tehnološkoj pripremi proizvodnje (sl. 154, 155).

Osnovni cilj tehnološke pripreme jest projektiranje takvih tehnoloških procesa koji će uz minimalna ulaganja dati maksimalan rezultat. Takav je cilj mnogo lakše postaviti nego ostvariti s obzirom na to da konačni rezultat ovisi o nizu činitelja. Djelotvornost proizvodnog procesa najviše ovisi o sposobnosti tehnološke pripreme da osmisli najbolja tehničko-tehnološka rješenja za dani proizvodni program.

Tehnološka priprema proizvodnje u preradi drva i proizvodnji namještaja mora imati središnje mjesto u proizvodnom procesu jer služi kao filter kroz koji se filtrira sve ono što se odnosi na proizvodnju.

Različite razine struktura izgradnje tehnološke pripreme rezultat su različitih osnovnih oblika proizvodnih procesa.

Korisnici CIM sustava ističu da nitko izvana ne može razviti CIM sustav za određenu proizvodnju. Moguće je postaviti osnovnu koncepciju, primijeniti velik dio programske podrške i rješenja automatiziranja opreme, ali konačno definiranje, razvoj i uvođenje moraju obaviti stručnjaci proizvodnog sustava u koji se uvodi CIM.

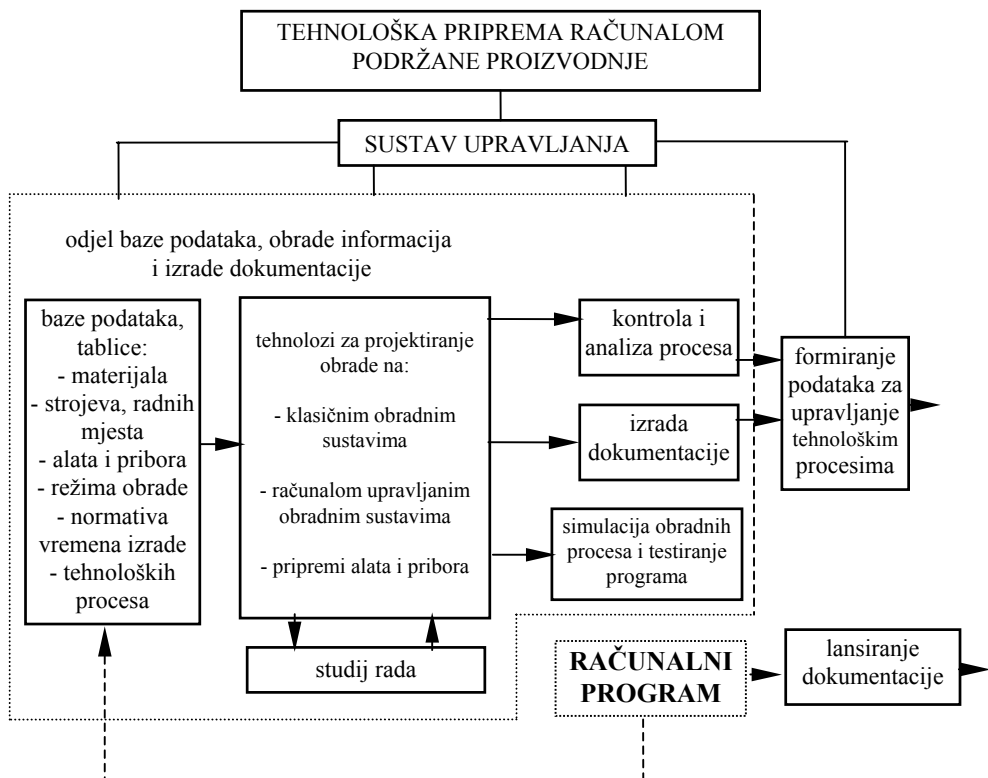
Računalni sustav integrirane proizvodnje sadrži tri skupine integriranih sustava:

1. sustave programske opreme s bazama podataka,
2. sustave racionalizacije (tehnološke, organizacijske, komunikacijske)
3. proizvodnu opremu (konvencionalnu, NC, CNC, obradne centre i FTS).

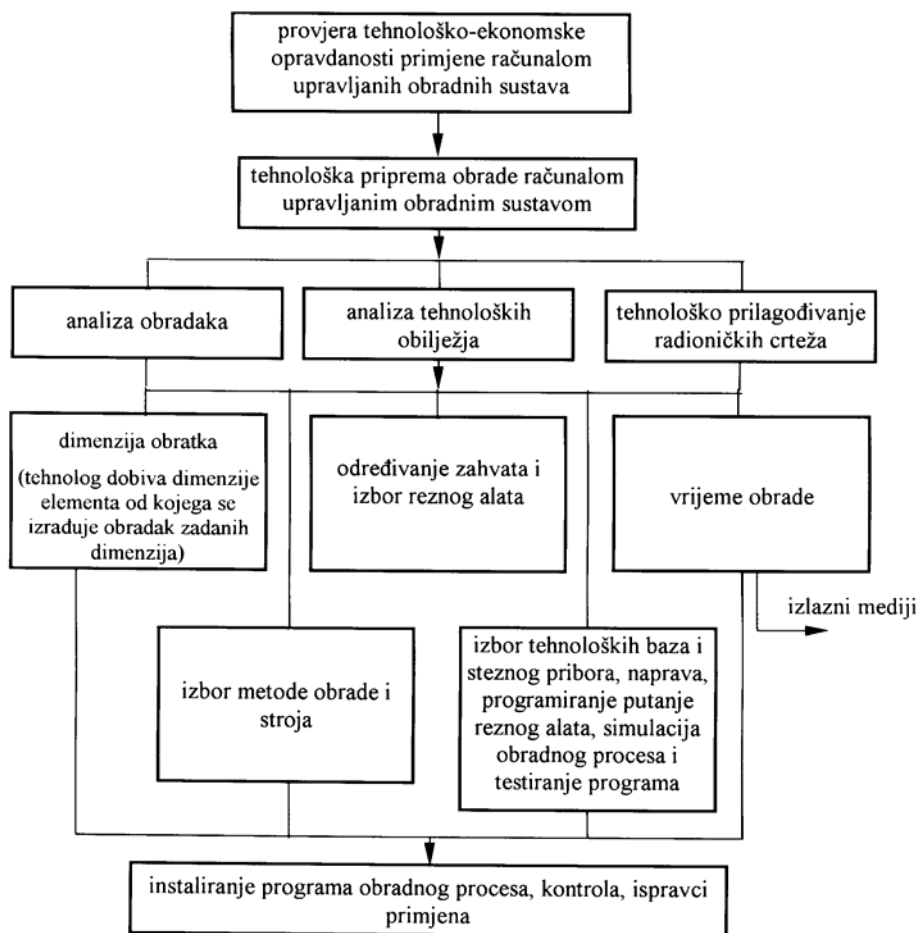
Definirano je šest sustava programske opreme:

1. računalom podržan sustav projektiranja i razvoja proizvoda,
2. računalom podržan sustav projektiranja i izrade tehnologije,
3. računalom podržan sustav planiranja pripreme, proizvodnje i resursa,
4. računalom podržan sustav osiguranja kakvoće,
5. računalom podržan sustav održavanja opreme,

6. računalom podržan poslovni sustav (58).



Slika 154. Struktura tehnološke pripreme računalom podržane proizvodnje (autorov rad)



Slika 155. Aktivnosti pri projektiranju tehnoloških procesa računalom upravljanim obradnim sustavom (autorov rad)

## **8.2. Računalom podržan sustav projektiranja i razvoja proizvoda**

U tom je sustavu potrebno razviti programsku opremu za projektiranje i razvoj proizvoda. Glavni zadaci u razvoju sustava jesu:

- zajednička baza podataka o proizvodu
- izbor, razvoj i normizacija univerzalne programske opreme
- izbor, razvoj i usvajanje programske opreme za projektiranje proizvoda
- računalna grafika
- programska oprema za inženjerske aktivnosti
- programska oprema za razvoj proizvoda (58).

### **8.2.1. Baza podataka o proizvodu**

Baza podataka o proizvodu sadrži podatke o proizvodima koji su se proizvodili ili se proizvode kao i o onima koji su u fazi razvoja. Baza podataka o proizvodima sadrži ove grupe podataka:

- podatke o partnerima (naručitelje, kooperante, dobavljače)
- obilježja materijala potrebna za razvoj i unapređenje proizvoda te za konstruiranje i proračun proizvoda i komponenata
- specifikaciju proizvoda po klasifikaciji proizvodnje (montažna jedinica, kooperacijski dio ili sklop i dio ili sklop koji se izrađuje, kupuje i sl.)
- sastavnicu proizvoda, koja obuhvaća strukturu i modularnu sastavnicu sa svim podacima o dijelovima i sklopovima te njihovim međusobnim vezama
- eksploatacijske rezultate, koji sadrže podatke o rezultatima proizvoda u eksploataciji, o pouzdanosti dijelova i sklopova, kao i ostale iskustvene podatke za razvoj novoga ili usavršavanje postojećeg proizvoda (58).

Baza podataka tvrtke izgrađuje se za karakteristične proizvode iz proizvodnog programa. Važnu ulogu u tome imaju gotovi softverski paketi što ih posjeduju mnoge tvrtke za preradu drva i proizvodnju namještaja.

### **8.2.2. Programska oprema za inženjerske poslove**

U tu se skupinu ubrajaju softverski paketi i programi razvijeni za svakidašnje proračune. To su inženjerski poslovi koji obuhvaćaju:

- pisanje teksta i crtanje grafikona
- programe matematike i statistike za inženjere
- programe statike, dinamike i kinematike
- pakete programa za strukturnu analizu (metoda konačnih elemenata i metoda konačnih definicija)

- proračune mehanike loma
- proračune udara i projektiranih dijelova.

### **8.2.3. Programska oprema za projektiranje drvnih proizvoda uz potporu računala**

U ovom dijelu definira se potrebna programska oprema za projektiranje i proračun drvnih proizvoda uz potporu računala.

Projektiranje proizvoda pomoću računala obuhvaća upotrebu računala u poslovima projektiranja, tj. pri: kreiranju i provedbi ideje o proizvodu, analizi i modifikaciji, optimizaciji proizvoda, izradi projektne dokumentacije i sl. Sustavi za projektiranje pomoću računala (CAD Computer Aided Design) zapravo su računalni sustavi koji automatiziraju pojedine faze procesa projektiranja, pomažu projektantima u pojedinim aktivnostima pri projektiranju proizvoda, pri čemu u skladnu cjelinu objedinjuju sve primjene računala u procesu projektiranja. Računalni sustav osigurava sinkroniziranu i automatiziranu provedbu procesa projektiranja ili većine njegovih osnovnih aktivnosti (geometrijsko modeliranje, analizu i predračun troškova, izradu tehničkih crteža i sl.). CAD sustav sadrži više programskih modula koji su međusobno izravno povezani ili imaju zajedničke baze podataka. Svaki programski modul do određenog stupnja automatizira tijek neke opće aktivnosti (tj. skupinu usko povezanih aktivnosti) procesa projektiranja, pri čemu je projektant-korisnik sustava na odgovarajući način i dalje suradnik u projektiranju (uz računalo i njegovu programsku opremu). Korisnik sustava najčešće je u interaktivnom odnosu s CAD sustavom, pomoću kojega unosi odgovarajuće podatke i informacije, donosi potrebne odluke, analizira dobivene rezultate. Stupanj i oblik projektantova udjela uvjetovan je prirodom određene aktivnosti procesa projektiranja.

Aktivnosti procesa projektiranja mogu se podijeliti na:

- kreativne, kada se oblikuje ideja o proizvodu
- iterativne, računalno intenzivne (proračuni)
- rutinske, s naglašenim radom izlaznih računalnih uređaja (izrada crteža, prijepisi, tiskanje različitih izvještaja).

