

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

**Zadatak 27.** Program proizvodnje jednog proizvoda za interval od 365 dana je 1000 kom. Proces proizvodnje se odvija kontinualno. Svaku proizvodnu seriju je moguće isporučiti sa skladišta istog trenutka kada je I završena. Izračunato je da troškovi pripreme jedne serije, bez obzira na njenu veličinu, iznose 7300 nj. Takođe je utvrđeno da skladištenje jednog komada košta 4 nj dnevno. Cilj je da ukupni troškovi serija budu minimalni te je u tom smislu potrebno:

- Odrediti optimalnu veličinu serija, njihov broj I vreme proizvodnje jedne serije, da program proizvodnje bude ostvaren u posmatranom vremenskom intervalu.
- Izračunati najmanje ukupne troškove serija.
- Grafički predstaviti I opisati plan proizvodnje.

*Rešenje:*

- Optimalna veličina serije računa se na osnovu obrasca:

$$X_{OPT} = \sqrt{\frac{P \cdot C_p \cdot 2}{trs \cdot \tau}}$$

Zadate su vrednosti:

$$\tau = 365 \text{ dana}; P = 1000 \text{ kom}; C_p = 7300 \text{ nj/ser}; trs = 4 \text{ nj/dan}$$

na taj način je:

$$X_{OPT} = \sqrt{\frac{1000 \cdot 7300 \cdot 2}{4 \cdot 365}} = 100 \text{ kom/ser}$$

$$N_{OPT} = P/X_{OPT} = 1000/100 = 10 \text{ ser/int}$$

$$\tau_{OPT} = \tau/N_{OPT} = 365/10 = 36,5 \text{ dan/ser}$$

- Najmanji ukupni troškovi serije su:

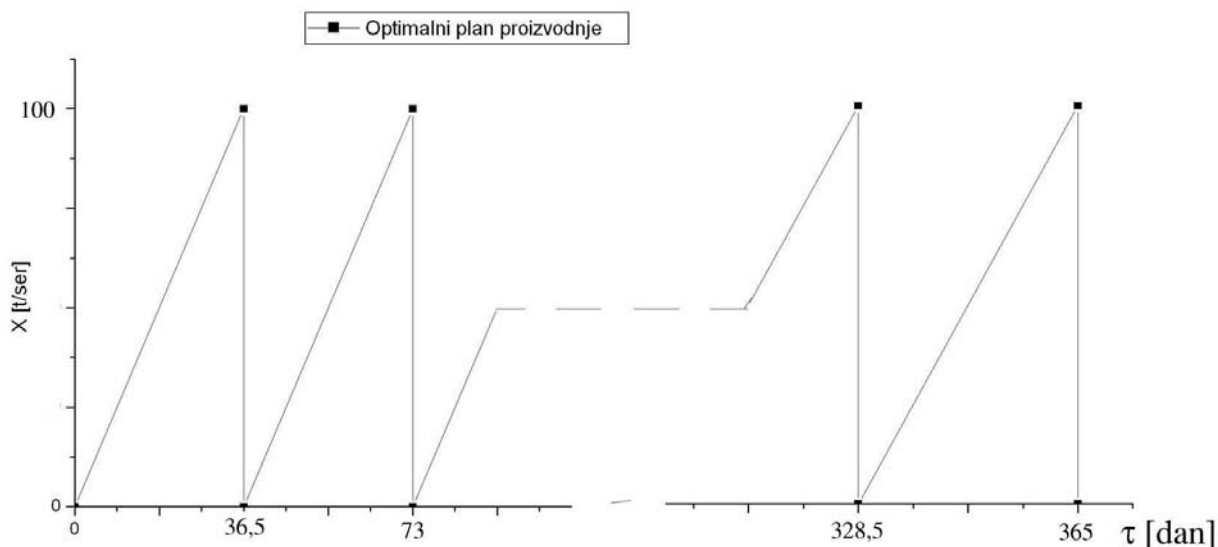
$$T_{MIN} = \frac{P}{X_{OPT}} \cdot C_p + \frac{X_{OPT}}{2} \cdot trs \cdot \tau$$

$$T_{MIN} = \frac{1000}{100} \cdot 7300 + \frac{100}{2} \cdot 4 \cdot 365$$

$$T_{MIN} = 146\,000 \text{ nj/int}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

c) Grafički predstavljen plan proizvodnje je:



*Sl.2.8. Optimalni plan proizvodnje.*

Količinu od 1000 kom, treba proizvesti u 10 istih serija od 100 kom. Svaka serija se proizvodi za 36,5 dana a najmanji ukupni troškovi serije biće 146000 nj/int.

**Zadatak 28.** Na osnovu dosadašnjeg poslovanja preduzeće je izradilo plan proizvodnje za period od 300 dana. Plan proizvodnje je prikazan u tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Postojeći plan proizvodnje

Redni broj	Oznaka Proizvoda	P (kom/int)	tr [nj/kom]	tm [nj/kom]	pc [nj/kom]
1	P1	1050	50	70	150
2	P2	200	60	70	120
3	P3	150	20	10	40
4	P4	1000	65	35	105
5	P5	500	20	20	80
6	P6	780	48	82	120
7	P7	300	34	16	52
8	P8	1500	53	57	160
9	P9	400	25	30	60
10	P10	120	71	19	100

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

- a) Potrebno je izvršiti selekciju programa proizvodnje po jedinižnom poslovnom prinosu tako da grupi A pripada 1/4 broja proizvoda koji imaju pozitivan poslovni prinos. Selekciju prikazati grafički a godišnji plan odrediti tako da ga čine proizvodi iz grupe A I da mu ukupni godišnji obim proizvodnje bude jednak ukupnom obimu polaznog programa. Izračunati ukupni poslovni prinos koji omogućava osnovni plan proizvodnje I uporediti ga sa prinosom koji odgovara polaznom programu proizvodnje.
- b) Povećanjem troškova priprema serije I skladištenja prvog po rangu proizvoda iz osnovnog plana, utvrđena je aproksimativna funkcija ukupnih troškova serija:

$$T(X) = 0,8 \cdot X^2 - 120 \cdot X + 27\,000 \text{ [nj/int]}$$

Poznati su troškovi pripreme jedne serije I to:

- za prvi proizvod po rangu 187,5 nj
- za drugi proizvod po rangu 360 nj

Izračunati optimalne veličine serija, njihov broj, vremena proizvodnje jedne serije I najmanje ukupne troškove serija za oba proizvoda, ako su im troškovi skladištenja jedinice proizvoda u jednom danu jednaki. Grafički prikazati I opisati planove proizvodnje oba proizvoda.

*Rešenje:*

- a) Prvo treba izvršiti proračun ukupnih direktnih troškova:

$$td = tm + tr$$

Takođe treba izvršiti proračun poslovnih prinosa:

$$pp = pc - td$$

na osnovu kojih se formira rang proizvoda. Rezultati ovih proračuna su dati u tabeli 2.4.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Tabela 2.4. formiranje ranga proizvoda

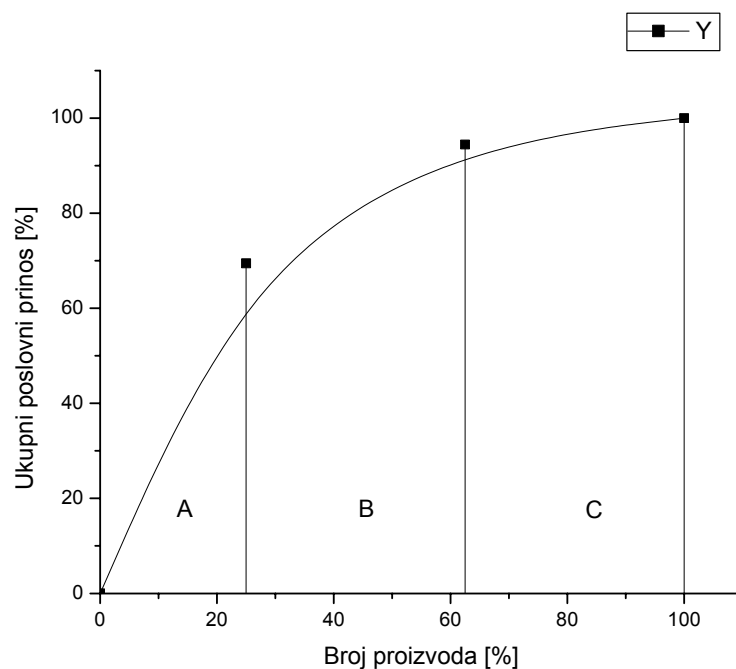
Redni broj	Oznaka Proizvoda	P (kom/int)	tr [nj/kom]	tm [nj/kom]	td [nj/kom]	pc [nj/kom]	pp [nj/kom]	rang
1	P1	1050	50	70	120	150	30	3
2	P2	200	60	70	130	120	-10	9
3	P3	150	20	10	30	40	10	4
4	P4	1000	65	35	100	105	5	6
5	P5	500	20	20	40	80	40	2
6	P6	780	48	82	130	120	-10	10
7	P7	300	34	16	50	52	2	8
8	P8	1500	53	57	110	160	50	1
9	P9	400	25	30	55	60	5	7
10	P10	120	71	19	90	100	10	5

Proizvodi sa pozitivnim poslovnim prinosom su  $(10 - 2) = 8$ . Grupi A pripada  $1/4$  ovih proizvoda:  $8 \cdot 1/4 = 2$ .

Tabela 2.5. Formiranje grupa proizvoda prema rangu

rang	proizvod	P [kom/int]	pp [nj/kom]	Ukupna količina		Ukupan poslovni prihod		Grupa
				kom/god	%	nj/god	%	
1	P8	1500	50	1500	25	75000	54,82456	A
2	P5	500	40	2000	33,33333	95000	69,44444	
3	P1	1050	30	3050	50,83333	126500	92,47076	B
4	P3	150	10	3200	53,33333	128000	93,56725	
5	P10	120	10	3320	55,33333	129200	94,44444	
6	P4	1000	5	4320	72	134200	98,09942	C
7	P9	400	5	4720	78,66667	136200	99,5614	
8	P7	300	2	5020	83,66667	136800	100	D
9	P2	200	-10	5220	87			
10	P6	780	-10	6000	100			

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Sl.2.8. Grafički prikaz selekcije plana proizvodnje

Gornji grafik je dobijen na osnovu sledeće tabele:

Grupa		A	B	C	ukupno
Količina proizvoda	kom	2	3	3	8
	%	25	37,5	37,5	100
Ukupan poslovni prinos	nj/god	95000	34200	7600	136800
	%	69,44444444	25	5,555555556	100

Uvećanje obima proizvodnje proizvoda u grupi A je:

$$6000/2000 = 3$$

U sledećoj tabeli je prikazan novi plan proizvodnje:

Rang	Proizvod	P [kom/int]	Povećanje obima	Obim [kom/int]
1	P8	1500	3	4500
2	P5	500	3	1500
ukupno		2000	3	6000

Poslovni prinos koj ostvaruje novi plan proizvodnje je:

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$pp_{\text{Uvecanje}} = 3 \cdot 95000 = 285\,000 \text{ nj/int}$$

dok je polazni poslovni prinos:

$$pp = 136\,800 \text{ nj/int}$$

uvećanje poslovnog prinosa je:

$$\Delta pp = \frac{pp_{\text{Uvecanje}} - pp}{pp} \cdot 100 = \frac{285000 - 136800}{136800} \cdot 100 = 108,33\%$$

b) ukupni troškovi serija dobijeni praćenjem troškova proizvodnje proizvoda P8 su:

$$T(X) = 0,8 \cdot X^2 - 120 \cdot X + 27\,000 \text{ [nj/int]}$$

$$\frac{\partial T(X)}{\partial X} = 2 \cdot X \cdot 0,8 - 120 = 1,6 \cdot X - 120$$

$$\text{Za } \frac{\partial T(X)}{\partial X} = 0, \text{ sledi}$$

$$X_{\text{OPT}} = 75 \text{ kom/ser}$$

$$\frac{\partial^2 T(X)}{\partial X^2} = 1,6; \text{ što znači da troškovi postižu svoj minimum}$$

Optimalni broj serija je:

$$N_o = P/X_o = 4500/75 = 60 \text{ ser/int}$$

$$\tau_o = \tau/N_o = 300/60 = 5 \text{ dan/seriji}$$

$$\min T = 0,8 \cdot X^2 - 120 \cdot X + 27\,000 = 0,8 \cdot (75)^2 - 120 \cdot (75) + 27\,000 = 22500 \text{ nj/int}$$

Na osnovu obrasca:

$$X_{\text{OPT}} = \sqrt{\frac{P \cdot C_p \cdot 2}{\text{trs} \cdot \tau}} \Rightarrow \text{trs} = \frac{P \cdot C_p \cdot 2}{\tau \cdot X_{\text{OPT}}^2} = \frac{4500 \cdot 187,5 \cdot 2}{300 \cdot 75_{\text{OPT}}^2} = 1 \text{ nj/ kom dan}$$

Proizvod P5: obzirom da su troškovi skladištenja proizvoda jednaki za oba proizvoda, tada se za ovaj proizvod može izračunati:

$$X_{\text{OPT}} = \sqrt{\frac{P \cdot C_p \cdot 2}{\text{trs} \cdot \tau}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 360 \cdot 2}{1 \cdot 300}} = 60 \text{ kom/ser}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Odatle je:

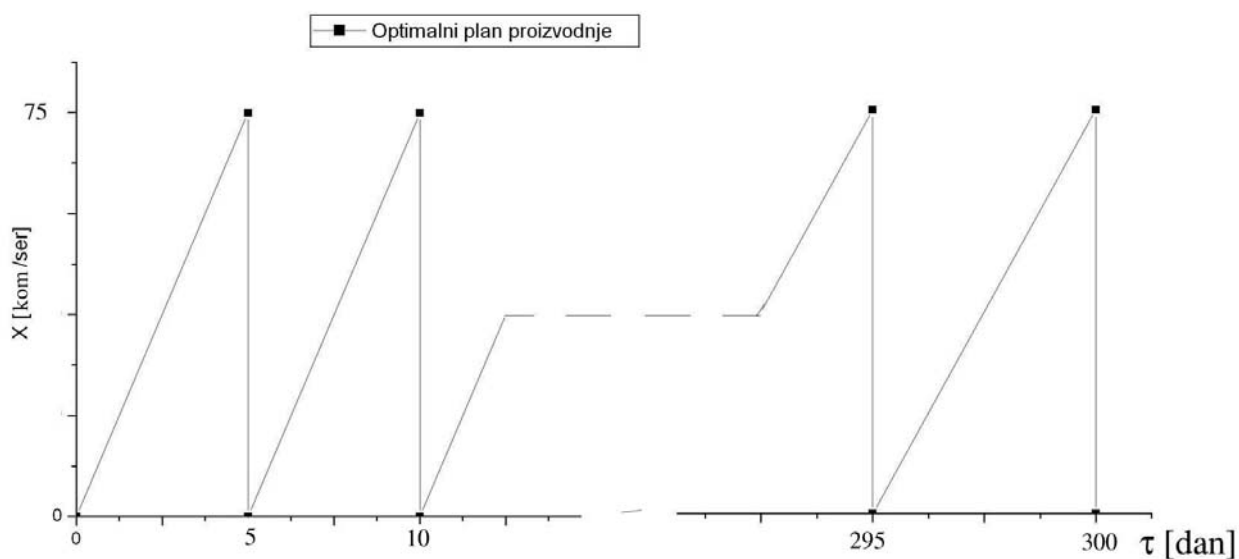
$$N_O = P/X_{OPT} = 1500/60 = 25 \text{ ser/int}$$

$$\tau_O = \tau/N_O = 300/25 = 12 \text{ dan/ser}$$

$$T_{\min} = t_1 + t_2 = \frac{P}{X_{OPT}} \cdot C_P + \frac{X_{OPT}}{2} \cdot trs \cdot \tau$$

$$T_{\min} = \frac{1500}{60} \cdot 360 + \frac{60}{2} \cdot 1 \cdot 300 = 18\,000 \text{ nj/int}$$

Na slici 1.17. dat je grafički prikaz serijske proizvodnje proizvoda P8.

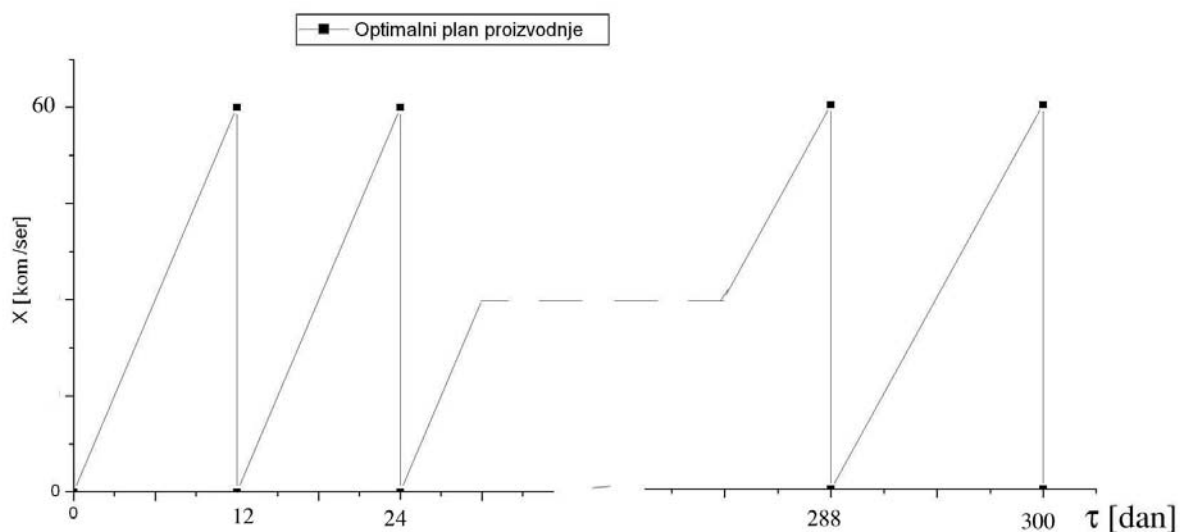


Sl.2.9.

Program od 4500 komada trebalo bi proizvoditi u 60 serija od 75 komada, gde će se svaka serija proizvoditi 5 dana. Ovakav način proizvodnje obezbeđuje najmanje ukupne troškove od 22500 nj/int.

Na slici 2.10. Je dat grafički prikaz serijske proizvodnje proizvoda P5.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Sl. 2.10.

Program od 1500 komada treba proizvoditi u 25 serija od po 60 komada. Svaka serija se proizvodi za 12 dana, pri čemu su najmanji ukupni troškovi serije 18 000 nj/int.

**Zadatak 29.** Snimanjem troškova priprema proizvodnje serija i skladištenja gotovih proizvoda utvrđena je aproksimativna zavisnost ukupnih troškova od broja serija u obliku:

$$T(N) = 5 \cdot N^2 - 150 \cdot N + 2000 \text{ [nj/int].}$$

U intervalu od 270 dana proizvedeno je 10 500 komada posmatranog proizvoda, pri čemu su troškovi pripreme jedne serije iznosili 12600 nj. Izrada je vršena bez prekida, a svaka serija je otpremljena sa skladišta odmah nakon njenog kompletiranja. U cilju sastavljanja plana proizvodnje koja će dati minimalne troškove serija, potrebno je:

- Izračunati optimalnu veličinu serija, njihov broj i vreme proizvodnje jedne serije, tako da program proizvodnje bude ostvaren u posmatranom intervalu.
- Izračunati najmanje ukupne troškove serija i troškove skladištenja jedinice proizvoda u jednom danu.



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

- c) Izračunati za koliko će se povećati, u procentima, ukupni troškovi serija ako se umesto optimalnog broja serija usvoje tri serije u posmatranom intervalu.

