

#### 4.4. ODREĐIVANJE GRUPNOG RASPOREDA RADNIH MESTA ANALITIČKIM METODAMA

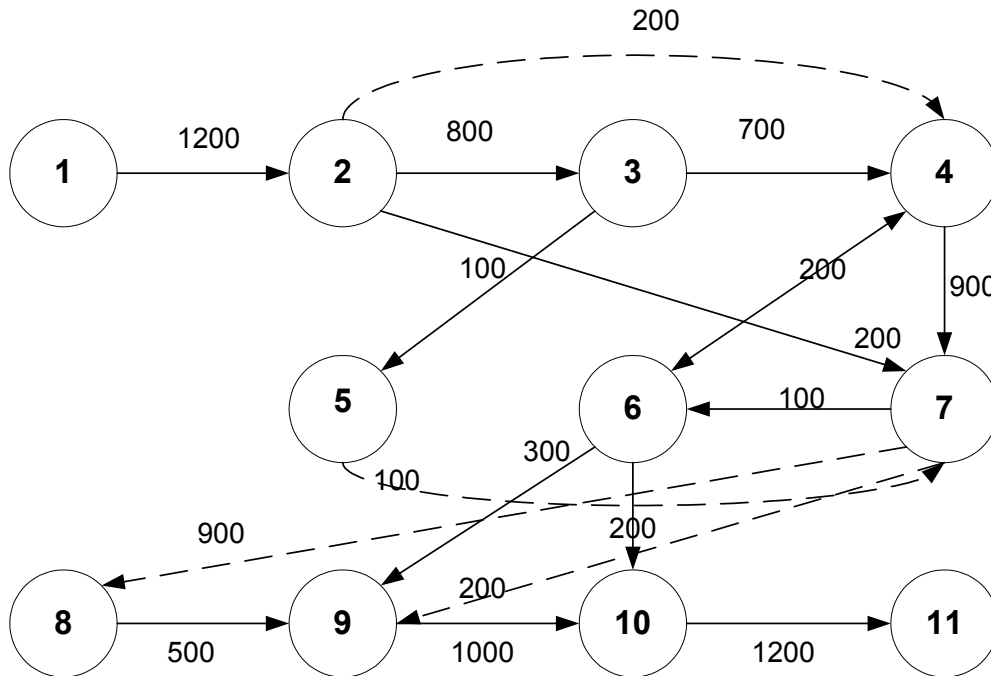
**Zadatak 49.** U tabeli 4.10., dat je raspored transporta materijala između pojedinih proizvodnih odeljenja, kao i količina materijala koju treba transportovati u tonama. Formirati grupni raspored mašina empirijskim putem (na osnovu intuitivne procene) a potom izvršiti korekciju na osnovu kvantitativnog kriterijuma (najkraća relacija za transport=najveća količina proizvoda). Usvojiti da je minimalno moguće horizontalno i vertikalno rastojanje između odeljenja, 10 m.

*Tabela 4.10. Raspored transporta materijala između pojedinih odeljenja*

DO \ OD		Odeljenja										ΣOD	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
Odeljenja	1		1200										1200
	2			800	200			200					1200
	3				700	100							800
	4						200	900					1100
	5							100					100
	6				200					300	200		700
	7						100		900	200			1200
	8						400			500			900
	9										1000		1000
	10											1200	1200
	11												
ΣDO			1200	800	1100	100	700	1200	900	1000	1200	1200	

*Rešenje:*

Empirijski način rasporeda odeljenja je zasnovan na intuitivnom pronalaženju najpogodnijeg rešenja, te je zbog toga subjektivan i podložan velikom stepenu greške. Ukoliko je na primer ovim putem formiran sledeći raspored odeljenja, slika 4.18.



Sl 4.18. Grupni raspored odeljenja na osnovu intuitivne procene

Da bi smo izvršili korekciju rasporeda odeljenja, upotrebom zadatog kriterijuma moramo formirati tabelu vrednosti transportnog učinka rasporeda mašina datog na prethodnoj slici.