Sustavi za projektiranje pomoću računala sastavljeni su od ovih komponenata:

- operativnog sustava, hardvera, a čini ga računalo s perifernim uređajima za unos i pohranu podataka, prikaz rezultata, prijenos podataka i sl.
- programske opreme, tj. softvera, koji upravlja radom strojne opreme s ciljem realizacije zadanih funkcija. Uslužni programi omogućuju lakši rad s bazom podataka, upravljanje radom grafičkih uređaja, rad s više "prozora" na ekranu radne stanice radi istodobnog nadzora više poslova



- aplikacijskog programa za projektiranje pomoću računala, s više programskih modula koji automatiziraju pojedine skupine aktivnosti u pojedinim fazama projektiranja.

Strojnu opremu danas najčešće čini računalna mreža koja sadrži:

- grafičke radne stanice na kojima se komunicira s računalnim sustavom
- računalo s bazom podataka i drugim perifernim uređajima koji su povezani s njima (pisači i crtači strojevi i sl.)
- periferni uređaji koji su izravno povezani i s računalnom mrežom tako da se mreže mogu koristiti njima (pisači i crtači strojevi, skeneri, kopirni strojevi i sl.).

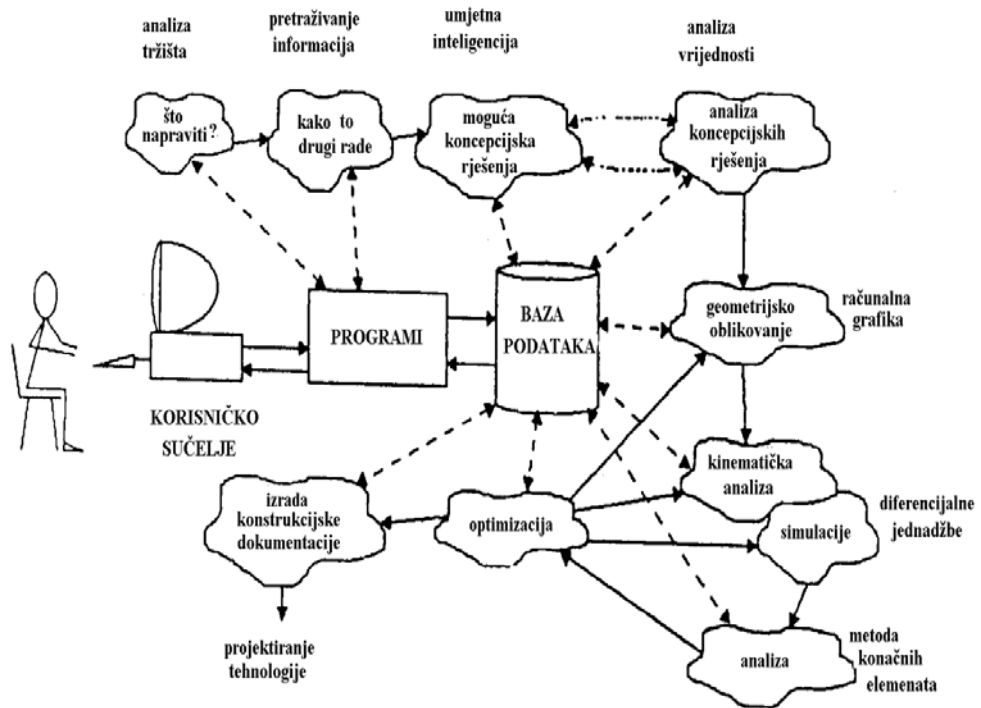
Računalna mreža može sadržavati računalo s jakim središnjim procesorom za računanje i rješavanje velikih sustava jednadžbi, što je karakteristično pri analizi i simulaciji ponašanja proizvoda pomoću odgovarajućega računalnog modela (proračuni metodom konačnih elemenata, simulacije dinamičkog ponašanja konstrukcija i sl.).

Računalna mreža koja se primjenjuje u procesu projektiranja može biti namijenjena samo aktivnostima projektiranja. Također se može koristiti i za druge aktivnosti u proizvodnom sustavu, npr. za projektiranje tehnoloških procesa, planiranje proizvodnje i sl. U prvom se slučaju namjenski ustrojena mreža najčešće povezuje sa lokalnim računalnim mrežama u proizvodnom sustavu koje omogućuju primjenu računala u drugim dijelovima proizvodnog procesa (u tehnološkoj pripremi, planiranju i upravljanju proizvodnjom, nabavi, knjigovodstvu i dr.).

#### **8.2.4. Faze procesa projektiranja uz potporu računala**

Proces projektiranja po svojoj je strukturi i funkcijama uvjetovan tipom proizvoda koji se izrađuje. Na slici 156. prikazane su najčešće aktivnosti koje se obavljaju u procesu projektiranja nekog proizvoda uz potporu računala. Na slici 157. vide se faze procesa projektiranja i računalne metode.

S razvojem metoda primjene umjetne inteligencije moguća je sve veća primjena računala i u početnim, kreativnim fazama razvoja proizvoda. Stoga se očekuje se da će ekspertni CAD sustavi, koji su još u razvoju, obuhvatiti sve navedene faze procesa projektiranja te će se odnos projektant - računalo još više promijeniti u korist računala. Ne treba očekivati potpuno isključenje čovjeka pri donošenju odluka u procesu projektiranja, ne samo zato što to praktično nije sasvim moguće, već nije ni potrebno. Računalo i u stvaralačkim aktivnostima



Slika 156. Aktivnosti u procesu projektiranja (prema Mečaninu, 62)

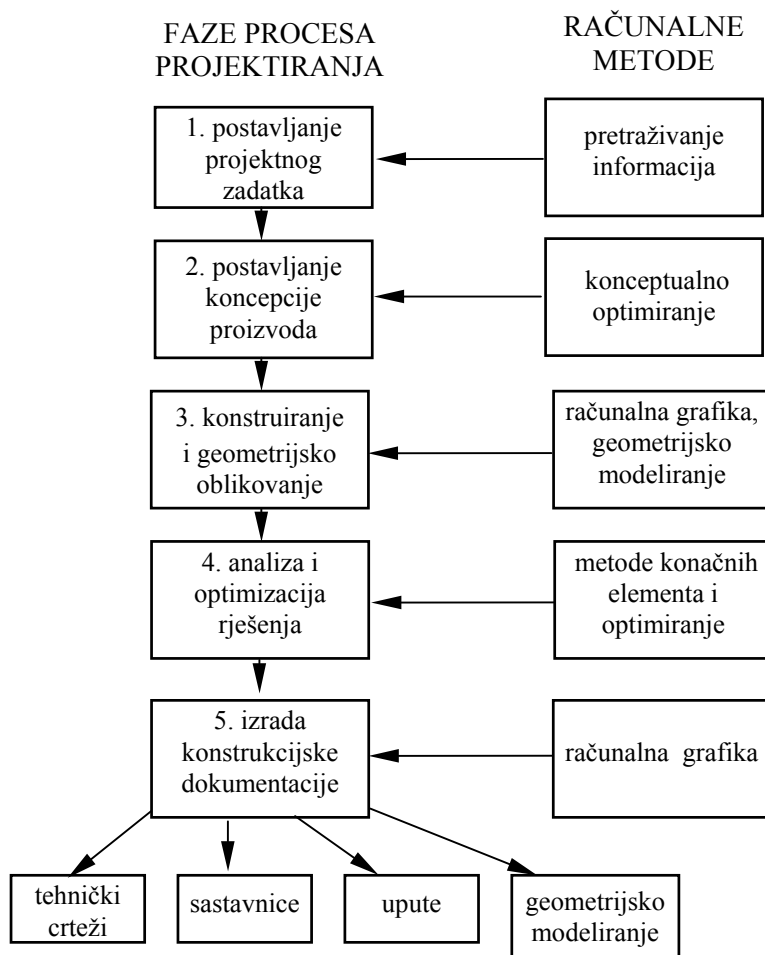
treba prije svega pružiti inteligentan savjet na osnovi provedene analize, pretraživanja baze znanja i sl., ali ipak projektant je onaj koji donosi konačne odluke.

Primjenom računalnoga interaktivnog konstruiranja, uz pretraživanje različitih baza podataka i prijašnjih konstrukcija pomoću računala ubrzava se faza konstruiranja podsklopova i dijelova proizvoda.

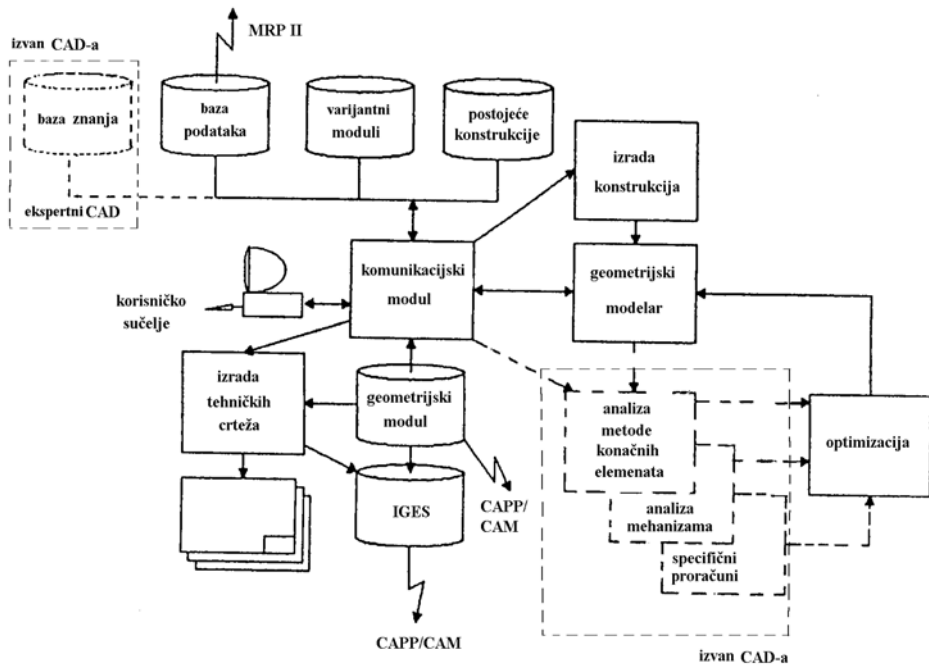
Ekspertni CAD sustavi obavljaju provjeru usklađenosti konstruktivnih rješenja s internim i eksternim normama i nadziru tehnološkiost konstrukcije.

Ako se analizira učinak primjene računala, tada se upotrebom računala u fazi konstruiranja i izrade konstrukcijske dokumentacije znatno skraćuje vrijeme konstruiranja, a njegovom primjenom u fazama proračuna i analize utječe se i na kvalitetu, troškove proizvodnje i pouzdanost proizvoda. Integralnom i sustavnom primjenom računala u procesu projektiranja ostvaruju se osnovni ciljevi primjene CAD sustava, a to su:

- skraćenje vremena razvoja i projektiranja proizvoda
- povećanje kvalitete proizvoda
- smanjenja troškova proizvodnje (sl. 158).



Slika 157. Faze procesa projektiranja i računalne metode (prema Mečaninu, 62)



Slika 158. Korištenje računala u procesu projektiranja (prema Mečanicu, 62)

### 8.2.5. Računalna grafika

Računalna grafika daje potporu za crtanje (2D-dvodimenzionalno) i konstruiranje (3D- trodimenzionalno) proizvoda i obuhvaća:

- programsku opremu za parametarsko konstruiranje i crtanje
- interaktivni paket 2D, 3D
- modul za programiranje NC strojeva
- modul za planiranje proizvodnje
- osnovnu grafičku programsku opremu (58).