*Rešenje:*

a) Na osnovu zavisnosti:

$$T(N) = 5 \cdot N^2 - 150 \cdot N + 2000 \text{ [nj/int]}$$

Možemo izračunati:

$$\frac{\partial T(N)}{\partial N} = 10 \cdot N - 150 = 0, \text{ odakle je: } N_0 = 15 \text{ serija,}$$

$$\frac{\partial^2 T(N)}{\partial N^2} = 10 > 0, \text{ prema tome f-ja ima minimum.}$$

Na osnovu toga sledi sa je optimalni broj serija 15. Obzirom da je  $P = 10500$  kom, broj komada u seriji je:

$$X_{OPT} = P/N = 10500/15 = 700 \text{ kom/ser}$$

Optimalno vreme proizvodnje jedne serije je:

$$\tau_0 = \tau/N_0 = 270/15 = 18 \text{ dan/ser}$$

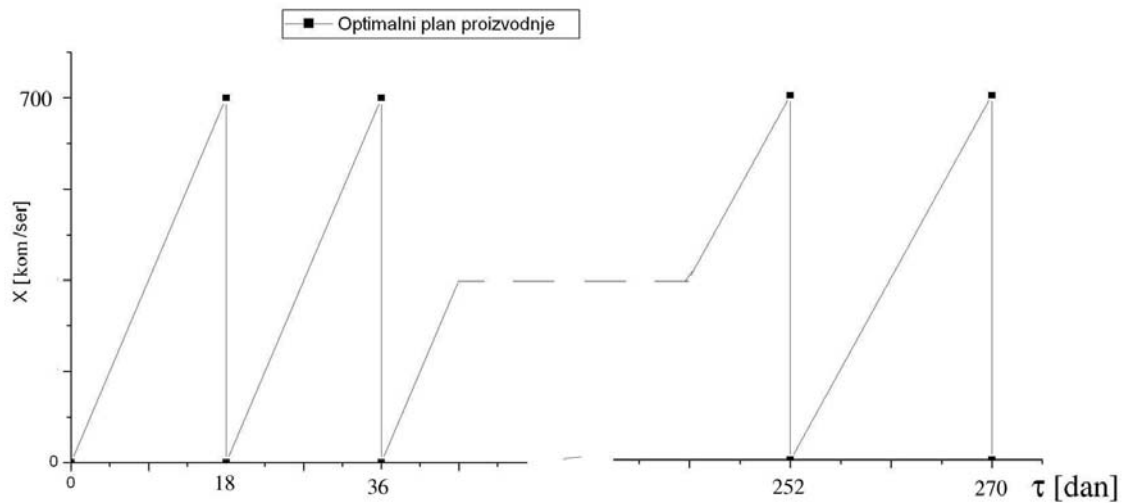
b) Minimalni troškovi su:

$$T_{min} = 5 \cdot 15^2 - 150 \cdot 15 + 2000 = 875 \text{ nj/int}$$

Pri čemu su troškovi skladištenja:

$$trs = \frac{P \cdot C_p \cdot 2}{\tau \cdot (X_{OPT})^2} = \frac{10500 \cdot 12600 \cdot 2}{270 \cdot (700)^2} = 2 \text{ nj/ kom. Dan}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 2.11. Grafički prikaz godišnjeg plana proizvodnje

- d) Ukoliko se umesto optimalnog broja serija usvoje tri serije, tada je, za  $N = 3$  serije:

$$T(3) = 5 \cdot 3^2 - 150 \cdot 3 + 2000 = 1595 \text{ nj/int}$$

$$T_{\min}(15) = 875$$

$$\Delta T = \frac{1595 - 875}{875} \cdot 100 = 82,29\%$$

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

### **2.2. IZBOR ODGOVARAJUĆEG OBIMA PROIZVODNJE NA OSNOVU TROŠKOVA TIPOVA SREDSTAVA ZA RAD**

**Zadatak 30.** Ukupni troškovi proizvodnje jednog proizvoda zavise od obima na sledeći način, tabela 1.30.

Tabela 2.6. troškovi proizvodnje

Vrste sredstava za rad	FT [nj/god]	vt [nj/kom]
Univerzalna	5000	120
Mehanizovana	10 000	110
automatizovana	20 000	105

U cilju izbora odgovarajućih sredstava za rad i određivanja intervala u kojima treba da se kreću obimi proizvodnje, potrebno je:

- odrediti obime proizvodnje za sve tri vrste sredstava za rad.
- Grafički predstaviti ukupne i pojedinačne troškove za sve tri vrste sredstava za rad.
- Ispitati da li je prihvatljiv obim proizvodnje od 400 [kom/god] za preduzeće koje ima mehanizovana sredstva za rad.

*Rešenje:*

a) Obim proizvodnje se određuje kao granična vrednost između susednih sredstava za rad.

Troškovi sredstava za rad se određuju na osnovu:

$$TR = FT + vt \cdot Q,$$

Gde su:

FT – fiksni troškovi [nj/god]

Vt – varijabilni troškovi [nj/kom]

Q – obim proizvodnje [kom/god]

Na taj način je za uslov:

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

$$(I) \quad TR_U = TR_M$$

$$5\,000 + 120 \cdot Q = 10\,000 + 110 \cdot Q$$

$$Q = 500 \text{ [kom/god]}$$

$$(II) \quad TR_M = TR_A$$

$$10\,000 + 110 \cdot Q = 20\,000 + 105 \cdot Q$$

$$Q = 2000 \text{ [kom/god]}$$

Na taj način potrebni obimi proizvodnje prema sredstvima za rad dati su u sledećoj tabeli:

Tabela 2.7. Granični obimi proizvodnje na osnovu sredstava za rad

Vrsta sredstava za rad	Interval	
	oznaka	granice
Univerzalna	$I_U$	0 – 500
Mehanizovana	$I_M$	501 – 2000
automatizovana	$I_A$	2001 – Q

b) Za grafičko predstavljanje ukupnih pojedinačnih troškova za sve tri vrste sredstava za rad, potrebno je formirati sledeće zavisnosti:

– Ukupni troškovi

$$TR_U = 5\,000 + 120 \cdot Q \text{ [nj/god]}$$

$$TR_M = 10\,000 + 110 \cdot Q \text{ [nj/god]}$$

$$TR_A = 20\,000 + 105 \cdot Q \text{ [nj/god]}$$

– pojedinačni troškovi

$$TR_U/Q = tr_U = 5\,000/Q + 120 \text{ [nj/kom]}$$

$$TR_M/Q = tr_M = 10\,000/Q + 110 \text{ [nj/kom]}$$

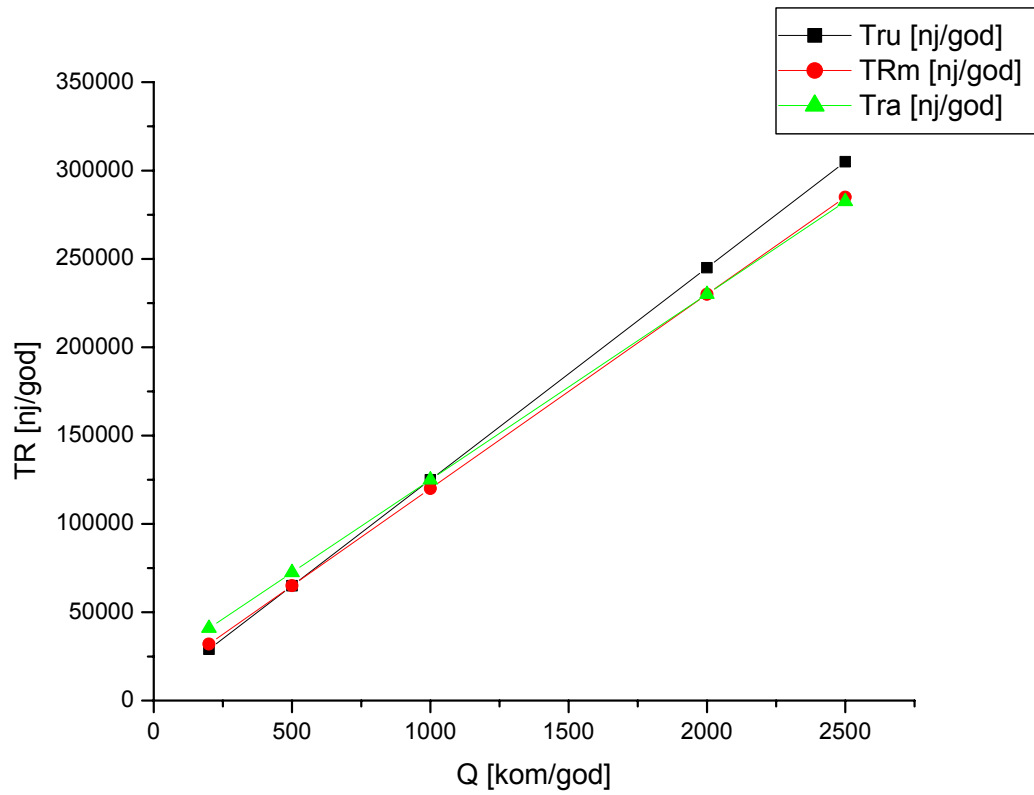
$$TR_A/Q = tr_A = 20\,000/Q + 105 \text{ [nj/kom]}$$

Potrebno je formirati sledeću tabelarnu zavisnost

Q [kom/god]	Tru [nj/god]	TRm [nj/god]	Tra [nj/god]	tru [nj/kom]	trm [nj/kom]	tra [nj/kom]
200	29000	32000	41000	145	160	205
500	65000	65000	72500	130	130	145
1000	125000	120000	125000	125	120	125
2000	245000	230000	230000	122,5	115	115
2500	305000	285000	282500	122	114	113

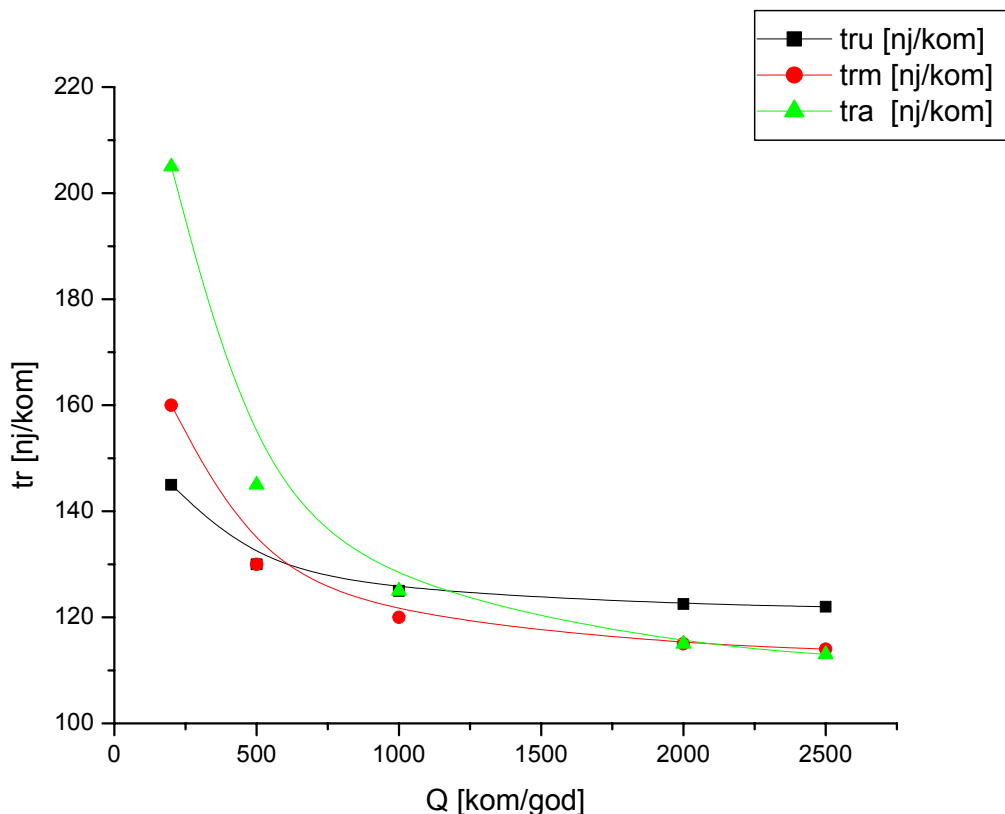
## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Na osnovu koje je moguće formirati sledeće grafike:



Slika 2.12. Zavisnost ukupnih troškova od obima proizvodnje

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 2.13. Zavisnost pojedinačnih troškova od obima proizvodnje

c) Obim proizvodnje od 400 kom/god, nije prihvatljiv za preduzeće sa mehanizovanim sredstvima za rad (jer je u oblasti univerzalne proizvodnje)

**Zadatak 31.** Za izradu jednog proizvoda mogu se koristiti univerzalana, mehanizovana i automatizovana sredstva za rad. Zavisnost jediničnih troškova proizvodnje od obima je data u tabeli 2.8.

Tabela 2.8. Jedinični troškovi proizvodnje

Vrsta sredstava za rad	Jedinični troškovi [nj/kom]
Univerzalana	$tru = Q/4 + 10 + 400/Q$
Mehanizovana	$trm = Q/40 + 16 + 1000/Q$
Automatizovana	$tra = 20 + 3000/Q$

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

U cilju izbora odgovarajućeg sredstva za rad i određivanja intervala u kojima treba da se kreću obimi proizvodnje potrebno je:

- a) odrediti obime za svaku vrstu sredstava za rad
- b) izračunati obime proizvodnje na pragu ekonomičnosti za univerzalna i mehanizovana sredstva za rad
- c) grafički prikazati ukupne i jedinačne troškove za sve tri vrste sredstava za rad. Ukupne troškove prikazati na jednom a jedinične na drugom dijagramu.
- d) Ispitati da li je prihvatljiv obim proizvodnje od 360 [kom/god] za preduzeće koje ima mehanizovana sredstva za rad.

*Rešenje:*

Određivanje obima proizvodnje se računa kao određivanje graničnog obima između susednih sredstava za rad.

$$tr_U = tr_M \text{ odakle je } Q/4 + 10 + 400/Q = Q/40 + 16 + 1000/Q$$

Na osnovu čega je  $Q = 67$  kom/god

$$tr_M = tr_A, \text{ odakle je: } Q/40 + 16 + 1000/Q = 20 + 3000/Q$$

Na osnovu čega je  $Q = 374$  kom/god

Na osnovu toga je:

$$I_U: Q \in [0-67] \text{ [kom/god]}$$

$$I_M: Q \in [68-374] \text{ [kom/god]}$$

$$I_A: Q \in [375-Q] \text{ [kom/god]}$$

b) da bi smo izračunali obim proizvodnje na pragu ekonomičnosti potrebno je naći prvi izvod za jedinične troškove:

$$tr_u = Q/4 + 10 + 400/Q$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Odatle je:

$$\frac{\partial tr_U}{\partial Q} = \frac{1}{4} - \frac{400}{Q^2} = 0$$

na osnovu žega je  $Q = 40$  kom/god

Kako je  $\frac{\partial^2 tr_U}{\partial Q^2} = \frac{400}{Q^3} > 0$ , sledi da funkcija ima minimum za  $tr_u = tr_u (Q = 40)$ .

I on iznosi:  $\min tr_U = 30$  nj/kom

Takođe za  $tr_M = Q/40 + 16 + 1000/Q$ , imamo:

$$\frac{\partial tr_M}{\partial Q} = \frac{1}{40} - \frac{1000}{Q^2} = 0$$

na osnovu žega je  $Q = 200$  kom/god

Kako je  $\frac{\partial^2 tr_M}{\partial Q^2} = \frac{1000}{Q^3} > 0 > 0$ , sledi da funkcija ima minimum za  $tr_M = tr_M (Q = 200)$ .

I on iznosi:  $\min tr_M = 26$  nj/kom

Prema tome obimi na pragu ekonomičnosti su:

- za univerzalna sredstva za rad:  $Q = 40$  kom/god
- za mehanizovana sredstva za rad:  $Q = 200$  kom/god

c) za grafičko predstavljanje potrebno je prvo formirati zavisnost za ukupne troškove:

$$TR_U = tr_U \cdot Q = Q^2/4 + 10 \cdot Q + 400 \text{ nj/god}$$

$$TR_M = Q^2/40 + 16 \cdot Q + 1000 \text{ nj/god}$$

$$TR_A = 20 \cdot Q + 3000 \text{ nj/god}$$

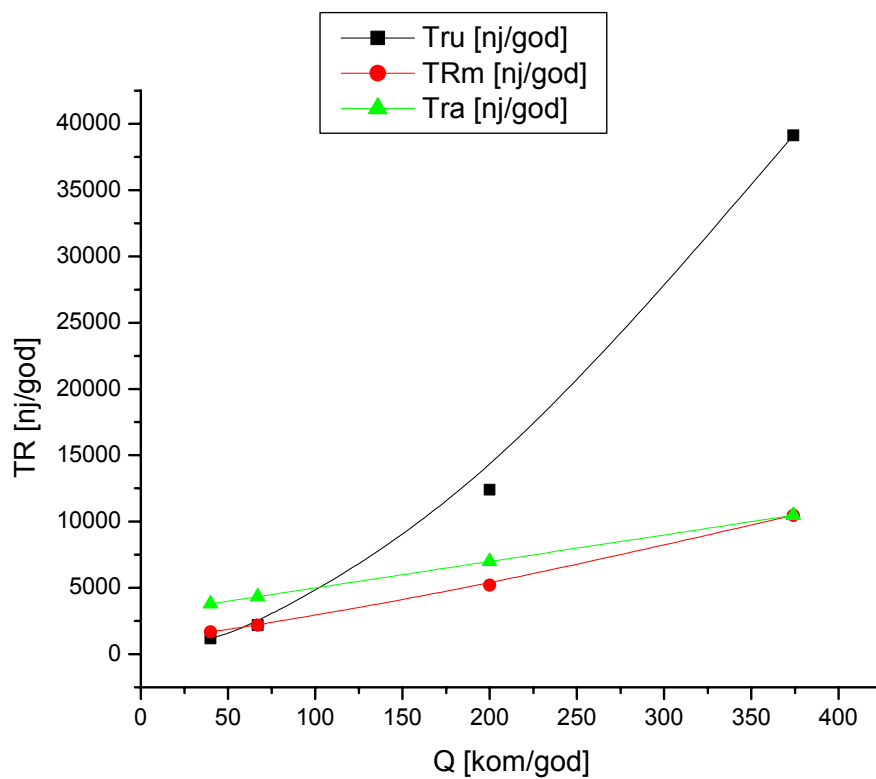
Na osnovu čega je formirana tabela:



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

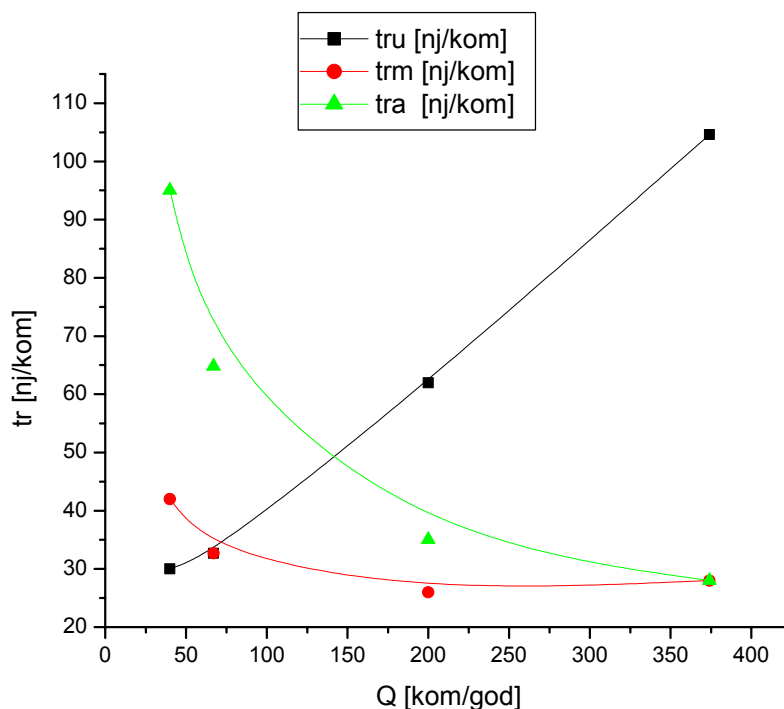
Q [kom/god]	Tru [nj/god]	TRm [nj/god]	Tra [nj/god]	tru [nj/kom]	trm [nj/kom]	tra [nj/kom]
40	1200	1680	3800	30	42	95
67	2192.25	2184.225	4340	32.7	32.7	64.8
200	12400	5200	7000	62	26	35
374	39109	10480.9	10480	104.6	28.02	28.02

I na osnovu nje grafici:



Sl. 2.14. Zavisnost ukupnih troškova od obima proizvodnje

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Sl. 2.15. Zavisnost jediničnih troškova od obima proizvodnje

d) Obim od  $Q = 360$  kom/god, nalazi se u opsegu  $I_M$ , prema tome prihvatljiv je.