Transportni učinak se računa na osnovu obrasca:

$$\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot l_{ij}; \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

gde je:

F - ukupni transportni učinak,

$q_{ij}$  (t, m<sup>3</sup>, N<sub>TJ</sub>) - količina materijala koja se kreće između i - j

$l_{ij}$  (m) - dužina transportnog puta između i-te i j-te lokacije

Na taj način je:

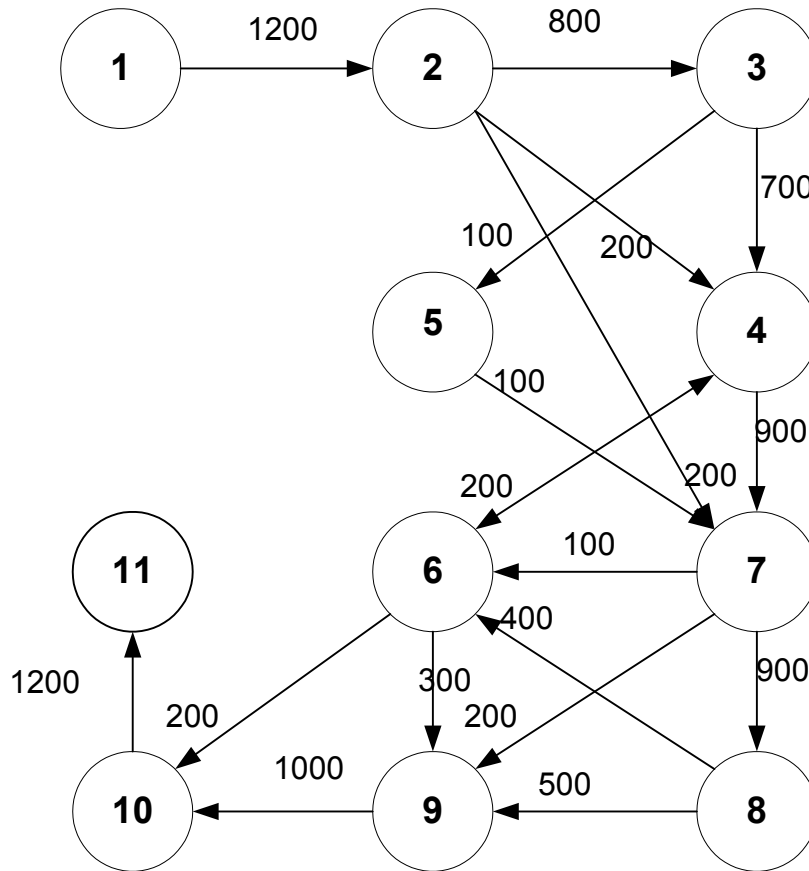
$q_{ij}$ (t)	$l_{ij}$ (m)	$F_{ij}$ (t m)
$q_{12} = 1200$	$l_{12} = 10$	$F_{12} = 12000$
$q_{23} = 800$	$l_{23} = 10$	$F_{23} = 8000$
$q_{24} = 200$	$l_{24} = 20$	$F_{24} = 4000$
$q_{27} = 200$	$l_{27} = 22,4$	$F_{27} = 4480$
$q_{34} = 700$	$l_{34} = 10$	$F_{34} = 7000$
$q_{35} = 100$	$l_{35} = 14,14$	$F_{35} = 1414$
$q_{46} = 200$	$l_{46} = 14,14$	$F_{46} = 2828$
$q_{47} = 900$	$l_{47} = 10$	$F_{47} = 9000$
$q_{57} = 100$	$l_{57} = 20$	$F_{57} = 2000$
$q_{64} = 200$	$l_{64} = 14,14$	$F_{64} = 2828$
$q_{69} = 300$	$l_{69} = 14,14$	$F_{69} = 4242$
$q_{610} = 200$	$l_{610} = 10$	$F_{610} = 2000$
$q_{76} = 100$	$l_{76} = 10$	$F_{76} = 1000$
$q_{78} = 900$	$l_{78} = 31,62$	$F_{78} = 28440$
$q_{79} = 200$	$l_{79} = 22,4$	$F_{79} = 4480$
$q_{86} = 400$	$l_{86} = 22,4$	$F_{86} = 8960$
$q_{89} = 500$	$l_{89} = 10$	$F_{89} = 5000$
$q_{910} = 1000$	$l_{910} = 10$	$F_{910} = 10000$
$q_{1011} = 1200$	$l_{1011} = 10$	$F_{1011} = 12000$
Ukupno:	$F =$	129672

Sada je potrebno rasporediti podatke u tabeli rangirati prema  $q_{ij}$ , na taj način se dobija sledeća tabela:

$q_{ij}$ (t)	$l_{ij}$ (m)	$F_{ij}$ (t m)
$q_{12} = 1200$	$l_{12} = 10$	$F_{12} = 12000$
$q_{1011} = 1200$	$l_{1011} = 10$	$F_{1011} = 12000$
$q_{910} = 1000$	$l_{910} = 10$	$F_{910} = 10000$
$q_{47} = 900$	$l_{47} = 10$	$F_{47} = 9000$
$q_{78} = 900$	$l_{78} = 31,62$	$F_{78} = 28440$
$q_{23} = 800$	$l_{23} = 10$	$F_{23} = 8000$
$q_{34} = 700$	$l_{34} = 10$	$F_{34} = 7000$
$q_{89} = 500$	$l_{89} = 10$	$F_{89} = 5000$
$q_{86} = 400$	$l_{86} = 22,4$	$F_{86} = 8960$
$q_{69} = 300$	$l_{69} = 14,14$	$F_{69} = 4242$
$q_{24} = 200$	$l_{24} = 20$	$F_{24} = 4000$
$q_{27} = 200$	$l_{27} = 22,4$	$F_{27} = 4480$

$q_{46} = 200$	$l_{46} = 14,14$	$F_{46} = 2828$
$q_{64} = 200$	$l_{64} = 14,14$	$F_{64} = 2828$
$q_{610} = 200$	$l_{610} = 10$	$F_{610} = 2000$
$q_{79} = 200$	$l_{79} = 22,4$	$F_{79} = 4480$
$q_{35} = 100$	$l_{35} = 14,14$	$F_{35} = 1414$
$q_{57} = 100$	$l_{57} = 20$	$F_{57} = 2000$
$q_{76} = 100$	$l_{76} = 10$	$F_{76} = 1000$

Na osnovu prethodne tabele, očigledno je da je potrebno izvršiti korekciju rasporeda proizvodnih odeljenja kao na sledećoj slici 4.19.



Slika 4.19. Grupni raspored odeljenja na osnovu zadatog kriterijuma

Na osnovu dijagrama na slici 4.19. ukupni transportni učinak je smanjen i ima sledeću vrednost:

$q_{ij}$ (t)	$l_{ij}$ (m)	$F_{ij}$ (t m)
$q_{12} = 1200$	$l_{12} = 10$	$F_{12} = 12000$
$q_{1011} = 1200$	$l_{1011} = 10$	$F_{1011} = 12000$
$q_{910} = 1000$	$l_{910} = 10$	$F_{910} = 10000$
$q_{47} = 900$	$l_{47} = 10$	$F_{47} = 9000$
$q_{78} = 900$	$l_{78} = 10$	$F_{78} = 9000$
$q_{23} = 800$	$l_{23} = 10$	$F_{23} = 8000$
$q_{34} = 700$	$l_{34} = 10$	$F_{34} = 7000$
$q_{89} = 500$	$l_{89} = 10$	$F_{89} = 5000$
$q_{86} = 400$	$l_{86} = 14,14$	$F_{86} = 5656,85$
$q_{69} = 300$	$l_{69} = 10$	$F_{69} = 3000$
$q_{24} = 200$	$l_{24} = 14,14$	$F_{24} = 2828$
$q_{27} = 200$	$l_{27} = 22,4$	$F_{27} = 4480$
$q_{46} = 200$	$l_{46} = 14,14$	$F_{46} = 2828$
$q_{64} = 200$	$l_{64} = 14,14$	$F_{64} = 2828$
$q_{610} = 200$	$l_{610} = 14,14$	$F_{610} = 2828$
$q_{79} = 200$	$l_{79} = 14,14$	$F_{79} = 2828$
$q_{35} = 100$	$l_{35} = 14,14$	$F_{35} = 1414$
$q_{57} = 100$	$l_{57} = 14,14$	$F_{57} = 1414$
$q_{76} = 100$	$l_{76} = 10$	$F_{76} = 1000$
Ukupno	min F =	95796,85

**Zadatak 50.** Za proizvodni sistem koj se sastoji od 7 podsistema, i za koji je protok materijala između pojedinih podsistema (skladište, radionice i sl.) dat u tabeli 4.11. odrediti optimalni raspored podsistema na osnovu kvantitativne metode, uz istovremeno korišćenje sledećih kriterijuma:

- najkraća relacija za transport=najveća količina proizvoda (pri minimalnom mogućem rastojanju u horizontalnom i vertikalnom pravcu od 10 m).
- najprometnije odeljenje, po frekvenciji i količini locirati u sredini.