### **8.3. Računalom podržan sustav projektiranja i izrade tehnologije**

Taj sustav čini programska potpora za projektiranje i za izradu tehnologije, za klasičnu proizvodnu opremu i za programiranje rada NC strojeva, obradnih centara i fleksibilnih tehnoloških sustava (FTS). Obavlja ove zadatke:

- izgrađuje tehnološke baze podataka
- izrađuje tehnološke postupke
- tiska tehnološku dokumentaciju
- izrađuje tehnologiju za NC strojeve
- projektira nove proizvodne procese
- upravlja nove proizvodne procese
- upravlja radom robota
- upravlja radom FTS-a
- sadrži ekspertne tehnološke sustave (58).

#### **8.3.1. Tehnološka baza podataka**

Tehnološka baza podataka sadrži tehnološke podatke potrebne za proizvodni proces i tehnološke podatke o kapacitetima i alatima. To su podaci o:

- obradivosti materijala od kojih se proizvodi izrađuju
- sustavima obrade materijala u kombinacijama s alatima i uvjetima obrade
- tehnološkim operacijama za definirane i provjerene postupke izrade
- skicama tehnoloških operacija
- reznim, steznim alatima i priboru
- proizvodnim kapacitetima i njihovim tehnološkim mogućnostima
- pomoćnim i pripremno-završnim vremenima
- montaži
- kontroli kakvoće (58).

#### **8.3.2. Računalom podržano projektiranje tehnoloških postupaka**

U procesu konstruiranja od geometrijskih se elemenata slažu dijelovi, tj. obavlja se “geometrijsko modeliranje” proizvoda pomoću CAD sustava. Geometrijskim se modeliranjem na pogodan način u memoriju računala unose podaci o geometrijskim obilježjima dijelova. Kao izlaz iz CAD sustava dobivaju se crteži dijelova na ekranu ili crtaču, ali usporedno s tim dobiva se i baza podataka o njihovim geometrijskim i tehnološkim svojstvima.

Dobiveni je crtež polazište za projektiranje tehnoloških procesa. Tehnolog polazi od crteža dijela i najprije ga geometrijski, funkcionalno i tehnološki prepoznaje. Na osnovi toga, a zahvaljujući iskustvu, znanju o obradama, svojstvima strojeva, alata i dr., definira logiku tehnoloških operacija, određuje operacijske liste, obavlja izbor potrebnih strojeva, alata, određuje odgovarajuće uvjete obrade i dr. On usklađuje konstruktivne zahtjeve dijelova s proizvodno-tehnološkim mogućnostima proizvodnog pogona.

Na osnovi pripadajućih geometrijskih i tehnoloških obilježja prepoznavaju se dijelovi i time se izgrađuje logika tehnoloških procesa te računaju i odabiru svi potrebni elementi za kompletiranje tehnološkog postupka.

Sustavi razvijeni za projektiranje tehnoloških procesa uz potporu računala, po pravilu polaze od geometrijskog modeliranja u fazi projektiranja proizvoda, što kasnije služi kao osnova za tehnološko modeliranje procesa izrade zadanog dijela.

U novijim sustavima sve se više teži tome da se proces projektiranja proizvoda (CAD) približi procesu projektiranja za proizvodnju (CAM - Computer Aided Manufacturing).

Na taj se način, povezivanjem CAD/CAM sustava u cjelinu povećava stupanj automatiziranosti cijelog sustava, znatno se smanjuje, pa i potpuno isključuje dvostruko unošenje potrebnih ulaznih podataka i informacija o dijelovima (integriranost sustava) i izbjegava se korisnikov subjektivni utjecaj na proces projektiranja tehnoloških postupaka.

Računalom podržano projektiranje tehnoloških postupaka primjenom CAPP (Computer Aided Process Planing) jedan je od najdjelotvornijih načina povezivanja CAD/CAM sustava.

CAPP zapravo ima ključnu ulogu u integraciji CAD/CAM sustava u CIM koncepciji organizacije proizvodnih sustava te povezuje proces konstruiranja izrade proizvoda, i s kontrolom i upravljanjem proizvodnjom u CIM koncepciji proizvodnih sustava. Ta je integracija prikazana je na slici 159.

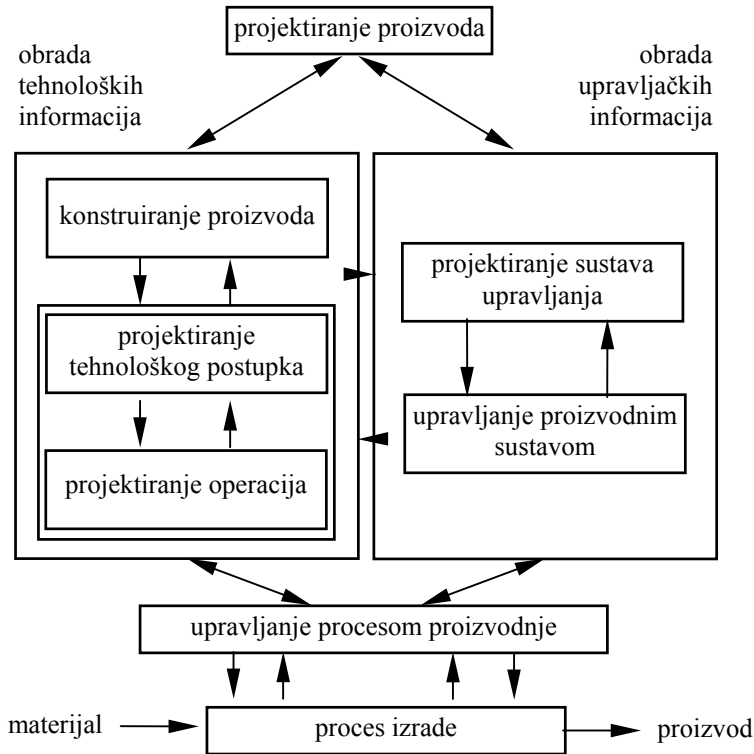
Projektiranje tehnoloških procesa u užem smislu obuhvaća prepoznavanje dijelova, određivanje vrste i redoslijeda potrebnih obrada, izbor nužnih strojeva, kao i određivanje procesa kontrole i unutarnjeg transporta.

Osim tih zadataka, projektiranje tehnoloških postupaka obuhvaća određivanje elemenata potrebnih za svaku operaciju tehnološkog postupka kao što su: određivanje steznih alata, određivanje potrebnih zahvata (elementarnih operacija), odabir alata, izbor režima rada, određivanje putanje alata u procesu obrade kao i druge nužne elemente za obavljanje pojedinih operacija.

Na slici 160. prikazana je podjela projektiranja tehnoloških postupaka na projektiranje procesa i projektiranje operacija.

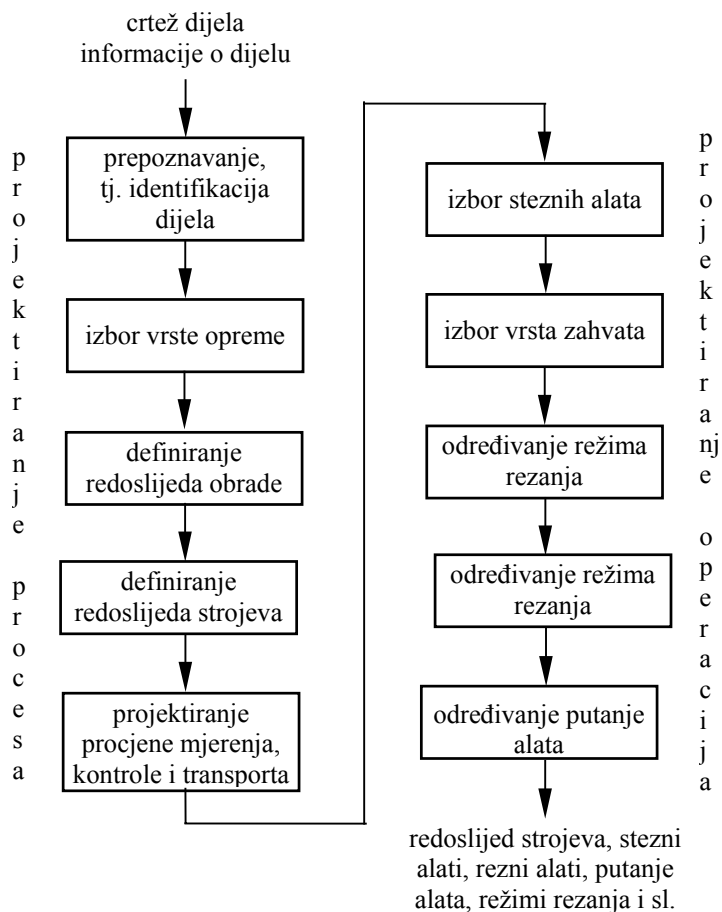
Suvremenim CAPP sustavima utjecaj tehnologa u procesu projektiranja nastoji se svesti na minimum, tj. da on bude isključen iz odlučivanja. Zbog toga je nužno da u sustav budu ugrađeni podaci o tehnološkim mogućnostima samog proizvodnog sustava i znanje, odnosno logika za odlučivanje prema kojoj se

određuju potrebne operacije i zahvati te njihovi elementi. To znači da se sustav sastoji od baze podataka o pojedinim elementima i od logike za odlučivanje koja će upravljati bazom podataka.



Slika 159. Projektiranje tehnoloških procesa u CIM koncepciji (prema Mečaninu, 62)

Projektiranje tehnoloških postupaka, a samim time i CAPP, može se shvatiti kao most između projektiranja i procesa proizvodnje. To je shematski prikazano na slici 161. Informacije o konstrukcijama prenesu se (prevedu) na jezik proizvodnje putem aktivnosti projektiranja procesa. Taj most spaja CAD i CAM sustave u cjelinu.



Slika 160. Elementi procesa projektiranja tehnoloških postupaka  
(prema Mečaninu, 62)

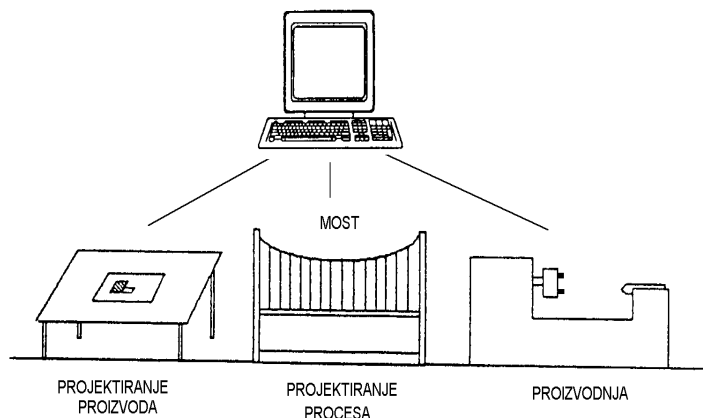
### 8.3.3. Tiskanje tehnološke dokumentacije

Pri tiskanju te dokumentacije potrebno je ispuniti nekoliko zahtjeva:

- tiskanje tehnološke dokumentacije treba povezati s planom izrade dijelova i sklopova te ih vremenski uskladiti
- sinkronizirati izradu tehnoloških skica i tiskanje teksta
- riješiti problem specijalnih znakova na tehnološkoj dokumentaciji (tolerancije, oznake kakvoće)



- normirati i formatizirati dokumentaciju tako da osigura što jednostavniji i unificirani unos podataka s tehnološke dokumentacije (58).