**Zadatak 32.** Za proizvodnju jednog proizvoda mogu se koristiti:

- 1) sredstva za rad sa pretežno ručnom izradom (univerzalna sredstva)
- 2) mašine i alati sa malim stepenom automatizacije (mehanizovana sredstva za rad)
- 3) sredstva za rad sa velikim stepenom automatizacije (automatizovana sredstva za rad)

Zavisnost ukupnih varijabilnih troškova od obima proizvodnje i vrste sredstava za rad je sledeća:

$$vt_1 = Q^2/4 + 10 \cdot Q \text{ [nj/god]}; FT_1 = 1600 \text{ [nj/god]}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$vt_2 = Q^2/40 + 20 \cdot Q \text{ [nj/god]}; FT_2 = 4000 \text{ [nj/god]}$$

$$vt_3 = Q^2/80 + 10 \cdot Q \text{ [nj/god]}; FT_3 = 8000 \text{ [nj/god]}$$

U cilju izbora odgovarajuće vrste sredstava za rad potrebno je:

- odrediti odgovarajuće intervale obima proizvodnje za sve tri vrste sredstava za rad.
- Izračunati obime proizvodnje na pragu ekonomičnosti za sva tri intervala
- Grafički prikazati jedinične troškove za sve tri vrste sredstava za rad
- Ispitati da li je obim proizvodnje od 300 [kom/god] prihvatljiv za fabriku koja ima sredstva za rad sa malim stepenom automatizacije.

*Rešenje:*

- Ukupni troškovi se računaju na osnovu

$$TR_U = vt_1 + FT_1 = Q^2/4 + 10 \cdot Q + 1600 \text{ nj/god}$$

$$TR_M = vt_2 + FT_2 = Q^2/40 + 20 \cdot Q + 4000 \text{ nj/god}$$

$$TR_A = vt_3 + FT_3 = Q^2/80 + 10 \cdot Q + 8000 \text{ nj/god}$$

Na osnovu čega je:

$$Q^2/4 + 10 \cdot Q + 1600 = Q^2/40 + 20 \cdot Q + 4000$$

$$Q = 128 \text{ kom/god}$$

Kao i

$$Q^2/40 + 20 \cdot Q + 4000 = Q^2/80 + 10 \cdot Q + 8000$$

$$Q = 293, \text{ na osnovu toga je:}$$

$$I_U: Q \in [0-128] \text{ [kom/god]}$$

$$I_M: Q \in [129-293] \text{ [kom/god]}$$

$$I_U: Q \in [294-Q] \text{ [kom/god]}$$

b) da bi se izračunali obimi proizvodnje na pragu ekonomičnosti potrebno je naći prvi izvod izraza za jedinične troškove.

$$tr_U = Q/4 + 10 + 1600/Q$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$\frac{\partial tr_U}{\partial Q} = \frac{1}{4} - \frac{1600}{Q^2} = 0, \text{ odatle je } Q = 80 \text{ kom/god}$$

$$\frac{\partial^2 tr_U}{\partial Q^2} = \frac{1600}{Q^3} > 0, \text{ tada je } \min tr_U = tr_U(80) = 50 \text{ nj/kom}$$

$$tr_M = Q/40 + 20 + 4000/Q$$

$$\frac{\partial tr_M}{\partial Q} = \frac{1}{40} - \frac{4000}{Q^2} = 0, \text{ odatle je } Q = 400 \text{ kom/god}$$

$$\frac{\partial^2 tr_M}{\partial Q^2} = \frac{4000}{Q^3} > 0, \text{ tada je } \min tr_M = tr_M(400) = 40 \text{ nj/kom}$$

$$tr_A = Q/80 + 10 + 8000/Q$$

$$\frac{\partial tr_A}{\partial Q} = \frac{1}{80} - \frac{8000}{Q^2} = 0, \text{ odatle je } Q = 800 \text{ kom/god}$$

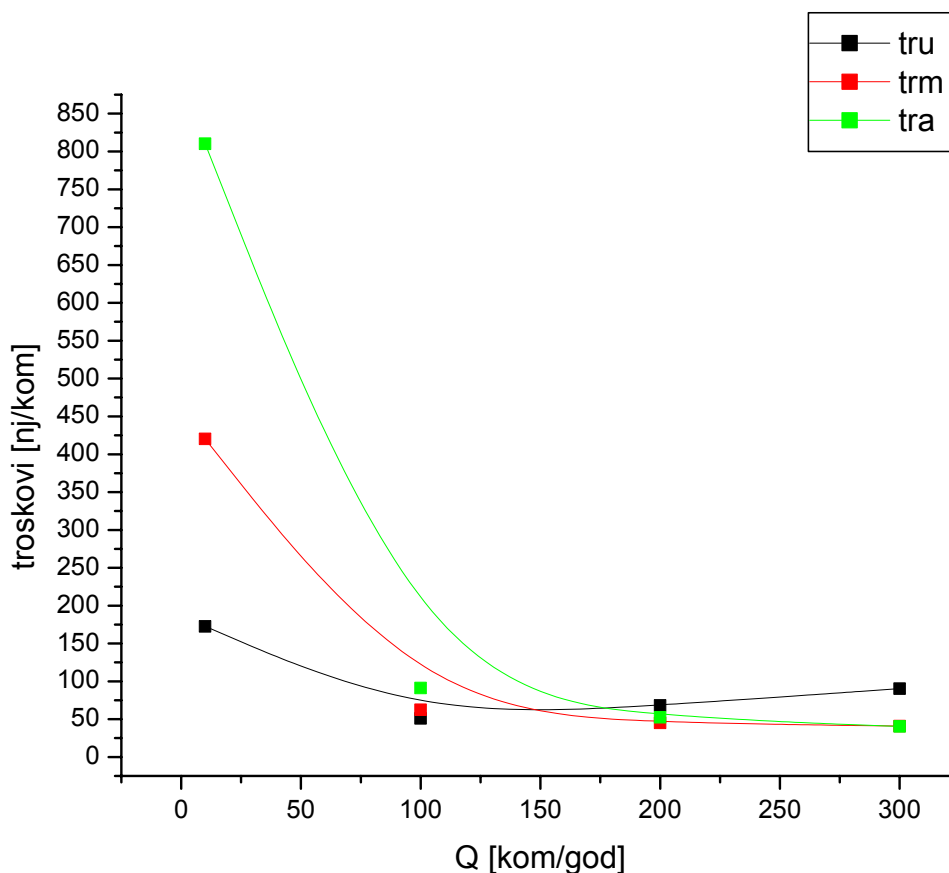
$$\frac{\partial^2 tr_A}{\partial Q^2} = \frac{8000}{Q^3} > 0, \text{ tada je } \min tr_A = tr_A(800) = 30 \text{ nj/kom}$$

c) Za grafički prikaz jediničnih troškova potrebno je formirati tabelu

Q [kom/god]	10	100	200	300
$tr_U$	172,5	51	68	90,33
$tr_M$	420,25	62,5	45	40,83
$tr_A$	810,12	91,25	52,5	40,41

Na osnovu koje je formiran grafik

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 2.16. Zavisnost jedinичnih troškova od obima proizvodnje

d)  $Q = 300$  [kom/god], spada u opseg automatizovanih sredstava za rad, te nije u opsegu mehanizovanih sredstava.

### 3. RAZVOJ I PRIPREMA PROIZVODNJE

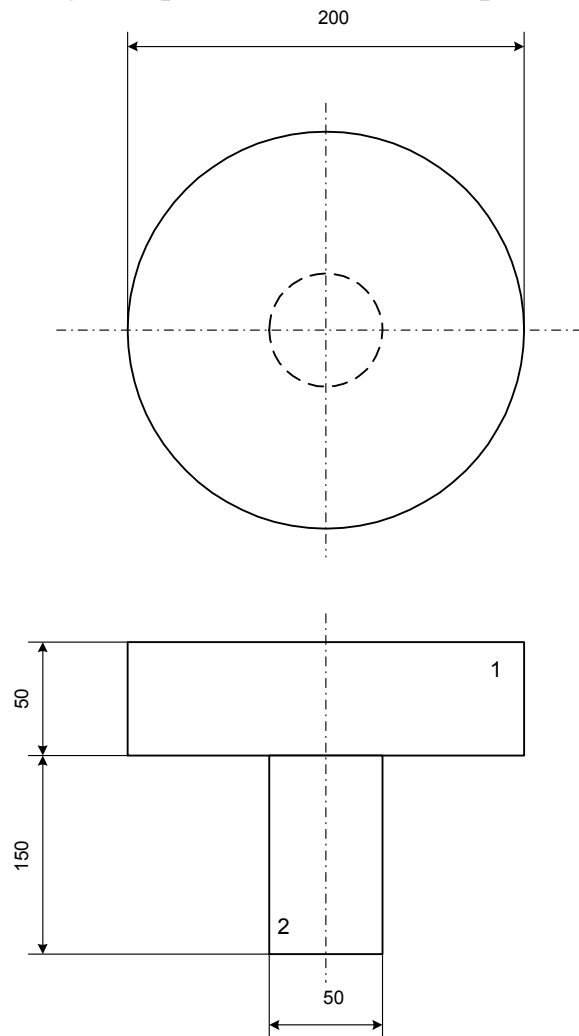
#### 3. 1. NORMIRANJE MATERIJALA

**Zadatak 33.** Potrebno je izvršiti proračun normativa materijala za livenje 20 odlivaka dimanzija datih na slici 3.1. Odlivci se liju od kalajne bronzne P.CuSn14, gustine  $8,0 \text{ g/cm}^3$ . Prilikom proračuna usvojiti sledeće podatke:  
– dodaci za obradu donje površine su 3% od dimenzije odlivka.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

- dodaci za obradu bočne površine su 6% od dimenzije odlivka
- dodaci za obradu gornje površine su 20% od dimenzije odlivka
- dodaci za ulivni system i hranitelje 15% od mase potrebnog materijala
- dodaci za sagorevanje(odgor) elemenata (zbirni) pri topljenju su 1,8% od mase potrebnog materijala.
- rastur materijala u operaciji livenja 7% od potrebne mase materijala.

Usvojiti da je škart materijala u proseku 4% od mase potrebnog materijala.



Slika 3.1. Konačne dimenzije odlivka

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Rešenje:

Obrazac koj se koristi za izračunavanje norme utroška direktnog materijala za dati slučaj je:  $n_{Di} = V_i \cdot (1 + \Delta D_{ij} + \Delta D_{io} + \Delta D_{ir} + \Delta D_{i\text{š}} + \Delta D_{ie})$

Obzirom da se izradjuje 20 jednakih odlivaka, tada je potrebno izračunati normu utroška materijala za jedan komad i potom tu vrednost pomnožiti sa brojem odlivaka, međutim na osnovu konfiguracije odlivka očigledno je da ga treba posmatrati kao sklop od dva dela:

$V_i$  – masa dela u obrađenom stanju

$\Delta D_{ij}$  – dodatak za obradu u %

$\Delta D_{io}$  – otpadak u %

$\Delta D_{ir}$  – rastur u %

$\Delta D_{i\text{š}}$  – škart u %

$\Delta D_{ie}$  – odgor u %

u konkretnom slučaju je:

$$n_{D1} = V_1 \cdot (1 + \Delta D_{1j} + \Delta D_{1o} + \Delta D_{1r} + \Delta D_{1\text{š}} + \Delta D_{1e})$$

$$n_{D2} = V_2 \cdot (1 + \Delta D_{2j} + \Delta D_{2o} + \Delta D_{2r} + \Delta D_{2\text{š}} + \Delta D_{2e})$$

Masa posmatranog komada u obrađenom stanju je suma mase dva sastavna dela koji čine :

$$V = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \gamma \cdot A_1 \cdot L_1 = \gamma \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot L_1 = 8 \cdot \frac{20^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 5 = 12560 \text{ g}$$

$$V_2 = \gamma \cdot A_2 \cdot L_2 = \gamma \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot L_2 = 8 \cdot \frac{5^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 15 = 2355 \text{ g}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$V = V_1 + V_2 = 12560 + 2355 = 14915 \text{ g}$$

Proračun dodatka za obradu  $\Delta D_{1j}$

$$- \Delta D_{1j}$$

Visina komada pre obrade se računa na osnovu zadatih dodataka za obradu kao:

$$L_1 = L_{10} + 3 \cdot L_{10}/100 + 20 \cdot L_{10}/100 = 50 + 3 \cdot 50/100 + 20 \cdot 50/100 = 61,5 \text{ mm}$$

Prečnik cilindra pre obrade se računa na osnovu zadatih dimenzija za obradu kao:

$$d_1 = d_{10} + 6 \cdot d_{10}/100 = 200 + 6 \cdot 200/100 = 212 \text{ mm}$$

Na osnovu toga je masa gornjeg cilindra u sirovom neobrađenom stanju, sa uključenim predviđenim dodacima za obradu:

$$V_1' = \gamma \cdot A_1' \cdot L_1' = 8 \cdot \frac{21,2^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 6,15 = 17358,27 \text{ g}$$

Prema tome povećanje mase usled dodatka za obradu iznosi:

$$\Delta D_{1j} = \frac{V_1' - V_1}{V_1} \cdot 100 = \frac{17358,27 - 12560}{12560} \cdot 100 = 38,20\%$$

$$- \Delta D_{2j}$$

Visina komada pre obrade se računa na osnovu zadatih dodataka za obradu kao:

$$L_2 = L_{20} + 3 \cdot L_{10}/100^* = 150 + 3 \cdot 150/100 = 154,5 \text{ mm}$$

(\* ne računa se dodatak na gornju površinu zato što je to površina kontakta dvaju komada)

Prečnik cilindra pre obrade se računa na osnovu zadatih dimenzija za obradu kao:



## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

$$d_2 = d_{20} + 6 \cdot d_{20}/100 = 50 + 6 \cdot 50/100 = 53 \text{ mm}$$

Na osnovu toga je masa donjeg cilindra u sirovom neobrađenom stanju, sa uključenim predviđenim dodacima za obradu:

$$V_2' = \gamma \cdot A_2' \cdot L_2' = 8 \cdot \frac{5,3^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 15,45 = 2725,46 \text{ g}$$

Prema tome povećanje mase usled dodatka za obradu iznosi:

$$\Delta D_{2j} = \frac{V_2' - V_2}{V_2} \cdot 100 = \frac{2725,46 - 2355}{2355} \cdot 100 = 15,73\%$$

Na osnovu toga je:

$$n_{D1} = V_1 \cdot (1 + \Delta D_{1j} + \Delta D_{1o} + \Delta D_{1r} + \Delta D_{1s} + \Delta D_{1e}) = 12560 \cdot (1 + 0,382 + 0,15 + 0,018 + 0,07 + 0,04) = 20849,6 \text{ g}$$

$$n_{D2} = V_2 \cdot (1 + \Delta D_{2j} + \Delta D_{2o} + \Delta D_{2r} + \Delta D_{2s} + \Delta D_{2e}) = 2355 \cdot (1 + 0,1573 + 0,15 + 0,018 + 0,07 + 0,04) = 3380,13 \text{ g}$$

Ukupna norma utroška materijala je:

$$n_D = n_{D1} + n_{D2} = 20849,6 + 3380,13 = 24229,73 \text{ g}$$

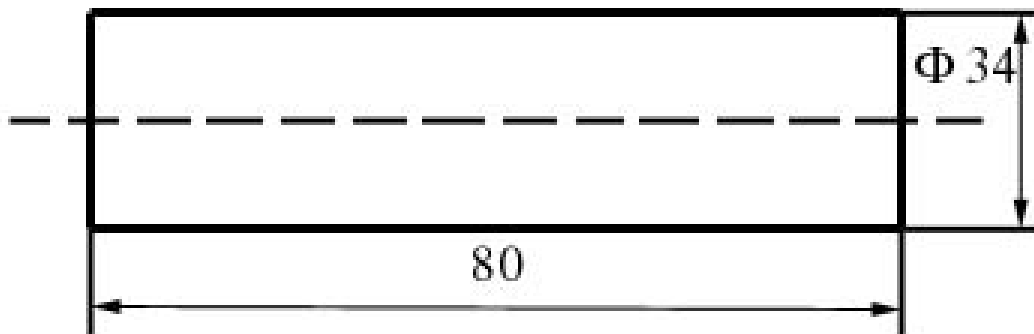
razlika u utrošku direktnog materijala usled dodatka za obradu I otpadak iznosi :

$$R = n_d - V = 24229,73 - 14915 = 9314,73 \text{ gr}$$

Odnosno  $\%R = \frac{9314,73}{14925} \cdot 100 = 62,41\%$  ,od čega najveći deo otpada na dodatke za obradu.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

**Zadatak 34.** Potrebno je izračunati normative materijala za izradu cilindra od čelične šipke Č.0645, dimenzija datih na slici 3.2..



*Slika. 3.2. Dimenzije cilindra koga treba izraditi*

Na osnovu zahteva sa crteža na slici 3.2, treba uzeti sledeće dodatke u materijalu u odnosu na prečnik ( $d$ ) i dužinu ( $L$ ), gotovog dela:

Za dimenziju  $d$ :

- dodatak za grubu uzdužnu obradu: 3mm,
- dodatak za finu uzdužnu obradu: 1,2 mm,
- dodatak za brušenje: 0,48 mm.

Za dimenziju  $L$ :

- dodatak za grubu poprečnu obradu: 3mm
- dodatak za širinu alata (noža), prilikom odsecanja:  $PO = 4\text{mm}$

Dužina šipke od koje se režu cilindri željenih dimenzija je 7000 mm, jedna serija sadrži 1600 kom cilindra.

Rastur i škart materijala u ovom slučaju izostaviti, jer prema uslovima u proizvodnji škarta nema, a priroda materijala je takva da rastura ne može biti. Gustina čelika datog sastava je  $\gamma = 7,8 \text{ g/cm}^3$ .

*Rešenje:*

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Obrazac koj se koristi za izračunavanje norme utroška direktnog materijala je:  $n_{Di} = V_i \cdot (1 + \Delta D_{ij} + \Delta D_{io} + \Delta D_{ir} + \Delta D_{is})$

U ovom slučaju  $i = 1$ , jer se posmatra proizvod koj se sastoji od samo jednog dela (cilindar)

$V_i$  – masa dela u obrađenom stanju

$\Delta D_{ij}$  – dodatak za obradu u %

$\Delta D_{io}$  – otpad u %

$\Delta D_{ir}$  – rastur u %

$\Delta D_{is}$  – škart u %

u konkretnom slučaju je:

$$n_{D1} = V_i \cdot (1 + \Delta D_{1j} + \Delta D_{1o})$$

Masa posmatranog cilindra u obrađenom stanju je:

$$V_1 = \gamma \cdot A \cdot L = \gamma \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot L = 7,8 \cdot \frac{3,4^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 8 = 566,255 \text{ g}$$

Proračun dodatka za obradu  $\Delta D_{1j}$

Dužina cilindra pre obrade se računa na osnovu zadatih dodatka za obradu kao:

$$L = L_o + 3 + 4 = 80 + 3 + 4 = 87 \text{ mm}$$

Prečnik cilindra pre obrade se računa na osnovu zadatih dimenzija za obradu kao:

$$D = d_o + 3 + 1,2 + 0,48 = 34 + 3 + 1,2 + 0,48 = 38,68 \text{ mm}$$

Ovaj prečnik zaokružićemo na  $d = 40 \text{ mm}$ , zbog usaglašenosti sa standardnim prečnicima valjanih šipki.