Tabela 4.11. protok materijala između podsistema

DO \ OD		Odeljenje							ΣOD	Σfrekvencija
		1	2	3	4	5	6	7		
Odeljenja	1		4000	1000			1000		6000	3
	2			3200	500				3700	2
	3				700	100			800	2
	4						200	600	800	2
	5							100	100	1
	6				200				200	1
	7						100		100	1
ΣDO			4000	4200	1400	100	1300	700		
Σfrekvencija		/	1	2	3	1	3	2		
ΣΣfrekvencija		3	3	4	5	2	4	3		

Da bi smo izvršili formiranje rasporeda odeljenja, upotrebom zadatog kriterijuma, prvo moramo formirati tabelu količina materijala koja se transportuje između pojedinih odeljenja, tabela 4.12.

Tabela 4.12.

$q_{ij}(t)$
$q_{12} = 4000$
$q_{13} = 1000$
$q_{16} = 1000$
$q_{23} = 3200$
$q_{24} = 500$
$q_{34} = 700$
$q_{35} = 100$
$q_{46} = 200$
$q_{47} = 600$
$q_{57} = 100$
$q_{64} = 200$
$q_{76} = 100$

Sada je potrebno količine u gornjoj tabeli poređati prema rangu:

$q_{ij}(t)$
$q_{12} = 4000$
$q_{23} = 3200$
$q_{13} = 1000$
$q_{16} = 1000$
$q_{34} = 700$
$q_{47} = 600$
$q_{24} = 500$
$q_{46} = 200$
$q_{64} = 200$
$q_{35} = 100$
$q_{57} = 100$
$q_{76} = 100$

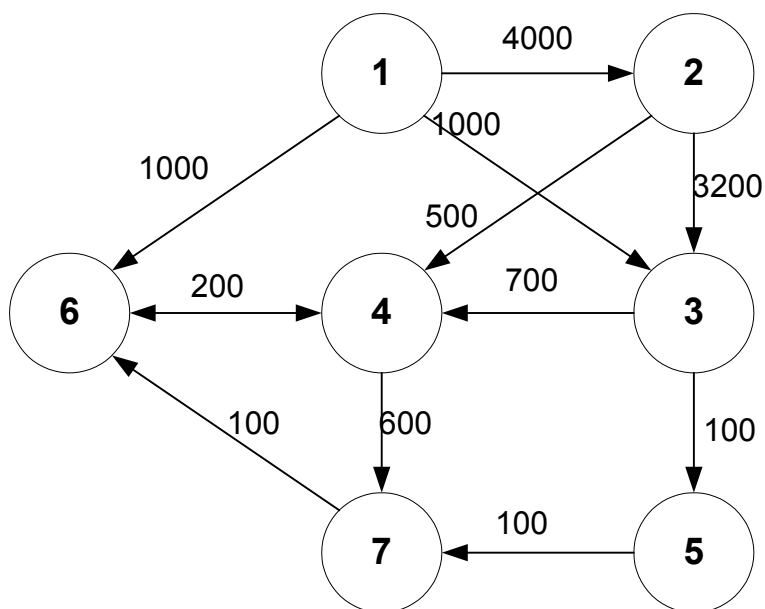
Takođe je potrebno odeljenja rangirati prema ukupnoj frekvenci, tabela 4.13.

Tabela 4.13.

Odeljenje	frekvencija
4	5
3	4
6	4
1	3
2	3
7	3
5	2

Na osnovu gornje tabele je očigledno da je najfrekventnije odeljenje 4, te njega treba smestiti u sredinu a sva ostala odeljenja treba postaviti oko njega prema kriterijumu: najkraća relacija za transport=najveća količina proizvoda.

Na taj način dobija se raspored odeljenja kao na sledećoj slici 4.20.