Slika 161. Veza između projektiranja i procesa proizvodnje (autorov rad)

### 8.3.4. Izrada tehničkih crteža pomoću računala

Automatizacija poslova izrade crteža CADD (Computer Aided Design Drafting) ima značajnu djelotvornost na proizvodnost tehnološke (konstrukcijske) pripreme u procesu projektiranja proizvodnje, jer je poznato da izrada crteža ima vodeće mjesto u aktivnostima koje su klasificirane prema vremenskom trajanju. Danas se velik broj sustava za konstruiranje i tehničko crtanje međusobno razlikuju. Njihov utjecaj na proizvodnost rada ovisi i o svojstvima, mogućnostima, vrstama proizvoda i tipu proizvodnje u konkretnim uvjetima primjene. Povećanje djelotvornosti izrade tehničkih crteža tih sustava u odnosu prema klasičnima (ručnima) iznosi:

- pri izradi potpuno novih crteža: 1,5 - 4 puta
- pri ispravicima postojećih crteža: 5 - 20 puta.

Ti se sustavi mogu potpuno samostalno koristiti. Oni danas čine dijelove CAD sustava te komuniciraju s drugim njegovim modulima (za geometrijsko modeliranje, pripremu NC i CNC strojeva i dr.) (58).

### **8.3.5. Izrada tehnologije za brojčano upravljane strojeve**

Tim zahvatom rješavaju se ovi zadaci:

- automatiziranje strojnog programiranja
- optimizacija tehnologije za NC strojeve
- izrada modula za automatski sustav upravljanja proizvodnjom i montažom.

### **8.3.6. Tehnološki procesi proizvodnje s brojčanim i računalnim upravljanjem**

Tehnološki procesi proizvodnje s računalnim upravljanjem tipični su po tome što se provode u uvjetima visoke i potpune automatizacije. U njima se pomoću računala upravlja dopremom materijala, putanjama alata u obradnim procesima, automatskom izmjenom alata i obradaka, funkcijama strojeva i uređaja, tijekovima informacija i otpremom obrađenih dijelova.

S obzirom na to da se sve funkcije u obradnim procesima odvijaju pod kontrolom računala, sve se aktivnosti vezane za tehnološki proces izvode izvan obradnih sustava ili strojeva u tehnološkoj pripremi.

To znači da se u fazi projektiranja tehnoloških procesa mora analizirati tehnička dokumentacija obradaka, definirati polazni oblik materijala, programirati obrada, sistematizirati i pripremiti alat, podesiti alat izvan stroja, simulirati proces obrade, izraditi odgovarajuća dokumentacija i sve to proslijediti proizvodnom odjeljenju.

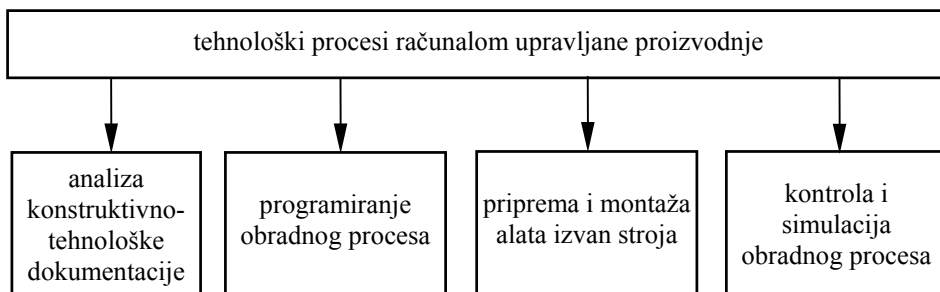
Obradni se procesi programiraju u tehnološkoj pripremi proizvodnje metodologijom programskog sustava i programskog jezika. Programiranje obradnih procesa kao jednu od najvažnijih faza izvode za to posebno osposobljeni djelatnici koji se nazivaju programeri. Programeri moraju dobro poznavati tehnologiju obrade za koju razvijaju programe.

Priprema alata obavlja se u odjelu tehnološke pripreme i obuhvaća sistematizaciju i klasifikaciju alata, određivanje geometrije reznih elemenata i slično. Nakon toga dokumentacija se prosljeđuje službi alata, u kojoj se obavlja priprema i dostava alata proizvodnim odjelima.

Simulacija obradnog procesa izvan strojeva provodi se u sklopu programiranja na pilot-sustavu i ekranskim jedinicama, pri čemu se simuliraju putanje kretanja alata u obradnom procesu.

Obrada se može simulirati na CNC strojevima u obliku izrade probnog komada na nekom lako obradivom i jeftinome materijalu. Aktivnosti pri projektiranju tehnoloških procesa prikazane su na slici 162.

Navedene su aktivnosti međusobno povezane i zajednički određuju proces programiranja obradnih procesa.



Slika 162. Osnovne aktivnosti pri projektiranju tehnoloških procesa (autorov rad)

To se odnosi na programiranje i simulaciju odabranih procesa, dok su priprema, montaža i podešavanje alata u djelokrugu službe alata, čije aktivnosti slijede nakon programiranja.

Potrebno je istaknuti da su tehnološki procesi upravljanja pomoću računala složeniji od klasičnih procesa i zahtijevaju vrlo obučene i izvježbane stručne djelatnike, određenu računalnu opremu, primjerene radne uvjete i motiviranost za rad.

To proizlazi iz činjenice da su ti procesi multidisciplinarni problem i da, s obzirom na načela upravljanja, ne trpe nikakvu improvizaciju. U suprotnome, neće se postići očekivani rezultati koji se objektivno mogu postići.

Obilježja tehnoloških procesa upravljanih računalom proizlaze iz svojstava obradnih sustava s računalnim upravljanjem. Postoji znatna razlika između klasičnih i računalno upravljanih obradnih sustava, i to glede načela upravljanja, razine automatizacije, elemenata koji ih generiraju, konstrukcijskih karakteristika i ekonomske djelotvornosti.

### 8.3.7. Osnove programiranja obradnih procesa

Programiranje obradnih procesa na numerički upravljanim alatnim strojevima obuhvaća mnoštvo zahvata u sistematizaciji obradnih informacija, njihovu ispisu određenim redoslijedom i kodom prema pravilima programskog jezika u obliku upravljačkog programa.

Postoje tri načina programiranja: 1. ručni, 2. polustrojni i 3. strojno - računalni.

Bez obzira koji se oblik programiranja odabere, numerički upravljani alatni stroj dobiva, putem podataka i na određeni način kodirane, sve potrebne informacije za automatsku obradu nekog elementa.

To su informacije o potrebnim pomacima (glavnim i pomoćnim), informacije za uključivanje i isključivanje izvršnih dijelova strojeva, početak i zaustavljanje programa, informacije za automatsku izmjenu alata i obradaka i dr.

Sve se potrebne informacije za upravljanje i realizaciju obradnog procesa programiraju, na određeni način sistematiziraju i u kodiranom obliku unose u memoriju upravljačkih sustava.

Upravljački sustav (upravljačka jedinica) obrađuje tako pripremljene informacije i prema stupnju prednosti priopćava ih izvršnim dijelovima stroja te se na taj način ostvaruje upravljanje procesom obrade.

U skladu s tijekovima informacija prema stupnju važnosti stvara se upravljački modul sustava, točnije, mikroračunalo za upravljanje tijekovima informacija.

S obzirom na to da obradni proces teče u realnom vremenu, pri čemu je brzina protoka informacija ograničena, informacije se u obliku programa pohranjuju u upravljačku jedinicu prije početka obradnog procesa.

Kodirane informacije u obliku programa mogu se unositi u upravljački sustav putem bušene papirne trake, magnetne trake, nekim drugim medijem ili izravno preko modula za komuniciranje.

Skup aktivnosti prikupljanja, sistematizacije, kodiranja, prenošenja informacija na odgovarajući prijenosnik (medij) i pohranjivanje u memoriju upravljačkog sustava nazivamo programiranjem.

Programiranje obradnih procesa na numerički i računalno upravljanim strojevima obavljaju za to osposobljeni djelatnici koji se nazivaju programeri. To su uglavnom inženjeri koji osim pravila programiranja poznaju tehnologiju izrade i karakteristike NC i CNC strojeva, osnove optimizacije obradnih procesa i sl.

Kao izvori informacija pri programiranju služe tehnički crteži obradaka, postupak operacijskih zahvata, skup tehnoloških informacija te informacije o CNC strojevima, alatima i parametrima obrade.

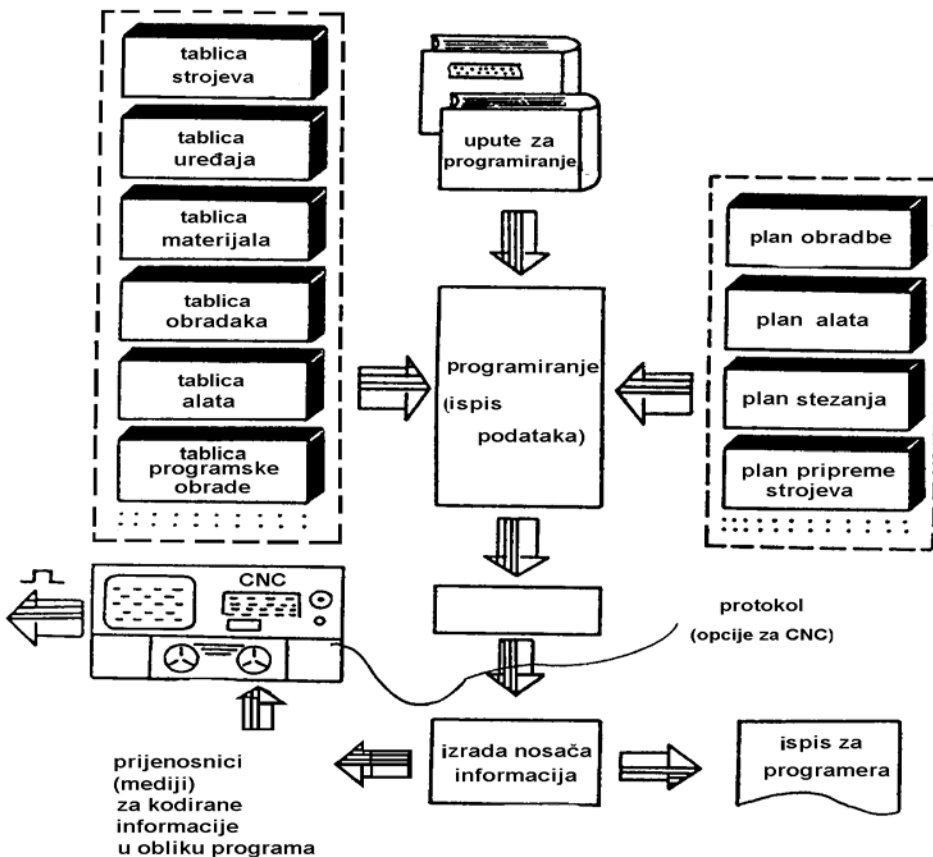
Crtežom predmeta koji se obrađuje definiran je njegov geometrijski oblik i dimenzije, uz zahtjeve kojima mora udovoljavati potpuno obrađeni dio, a služe kao geometrijske podloge pri programiranju.

Tehnološki ostvariv redosljed operacijskih zahvata prema postupcima obrade i alatima u obradnom procesu predočava se tehnološkim postupkom obrade. On je varijabilan i karakterističan za pojedine skupine obradaka (62).

Tehnološke informacije obuhvaćaju brzine rezanja za određene kombinacije materijala, alata i brzine kretanja, koje pri programiranju trebaju biti

optimalne. Kao osnova optimizacijskog procesa služe funkcije obradivosti materijala dobivene eksperimentalnim istraživanjima.

Za izradu programa potrebne su informacije o određenom tipu NC ili CNC stroja, alatima i uređajima. Te se informacije sistematiziraju u obliku baze podataka i na raspolaganju su programeru. U bazi podataka informacije su



Slika 163. Osnovna načela programiranja obradnih procesa na brojčano upravljanim strojevima (prema Mečaninu, 62)

pohranjene u obliku karata alata, strojeva i uređaja i njima se može rukovati ručno ili pomoću računala.