Obzirom da je dužina šipke od koje se režu cilindri 7000 mm, od jedne šipke može se izrezati sledeći broj cilindara:

$$7000/87 = 80,45 \text{ kom}$$

Pri tome sledi da po jednoj šipki ostaje:

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$\Delta G = 0,45 \cdot 87 = 39 \text{ mm}$$

Odnosno po jednoj šipki to je gubitak od:

$$39/80 = 0,487 \text{ mm}$$

što se mora dodati na dužinu L, jer se taj ostatak tretira kao neiskoristiv, te je stvarna dužina:

$$L' = L + 0,487 = 87 + 0,487 = 87,487 \text{ mm}$$

Na osnovu toga je masa jednog cilindra u sirovom neobrađenom stanju, sa uključenim predviđenim dodacima za obradu:

$$V' = \gamma \cdot A' \cdot L' = 7,8 \cdot \frac{4^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 8,75 = 857,22 \text{ g}$$

Prema tome povećanje mase usled dodatka za obradu iznosi:

$$\Delta D_{ij} = \frac{V' - V}{V} \cdot 100 = \frac{857,22 - 566,255}{566,255} \cdot 100 = 51,38\%$$

Proračun dodatka zbog otpadaka ( $\Delta D_o$ )

Već je izražunato da je dodatak zbog otpadka na svaki pojedinačni cilindar 0,487 mm, prema tome porast mase cilindra usled ovog dodatka je:

$$V'' = \gamma \cdot A' \cdot 0,487 = 7,8 \cdot \frac{4^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 0,0487 = 4,77 \text{ gr}$$

Odnosno povećanje mase usled dodatka za obradu je:

$$\Delta D_o = \frac{\Delta V''}{V} \cdot 100 = \frac{4,77}{566,255} \cdot 100 = 0,84\%$$

Na osnovu toga je norma potrebnog materijala za izradu jednog cilindra datih dimenzija:

$$n_{Di} = V \cdot (1 + \Delta D_{ij} + \Delta D_{io}) = 566,255 \cdot (1 + 0,5138 + 0,0084) = 861,95 \text{ g}$$

razlika u utrošku direktnog materijala usled dodatka za obradu otpadak iznosi :

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$R = n_d - V = 861,95 - 566,255 = 295,69 \text{ gr}$$

Odnosno  $\%R = \frac{295,69}{566,255} \cdot 100 = 52,22\%$  ,od čega najveći deo otpada na dodatke za obradu.

Obzirom da se od jedne šipke izrađuje 80 komada cilindara, a jedna serija ima 1600 komada, potreban broj šipki za izradu je:  $1600/80 = 200$  komada.

### 4. NEPOSREDNA PRIPREMA PROIZVODNJE

#### 4.1. OPERATIVNO PLANIRANJE (METODA URAVNOTEŽAVANJA PLANA I OSTVARENJA - LOB)

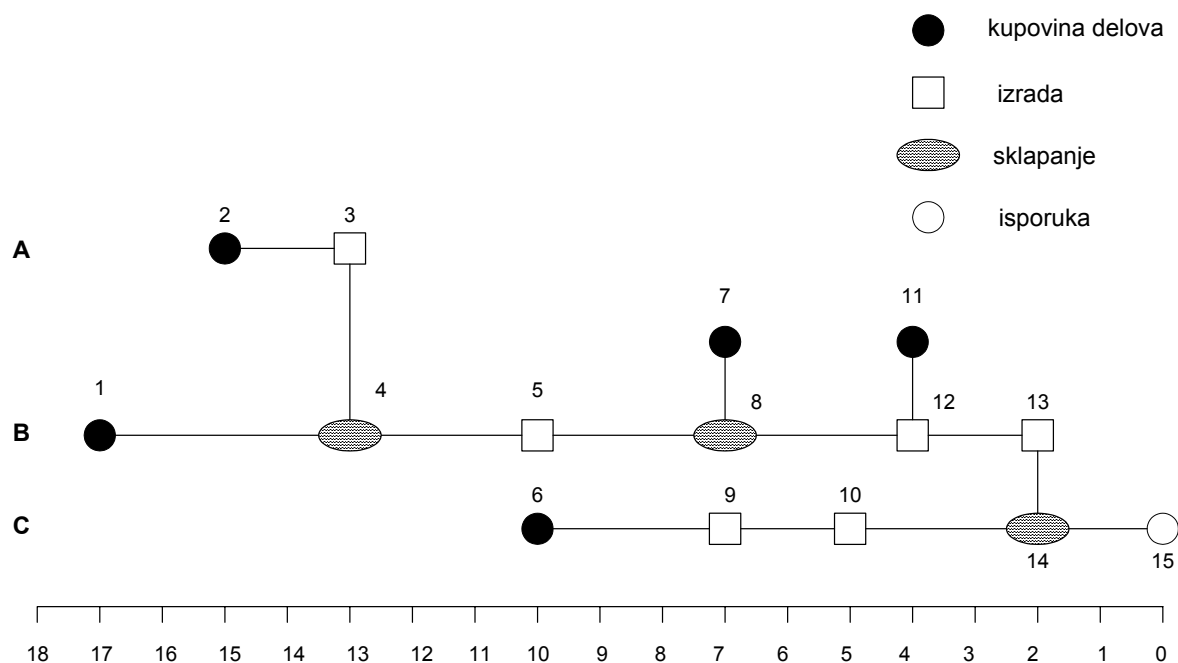
**Zadatak 35** Neki proizvod se sastoji od tri podsklopa: A, B i C. Pojedine delove podsklopova potrebno je izraditi u samoj fabrici dok ostale treba nabaviti naručivanjem. Stvarni zahtevi isporuke gotovih proizvoda dati su u tabeli 4.1., dok je dijagram vremenskih rokova dat na slici 4.1. Za kontrolni period usvojiti četvrtu nedelju. Koristeći LOB metodu, izvršiti analizu ispunjenja zadatih zahteva isporuke gotovih proizvoda.

Tabela 4.1. Stvarni zahtevi isporuke gotovih proizvoda

Raspored završetka	
<i>nedelja</i>	<i>zahtev</i>
0	0
1	12
2	12
3	12
4	12
5	12
6	12
7	12
8	12
9	12
10	12

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Na osnovu gornje tabele očigledna je linearna zavisnost zahtevanih gotovih proizvoda po nedeljama, mada u konkretnim slučajevima ta zavisnost može biti i nelinearna.



Slika 4.1. Dijagram vremenskih rokova

### Rešenje

Prvi korak u rešavanju problema ovakve vrste jeste formiranje tabele kumulativnog završetka projekta, tabela 4.2. Ova tabela se konstruiše tako što se tabeli 4.1. pridodaje još jedna kolona u kojoj se upisuje kumulativna vrednost zahteva.

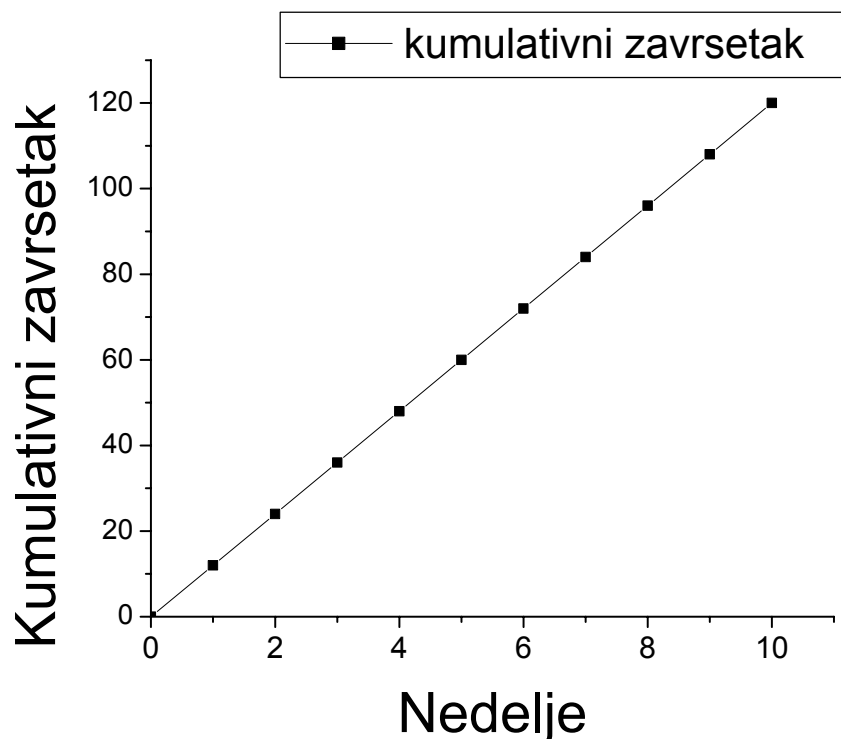
## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

Tabela 4.2. Kumulativni završetak

<i>nedelja</i>	<i>zahtev</i>	<i>Kumulativni broj gotovih jedinica</i>
0	0	0
1	12	12
2	12	24
3	12	36
4	12	48
5	12	60
6	12	72
7	12	84
8	12	96
9	12	108
10	12	120

Sada je potrebno konstruisati grafik kumulativnog završetka projekta, koj je zapravo grafička ilustracija prethodne tabele, slika 4.2.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 4.2. Grafički prikaz kumulativnog završetka projekta

Tekstom zadatka je naglašeno da je kontrolni period za koj treba konstruisati LOB četvrta nedelja, na taj način, obzirom da je vremenski rok za ceo projekat 17 dana ukoliko bismo usvojili sedam radnih dana u nedelji imali bismo situaciju:  $17/7 = 2,43$  Nedelja. Ukoliko bismo usvojili šest radnih dana tada je  $17/6 = 2,83$  Nedelja. Dalje je  $17/5 = 3,4$  Nedelja pa je prema tome potrebno usvojiti 5 radnih dana u nedelji.

Sada se svaka od 15 operacija sa dijagrama vremenskih rokova treba analizirati u zadatim uslovima:

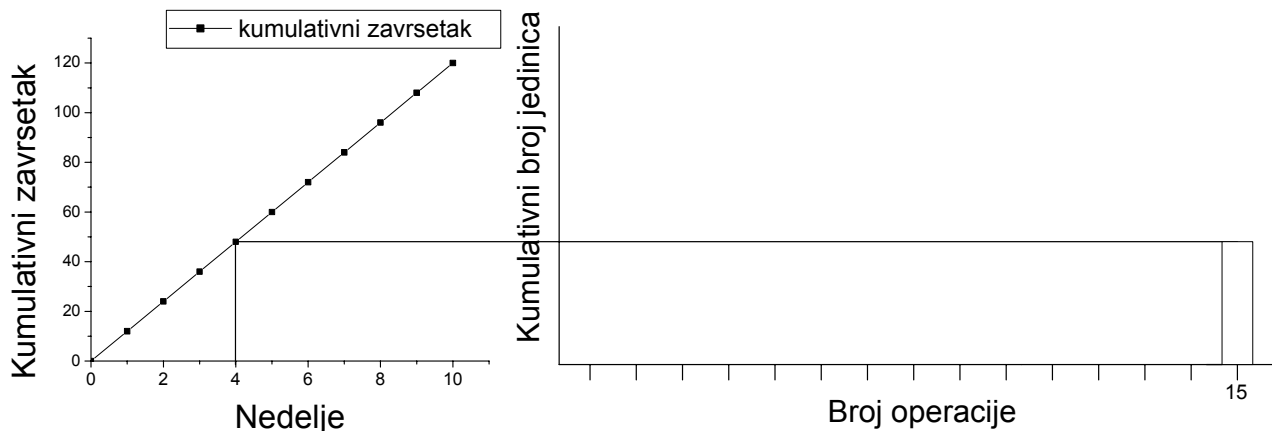
### **Operacija 15.**

Obzirom da je kontrolna četvrta Nedelja, operacija 15 koja predstavlja isporuku gotovih proizvoda trebala bi da bude okončana u potpunosti. Te je za nju vremenski rok pre završetka = 0 dana.



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Prema tome kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 0 = 4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele \*\* jednak 48 jedinica. Ova se vrednost može odrediti i grafički, korišćenjem dijagrama sa slike 4.2.



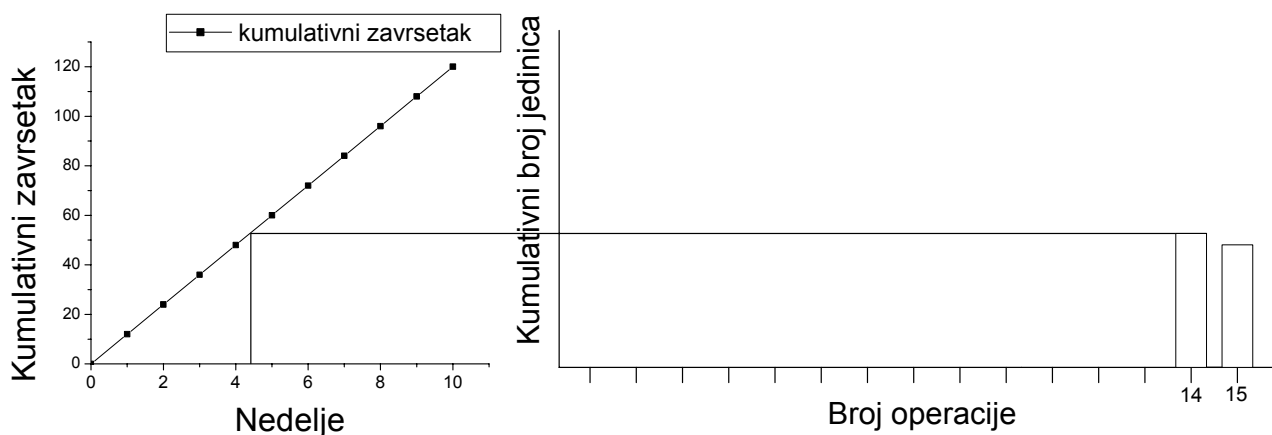
Slika 4.3. Određivanje kumulativnog broja jedinica za operaciju 15

### Operacija 14.

Vremenski rok pre završetka za operaciju 14 sa dijagrama \* je 2 dana, odnosno  $2/5 = 0,4$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 0,4 = 4,4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele \*\* jednak= 48 komada za 4 nedelje +  $12 \cdot 0,4 = 48 + 4,8 = 52,8$  jedinica, što zaokružujemo na 53 jedinica. Grafički prikazano to izgleda na sledeći način:

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 4.4. Određivanje kumulativnog broja jedinica za operaciju 14

### Operacija 13.

Vremenski rok pre završetka za operaciju 13 sa dijagrama \* je 2 dana, odnosno  $2/5 = 0,4$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 0,4 = 4,4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 48 komada za 4 nedelje +  $12 \cdot 0,4 = 48 + 4,8 = 52,8$  jedinica, što zaokružujemo na 53 jedinica, isto kao i kod operacije 14.

### Operacija 12.

Vremenski rok pre završetka za operaciju 12 sa dijagrama 4.1. je 4 dana, odnosno  $4/5 = 0,8$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 0,8 = 4,8$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 48 komada za 4 nedelje +  $12 \cdot 0,8 = 48 + 9,6 = 57,6$  jedinica, što zaokružujemo na 58 jedinica.

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

### ***Operacija 11.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 11 sa dijagrama 4.1, je 4 dana, odnosno  $4/5 = 0,8$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 0,8 = 4,8$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 48 komada za 4 nedelje +  $12 * 0,8 = 48 + 9,6 = 57,6$  jedinica, što zaokružujemo na 58 jedinica, isto kao kod operacije 12.

### ***Operacija 10.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 10 sa dijagrama 4.1, je 5 dana, odnosno  $5/5 = 1$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 1 = 5$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 60 komada za 5 nedelje +  $12 * 0 = 60 + 0 = 60$  jedinica.

### ***Operacija 9.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 9 sa dijagrama 4.1. je 7 dana, odnosno  $7/5 = 1,4$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 1,4 = 5,4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 60 komada za 5 nedelje +  $12 * 0,4 = 60 + 4,8 = 64,8$  jedinica, zaokružujemo na 65 jedinica.

### ***Operacija 8.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 8 sa dijagrama 4.1 je 7 dana, odnosno  $7/5 = 1,4$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 1,4 = 5,4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 60 komada

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

za 5 nedelje +  $12 \cdot 0,4 = 60 + 4,8 = 64,8$  jedinica, zaokružujemo na 65 jedinica, kao kod operacije 9.

### ***Operacija 7.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 7 sa dijagrama 4.1 je 7 dana, odnosno  $7/5 = 1,4$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 1,4 = 5,4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2 jednak= 60 komada za 5 nedelje +  $12 \cdot 0,4 = 60 + 4,8 = 64,8$  jedinica, zaokružujemo na 65 jedinica, kao kod operacije 8.

### ***Operacija 6.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 6 sa dijagrama 4.1 je 10 dana, odnosno  $10/5 = 2$  Nedelje.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 2 = 6$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2 jednak= 72 komada za 6 nedelje +  $12 \cdot 0 = 72 + 0 = 72$  jedinica.

### ***Operacija 5.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 5 sa dijagrama 4.1. je 10 dana, odnosno  $10/5 = 2$  Nedelje.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 2 = 6$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 72 komada za 6 nedelje +  $12 \cdot 0 = 72 + 0 = 72$  jedinica, isto kao za operaciju 6.

### ***Operacija 4.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 4 sa dijagrama 4.1. je 13 dana, odnosno  $13/5 = 2,6$  Nedelje.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 2,6 = 6,6$  Nedelja. Na taj način je

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 72 komada za 6 nedelje +  $12 \cdot 0,6 = 72 + 7,2 = 79,2$  jedinica, što zaokružujemo na 80 jedinica.

### ***Operacija 3.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 3 sa dijagrama 4.1. je 13 dana, odnosno  $13/5 = 2,6$  Nedelje.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 2,6 = 6,6$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 72 komada za 6 nedelje +  $12 \cdot 0,6 = 72 + 7,2 = 79,2$  jedinica, što zaokružujemo na 80 jedinica, isto kao za operaciju 4.

### ***Operacija 2.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 2 sa dijagrama 4.1. je 15 dana, odnosno  $15/5 = 3$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 3 = 7$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 84 komada za 7 nedelje +  $12 \cdot 0 = 84 + 0 = 84$  jedinica.

### ***Operacija 1.***

Vremenski rok pre završetka za operaciju 1 sa dijagrama 4.1. je 17 dana, odnosno  $17/5 = 3,4$  Nedelja.

Prema tome je: kumulativna tačka razmatranja = kontrolna Nedelja + vremenski rok pre završetka =  $4 + 3,4 = 7,4$  Nedelja. Na taj način je kumulativni broj gotovih jedinica, na osnovu tabele 4.2. jednak= 84 komada za 7 nedelje +  $12 \cdot 0,4 = 84 + 4,8 = 88,8$  jedinica.

Prethodni proračun kumulativnog broja gotovih jedinica, dat je u sledećoj tabeli 4.3.