Slika 4.20. Grupni raspored mašina određen prema zadatim kriterijumima

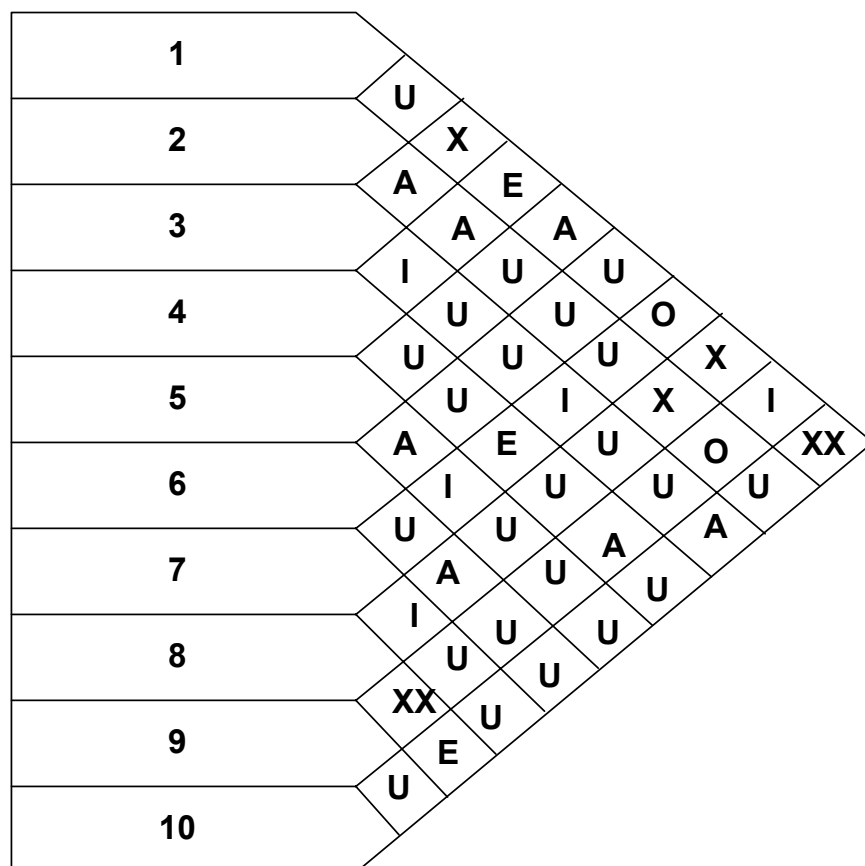
Sledeće je potrebno izračunati ukupni transportni učinak:

$$\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot l_{ij}; \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\begin{aligned} \min F = & q_{12} \cdot l_{12} + q_{23} \cdot l_{23} + q_{13} \cdot l_{13} + q_{16} \cdot l_{16} + q_{34} \cdot l_{34} + q_{47} \cdot l_{47} + \\ & q_{24} \cdot l_{24} + q_{46} \cdot l_{46} + q_{64} \cdot l_{64} + q_{35} \cdot l_{35} + q_{57} \cdot l_{57} + q_{76} \cdot l_{76} = 4000 \cdot 10 \\ & + 3200 \cdot 10 + 1000 \cdot 14,14 + 1000 \cdot 14,14 + 700 \cdot 10 + 600 \cdot 10 \\ & + 500 \cdot 14,14 + 200 \cdot 10 + 200 \cdot 10 + 100 \cdot 10 + 100 \cdot 10 + 100 \cdot \\ & 14,14 = 126464 \text{ tm} \end{aligned}$$

**Zadatak 51.** Za proizvodni sistem koj se sastoji od 10 podсистema (odeljenja) čija je matrica međuzavisnosti aktivnosti, formirana na osnovu kvalitativnog kriterijuma, data na slici 4.21, formirati najoptimalniji raspored odeljenja.





Slika 4.21. Matrica međuzavisnosti aktivnosti

Gde su:

A - apsolutno neophodna povezanost

E - veoma važno postojanje veze

I - važno postojanje veza

O - potrebno postojanje veza

U - nevažno






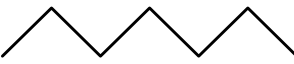
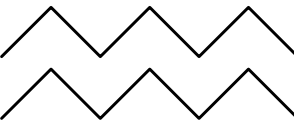
X - nepoželjno

XX - veoma nepoželjno

Razlozi:

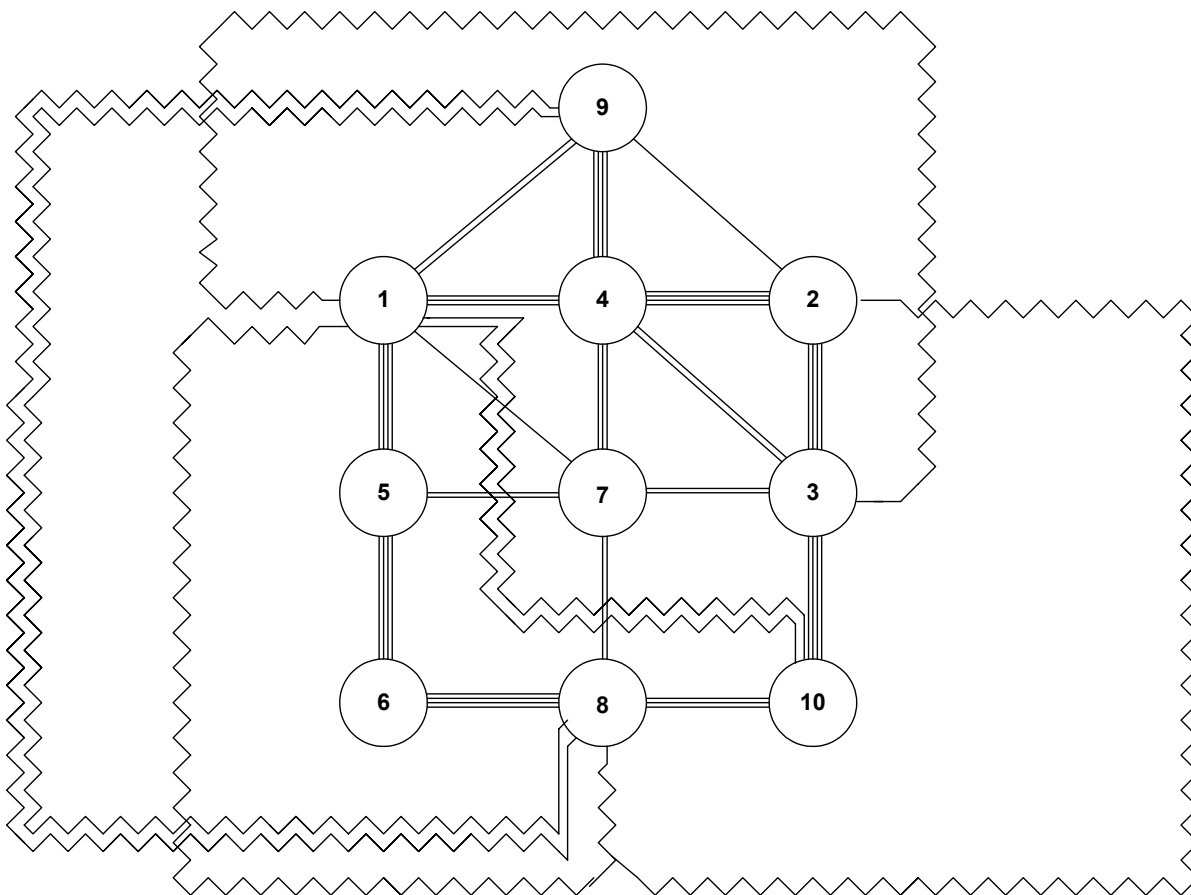
1. Udaljenost od skladišta,
2. Buka
3. Vibracije
4. Prašina
5. Protok dokumentacije
6. Stepen komunikacije
7. Korišćenje iste opreme
8. Korišćenje zajedničke arhive
9. Protok materijala

Koristiti sledeću analogiju stepena zavisnosti sa brojem veza, tabela 4.14.

Oznaka	Stepen zavisnosti	Broj veza
A	Apsolutno neophodno	
E	Veoma važno	
I	Vežno	
O	Potrebno	
U	Nevažno	
X	Nepoželjno	
XX	Veoma nepoželjno	

*Rešenje:*

Na osnovu parametara zadatih u matrici međuzavisnosti aktivnosti, može se formirati sledeći raspored veza između odeljenja, sl. 4.22.