Opće načelo programiranja obradnih procesa na numerički upravljanim alatnim strojevima prikazano je na slici 163.

Uređene upravljačke informacije u obliku programa potrebno je prenijeti na prijenosnik informacija preko kojega će biti pohranjene u memorijski modul upravljačkog sustava.

### **8.3.8. Projektiranje novih tehnoloških linija**

U tom se dijelu rješava programska podrška za ove zadatke:

- proračun opreme, uređaja i prostora
- crtanje rasporeda (layout)
- izradu tehnološkog i investicijskog elaborata
- optimizaciju tijekova materijala i informacija (58).

### **8.3.9. Upravljanje radom robota**

U tom se dijelu istražuju organizacijski uvjeti za rad robota, optimizacija putanje robota te analiza programskih jezika za rad robota u sklopu upravljanja zajedničkim računalom i kao dijela prilagodljivoga tehnološkog sustava (58).

### **8.3.10. Upravljanje prilagodljivim tehnološkim sustavom**

U tom se dijelu razvija programska oprema za rad prilagodljivih tehnoloških sustava. Izgradnjom edukacijskoga prilagodljivog tehnološkog sustava istražuju se organizacijski i upravljački uvjeti za primjenu tih sustava u proizvodnim uvjetima (58).

Primjer programiranja brojčano upravljano stroja u stvarnim uvjetima proizvodnje namještaja

Svi nacrti elemenata drvnih proizvoda nacrtaju se u mjerilu 1:1. Prikazani primjer (N5218=C233B) stranice naslonjača nacrtni je u mjerilu 1:1 u obliku sheme krojenja i bušenja unutar ploče iverice iz koje će se izrezivanje obaviti na brojčano upravljanim strojem. Dimenzija ploče iverice u navedenom je primjeru 940×580×18 mm.

Nakon toga slijedi postupak određivanja koordinata za karakteristične točke oblika koje se žele dobiti nakon završetka rada stroja. Taj se postupak obavlja potprogramom AUTOCAD-a/ROVERCAD/CAM SYSTEM – BIESE) za očitovanje i ispisivanje koordinata navedenih i prikazanih točaka. Faze tog rada su:

1. definiranje ishodišta (položaj ishodišta) koordinatnog sustava na shemi kroja,

2. pokazivanje točaka za koje se u AUTOCAD-u žele odčitati i ispisati koordinate.

Na osnovi tako izrađene sheme rada slijedi programiranje stroja za:

- izrezivanje glodanjem
- bušenje otvora.

Izrezivanje i bušenje obavlja se na računalu brojčano upravljanoj stroja ili u pripremi proizvodnje, te se medijem prenesu na stroj. Prije tog u memoriju stroja potrebno je upisati podatke o alatima koji će se upotrebljavati za obavljanje željenih operacija. Podaci (duljina, promjer i tip) i tipovi alata upisuju se ovako:

- svrdla: u TOOL TABLE (tablicu podataka o svrdlima)
- glodala: u CUTTER TOOL TABLE (tablicu podataka o glodalima).

Programiranje stroja za bušenje sastoji se od ovih faza:

1. upis "imena" programa npr. C233B,
2. upisa dimenzija ploče (obratka), npr. 940×580×18 mm,
3. odabira smjera bušenja (vodoravni i okomiti),
4. upisa svih koordinata rupa s pripadajućim promjerima iz nacrtu izrađenoga u AUTOCAD-u. Nakon toga pokreće se stroj radi optimizacije redoslijeda bušenja.

Programiranje stroja za glodanje izrezivanje:

1. upisati "ime" programa npr. C233B
2. upisati dimenzije ploče (obratka), npr. 940×580×18 mm,
3. upisati koordinate karakterističnih točaka i parametara putanje alata između tih točaka (navesti kreću li se po pravcu ili krivulji prvog odnosno drugog reda),
4. nakon upisa svih podataka naznačenih u crtežu, podatke treba pohraniti.

Prelaskom na radnu površinu stroja na računalu pokrenemo odabrani program krojenja i bušenja te stroj obavi zadane radne zahvate.

Primjer (sl. 164) preuzet je uz dopuštenje tvrtke FINVEST CORP. d.d., Čabar.

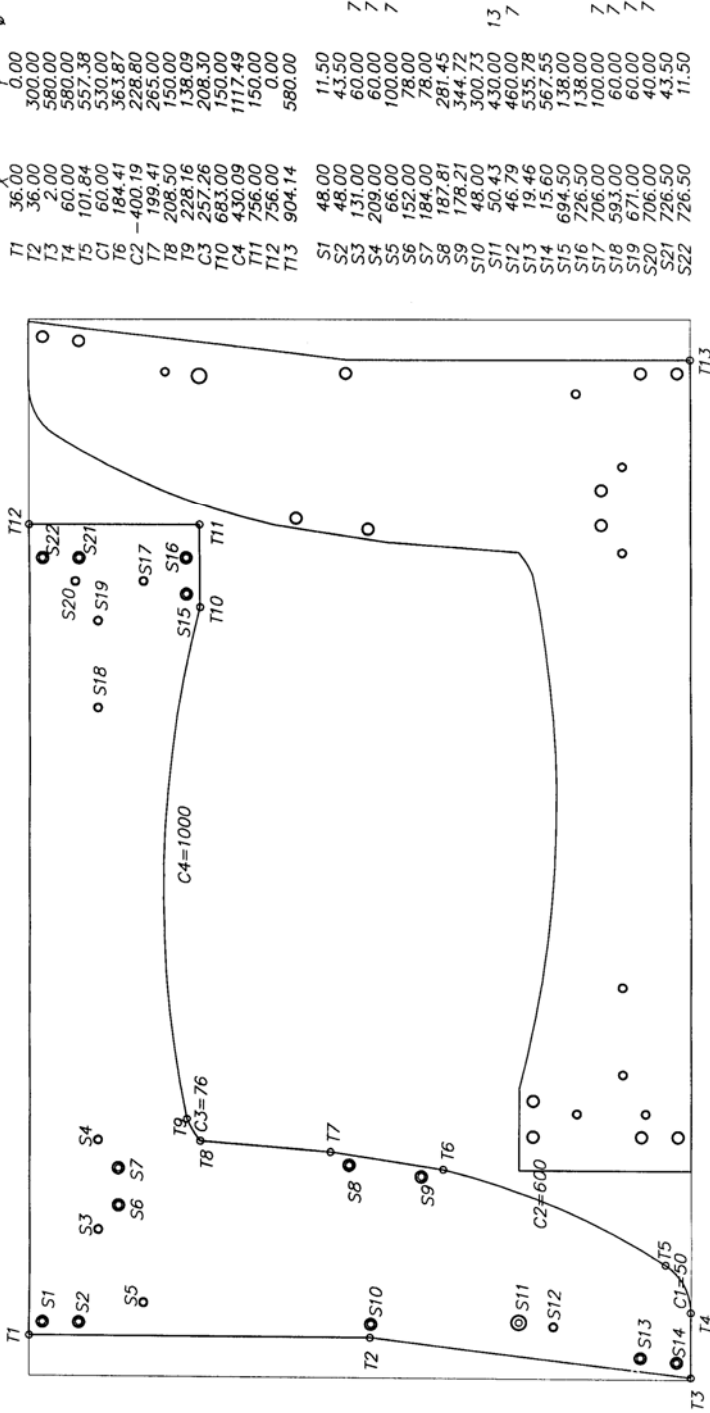
Primjer (sl. 165, 166, 167) preuzet je uz dopuštenje tvrtke ELGRAD-Usluge, Zagreb. Primjer je računalna optimizacija krojenja ploča s ispisom krojnih shema.

### 8.3.11. Ekspertni tehnološki sustavi

U ovom se dijelu na osnovi baza znanja i izabranog jezika za ekspertne sustave izgrađuje ekspertni sustav za tehnologiju. To bi bili ekspertni sustavi koji bi objedinjavali znanja tehnologa određenih tehnoloških disciplina, a zatim bi se skupila znanja iz više tehnologija za izgradnju tehnologije izrade obradaka i predmeta odnosno proizvoda (58).

N5218=C233B

Dimenzije ploče: 940x580x18 mm



Slika 164. Odčitane ishodišne točke (s dopuštanjem tvrtke FINVEST CORP. d.d. Čabar)



Program: 'Panel 3.20'

Autor:

Korisnik: ELGRAD

**STATISTIKA**

Trajanje optimizacije: 0 min. 12 s

Naziv firme:

Datum tiskanja: 22-12-1997.

**Zadani elementi:**

Zadano pozicija: 11

Ukupno komada: 19

Ukupna površina: 8.54 m<sup>2</sup>

**Dimenzije elemenata:**

Ele.Br.	du.(cm )	šir.(cm )	Kom	Opt.kom.
1	200 x	90	1	1
2	130 x	30	2	2
3	250 x	35.5	2	2
4	115 x	37	1	1
5	86.2 x	35	4	4
6	115 x	25	1	1
7	86.2 x	5	1	1
8	12.3 x	35	1	1
9	149.4 x	44.6	2	2
10	80 x	44.6	2	2
11	15 x	44.6	2	2

**Ploče:**

Dimenzija ploče: 2.79 x 2.06 m

Broj potrošenih ploča: 2

Ukupna Površina: 11.4948 m<sup>2</sup>

Prosječno iskorištenje: 75.55 %

Vrsta materijala: ST15H1950

God: Da

Debljina reza: 5 mm

**Iskorištenje Ploča:**

Ploča br.	Iskorištenje	Rez (m)	Kom.
1	88.88 %	22.059	1
2	62.22 %	13.564	1

Ukupna duljina reza, bez obrezivanja rubova ploče: 35.623 m

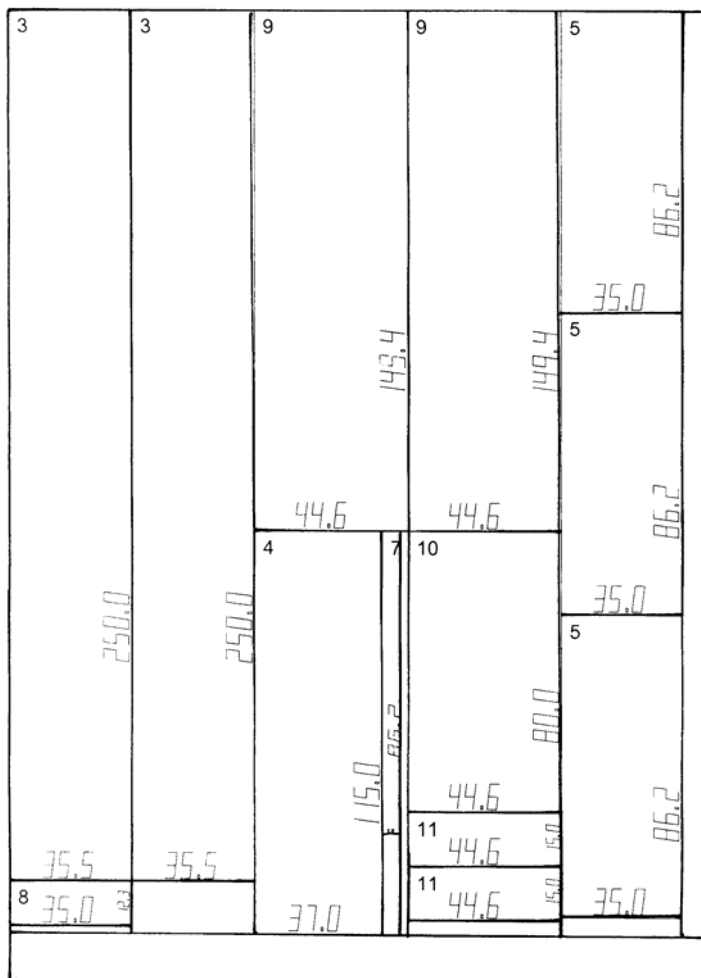
Obrezivanje rubova ploče, rez: 19.4 m

Izradio:

Pregledao/Odobrio:

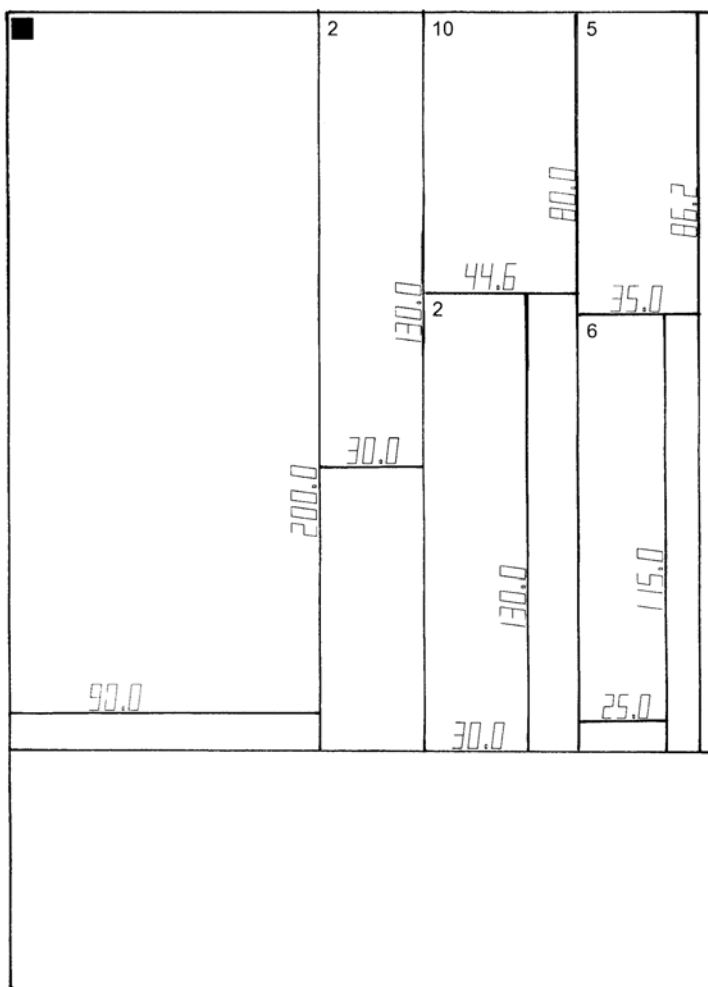
Slika 165. Ispis optimizacije krojenja panelnih ploča  
(uz dopuštenje tvrtke ELGRAD Usluge, Zagreb)

Program: Panel 3.20	Autor:
Korisnik: ELGRAD	Rez: 22.059 m
Naziv firme:	Iskorištenje ploče: 88.87789 %
Vrsta materijala: ST15H1950	Komada: 1
Dimenzija ploče: 279 x 206 cm	Elementa: 13 od 19
God: Da	Datum tiskanja: 22-12-1997.
Debljina reza: 5 mm	List 1 od 2



Slika 166. Ispis krojne liste (uz dopuštenje tvrtke ELGRAD Usluge, Zagreb)

Program: Panel 3.20	Autor:
Korisnik: ELGRAD	Rez: 13.564 m
Naziv firme:	Iskorištenje ploče: 62.2184 %
Vrsta materijala: ST15H1950	Komada: 1
Dimenzija ploče: 279 x 206 cm	Elementa: 6 od 19
God: Da	Datum tiskanja: 22-12-1997.
Debljina reza: 5 mm	List 2 od 2



Slika 167. Ispis krojne liste (uz dopuštenje tvrtke ELGRAD Usluge, Zagreb)

## **8.4. Računalom podržan sustav planiranja, pripreme proizvodnje i resursa**

Taj sustav razvija programsku opremu za planiranje i upravljanje proizvodnjom te za osiguranje povratnih informacija namijenjenih upravljanju. U sklopu sustava treba riješiti:

- bazu podataka o proizvodnim elementima
- proračun plana pripreme proizvodnje, proizvodnje, sastava i montaže prema raspoloživim kapacitetima i resursima
- modele optimizacije za izradu plana proizvodnje
- planiranje i osiguranje resursa
- praćenje stanja u proizvodnji (58).

### **8.4.1. Izgradnja baze podataka o proizvodnim resursima**

Baze podataka o proizvodnim resursima trebaju sadržavati podatke o stanju u proizvodnji (pripremi proizvodnje, proizvodnji i montaži) te o stanju proizvodnih resursa. Takva baza sadrži ove skupine podataka:

- podatke o raspoloživosti materijala za proizvodnju (naručenoga, onog na skladištu, primljenoga, uključenog u proizvodnju)
- podatke o alatu (stanje na skladištu, stanje upotrebljivosti, alata u fazi izrade)
- proizvodne sastavnice
- stanje u kooperaciji
- stupanj završenosti u proizvodnji, sastavu i montaži (58).

### **8.4.2. Metode optimiranja**

U tom se dijelu programiraju određene metode operacijskih istraživanja i umjetne inteligencije da bi se ugradile u sustav planiranja (58).

### **8.4.3. Planiranje resursa**

U tom je dijelu sustava potrebno riješiti planove:

- kooperacije
- materijala
- alata i naprava
- radne snage (58).

#### **8.4.4. Praćenje stanja proizvodnog sustava**

U tom dijelu treba riješiti organizaciju i programsku potporu za praćenje stanja u:

- pripremi proizvodnje
- osiguranju materijala
- spremnost u proizvodnji i montaži
- pripremi alata
- kooperaciji
- puštanju u pogon i ispitivanjima (58).

#### **8.5. Računalom podržan sustav osiguranja kakvoće**

Programska oprema za upravljanje kakvoćom rješava ove zadatke:

- izgradnju baze podataka o osiguranju kakvoće
- izradu postupaka i planova kontrole
- praćenje rezultata kontrole kakvoće
- pouzdanost proizvoda
- nove metode i modele za kontrolu kakvoće
- rješavanje automatizacije kontrole proizvodnje (58).

##### **8.5.1. Izgradnja baze podataka o kontroli kakvoće**

U tom se dijelu organizira baza podataka za potrebe funkcioniranja sustava osiguranja kakvoće. Baza podataka za osiguranje kakvoće sadrži ove skupine podataka:

- podatke o pouzdanosti proizvoda
- podatke o mjernim alatima i uređajima
- upute za kontrolu i kvalifikaciju tehnoloških postupaka
- podatke o atestiranju opreme i djelatnika
- upute, norme i propise kontrole kakvoće
- podatke o greškama, škartu i doradi u proizvodnji
- podatke o ispitivanju proizvoda (58).

### **8.5.2. Razrada postupaka i planova kontrole**

U ovom se dijelu obavlja:

- razrada postupaka kontrole
- razrada postupaka ispitivanja
- razrada postupaka baždarenja
- razrada planova kontrole (58).

### **8.5.3. Praćenje rezultata kontrole kakvoće**

U ovom se dijelu trebaju riješiti ovi zadaci:

- praćenje odstupanja
- statistika kontrole kakvoće
- praćenje troškova odstupanja od kakvoće
- modul veze s projektiranjem proizvoda
- tehnološka dokumentacija
- problemi materijala
- problematika transporta
- obveze djelatnika na strojevima (58).

### **8.5.4. Praćenje pouzdanosti proizvoda**

U ovom će se dijelu razviti i usvojiti model za praćenje pouzdanosti dijelova, sklopova i proizvoda radi povratne korekcije razvoja, unapređenja i konstruiranja proizvoda. Poseban dio čini razvoj ekspertnih sustava za praćenje pouzdanosti proizvoda (58).

### **8.5.5. Nove metode i modeli kontrole kakvoće**

U ovom se dijelu razvijaju i uvode suvremene metode i modeli organizacije osiguranja kakvoće, i to:

- kontrolom kakvoće
- automatizacijom kontrole
- novim uređajima za osiguranje kakvoće (58).

## **8.6. Računalom podržan sustav održavanja opreme**

U tom se modulu razvija programska oprema za održavanje proizvodne opreme. Zadaća modula je:

- izbor, vrednovanje i zamjena opreme
- unapređenje održavanja opreme
- osiguranje pričuvnih dijelova i komponenata (58).

### **8.6.1. Izbor, zamjena i vrednovanje opreme**

U tom se dijelu rješavaju zadaci:

- optimalne zamjene opreme
- modela vrednovanja izbora (58).

### **8.6.2. Unapređenje održavanja opreme**

U tom se dijelu razvija programska oprema i organizacija rada na unapređenju održavanja opreme. Obuhvaća:

- evidenciju i plan pregleda i popravaka opreme
- tehnologiju popravaka opreme
- praćenje troškova održavanja opreme (58).

### **8.6.3. Osiguranje pričuvnih dijelova i komponenata**

Za organizaciju održavanja treba osigurati pričuvne dijelove i komponente za zamjenu pri zastoju ili planskim popravcima. Obuhvaća ove zadatke:

- praćenje stanja i plan osiguranja pričuvnih dijelova i komponenata
- praćenje pouzdanosti dijelova i komponenata (58).

## **8.7. Izgradnja baza podataka**

Tablice sadrže ove skupine podatka:

- partnere (kupce i dobavljače)
- vrijednosti strojeva, alata, inventuru i zalihe materijala
- vrijednosti ugovorene proizvodnje
- stanje žiroračuna
- vrijednost nedovršene proizvodnje

- ostvarene učinke i norma sate
- iznose isplaćenih plaća
- kadrovske podatke o zaposlenima (58).

## **8.8. Financijsko-računovodstveni zadaci**

U tom se dijelu razvija interaktivni rad i rad s distribuiranim obradama, a čine ga ovi zadaci:

- sintetičko knjigovodstvo
- analitičko knjigovodstvo
- vrijednostno planiranje
- kontrola i nadzor
- kreditiranje proizvodnje (58).

## **8.9. Kadrovski i opći podaci**

Zadaci tog dijela u sklopu programske potpore za kadrovske i opće poslove radi kvalitetnijeg praćenja i obrazovanja djelatnika jesu:

- praćenje djelatnika i metode izbora
- provjera i stimuliranje znanja te organizacija permanentnog obrazovanja (58).

## **8.10. Dokumentacija računalom podržane proizvodnje**

Kakvoća i pouzdanost dokumentacije jedan je od važnih činitelja suvremene proizvodnje. Proizvodnja ne može započeti prije nego se pribavi sva potrebna dokumentacija.