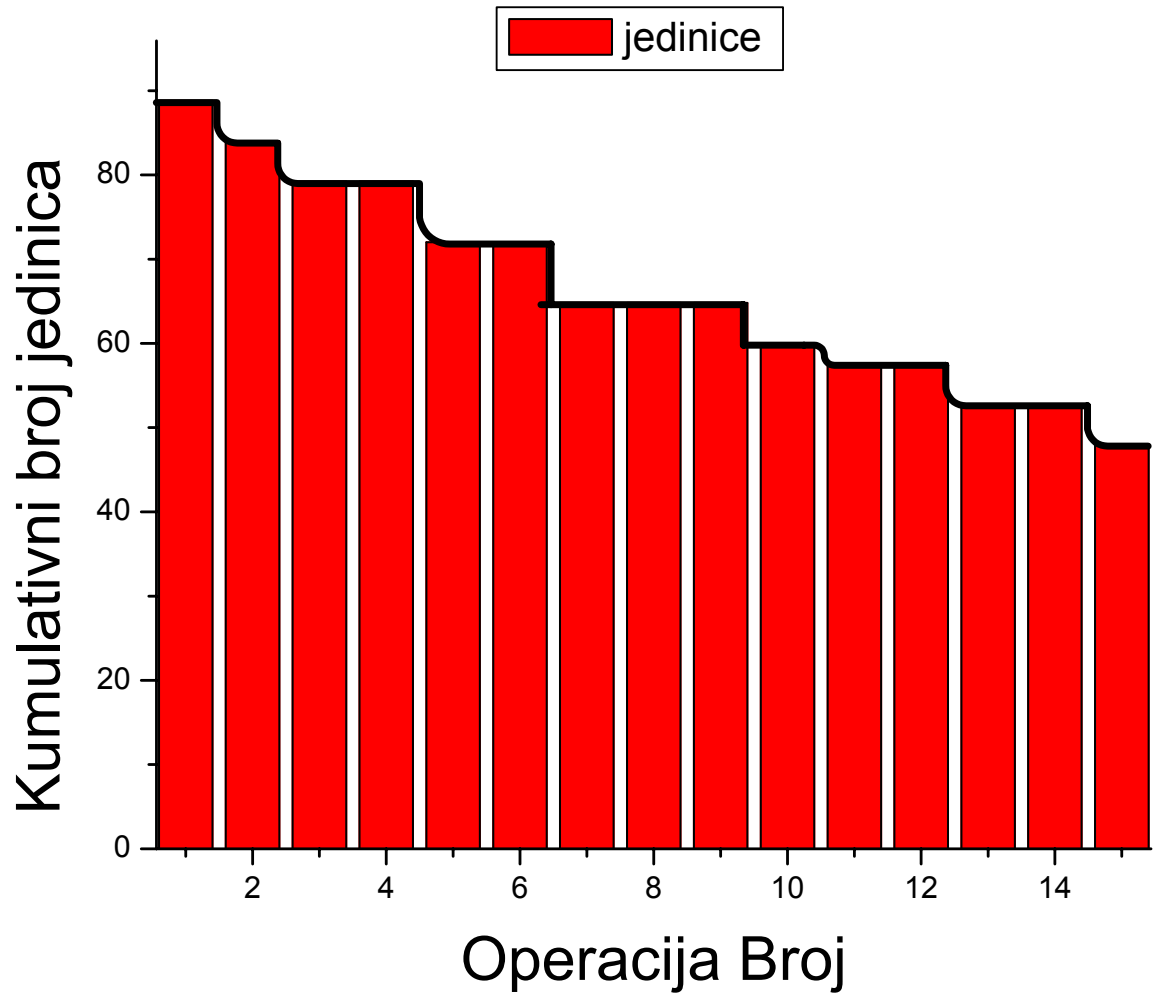
## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

Tabela 4.3. Konačni proračun LOB metode

Operacija broj	Vremenski rok pre završetka (dani)	Vremenski rok pre završetka (nedelje)	Tačka razmatranja	Broj punih nedelja	Kumulativni završetak (jedinice) (a)	Parcijalni broj nedelja	Parcijalni nedeljni završetak (b)	Ukupno završene jedinice (c=a+b)
1	17	3,4	7,4	7	84	8	$0,4 \cdot 12 = 4,8$	$88,8 \cong 89$
2	15	3	7	7	84	8	$0 \cdot 12 = 0$	84
3	13	2,6	6,6	6	72	7	$0,6 \cdot 12 = 7,2$	$79,2 \cong 80$
4	13	2,6	6,6	6	72	7	$0,6 \cdot 12 = 7,2$	$79,2 \cong 80$
5	10	2	6	6	72	7	$0 \cdot 12 = 0$	72
6	10	2	6	6	72	7	$0 \cdot 12 = 0$	72
7	7	1,4	5,4	5	60	6	$0,4 \cdot 12 = 4,8$	$64,8 \cong 65$
8	7	1,4	5,4	5	60	6	$0,4 \cdot 12 = 4,8$	$64,8 \cong 65$
9	7	1,4	5,4	5	60	6	$0,4 \cdot 12 = 4,8$	$64,8 \cong 65$
10	5	1	5	5	60	6	$0 \cdot 12 = 0$	60
11	4	0,8	4,8	4	48	5	$0,8 \cdot 12 = 9,6$	$57,6 \cong 58$
12	4	0,8	4,8	4	48	5	$0,8 \cdot 12 = 9,6$	$57,6 \cong 58$
13	2	0,4	4,4	4	48	5	$0,4 \cdot 12 = 4,8$	$52,8 \cong 53$
14	2	0,4	4,4	4	48	5	$0,4 \cdot 12 = 4,8$	$52,8 \cong 53$
15	0	0	4	4	48	5	$0 \cdot 12 = 0$	48

Na taj način, korišćenjem podataka iz tabele 4.3, moguće je konstruisati Line of Balancing (LOB) dijagram.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 4.5. Izgled konstruisane LOB

Na osnovu ovako konstruisane LOB linije, moguće je vršiti upoređenje potrebne količine jedinica, pojedinih operacija, sa stvarnom količinom.

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

**Zadatak 36.** Ukoliko je u realnom poslovno proizvodnom sistemu, za koj je konstruisan LOB dijagram u prethodnom zadatku, realno ostvarena količina proizvoda po operacijama prikazana u sledećoj tabeli, tabela 4.4, izvršiti analizu ostvarenih zahteva.

Tabela 4.4.

Operacija broj	Realno ostvarena količina po operacijama
1	92
2	86
3	80
4	80
5	76
6	70
7	65
8	65
9	60
10	60
11	60
12	58
13	53
14	53
15	48

*Rešenje:*

Prvo je potrebno izvršiti upoređenje planiranih količina po operacijama (na osnovu LOB metode) sa realno ostvarenim vrednostima. Rezultati ovog upoređenja prikazani su u tabeli 4.5.



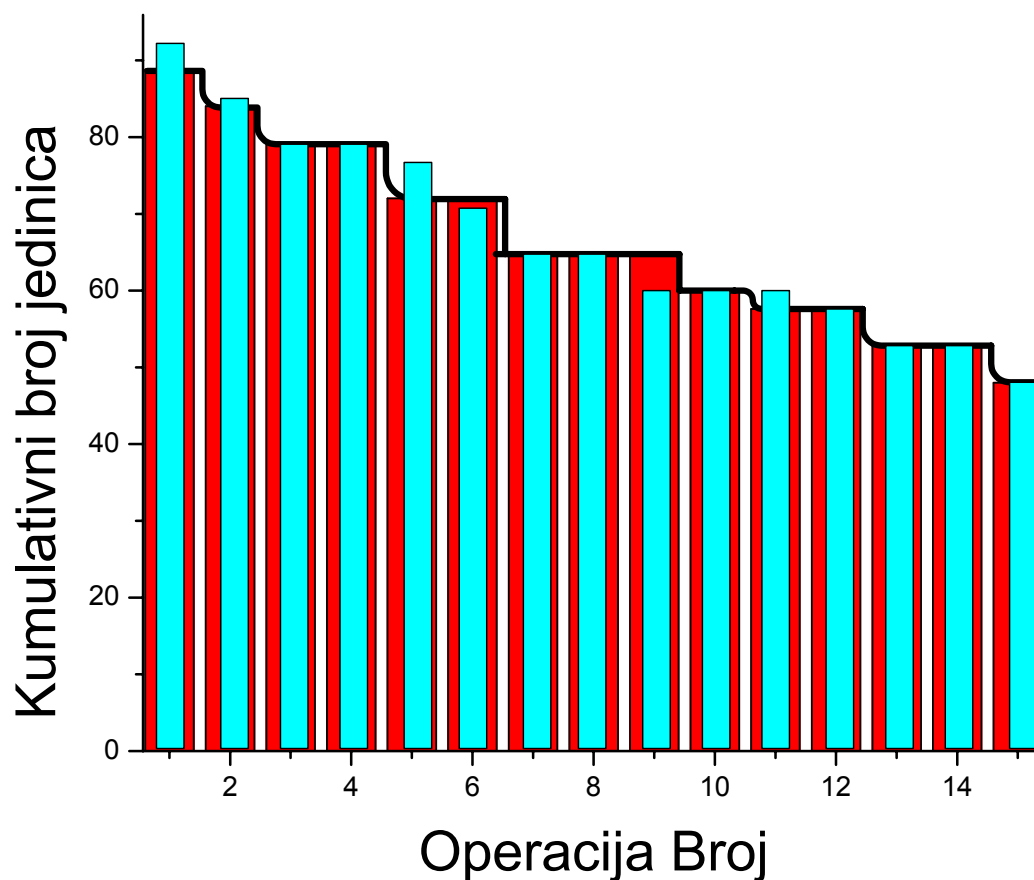
## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Tabela 4.5. Upoređenje planiranih i ostvarenih vrednosti

Operacija broj	Planirana količina po operacijama	Realno ostvarena količina po operacijama
1	89	92
2	84	86
3	80	80
4	80	80
5	72	76
6	72	70
7	65	65
8	65	65
9	65	60
10	60	60
11	58	60
12	58	58
13	53	53
14	53	53
15	48	48

Na osnovu tabele 4.5, moguće je formirati sledeće grafičko upoređenje LOB sa realnom količinom proizvoda.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 4.6. Uporedni dijagram stvarne i planirane količine proizvoda po operacijama

Na osnovu dijagrama, sa prethodne slike, moguće je izvesti sledeće zaključke:

Operacija 1, koja predstavlja kupovinu delova za sklop B je premašila očekivanu količinu. Operacija 2, kupovina delova za sklop A je takođe iznad planiranih vrednosti. Operacija 3 Izrada delova za sklop A je u okviru planiranih količina. Operacija 4, sklapanje sklopa A I njegova ugradnja u sklop B je u okviru planiranih količina. Operacija 5, izrada delova za sklop B, je iznad planiranih količina, Operacija 6, kupovina delova za sklop C, je ispod planiranih vrednosti. Operacija 7, kupovina delova za sklop B, je u

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

okviru plana. Operacija 8, sklapanje kupljenih delova u sklop 8, je u okviru plana. Operacija 9, proizvodnja delova za sklop C, je ispod plana. Operacija 10, proizvodnja delova za sklop C, je u okviru plana. Operacija 11, kupovina delova za sklop B, je iznad plana. Operacija 12, izrada delova za sklop B, je u okviru plana. Operacija 13, izrada delova za sklop B, je u okviru plana. Operacija 14, spajanje sklopa B i C, je u okviru plana. Operacija 15, isporuka gotovih proizvoda, je takođe u okviru planiranih količina. Međutim, iako je u periodu od četiri Nedelja plan ispunjen, dugoročno posmatrano neusklađenost pojedinih operacija sa planom dovela bi do toga da količina isporučenih proizvoda u određenom momentu bude manja od planirane. Iz tih razloga je potrebno prilagoditi pojedine operacije, da njihova vrednost bude jednaka onoj proračunatoj LOB metodom.

### **4.2. ORGANIZACIJA OBEZBEĐIVANJA MATERIJALA ZA PROIZVODNJU (UPRAVLJANJE ZALIHAMA)**

**Zadatak 37.** Izračunati ukupne troškove obezbeđivanja materijala ( nabavke i skladištenja) za planiranu proizvodnju u intervalu vremena od tri meseca , ukoliko je za taj period ukupno potrebna količina materijala  $R = 207\ 000\ t$  . Troškovi skladištenja po toni materijala su 58 dinara a troškovi naručivanja po jednoj narudžbini  $C_s = 12\ 000\ din$ .

Zadatak prvo rešiti bez upotrebe modela optimizacije zaliha , a potom korišćenjem optimalne veličine porudžbe i nakon toga upotediti rezultate. Optimizaciju izvršiti modelom permanentnog trošenja i obnavljanja zaliha.

*Rešenje:*

Ukupni troškovi obezbeđivanja materijala računaju se na osnovu obrasca:

$$C = (1/2 \cdot C_1 \cdot G \cdot T_s + C_s) \cdot \frac{R}{G}$$

Gde su :  $R$  – ukupna količina koju treba nabaviti ( 207 000 t )

$T$  – ukupno vreme za koje se vrši planiranje ( 3 meseca = 90 dana)

$C_1$  – troškovi skladištenja po toni materijala ( 58 din/ t )

$C_s$  – troškovi naručivanja po jednoj narudžbini ( 12 000 din )

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

G – veličina porudžbine

$T_s$  – vreme skladištenja jedne porudžbine

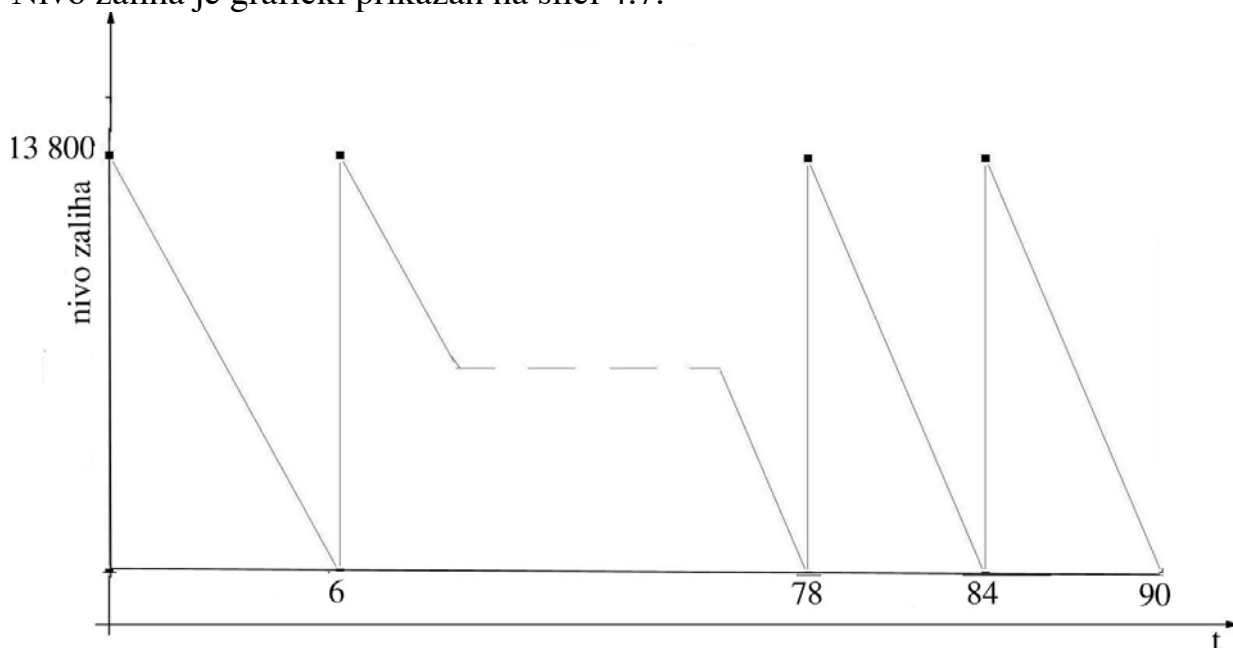
Prvo ćemo usvojiti da se ukupna količina od 207 000 t naručuje kroz npr. 15 porudžbina, na taj način je veličina jedne porudžbine:

$$\frac{R}{15} = \frac{207000}{15} = 13\,800 \text{ t} = G$$

Prema tome je vreme skladištenja jedne porudžbine :

$$T_s = \frac{T}{15} = \frac{90}{15} = 6 \text{ dana}$$

Nivo zaliha je grafički prikazan na slici 4.7.



Slika 4.7. Grafički prikaz usvojenog nivoa zaliha

Ukupni troškovi obezbeđivanja materijala su :

$$C = \left( \frac{1}{2} \cdot 58 \cdot 13\,800 \cdot 6 + 12\,000 \right) \cdot \frac{207000}{138000}$$

$$C = 36\,198\,000 \text{ din}$$

Sada ćemo primeniti metodu optimizacije zaliha.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Optimalna veličina porudžbine računa se na osnovu sledeće optimizacije:

$$C = (1/2 \cdot C_1 \cdot G \cdot T_s + C_s) \cdot \frac{R}{G} = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot T_s \cdot R + C_s \cdot \frac{R}{G}$$

Obzirom da je:

$$\frac{T}{T_s} = \frac{R}{G} \Rightarrow T_s = \frac{T \cdot G}{R}$$

Na osnovu čega je:

$$C = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot T \cdot G + C_s \cdot \frac{R}{G}$$

$$\frac{\partial C}{\partial G} = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot T - \frac{C_s \cdot R}{G^2}$$

Uslov za minimum je:  $\frac{\partial C}{\partial G} = 0$

Odatle je:

$$G = \pm \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}}$$

Odnosno obzirom na karakter veličine G:

$$G_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12000 \cdot 207000}{58 \cdot 90}} = 975,56 \text{ t}$$

Na taj način je broj porudžbina :

$$\frac{207000}{975,56} = 212, \text{ pa je vreme skladištenja jedne porudžbine:}$$

$$T_s = \frac{90}{212} = 0,42 \text{ dana} = 10^{\text{h}}$$

Samim tim je optimalna cena troškova obezbeđivanja materijala:

$$C_{\text{min}} = \left( \frac{1}{2} \cdot 58 \cdot 975,56 \cdot 0,42 + 12\,000 \right) \cdot \frac{207000}{975,56}$$

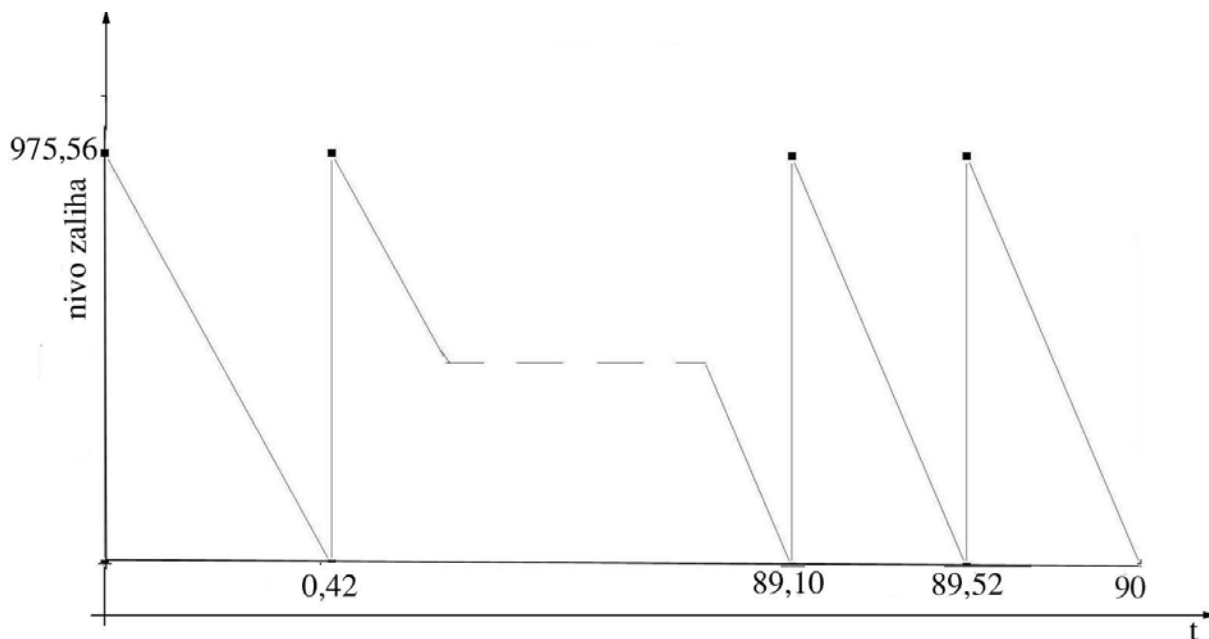
$$C_{\text{min}} = 5\,067\,490 \text{ din}$$

Smanjenje troškova obezbeđivanja materijala je :

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$\Delta G = 36\,198\,000 - 5\,067\,000 = 31\,130\,510 \text{ din}$$

Optimalni nivo zaliha je grafički prikazan na slici 4.8.



Slika 4.8. Grafički prikaz optimalnog nivoa zaliha

U ovom slučaju je očigledno povoljnije formirati veći broj manjih po obimu zaliha, zato što je niska cena naručivanja  $C_s$  a velika cena skladištenja po jednoj toni proizvoda  $C_1$ .

**Zadatak 38.** Izračunati ukupne troškove obezbeđivanja materijala za planiranu proizvodnju u intervalu vremena od 6 meseci ukoliko je za taj period ukupno potrebna količina materijala  $R = 78\,000$  t. Troškovi skladištenja po toni materijala su 12 din/dan; troškovi naručivanja po jednoj narudžbini su  $C_s = 80\,000$  din/nar. Takođe obzirom da se proizvodnja upravlja prema narudžbini, treba imati u vidu postojanje prekida u snabdevanju, čiji troškovi (troškovi zbog nedostatka materijala) iznose:  $C_2 = 8$  din/t dan. Prekid u snabdevanju je dva dana.

Zadatak prvo rešiti bez upotrebe optimizacije (slučajnim izborom veličine zaliha i veličine narudžbine), a potom izvršiti optimizaciju modelom sa prekidom snabdevanja.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Rešenje:

Ukupni troškovi u ovakvom slučaju računaju se na osnovu obrasca:

$$C = \left( \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot S \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot (G - S) \cdot T_2 + C_s \right) \cdot \frac{R}{G}$$

Gde su:

$C_1$  – troškovi skladištenja po jedinici materijala (12 din/t dan)

$C_2$  – troškovi zbog nedostatka materijala (8 din/t dan)

$C_s$  – troškovi naručivanja (80 000 din/nar)

$T_1$  – vreme kada na skladištu ima zaliha

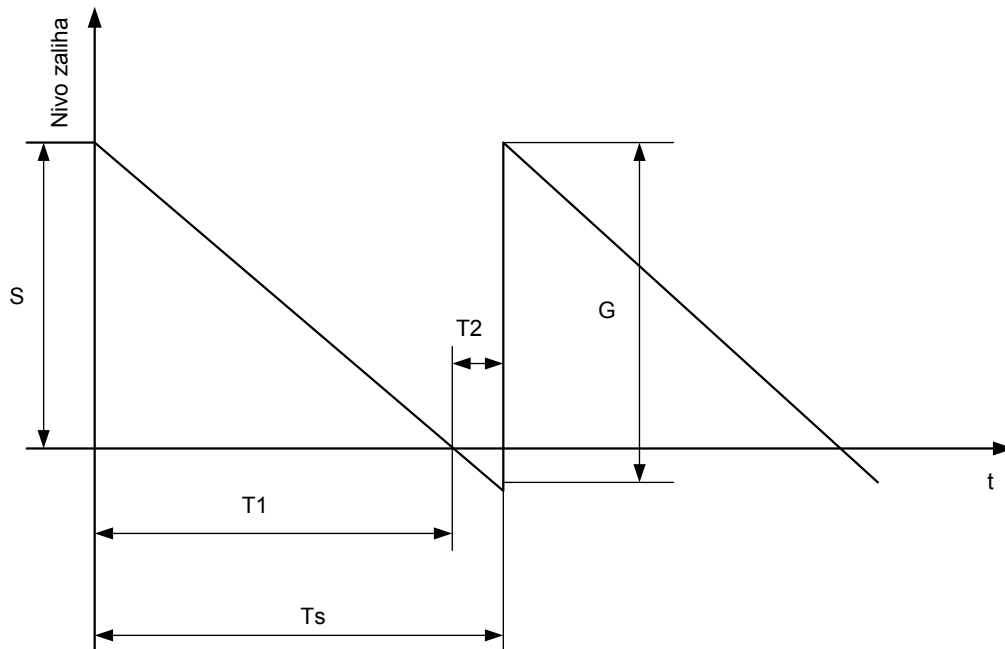
$T_2$  – vreme kada na skladištu nema zaliha

$T_s$  – ukupno vreme trajanja jednog ciklusa zaliha

$R$  – ukupna količina materijala koju treba naručiti (78 000 t)

$S$  – stvarna veličina porudžbe.

$G$  – veličina porudžbine kada nebi postojao period nedostatka materijala.



Slika 4.9. Nivo zaliha

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Zadatak ćemo prvo rešiti bez upotrebe optimizacije, tako što ćemo usvojiti da se celokupna količina od 78 000 t naručuje kroz 15 ciklusa narudžbe, tada je veličina jedne narudžbe:

$$R/n = G = 78\,000/15 = 5200 \text{ t}$$

Ukupno vreme trajanja jednog ciklusa zaliha je:

$$T_s = T/n = 180/15 = 12 \text{ dana, pri tome je: } T_2 = 2 \text{ dana; } T_1 = 10 \text{ dana.}$$

Sa slike 4.9. Je očigledna zavisnost:

$$\frac{T_1}{S} = \frac{T_s}{G}, \text{ pa je } S = \frac{T_1}{T_s} \cdot G = \frac{10}{12} \cdot 5200 = 4333,33 \text{ t}$$

sada je moguće izračunati ukupne troškove:

$$C = \left( \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot S \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot (G - S) \cdot T_2 + C_s \right) \cdot \frac{R}{G} = C = \left( \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 4333 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot (5200 - 4333) \cdot 2 + 80\,000 \right) \cdot \frac{78\,000}{5200} = 5203997,4 \text{ din}$$

Optimizacija modela zaliha vrši se na sledeći način:

$$C = \left( \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot S \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot (G - S) \cdot T_2 + C_s \right) \cdot \frac{R}{G}$$

Obzirom da važe jednakosti:  $T_1/S = T_s/G$ , odatle je  $T_1 = T_s \cdot \frac{S}{G}$

Takođe:  $T_2/(G-S) = T_s/G$ , pa je:  $T_2 = T_s \cdot \frac{G-S}{G}$

Vrednosti za  $T_1$  i  $T_2$  treba uvrstiti u gornju jednačinu za  $C$ , a potom diferencirati jednačinu ( $\frac{\partial C}{\partial G} = 0$ ), realno rešenje ove jednačine je:

$$G_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}}, \text{ odnosno:}$$

$$G_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80000 \cdot 78000}{12 \cdot 180}} \cdot \sqrt{\frac{12 + 8}{8}} = 3800 \text{ t}$$



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Obzirom da je  $n = R/G$ , sledi:  $n_{opt} = R/G_{opt} = 78000/3800 = 20$  serija

Pa je samim time  $T_s = T/n = 180/20 = 9$  dana, te je:

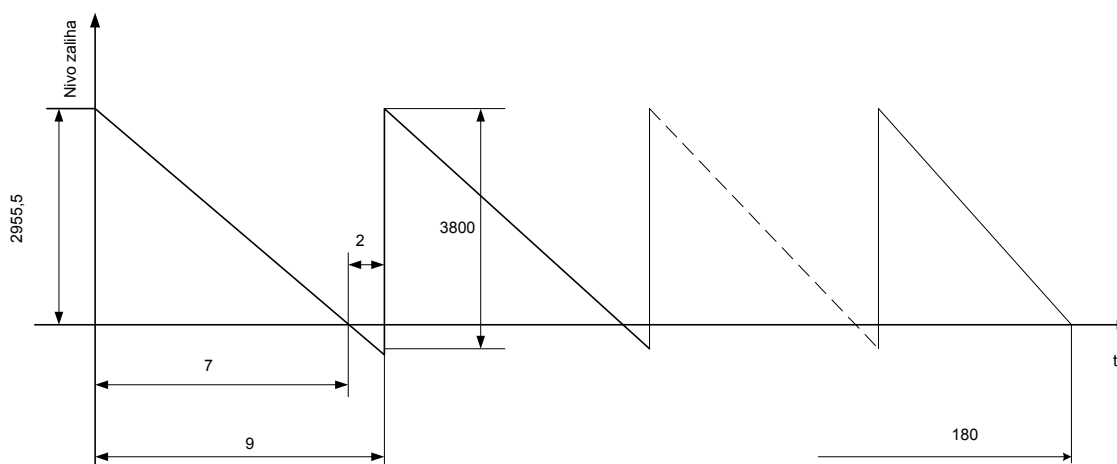
$$T_1 = T_s - T_2 = 9 - 2 = 7 \text{ dana}$$

$$I \quad S = \frac{T_1}{T_s} \cdot G = \frac{7}{9} \cdot 3800 = 2955,5 \text{ t}$$

Na taj način je minimalna vrednost ukupnih troškova:

$$C_{min} = \left( \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 2955,5 \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot (3800 - 2955,5) \cdot 2 + 80000 \right) \cdot \frac{78000}{3800} = 4328733,16 \text{ din}$$

Razlika je  $\Delta C = 5203997 - 4328733 = 875\,264$  din



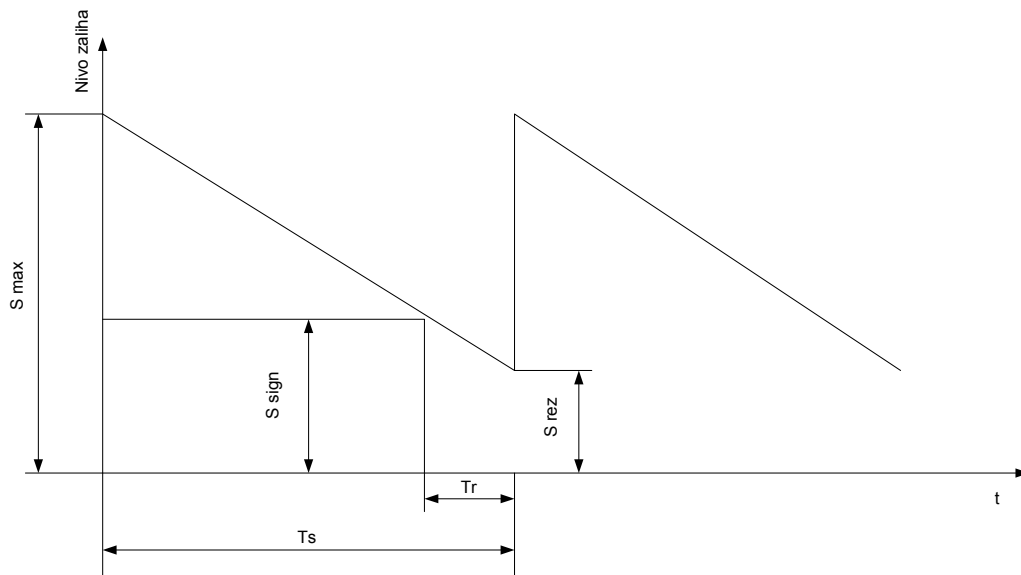
Sl. 4.10.

**Zadatak 39.** Odrediti signalni nivo zaliha (nivo kada se mora pokrenuti nivo naručivanja nove količine materijala) ukoliko je vreme potrebno za isporuku materijala 2 dana. Rezervna količina zaliha u skladištu je 30 000t. Najveći mogući nivo zaliha materijala je 112 000 t dok je ukupno vreme skladištenja po jenom ciklusu 12 dana.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Rešenje:

Ovde se radi o realnom pristupu određivanja nivoa zaliha prikazanom na slici 4.11.



Slika 4.11. Signalni nivo zaliha

Signalni nivo zaliha se izračunava na osnovu obrasca:

$$S_{\text{sign}} = S_{\text{rez}} + T_r \cdot k$$

$S_{\text{rez}}$  – rezervna količina materijala u skladištu (rezervni nivo zaliha)

$$S_{\text{rez}} = 30\,000 \text{ t}$$

$T_r$  – vreme potrebno za isporuku materijala

$$T_r = 2 \text{ dana}$$

$K$  – koeficijent zakona potrošnje (pražnjenja zaliha) t/dan

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Sa slike 4.11. je očigledno da  $k$  predstavlja nagib prave koja definiše nivo zaliha u funkciji vremena, odnosno:

$$k = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_{\max} - S_{\text{rez}}}{T_s} = \frac{112000 - 30000}{12} = 6833,33 \text{ t/dan}$$

na taj način je:

$$S_{\text{sign}} = 30\,000 + 2 \cdot 6833,33 = 43\,666,67 \text{ t}$$

**Zadatak 40.** Ugovorene obaveze proizvođača prema kupcu su  $R = 600$  jedinica robe godišnje, koja se mora isporučiti sa skladišta proizvođača (jer kupac robe nema skladište) i to ravnomerno u toku godine. U slučaju da dođe do neuredne isporuke proizvođač rizikuje da naručilac otkáže celu narudžbu. Prema tome troškovi nezadovoljenja potražnj su beskonačno veliki ( $c_2 = \infty$ ). Troškovi skladištenja po jedinici artikla u toku meseca su  $C_1$  0,3 hiljade din, dok su troškovi jedne narudžbine definisani izrazom:

$$C_s = 8 \cdot G + 20$$

Određiti optimalnu količinu proizvodne serije  $G$ , optimalno vremensko trajanje pojedinih serija  $T_s$ , ukupni broj serija, kao  $I$  ukupne minimalne troškove realizacije ugovorene prodaje.

*Rešenje:*

Obzirom da je navedeno da su troškovi neuredne isporuke (prekid snabdevanja) beskonačni, očigledno je da se ovde radi o optimizaciji modelom permanentnog trošenja i obnavljanja zaliha koj je definisan izrazom:

$$C = \left( \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot G \cdot T_s + C_s \right) \cdot R/G$$

Takođe na osnovu zavisnosti:  $T/T_s = R/G = n$ , sledi:  $T_s = (T \cdot G)/R$

$$\text{Prema tome je } C = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot G \cdot T + C_s \cdot R/G$$

Na osnovu zavisnosti  $C_s = 8 \cdot G + 20$  je:

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

$$C = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot G \cdot T + 8 \cdot R + 20 \cdot R/G$$

U konkretnom slučaju to je:

$$C = \frac{1}{2} \cdot 0,3 \cdot 12 \cdot G + 8 \cdot 600 + 20 \cdot 600/G$$

$$C = 1,8 \cdot G + 4800 + 12\,000/G \text{ [din x } 10^3\text{]}$$

Sada je potrebno naći minimum posmatrane funkcije:

$$\frac{\partial C}{\partial G} = 1,8 - \frac{12000}{G^2} = 0, \text{ odatle je } G = \pm \sqrt{\frac{12000}{1,8}} = 81,65 \text{ kom}$$

Optimalni vremenski razmak između serija je:

$$T_s = T \cdot \frac{R}{G} = 1,63 \text{ meseca} = 49 \text{ dana}$$

Optimalni broj serija:

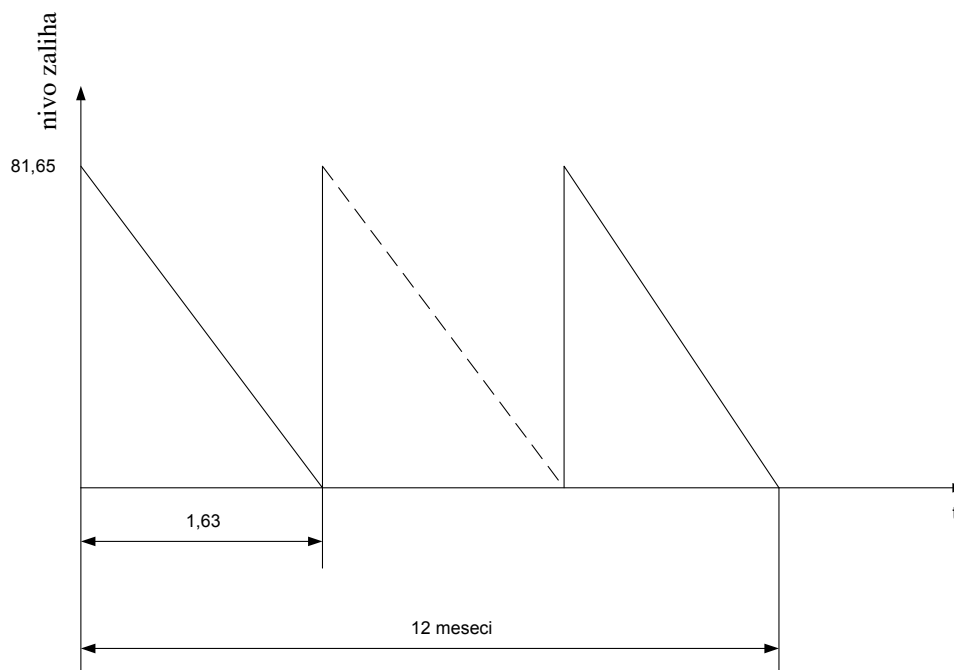
$$n = R/G = 600/81,65 = 7,35 \text{ serije}$$

Na taj način, ukupni troškovi obezbeđivanja isporuke ugovorene robe su:

$$C = 1,8 \cdot G + 4800 + 12\,000/G = 5093,94 \text{ [din x } 10^3\text{]}$$

Na slici 4.12., data je grafička zavisnost nivoa troškova od vremena

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Slika 4.12.

**Zadatak 41.** Proizvođač određenog proizvoda treba da isporučI naručiocu 40 000 jedinica proizvoda u toku godine. Proizvođač mora dnevnu proizvodnju uskladištiti jer naručilac nema skladište. Mesečni troškovi skladištenja po jedinici proizvoda iznose 15 dinara. Troškovi puštanja u proizvodnju jedne serije iznose 3500 din. U slučaju da dođe do nezadovoljenja potražnje isporučilac snosi troškove u iznosu od 250 din. Po jedinici neisporučene robe za jedan mesec. Maksimalno vreme koje kupac toleriše za prekid snabdevanja je 1 dan.

U cilju minimizacije ukupnih godišnjih troškova, u ovako definisanom sistemu snabdevanja, potrebno je odrediti optimalan obim proizvodnje serije  $G$ , optimalnu dužinu vremenskog intervala  $T_s$  i izračunati iznos minimalnih godišnjih troškova. Takođe odrediti ostale parametre koji karakterišu ovaj sistem snabdevanja.