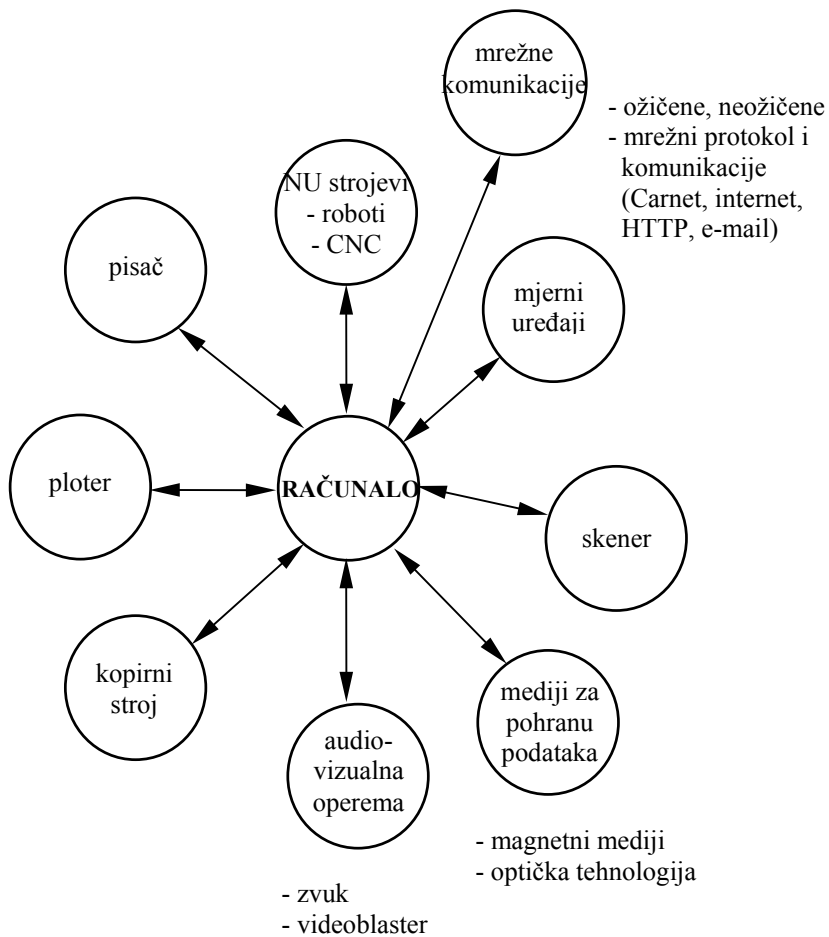
Pri prikupljanju dokumentacije potrebno se držati odgovarajućih normativa propisanih za danu organizaciju proizvodnje. Oblikovanje dokumenta treba biti racionalno, unificirano i točno.

Tehnološku dokumentaciju koja se primjenjuje u računalom podržanoj proizvodnji čine:

1. tehnološki slijed operacija,
2. instrukcijski list,
3. programski list, kada je riječ o tehnološkim procesima za numerički upravljane alatne strojeve,
4. mediji, kada se automatska proizvodnja obavlja pomoću numerički upravljanih alatnih strojeva,



5. skica tehnoloških baza i stezanja predmeta obrade,
6. specifikacija i plan prilagodbe alata,
7. specifikacija pomoćnog pribora,
8. lista materijala,
9. popratni kartoni,
10. radne liste,
11. specifikacija alata,
12. izdatnice,
13. predatnice.



Slika 168. Informatička i komunikacijska potpora automatizaciji poslova u pripremi proizvodnje (autorov rad)

## KAZALO POJMOVA\*

automatizacija 19  
ekspertni sustav 7  
element sustava 26  
entitet 80  
entropija sustava 103  
fleksibilni tehnološki sustav 19  
fuzzy logic 8  
heuristika 170  
holistika 166  
informatijski sustav 69  
inteligentni proizvodni sustav 11  
kapacitet 227  
kibernetika 97  
kibernetički sustav 101  
logistika 5  
model 52  
modeliranje 52  
modul 140  
neuralne mreže 5  
optimizacija 104  
planiranje 146  
potpora odlučivanju 7  
povratna veza 28  
proces 113  
proizvodni sustav 114  
radni nalog 187  
simulacija 54  
softverski paket 244  
sustav 25  
sustav dinamički model 56  
struktura sustava 27  
suvremena koncepcija 17  
tehnološki sustav 113  
teorija sustava 25  
teorija informacija 63  
teorija kaosa 3  
umjetna inteligencija 1

---

\* Uz pojmove su navedene stranice na kojima su oni temeljito objašnjeni.

upravljanje 98  
upravljački sustav 179  
virtualni svijet 3  
zaliha 215

## POJMOVNIK

**automatizacija** - primjena automata u proizvodnim i upravljačkim procesima (1); prevođenje procesa i postupaka na automatski način rada (2).

**AutoCAD** - softverski paket za projektiranje unutar užeg opsega.

**baza podataka** - skup memoriranih informacija strukturiranih tako da čine specijaliziranu logičnu cjelinu. Pristup svakome pojedinom podatku ne remeti raspored ni sadržaj baze podataka. To je relativno nov oblik organiziranja i fizičkog smještanja podataka.

**baza znanja** - baza podataka koja sadrži informacije o specifičnom subjektu.

**CAD-CAM** - industrijske aplikacije mreža koje obuhvaćaju upravljanje, projektiranje pomoću računala i proizvodnju vođenu računalom.

**CAD** - računalom podržano projektiranje.

**CADD** - projektiranje i crtanje u lokalnim mrežama podržano računalom.

**CAI** - učenje pomoću računala.

**CAM** - računalom podržana proizvodnja.

**cilj** - željeno stanje u procesu transformacije (1), ispunjenje kriterija (2).

**datoteka (tablica)** - skup podataka povezanih nekim zajedničkim svojstvom (načinom temeljnih pojmova ili sadržajem). Sastoji se od temeljnih pojmova i dodatka.

**ekspertni sustav** - temelji se na računalom programiranom sustavu koji objedinjuje bazu znanja sa svom potrebnom radnom okolinom koja mu treba omogućiti autonomno djelovanje unutar unaprijed zadanih granica.

**element sustava** – funkcionalni dijelovi sustava koji svojim postojanjem i svojom funkcijom bitno utječu na postojanje i funkciju sustava s određenog motrišta (1), temeljni dijelovi koji se dalje ne raščlanjuju (2).

**entropija sustava** - mjera stanja (stupanj) neorganiziranosti (nereda) sustava s težnjom tog sustava da s vremenom prijeđe u stanje potpune neorganiziranosti.

**fleksibilni proizvodni sustav** - proizvodna oprema povezana sa zajedničkim sustavom upravljanja i sustavom za upravljanje tijekovima materijala radi automatske proizvodnje različitih elemenata, organizacijska i tehnička procedura, kao i program dio su sustava.

**funkcija sustava** - cilj postojanja sustava (1); određeni skup aktivnosti što ih obavljaju sastavni elementi sustava tijekom određenog vremena, a koje su usmjerene na realizaciju svrhe i cilja sustava (2).

**fuzzy logic** - sustav za potporu odlučivanju, namijenjen računalom orijentiranim i inteligentno koncipiranim programskim sustavima koji služe isključivo kao potpora racionalnom donošenju odluka u složenim situacijama i pri nedovoljno strukturiranim problemima.

**informacijski sustav** – sustav koji ima ulaze i izlaze informacijske naravi.

**kapacitet** – sposobnost stroja da u određenome vremenskom razdoblju ostvari određenu količinu učinka.

**kibernetika** – znanost o upravljanju složenim dinamičkim sustavima.

**kibernetički sustav** – sustav s upravljanjem.

**logistika** – znanstvena disciplina koja proučava i rješava probleme planiranja, opskrbe te podjele kontrole, praćenja, upravljanja svim resursima i njihovim tijekovima s ciljem optimizacije ukupnih troškova u proizvodnom procesu.

**mobilni kapital** – koji se može prenositi (nijenjati mjesto).

**model** – postojanje neke sličnosti s realnim objektom. Namjena mu je da označi, istraži, otvori, komunicira, analizira, kategorizira i oponaša realni sustav.

**modeliranje** – oponašanje realnog sustava.

**modul** – sveobuhvatni i racionalni temelj za izgradnju integralnog sustava upravljanja proizvodnjom.

**obrtna sredstva** – dio poslovnih sredstava koja se u jednom ciklusu rada u cijelosti troše i svoju vrijednost prenose na nov proizvod i sirovine, nedovršeni proizvodi, poluproizvod, električnu energiju itd.

**obrtna kratkotrajna imovina** – cirkulirajuća imovina za koju se očekuje da bude pretvorena u novac u roku jedne godine.

**optimizacija** – postizanje najboljih rješenja izgradnjom najprimjerenijih kriterija.

**planiranje** – nastojanje da se postigne željeni cilj ili razrađivanje plana postupaka radi ostvarenja nekog cilja.

**povratna veza** – veza između izlaza i ulaza.

**program upravljanja** – program ciljanog postizanja željenog stanja.

**proizvodni sustav** – sustav koji svojim tehnološkim procesom omogućuje i osigurava stalnost proizvodnje.

**radni nalog** – elementarna jedinica upravljačko-informacijskog sustava proizvodnje.

**simulacija** – oponašanje realnog sustava.

**softverski paket** – informacijsko-upravljački računalni program.

**sustav** – relativno izoliran skup međusobno povezanih elemenata koji se ponaša prema određenim zakonima (1); jasno odvojen skup na određeni način međusobno povezanih elemenata, koji na temelju neke zajedničke odrednice čine skladnu cjelinu (2).

**struktura sustava** – ustroj sustava koji određuje njegovu složenost prema broju elemenata i veza te prema njihovu odnosu.

**suvremena koncepcija** – zadovoljenje očekivanja kupca povećanjem udjela usluga i servisnih usluga te izradom ekološki čistih proizvoda, što se ostvaruje širokim i promjenjivim proizvodnim programom, visokom kakvoćom proizvoda i poslovnog sustava, stalnim smanjenjem cijena drvnih proizvoda, sustavnim planiranjem i održavanjem kratkih i točnih rokova isporuke drvnih proizvoda kupcima.

**teorija** – znanstveno spoznavanje, logično uopćavanje i misaono tumačenje činjenica.

**teorija sustava** – znanstvena disciplina koja proučava strukturu i funkcioniranje cjeline te povezanost i ponašanje njezinih dijelova.

**teorija informacija** - područje informatike koje obrađuje način oblikovanja, prijenosa i čuvanja poruka.

**umjetna inteligencija** – skup općeljudskih osobina koje moraju biti standardni atributi sustava koji “posjeduju” inteligenciju.

**upravljanje** – prevođenje sustava u novo, unaprijed određeno stanje uz najmanji utrošak vremena, materijala i energije.

**zaliha** – određena pričuva drvnog i nedravnog materijala koja osigurava stalnost proizvodnje.

**virtualni svijet** – opredmećenje istinske primjene računalne grafike u realnom vremenu.







## LITERATURA

1. **Anderson, J. E.:** Management of Manufacturing, Model and Analysis, Addison-Wesley Publishing Company, Workingham, 1994.
2. **Angehrn, A. A.:** Modelling by Example: A Link Between Users, Models and Methods in DSS, European Journal of Operations Research, Special Issue: Sixth Euro Summer Institute Decision Support Systems, Vol. 55 (1991), 296-308.
3. **Ashby, W. R.:** An Introduction to Cybernetics, Shapman - Hall Ltd, New York, 1973.
4. **Axsater, S., Rosling, K.:** Multi-Level Production-Inventory Control: Material Requirements Planning or Reorder Point Policies, European Journal of Operational Research, 75 (1994), 405-412.
5. **Baker, R.:** CASE Method: Entity Relationship Modelling, Addison-Wesley Publishing Company, Bracknell, UK, 1993.
6. **Baker, R.:** System Modelling Techniques, ORACLE Corporation, Bracknell, UK, 1993.
7. **Benić, D.:** A Decision Support System for Production Planning and Control, 3rd Interantional Conference on Advenced Manufacturing Systems and Technology - AMST'93, Udine Proceedings, Vol. II (1993), 165-172.
8. **Benić, D.:** Matematičko i simulacijsko modeliranje proizvodnih sustava, Zbornik radova CIM'93, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Hrvatska zajednica proizvodnog strojarstva, Zagreb, 1993.
9. **Benić, D.:** Primjena višekriterijalnog optimiranja i simulacija u projektiranju i eksploataciji proizvodnih sustava, Zbornik radova znanstveno-stručnog skupa "Organizacija proizvodnje", Mašinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 1991.
10. **Benić, D.:** Inteligentni proizvodni sustavi, interna skripta, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Zagreb, 1995.
11. **Benić, R.:** Organizacija rada u drvnoj industriji, Znanje, Zagreb, 1971.
12. **Birolla, H.:** Osnove informatike, Informator, Zagreb, 1988.
13. **Bizjak, F.:** Osnove gospodarenja in razvoja podjetja, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana, 1991.
14. **Bowesox, D.:** Logistical Management, MacMillan Publishing Co.Inc., New Jersey, 1978, 74-107.
15. **Chen, F. F., Adam, E. E. Jr.:** The Impact of Flexible Manufacturing Systems on Productivity and Quality, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 38 (1991), 23-45.