*Rešenje:*

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Očigledno je da se ovde radi o modelu zaliha sa prekidom snabdevanja, koj je definisan jednačinom:

$$C = \left( \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot S \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot (G - S) \cdot T_2 + C_s \right) \cdot \frac{R}{G}$$

Takođe na osnovu odnosa:  $T_1/S = T_s/G$  sledi  $T_1 = T_s \cdot \frac{S}{G}$ ;

$\frac{T_2}{G-S} = \frac{T_s}{G}$ , odakle je:  $T_2 = T_s \cdot \frac{G-S}{G}$ , na osnovu kojih se određuje optimalna veličina proizvodne serije:

$$G_{OPT} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}}$$

Zadate veličine su:  $R = 40\,000$  kom/god,  $C_1 = 15$  din/kom.mes,  $C_s = 3500$  din/ser,  $C_2 = 250$  din/kom.mes,  $T_2 = 1$  dan,  $T = 12$  mes.

$$G_{OPT} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3500 \cdot 40000}{15 \cdot 12}} \cdot \sqrt{\frac{15 + 250}{250}}$$

$$G_{OPT} = 1284 \text{ kom}$$

Broj serija je:

$$n_{OPT} = R/G_{OPT} = 40\,000/1284 = 31,15 \approx 31$$

Na osnovu toga je optimalna dužina vremenskog intervala:

$$T_s = T/31 = 12/31 = 0,387 \text{ meseca} = 11,6 \text{ dana}$$

Na osnovu toga je  $T_1 = T_s - T_2 = 11,6 - 1 = 10,6$  dana

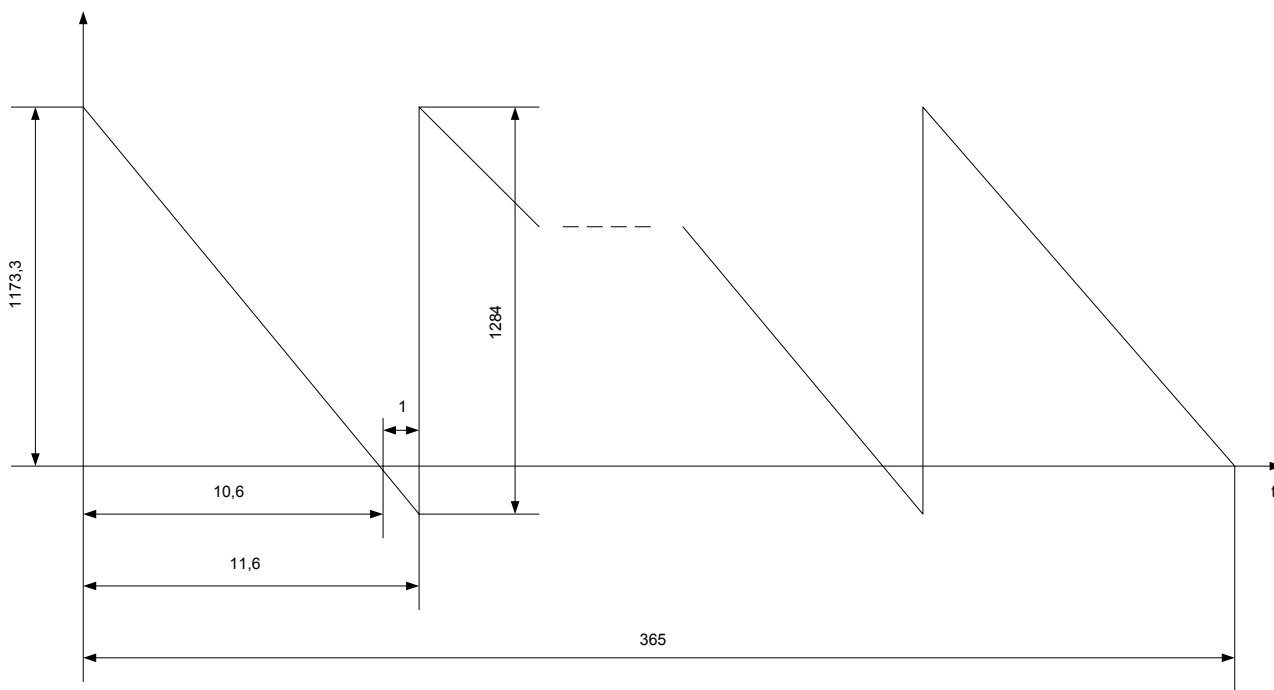
Obzirom na odnos:  $T_1/S = T_s/G$ , sledi:  $S = \frac{10,6}{11,6} \cdot 1284 = 1173,3$  kom

Te je maksimalna vrednost ukupnih troškova:

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$C_{\min} = \left( \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot S \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot (G - S) \cdot T_2 + C_s \right) \cdot \frac{R}{G} = C =$$

$$C_{\min} = \left( \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 1173,3 \cdot 12 + \frac{1}{2} \cdot 250 \cdot (1284 - 1173,3) \cdot 1 + 3500 \right) \cdot \frac{40000}{1284}$$



Slika 4.13.

### 4.2. ODREĐIVANJE BROJA POTREBNIH RADNIKA, SREDSTAVA ZA RAD I RADNIH MESTA

**Zadatak 42.** U procesu izrade proizvoda  $P_1$ ,  $P_2$  i  $P_3$  na njima se izvode četiri vrste obrade. Njihov redosled i osnovni podaci za određivanje potrebnog broja radnih mesta dati su u tabeli 4.6.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Tabela 4.6.

Vrsta obrade	Vrsta Mašine	Struktura radnika	INR <sub>sr1</sub> [%]	tk <sub>ij</sub> [min/kom]					
				Mašine			Radnici		
				P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
O <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	Podb. 15%	15	20	10	32	40	25
O <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	Isp. norma	10	12	18	10	12	18
O <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>	S <sub>3</sub>	Preb. 25%	25	20	30	5	4	6
O <sub>4</sub>	M <sub>4</sub>	S <sub>4</sub>	Isp. norma	10	5	15	10	5	15
T <sub>pzi</sub> [čas/ser]				8	12	10	8	12	10
Q <sub>pIi</sub> [kom/god]				20000	15000	10000	20000	15000	10000
n <sub>j</sub> [ser/god]				4	5	10	4	5	10

dg = 266 dan/god; bs = 3 sm/dan; Cs = 8 čas/sm; G<sub>st</sub> = 100 čas/god

Potrebno je:

- a) Odrediti broj potrebnih mašina za svaku vrstu obrade,
- b) Izračunati broj potrebnih radnika
- c) Utvrditi broj potrebnih radnih mesta

Rešenje:

- a) Prvo je potrebno izračunati broj komada proizvoda po seriji:

$$q_1 = \frac{Q_p I_1}{n_1} = \frac{20000}{4} = 5000 \text{ kom/ser}$$

$$q_2 = \frac{Q_p I_2}{n_2} = \frac{15000}{5} = 3000 \text{ kom/ser}$$

$$q_3 = \frac{Q_p I_3}{n_3} = \frac{10000}{10} = 1000 \text{ kom/ser}$$



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Potrebni kapaciteti mašina se računaju na osnovu:

$$K_{pi} = \pm INR_{sti} \cdot \left[ \sum_{j=1}^3 n_j (T_{pzj} + t_{kij} \cdot q_j) \right] \text{čas/god}$$

Pri čemu su:  $INR_{sr}$  – izveštaj o ispunjenosti norme,  $T_{pzj}$  – pripremno završno vreme potrebno za jednu seriju,  $t_{ki}$  – vreme da se proizvod obradi na mašini (vreme trajanja jedne operacije). Na osnovu toga su potrebni kapaciteti mašina:  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  i  $M_4$ :

$$K_{p1} = 1,15 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{15}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{20}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{10}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 13638 \text{ čas/god}$$

$$K_{p2} = 1 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{10}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{12}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{18}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 9525,3 \text{ čas/god}$$

$$K_{p3} = 0,75 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{25}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{20}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{30}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 13894 \text{ čas/god}$$

$$K_{p4} = 1 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{10}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{5}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{15}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 7275,3 \text{ čas/god}$$

Raspoloživi kapaciteti mašina su:

$$K_{rm1} = K_{rm2} = K_{rm3} = K_{rm4} = dg \cdot bs \cdot cs - G_{st}, \text{ dge su:}$$

$dg$  – dani u godini,  $bs$  – broj smena na dan,  $cs$  – broj časova u jednoj smeni,  $G_{st}$  – vreme za koje mašina stoji u godini. Na osnovu toga je:

$$K_{rm1} = K_{rm2} = K_{rm3} = K_{rm4} = 266 \cdot 3 \cdot 8 - 100 = 6284 \text{ čas/god}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Vrsta mašina	Potreban broj mašina	Usvojeni broj mašina	Broj radnih mesta
M <sub>1</sub>	$\frac{13638}{6284} = 2,17$	3	Zavisi od broja radnika
M <sub>2</sub>	$\frac{9525,3}{6284} = 1,52$	2	Zavisi od broja radnika
M <sub>3</sub>	$\frac{13894}{6284} = 2,21$	3	Zavisi od broja radnika
M <sub>4</sub>	$\frac{7275,3}{6284} = 1,16$	2	Zavisi od broja radnika
Ukupno		10	Zavisi od broja radnika

b) Potrebni kapaciteti radne snage:

Potrebni kapaciteti radnika računaju se na isti način kao I potrebni kapaciteti mašina:

$$K_{pi} = \pm INR_{sti} \cdot \left[ \sum_{j=1}^3 n_j (T_{pzj} + t_{kij} \cdot q_j) \right] \text{čas/god}$$

Tako je:

$$K_{p1} = 1,15 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{32}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{40}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{25}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 28780 \text{ čas/god}$$

$$K_{p2} = 1 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{10}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{12}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{18}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 9525,3 \text{ čas/god}$$

$$K_{p3} = 0,75 \cdot \left[ 4 \cdot \left( 8 + \frac{5}{60} \cdot 5000 \right) + 5 \cdot \left( 12 + \frac{4}{60} \cdot 3000 \right) + 10 \cdot \left( 10 + \frac{6}{60} \cdot 1000 \right) \right] = 2894,25 \text{ čas/god}$$

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

$$K_{p4} = 1 \cdot [4 \cdot (8 + \frac{10}{60} \cdot 5000) + 5 \cdot (12 + \frac{5}{60} \cdot 3000) + 10 \cdot (10 + \frac{15}{60} \cdot 1000)]$$

$$= 7275,3 \text{ čas/god}$$

Raspoloživi kapaciteti radnika su:

$$K_{rr1} = K_{rr2} = K_{rr3} = K_{rr4} = 266 \cdot 8 - 100 = 2028 \text{ čas/god}$$

Na taj način je:

Struka radnika	Potreban broj	Usvojeni broj	I smena	II smena	III smena	Ukupan Broj radnih mesta
S <sub>1</sub>	$\frac{28780}{2028} = 14,19$	15	6	6	3	3
S <sub>2</sub>	$\frac{9525,3}{2028} = 4,7$	5	2	2	1	2
S <sub>3</sub>	$\frac{2894,25}{2028} = 1,43$	2	1	1	0	1
S <sub>4</sub>	$\frac{7275,3}{2028} = 3,59$	4	2	2	0	2
<b>Ukupno</b>		<b>26</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>8</b>

Na osnovu prethodnog proračuna, očigledno je sledeće:

Radnicima struke S<sub>1</sub> koji rade odradu O<sub>1</sub> na mašini tipa M<sub>1</sub>, je potrebno znatno više vremena da bi obradili proizvode nego što je samim mašinama potrebno, te stoga na tri mašine radi 15 radnika.

S druge strane, radnici struke S<sub>3</sub> koji rade obradu O<sub>3</sub> na mašini M<sub>3</sub>, mogu da obrade mnogo više komada proizvoda nego što to mašine dozvoljavaju te je za tri mašine dovoljno dva radnika, na osnovu toga ta mašina ne radi u trećoj smeni. Što se tiče obrade O<sub>2</sub> i O<sub>4</sub> usklađen je broj radnika sa brojem mašina zbog usklađenih vremena obrade.

**Zadatak 43.** U jednom malom metaloprerađivačkom preduzeću, gde je proces proizvodnje organizovan po određenom sistemu, izrađuju se tri

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

proizvoda. Na svakom proizvodu izvode se tri vrste obrade. Redosled vrsta obrade i podaci potrebni izračunavanje broja radnih mesta su:

Vrsta obrade	INR <sub>sr1</sub> [%]	tk <sub>ij</sub> [čas/kom] za mašine I radnike		
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Struganje	Ispunjena norma	1	1,25	1,5
Brušenje	Podbačaj 20%	0,5	0,625	0,75
Kaljenje	Prebačaj 10%	2	2,5	3
T <sub>pzi</sub> [čas/ser]		10	20	30
Q <sub>pI<sub>i</sub></sub> [kom/god]		1000	2000	1500
n <sub>j</sub> [ser/god]		10	40	5

dg = 266 dan/god; bs = 3 sm/dan; Cs = 8 čas/sm; G<sub>st</sub> = 80 čas/god

U cilju određivanja optimalnog grupnog rasporeda radnih mesta potrebno je:

- a) Odrediti broj potrebnih strugova, brusilica i peći za kaljenje
- b) Izračunati broj potrebnih metalostrugara, metalobrusača i kalioničara. Utvrditi njihov raspored po smenama i odrediti broj potrebnih radnih mesta po vrstava.

*Rešenje:*

- a) Prvo je potrebno izračunati broj komada proizvoda po seriji:

$$q_1 = \frac{Q_p I_1}{n_1} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ kom/ser}$$

$$q_2 = \frac{Q_p I_2}{n_2} = \frac{2000}{40} = 50 \text{ kom/ser}$$

$$q_3 = \frac{Q_p I_3}{n_3} = \frac{1500}{5} = 300 \text{ kom/ser}$$

Potrebni kapaciteti mašina se računaju na osnovu:

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

$$K_{pi} = \pm INR_{sti} \cdot \left[ \sum_{j=1}^3 n_j (T_{pzj} + t_{kij} \cdot q_j) \right] \text{čas/god}$$

Pri čemu su:  $INR_{sr}$  – izveštaj o ispunjenosti norme,  $T_{pzj}$  – pripremno završno vreme potrebno za jednu seriju,  $t_{ki}$  – vreme da se proizvod obradi na mašini (vreme trajanja jedne operacije).

Kapacitet strugova je:

$$K_{p1} = 1 \cdot [10 \cdot (10 + 1 \cdot 100) + 40 \cdot (20 + 1,25 \cdot 50) + 5 \cdot (30 + 1,5 \cdot 300)] = 6800 \text{ čas/god}$$

Kapacitet brusilica:

$$K_{p2} = 1,2 \cdot [10 \cdot (10 + 0,5 \cdot 100) + 40 \cdot (20 + 0,625 \cdot 50) + 5 \cdot (30 + 0,75 \cdot 300)] = 4710 \text{ čas/god}$$

Kapacitet peći za kaljenje:

$$K_{p3} = 0,9 \cdot [10 \cdot (10 + 2 \cdot 100) + 40 \cdot (20 + 2,5 \cdot 50) + 5 \cdot (30 + 3 \cdot 300)] = 11295 \text{ čas/god}$$

Raspoloživi kapaciteti mašina su:

$$K_{rm1} = K_{rm2} = K_{rm3} = dg \cdot bs \cdot cs - G_{st}, \text{ dge su:}$$

$dg$  – dani u godini,  $bs$  – broj smena na dan,  $cs$  – broj časova u jednoj smeni,  $G_{st}$  – vreme za koje mašina stoji u godini. Na osnovu toga je:

$$K_{rm1} = K_{rm2} = K_{rm3} = 266 \cdot 3 \cdot 8 - 80 = 6304 \text{ čas/god}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Na taj način je broj mašina:

Vrsta mašina	Potreban broj	Usvojeni broj	Broj radnih mesta
Strugovi	$\frac{6800}{6304} = 1,08$	2	2
Brusilice	$\frac{4710}{6304} = 0,75$	1	1
Peći za kaljenje	$\frac{11295}{6304} = 1,79$	2	2
Ukupno		5	5

- b) Obzirom da se potreban kapacitet radnika izražunava na isti način kao I potreban kapacitet mašina, a u ovom zadatku su vremena potrebna za obradu (mašina I radnika) usaglašena, onda su potrebni kapaciteti radnika jednaki potrebnim kapacitetima mašina.

Raspoloživi kapaciteti radnika su:

Raspoloživi kapaciteti radnika su:

$$K_{r1} = K_{r2} = K_{r3} = 266 \cdot 8 - 80 = 2048 \text{ čas/god}$$

Na taj način je:

Struka radnika	Potreban broj	Usvojeni broj	I smena	II smena	III smena	Ukupan Broj radnih mesta
Metalostrugar	$\frac{6800}{2048} = 3,32$	4	2	2	0	2
Metaloglodač	$\frac{4710}{2048} = 2,30$	3	1	1	1	1
Kalioc	$\frac{11295}{2048} = 5,52$	6	2	2	2	2
Ukupno		13	5	5	3	5

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

**Zadatak 44.** U cilju adekvatnog projektovanja i implementacije proizvodnog sistema za preradu drveta, industrijski inženjer je, analizom tehnoloških postupaka, došao do sledećih podataka za četiri osnovna proizvoda:

Proizvodi	Q <sub>pl</sub> [kom/god]	*Potrebno vreme rada po jedinici proizvoda za mašine I radnike [min/kom]						T <sub>pz</sub> [čas/ser]
		RM <sub>1</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>6</sub>	
P <sub>1</sub>	1200		10	15		20		6
P <sub>2</sub>	6000	20		12			16	8
P <sub>3</sub>	18000		15	18		12		10
P <sub>4</sub>	15000		20		14		8	4

\*Bez pripremo završnog vremena

Na osnovu prethodnih podataka potrebno je:

- a) Izračunati potreban broj mašina i radnika sa raspodelom po smenama sa RM<sub>3</sub> i RM<sub>5</sub>, ako je utvrđeno da je najcelishodnije celu godišnju planiranu količinu lansirati u vidu jedne serije. Praćenjem proizvodnje ustanovljeno je ispunjenje norme kod svih vrsta radnih mesta. Režim rada proizvodnog sistema je dg = 300 dan/god, bs = 2 sm/dan, čs = 8 čas/sm, G<sub>st</sub> = 50 čas/god.
- b) Izračunati trošak skladištenja jedne jedinice proizvoda P<sub>3</sub> u jednom danu ako je C<sub>s</sub> = 5,4 • 10<sup>6</sup> nj/ser a T=dg.

*Rešenje:*

- a) Potrebni kapaciteti mašina I radnika su:

$$K_{pi} = \pm INR_{sti} \cdot \left[ \sum_{j=1}^4 n_j (T_{pzj} + t_{kij} \cdot q_j) \right] \text{čas/god}$$

$$K_{p3} = 1 \cdot \left[ 1 \cdot \left( 6 + \frac{15}{60} \cdot 1200 \right) + 1 \cdot \left( 8 + \frac{12}{60} \cdot 6000 \right) + 1 \cdot \left( 10 + \frac{18}{60} \cdot 18000 \right) \right]$$

$$= 9624 \text{ čas/god}$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

$$K_{p5} = 1 \cdot \left[ 1 \cdot \left( 6 + \frac{20}{60} \cdot 1200 \right) + 1 \cdot \left( 8 + \frac{12}{60} \cdot 18000 \right) \right] = 7616 \text{ čas/god}$$

Raspoloživi kapaciteti:

$$\text{Mašina: } K_{mi} = dg \cdot bs \cdot cs - G_{st} = 300 \cdot 2 \cdot 8 - 50 = 4750 \text{ čas/god}$$

$$\text{Radnika: } K_{ri} = dg \cdot cs - G_{st} = 300 \cdot 8 - 50 = 2350 \text{ čas/god}$$

Na taj način je:

Vrsta mašine	Potreban broj	Usvojen broj	Broj radnih mesta
M <sub>3</sub>	$\frac{9624}{4750} = 2,03$	3	3
M <sub>5</sub>	$\frac{7616}{4750} = 1,6$	2	2
<b>Ukupno</b>		<b>5</b>	<b>5</b>

Struka radnika	Potreban broj	Usvojen broj	I smena	II smena
S <sub>3</sub>	$\frac{9624}{2350} = 4,09$	5	3	2
S <sub>5</sub>	$\frac{7616}{2350} = 3,20$	4	2	2
<b>Ukupno</b>		<b>9</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

b) Obzirom da se optimalna veličina zaliha računa na osnovu obrasca:

$$G_{OPT} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}} = 18000 \text{ kom/ser}$$

Obzirom da je ukupan broj komada godišnje jednak broju komada u seriji  
 $R = G$ ,

$$C_s = 5,4 \cdot 10^6 \text{ nj/ser}$$

$$T = dg = 300 \text{ dan/god}$$



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Tako je:

$$C_1 = \frac{2 \cdot C_s \cdot R}{T \cdot G_{OPT}^2} = \frac{2 \cdot 5,4 \cdot 10^6 \cdot 18000}{300 \cdot (18000)^2} = 2 \text{ nj/kom.dan}$$

**Zadatak 45.** U delu tehnološkog procesa preduzeća, u intervalu od 300 dana, proizvode se proizvodi  $P_1$  i  $P_2$ . Za proizvod  $P_1$  poznata je aproksimativna funkcija ukupnih troškova serija:

$$TR(q) = 0,4 \cdot q^2 - 400 \cdot q + 76000 \text{ nj/int}$$

U narednom vremenskom intervalu planirana je proizvodnja od 5000 komada proizvoda  $P_1$  i 1600 komada proizvoda  $P_2$ . Takođe je poznato da su troškovi pripreme jedne serije proizvoda  $P_2 = 2400$  nj, bez obzira na n jenu veličinu. Troškovi skladištenja jednog komada proizvoda  $P_2$  iznose 4 nj/kom dnevno.

Na svakom proizvodu izvode se tri vrste obrade:

Vrsta obrade	INR <sub>STI</sub> [%]	tk <sub>ij</sub> [min/kom] za radnike I mašine	
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
Glodanje	Prebažaj 20%	16	22
Struganje	Ispunjena norma	48	24
Brušenje	Podbačaj 15%	18	32
T <sub>pzi</sub> [čas/ser]		5	10

$$bs = 2 \text{ sm/dan}, cs = 8 \text{ čas/dan}, G_{ST} = 100 \text{ čas/dan}$$

Odrediti broj potrebnih glodalica, strubova, brusilica, metaloglodača, metalostrugara, metalobrusača I radnih mesta.

*Rešenje:*

Potrebni kapaciteti mašina i radnika su:

$$K_{pi} = \pm INR_{sti} \cdot \left[ \sum_{j=1}^3 n_j (T_{pzj} + t_{kij} \cdot q_j) \right] \text{ čas/god}$$

$$n_1 = ?$$

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Kako su ukupni troškovi serija za proizvod  $P_1$ :

$$TR(q) = 0,4 \cdot q^2 - 400 \cdot q + 76000 \text{ nj/int}$$

$$\frac{\partial TR}{\partial q} = 0,8 \cdot q - 400 = 0$$

$$q = 500 \text{ kom/int}$$

Planirana proizvodnja je 5000 kom/int

Broj serija je:

$$n_1 = 5000/500 = 10 \text{ serija}$$

$$n_2 = ?$$

Troškovi pripreme jedne serije proizvoda  $P_2$  su 2400 nj, Troškovi skladištenja jednog komada proizvoda  $P_2$  su 4 nj/kom dnevno.

Optimalna veličina serije je:

$$G_{\text{OPT}} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2400 \cdot 1600}{4 \cdot 300}} = 80 \text{ kom/ser}$$

$$n_2 = 1600/80 = 20 \text{ serija}$$

Na taj način je:

$$K_{p1} = 0,8 \cdot \left[ 10 \cdot \left( 5 + \frac{16}{60} \cdot 500 \right) + 20 \cdot \left( 10 + \frac{22}{60} \cdot 80 \right) \right] = 1736 \text{ čas/god}$$

$$K_{p2} = 1 \cdot \left[ 10 \cdot \left( 5 + \frac{48}{60} \cdot 500 \right) + 20 \cdot \left( 10 + \frac{24}{60} \cdot 80 \right) \right] = 4890 \text{ čas/god}$$

$$K_{p3} = 1,15 \cdot \left[ 10 \cdot \left( 5 + \frac{18}{60} \cdot 500 \right) + 20 \cdot \left( 10 + \frac{32}{60} \cdot 80 \right) \right] = 2994 \text{ čas/god}$$

Raspoloživi kapaciteti su:

## **Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe**

Mašina:  $K_{mi} = dg \cdot bs \cdot cs - G_{st} = 300 \cdot 2 \cdot 8 - 100 = 4700$  čas/god

Radnika:  $K_{ri} = dg \cdot cs - G_{st} = 300 \cdot 8 - 100 = 2300$  čas/god

Na taj način je:

Vrsta mašine	Potreban broj	Usvojen broj	Broj radnih mesta
Glodalice	$\frac{1736}{4700} = 0,37$	1	1
Strugovi	$\frac{4890}{4700} = 1,04$	2	2
Brusilice	$\frac{2994}{4700} = 0,64$	1	1
<b>Ukupno</b>		<b>4</b>	<b>4</b>

Struka radnika	Potreban broj	Usvojen broj	I Smena	II Smena
Glodalice	$\frac{1736}{2300} = 0,75$	1	1	0
Strugovi	$\frac{4890}{2300} = 2,13$	3	2	1
Brusilice	$\frac{2994}{2300} = 1,30$	2	1	1
<b>Ukupno</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

### 4.3. FORMIRANJE GRUPNOG RASPOREDA MAŠINA (radnih mesta) Empirijskom metodom

**Zadatak 46.** Za obradu delova  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  i  $D_4$  treba postaviti sva radna mesta koja zahteva njihova tehnologija izrade. Svaki deo se mora izrađivati po tačno utvrđenom redosledu, tabela 4.7.

Tabela 4.7. Redosled operacija za delove

Redosled operacija za $D_1$	Redosled operacija za $D_2$	Redosled operacija za $D_3$	Redosled operacija za $D_4$
RM <sub>1</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>
RM <sub>2</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>4</sub>
RM <sub>4</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub>
RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>8</sub>
RM <sub>6</sub>	RM <sub>3</sub>		
RM <sub>7</sub>			
RM <sub>8</sub>			

U cilju određivanja grupnog rasporeda radnih mesta koj omogućuje:

- najmanji put predmeta rada,
- najmanji broj ukrštenih putanja
- najmanji broj povratnih kretanja predmeta rada, potrebno je:

- Postaviti tabelu karika
- Formirati zbirnu tabelu karika
- Utvrđiti redosled raspoređivanja i raspored radnih mesta. Šematski prikazati raspored sa putanjama predmeta rada.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Rešenje:

- a) Na osnovu redosleda operacija (RO) za svaki deo ( $D_1, \dots, D_4$ ) formira se tabela karika, na sledeći način:

$D_1$		$D_2$		$D_3$		$D_4$	
RO	Karika	RO	Karika	RO	Karika	RO	Karika
$RM_1$	$RM_1-RM_2$	$RM_2$	$RM_2-RM_3$	$RM_3$	$RM_3-RM_4$	$RM_3$	$RM_3-RM_4$
$RM_2$	$RM_2-RM_4$	$RM_3$	$RM_3-RM_4$	$RM_4$	$RM_4-RM_5$	$RM_4$	$RM_4-RM_5$
$RM_4$	$RM_4-RM_5$	$RM_4$	$RM_4-RM_5$	$RM_5$	$RM_5-RM_7$	$RM_5$	$RM_5-RM_8$
$RM_5$	$RM_5-RM_6$	$RM_5$	$RM_3-RM_5$	$RM_7$		$RM_8$	
$RM_6$	$RM_6-RM_7$	$RM_3$					
$RM_7$	$RM_7-RM_8$						
$RM_8$							

- b) Zborna tabela karika se formira na sledeći način

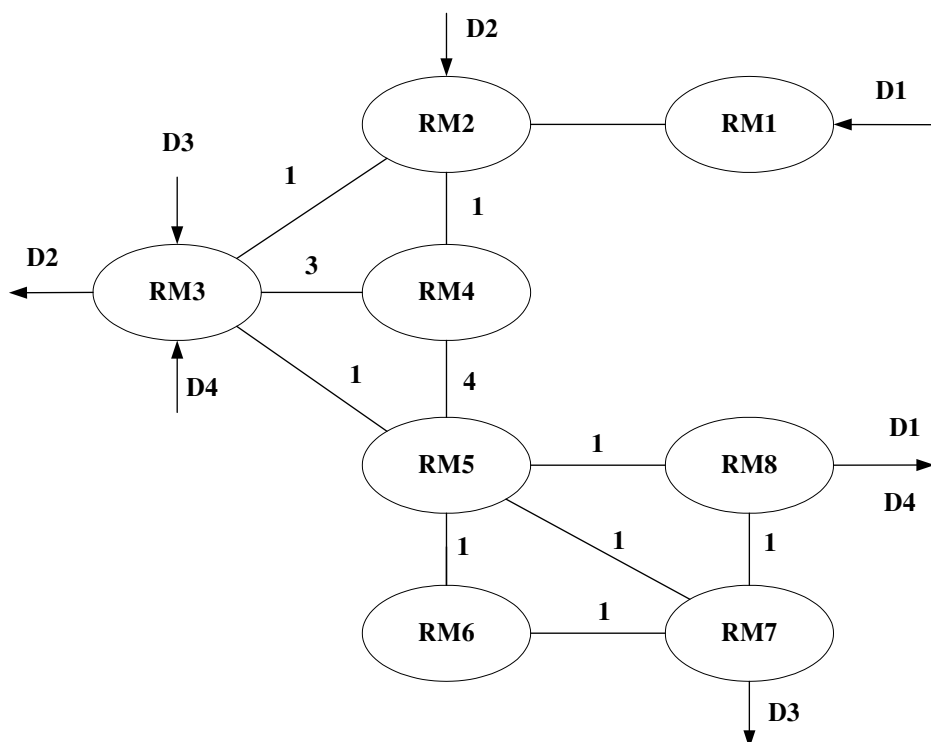
	$RM_8$	$RM_7$	$RM_6$	$RM_5$	$RM_4$	$RM_3$	$RM_2$	$RM_1$
$RM_1$							1	1
$RM_2$					1	1	3	
$RM_3$				1	3	5		
$RM_4$				4	8			
$RM_5$	1	1	1	8				
$RM_6$		1	2					
$RM_7$	1	3						
$RM_8$	2							

Na osnovu toga, konačna zbirna tabela karika je:

Radna mesta	$RM_4$	$RM_5$	$RM_3$	$RM_2$	$RM_7$	$RM_6$	$RM_8$	$RM_1$
Broj karika	8	8	5	3	3	2	2	1

- c) Šematski prikaz rasporeda radnih mesta dat je na sledećoj slici

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Sl 4.14. Šematski prikaz grupnog rasporeda mašina

**Zadatak 47.** Na radnim mestima ( $RM_j$ );  $j = 1, 2, \dots, 8$ ; obrađuju se proizvodi:  $P_1, P_2$  i  $P_3$ , sa sledećim redosledom operacija, tabela ....

Tabela 4.8. Redosled operacija

	$P_1$	$P_2$	$P_3$
Redosled operacija	$RM_1$	$RM_3$	$RM_4$
	$RM_2$	$RM_2$	$RM_5$
	$RM_4$	$RM_5$	$RM_6$
	$RM_8$	$RM_7$	$RM_7$
		$RM_8$	$RM_8$

Potrebno je:

- Formirati tabelu karika
- Sastaviti zbirnu tabelu karika
- Odrediti grupni raspored radnih mesta i isti šematski prikazati

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Rešenje:

- a) na osnovu zadatog redosleda operacija za svaki proizvod, formira se sledeća tabela

P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>3</sub>	
RO	Karika	RO	Karika	RO	Karika
RM <sub>1</sub>	RM <sub>1</sub> –RM <sub>2</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>3</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>4</sub> –RM <sub>5</sub>
RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>4</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub> –RM <sub>6</sub>
RM <sub>4</sub>	RM <sub>4</sub> –RM <sub>8</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub> –RM <sub>7</sub>	RM <sub>6</sub>	RM <sub>6</sub> –RM <sub>7</sub>
RM <sub>8</sub>		RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub> –RM <sub>8</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub> –RM <sub>8</sub>
		RM <sub>8</sub>		RM <sub>8</sub>	

- b) Zbirna tabela karika izgleda na sledeći način:

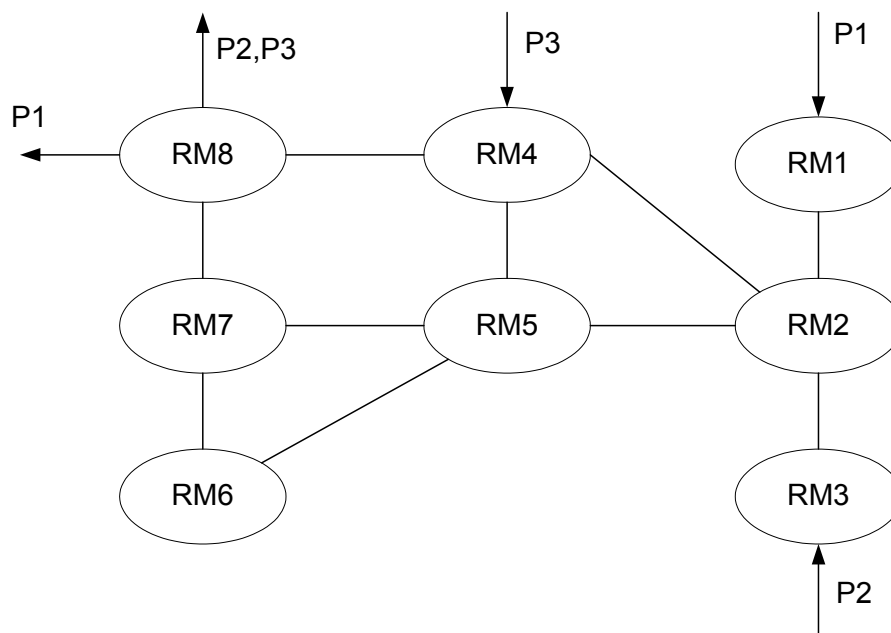
	RM <sub>8</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>6</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>1</sub>
RM <sub>1</sub>							1	1
RM <sub>2</sub>				1	1	1	4	
RM <sub>3</sub>						1		
RM <sub>4</sub>	1			1	3			
RM <sub>5</sub>		1	1	4				
RM <sub>6</sub>		1	2					
RM <sub>7</sub>	2	4						
RM <sub>8</sub>	3							

Konačna zbirna tabela karika je

Radna mesta	RM <sub>2</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>8</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>6</sub>	RM <sub>1</sub>	RM <sub>3</sub>
Broj karika	4	4	4	3	3	2	1	1

- c) Šematski prikaz rasporeda radnih mesta je dat na slici 4.16.

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe



Sl. 4.16. Šematski prikaz rasporeda radnih mesta

**Zadatak 48.** Odrediti grupni raspored radnih mesta ako je redosled operacija koje se izvode na proizvodima dat u tabeli 4.9. Šematski prikazati raspored radnih mesta sa putanjama proizvoda.

Tabela 4.9. Redosled operacija koje se izvode na proizvodima

Proizvod \ Operacija	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>
O <sub>1</sub>		RM <sub>1</sub>	RM <sub>1</sub>			RM <sub>1</sub>	
O <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>		RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>
O <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>		RM <sub>3</sub>
O <sub>4</sub>			RM <sub>4</sub>			RM <sub>4</sub>	
O <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub>		RM <sub>5</sub>		RM <sub>5</sub>		RM <sub>5</sub>
O <sub>6</sub>			RM <sub>6</sub>		RM <sub>6</sub>		
O <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub>			
O <sub>8</sub>			RM <sub>8</sub>			RM <sub>8</sub>	RM <sub>8</sub>



## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Rešenje:

Prvenstveno je potrebno za svaki proizvod formirati tabelu karika:

P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>3</sub>		P <sub>4</sub>	
RO	Karika	RO	Karika	RO	Karika	RO	Karika
RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>3</sub>	RM <sub>1</sub>	RM <sub>1</sub> –RM <sub>3</sub>	RM <sub>1</sub>	RM <sub>1</sub> –RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>3</sub>
RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub> –RM <sub>5</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub> –RM <sub>7</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub> –RM <sub>7</sub>
RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub> –RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub>		RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub> –RM <sub>4</sub>	RM <sub>7</sub>	
RM <sub>7</sub>				RM <sub>4</sub>	RM <sub>4</sub> –RM <sub>5</sub>		
				RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub> –RM <sub>6</sub>		
				RM <sub>6</sub>	RM <sub>6</sub> –RM <sub>7</sub>		
				RM <sub>7</sub>	RM <sub>7</sub> –RM <sub>8</sub>		
				RM <sub>8</sub>			

Nastavak tabele

P <sub>5</sub>		P <sub>6</sub>		P <sub>7</sub>	
RO	Karika	RO	Karika	RO	Karika
RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>3</sub>	RM <sub>1</sub>	RM <sub>1</sub> –RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>3</sub>
RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub> –RM <sub>5</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>2</sub> –RM <sub>4</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>3</sub> –RM <sub>5</sub>
RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub> –RM <sub>6</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>4</sub> –RM <sub>8</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>5</sub> –RM <sub>8</sub>
RM <sub>6</sub>		RM <sub>8</sub>		RM <sub>8</sub>	

Na osnovu toga zbirna tabela karika izgleda na sledeći način

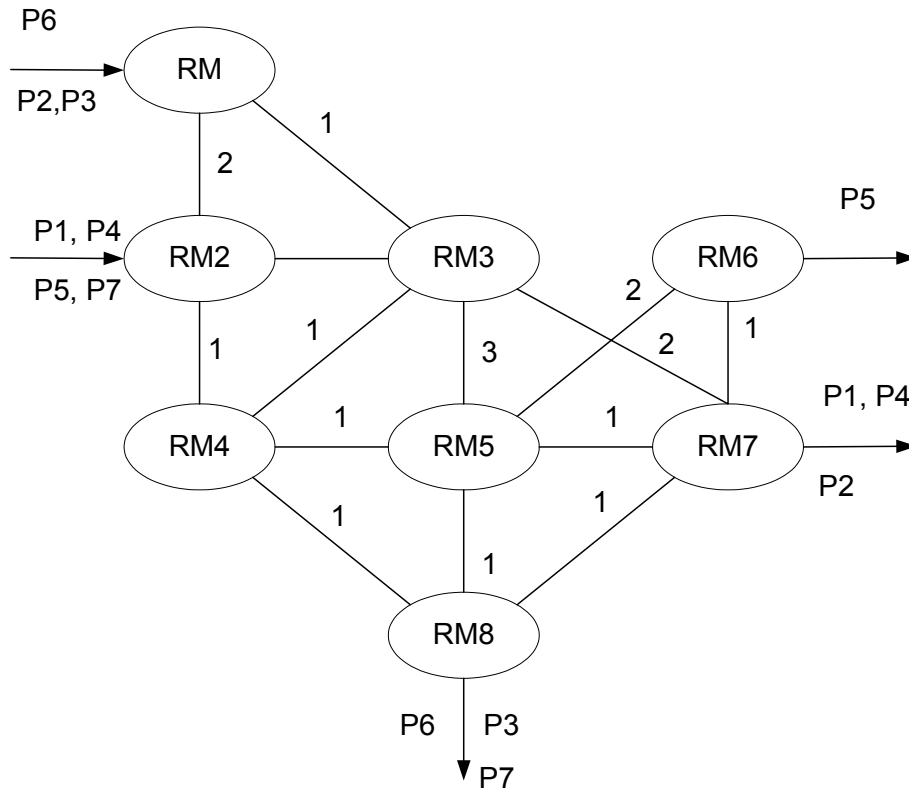
	RM <sub>8</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>6</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>3</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>1</sub>
RM <sub>1</sub>						1	2	3
RM <sub>2</sub>					1	5	8	
RM <sub>3</sub>		2		3	1	12		
RM <sub>4</sub>	1			1	4			
RM <sub>5</sub>	1	1	2	8				
RM <sub>6</sub>		1	3					
RM <sub>7</sub>	1	5						
RM <sub>8</sub>	3							

Konačna zbirna tabela karika je

## Upravljanje Proizvodnjom – Vezbe

Radna mesta	RM <sub>3</sub>	RM <sub>2</sub>	RM <sub>5</sub>	RM <sub>7</sub>	RM <sub>4</sub>	RM <sub>1</sub>	RM <sub>6</sub>	RM <sub>8</sub>
Broj karika	12	8	8	5	4	3	3	3

Grupni raspored radnih mesta je



Sl. 4.17. Šematski prikaz grupnog rasporeda mašina