16. **Donath, M., Graves, R., Carlson, D.:** Flexible Assembly Systems: The Scheduling Problem for Multiple Products, *Journal of Manufacturing System*, Vol. 8 (1989), 27-34.
17. **Čerić, V.:** Simulacijsko modeliranje, Školska knjiga, Zagreb, 1993.
18. **Dobrenić, S.:** Projektiranje informacijskih sistema, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin, 1977.
19. **Evans, J. R.:** Applied Production and Operations Management, West Publishing Company, Minneapolis, 1993.
20. **Ferišak, V., Stihović, L.:** Nabava i materijalno poslovanje, Informator, Zagreb, 1989.
21. **Ferišak, V.:** Organizacija elektroničke obrade podataka, Informator, Zagreb, 1978.
22. **Figurić, M.:** Organizacija rada u drvnjoj industriji, Narodne novine, Zagreb, 1978.
23. **Figurić, M.:** Upravljanje proizvodnjom u drvnjoj industriji, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1989.
24. **Figurić, M. i sur.:** Proizvodni sustavi u drvnjoj industriji I, Šumarski fakultet, Zagreb, 1992.
25. **Figurić, M. i sur.:** Proizvodni sustavi u drvnjoj industriji II, Šumarski fakultet, Zagreb, 1992.
26. **Figurić, M. i sur.:** Proizvodni sustavi u drvnjoj industriji III, Šumarski fakultet, Zagreb, 1993.
27. **Figurić, M. i sur.:** Proizvodni sustavi u drvnjoj industriji IV, Šumarski fakultet, Zagreb, 1994.
28. **Figurić, M. i sur.:** Production System in Wood Industry V, Faculty of Forestry, Zagreb, 1995.
29. **Figurić, M.:** Osnove ekonomike proizvodnje u šumarstvu i preradi drva I, Šumarski fakultet, Zagreb, 1994.
30. **Forrester, J. W.:** Industrial Dynamics, Massachusetts Institute of Technology Press Cambridge, Massachusetts and London, England, Second Preliminary Edition, Ninth Printing, 1980, Copyright 1963 by Jay W. Forrester
31. **Forrester, J. W.:** Policies, Decisions and information Sources for Modeling, *European Journal of Operational Research*, Vol. 59 (1992), 42-63.
32. **Forsyth, R., Rada, R.:** Machine Learning - Applications in Expert Systems and Information Retrieval, Ellis Horwood Ltd., UK, 1986.
33. **Graham, A. K., Morecroft, J.D.W., Senge, P. M., Sterman, J.D.:** Model Supported Case Studies for Management Education, *European Journal of Operational Research*, Vol. 59 (1992), 151-166.
34. **de Geus, A. P.:** Modelling to Predict or to Learn, *European Journal of Operational Research*, Vol. 59 (1992), 1-5.

35. **Grbavac, V.:** Analiza i implementacija informatičkih sustava, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
36. **Grbavac, V.:** Informatika, kompjuteri i primjena, HZDP, Zagreb, 1995.
37. **Greenberg, H. H.:** A Branch-Bound Solution to the General Scheduling Problem, *Operations Research*, Vol. 16 (1968), 353-361.
38. **Gunasekaran, A., Martikainen, T., Yli-Olli, P.:** Flexible Manufacturing Systems: An Investigation from Research and Applications, *European Journal of Operational Research*, Vol. 66 (1993), 1-26.
39. **Gupta, Y. P., Somers, T. M.:** The Measurement of Manufacturing Flexibility, *European Journal of Operational Research*, Vol. 60 (1992), 166-182.
40. **Hackman, L., Longman, C.:** CASE Method, Business Interviewing, Addison-Wesley Publishing Company, Workingham, UK, 1994.
41. **Hagan, J.:** Management of Quality, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, SAD, 1992.
42. **Heller, J., Logemann, G.:** An Algorithm for the Construction and Evaluation of Feasible Schedules, *Management Science*, Vol. 8 (1962), 168-183.
43. **Hollington, J.:** Implementing an Information Strategy in Manufacture, A Practical Approach, IFS Publications Ltd, Bedford, 1987.
44. **Horvatec, Z.:** Priprema proizvodnje, Viša škola za organizaciju rada, Zagreb, 1972.
45. **Hutchins, D.:** Just-in-Time, Gower Technical Press, Aldershot, UK, 1989.
46. **Isaacs, W., Senge, P.:** Overcoming Limits to Learning in Computer-Based Learning Environments, *European Journal of Operational Research*; Vol. 59 (1992), 183-196.
47. **Juneman, R.:** Materialfluss und logistik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, 1989.
48. **Kaemmerer, W. F., Adams, J. S.:** Integrating Expert Systems with Process Manufacturing, *Expert Systems*, Vol. 2 (1990), 5-18.
49. **Kaltnekar, Z.:** Oblikovanje sistema materijalnega poslovanja, Moderna organizacija, Kranj, 1985.
50. **Karni, R., Gal-Tzur, A.:** Frame-Based Architecture for Manufacturing Planning and Control, *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol. 7 (1992), 63-91.
51. **Katalinić, B.:** Design Control Structures and Strategies for Complex Flexible Manufacturing Systems, Zbornik radova II. savjetovanja "Suvremeni trendovi proizvodnog strojarstva", Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Zagreb, 1992.
52. **Katalinić, B.:** CIM - Aktuelno stanje i tendencije razvoja, Zbornik radova CIM'93, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Hrvatska zajednica proizvodnog strojarstva, Zagreb, 1993.

53. **Koreimann, D. S.:** Sistemska analiza, Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1985.
54. **Kovač, J., Remić, B.:** Upravljanje proizvodnih sistemov, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana, 1989.
55. **Krajewski, L. J., Ritzman, L. P.:** Operations Management: Strategy and Analysis, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, 1993.
56. **Kuik, R., Salomon, M.:** Batching Decisions: Structure and Models, European Journal of Operational Research, 75 (1994), 243-263.
57. **Lane, D. C.:** Modelling as Learning: A Consultancy Methodology for Enhancing Learning in Management Teams, European Journal of Operational Research, Vol. 59 (1992), 64-84.
58. **Majdandžić, N.:** Upravljanje proizvodnjom, Informacijski sistem planiranja, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 1988.
59. **Majdandžić, N., Čuljak, S.:** Priprema proizvodnje 1-3, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 1991.
60. **Marjanović, S.:** Primjena kibernetike, Informator, Zagreb, 1970.
61. **Matković, V.:** Računalom integrirana proizvodnja postaje temeljem "tvornice budućnosti", Zbornik radova savjetovanja "Suvremeni trendovi proizvodnog strojarstva", Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Zagreb, 1992.
62. **Mečanin, V., Jurković, M., Višekruna, V.:** Tehnološki procesi automatske proizvodnje, Svjetlost, Sarajevo, 1988.
63. **Međugorac, N.:** Organizacija proizvodnje, Priprema proizvodnje, Lesarstvo, Ljubljana, 1987.
64. **Meredith, J.R.:** The Management of Operations: A Conceptual Emphasis, J. Wiley and Sons Inc.; New York, 1992.
65. **Mesarović, M i suradnici:** Teorija hijerarhijskih sistema, Informator, Zagreb, 1972.
66. **Mitchell, Jr., F. H.:** CIM Systems, An Introduction to Computer - Integrated Manufacturing, Prentice-Hall International Inc, New York, 1991.
67. **Morecroft, J. D.:** Executive Knowledge, Models and Learning, European Journal of Operational Research, Special Issue: Modelling for Learning, Vol. 59 (1992), 9-27.
68. **Munitić, A.:** Kompjutorska simulacija uz pomoć systemske dinamike, Brodosplit, Kultura, Split, 1990.
69. **Novak, N.:** Informatika u šumarstvu, II izdanje, Novak, Osijek, 1989.
70. **Olujčić, Č.:** Prilog organizaciji logistike u industrijskim poduzećima, Zbornik radova CIM'93, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Hrvatska zajednica proizvodnog strojarstva, Zagreb, 1993.
71. **Phillips, D., Ravindran, A., Solberg, J.J.:** Operations Research, Principles and Practice, John Wiley and Son, New York, 1976.

72. **Price, W., Gravel, M., L. A. Nsakanda:** A Review of Optimisation Models of Kanban-Based Production Systems, *European Journal of Operational Research* 75 (1994), 1-12.
73. **Radošević, D.:** Osnove teorije sistema, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin, 1980.
74. **Senge, P. M., Sterman, J. D.:** System Thinking and Organizational Learning: Acting Locally and Thinking Globally in the Organization of the Future, *European Journal of Operational Research*, Vol. 59 (1992), 137-150.
75. **Sharma, R. S., Conrath, D. W., Dilts, M.:** A Socio-Technical Model for Deploying Expert Systems - Part I: The General Thyory, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 38 (1991) 14-23.
76. **Srića, V.:** Informacijski sistemi, Informator, Zagreb, 1978.
77. **Srića, V.:** Sistem, informacija, kompjutor, Informator, Zagreb, 1981.
78. **Stevenson, J. W.:** Production/Operations Management, Rochester Institute of Tehnology, Irwin, Homewood, Boston, 1993.
79. **Stewart, J.:** System Modelling Technology, ORACLE Corporation, Bracknell, UK, 1992.
80. **Šakić, N., Benić, D.:** Operacijska istraživanja u multimodalnom transportu, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, Rijeka, 1990.
81. **Šakić, N., Miladin, I.:** Jedan pristup optimizaciji asortimana proizvodnje, Zbornik radova CIM'93, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Hrvatska zajednica proizvodnog strojarstva, Zagreb, 1993.
82. **Štucin, I., Prešern, J.:** Organizacija in poslovna informatika OZD, Gospodarski vesnik, Ljubljana, 1984.
83. **Taylor, Y.B.:** Introduction to Management Science, Allyn and Bacon, Boston, London, Sydney, Toronto, 1990.
84. **Turk, I., Deželjin, J.:** Organizacija informacijskog sistema, Informator, Zagreb, 1977.
85. **Vennix, J. A. M.:** Model-Building for Group Decision Support: Issues and Alternatives in Knoeledge Elicitation, *European Journal of Operational Research* Vol. 59 (1992), 28-41.
86. **Vila, A., Leichner, Z.:** Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1982.
87. **Vila, A. i sur.:** Modeli planiranja proizvodnje u industriji, Informator, Zagreb, 1983.
88. **Zapfel, G., Missbauer, H.:** New Concepts for Production Planning and Control, *European Journal of Operational Research* 67 (1993), 297-320.
89. **Zelenović, M. D.:** Upravljanje proizvodnim sistemima, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
90. **Žaja, M.:** Proizvodnja, Narodne novine, Zagreb, 1979.

91. **Wiener, N.:** Cybernetics, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1967.
92. **Winston, P. H.:** Artificial Intelligence, Second Edition, Addison-Wesley Publ. Co., Reading, Massachusetts, USA, 1984.
93. **Wolstenholme, E. F.:** The Definition and Application of a Stepwise Approach to Model Conceptualisation and Analysis, European Journal of Operational Research Vol. 59 (1992), 123-136
- 94.\*\*\* : Artificial Intelligence and Expert Systems in Manufacturing, The Scope, Application and Limitations of Intelligent Manufacturing Systems, Proceedings, IFS Conferences, London, 1990.
- 95.\*\*\* : ISO 9000 QUALITY MANAGEMENT, ISO Standard Compendium, Fifth Edition, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1994.

Naklada: 500 primjeraka