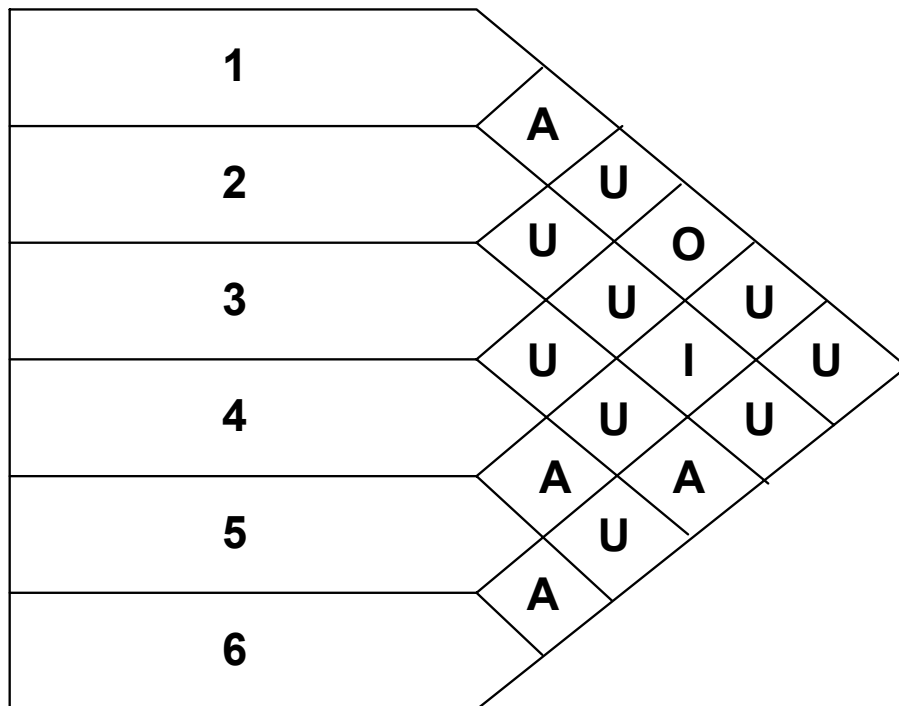


*Slika 4.22. Kvalitativno određen raspored odeljenja*

**Zadatak 52.** Za proizvodnu liniju, koja se sastoji od šest odeljenja, formirati najpovoljniji raspored postrojenja koristeći kvantitativno – kvalitativnu metodu. Pri čemu je kvantitativna metoda zasnovana na kriterijumu: najkraća relacija za transport=najveća količina proizvoda, a kvalitativna na matrici međuzavisnosti aktivnosti. Usvojiti oa je odnos između kvalitativnih I kvantitativnih uticaja 50 : 50.

Tabela 4.15. protok materijala između odeljenja (t)

Do \ Od	1	2	3	4	5	6
1		170	12	90		13
2			25	200	120	
3				13	40	
4					12	200
5						90
6						



Slika 4.23. Matrica međuzavisnosti aktivnosti

*Rešenje:*

Da bi se mogla izvršiti kombinacija kvantitativne i kvalitativne metode, prvo je potrebno izvršiti kvantifikaciju kvalitativne metode, na sledeći način:

Oznaka	Kvantitativni analog
A	4
E	3
I	2
O	1
U	0
X	-2
XX	-10

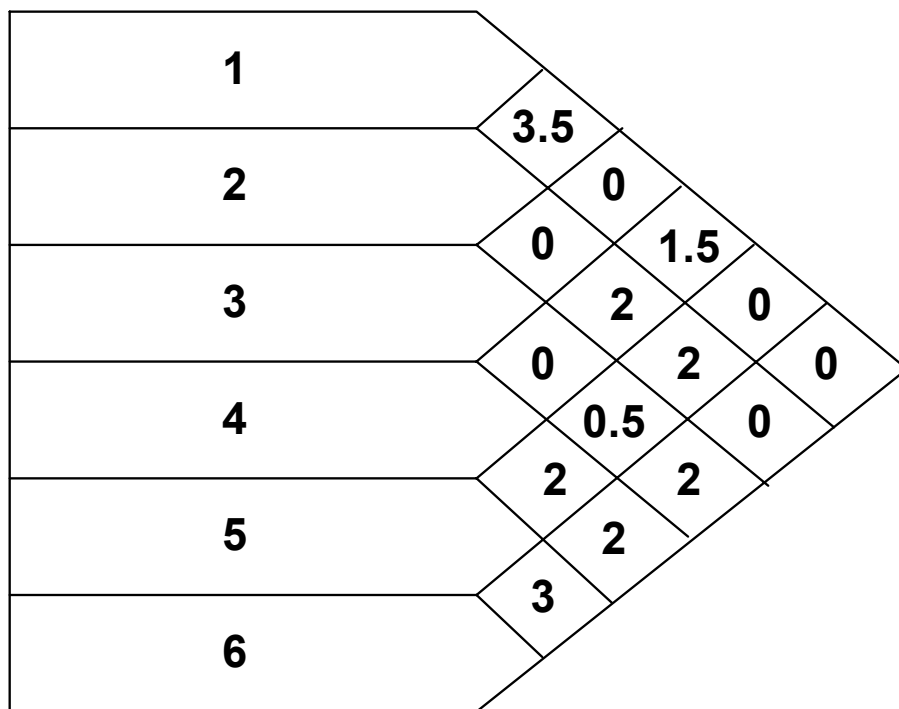
Takođe, radi pojednostavljenja proračuna, izvršiće se rangiranje količine proizvoda na sledeći način:

Količina proizvoda (t)	rang
0–30	0
31–70	1
71–120	2
121–180	3
181–200	4

Na taj način je moguće formirati sledeću tabelu kvantitativno–kvalitativnog ranga:

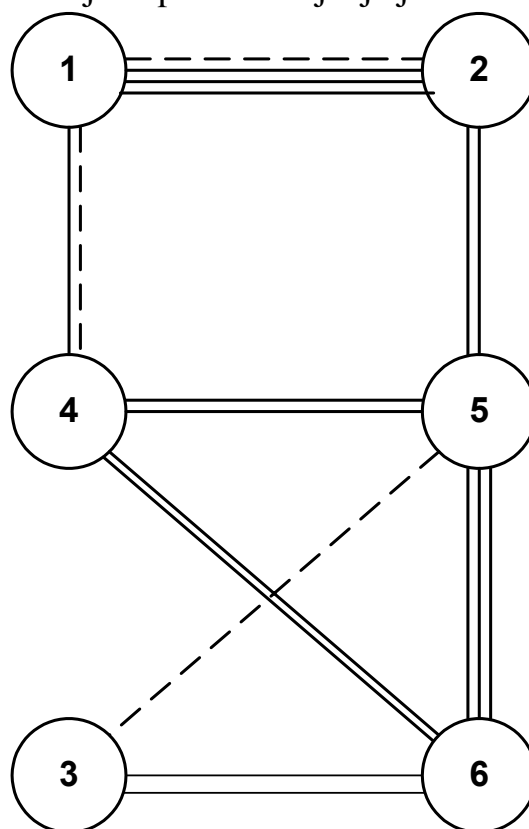
	A(4)	E(3)	I(2)	O(1)	U(0)	X(-2)	XX(-10)
4(181–200)	4	3,5	3	2,5	2	1	/
3(121–180)	3,5	3	2,5	2	1,5	0,5	/
2(71–120)	3	2,5	2	1,5	1	0	/
1(31–70)	2,5	2	1,5	1	0,5	-0,5	/
0 (0–30)	2	1,5	1	0,5	0	-1	/

Na taj način, za slučaj definisan uslovima zadatka, može se formirati zajednička matrica međuzavisnosti.



Slika 4.24. Kombinovana matrica međuzavisnosti

Prema tome, najoptimalniji raspored odeljenja je:



Slika 4.25. Optimalni raspored odeljenja

## 5. UPRAVLJANJE VREMENOM

### 5.1. VRSTE TERMINIRANJA

**Zadatak 53.** Izračunati ukupno vreme potrebno za izradu jedne serije od 36 komada, ukoliko je broj operacija koje treba izvršiti na svakom, da bi se dobio finalni proizvod,  $k = 5$ . Vreme trajanja pojedinih operacija je:  $t_{01} = 6$ ,  $t_{02} = 12$ ,  $t_{03} = 24$ ,  $t_{04} = 18$ ,  $t_{05} = 48$  minuta.

Prilikom rešavanja ovog zadatka primeniti:

- uzastopan tip organizacije toka redosleda operacija,
- paralelni tip organizacije toka redosleda operacija
- kombinovani tok organizacije redosleda operacija.

Grafički prikazati dobijene rezultate za svaki od tipova organizacije toka redosleda operacija.

*Rešenje:*

- Ukupno vreme potrebno za izradu jedne serije, odnosno dužina proizvodnog ciklusa, za uzastopni tok operacija je:

$$T_{cu} = q \cdot \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]}$$

Gde su:

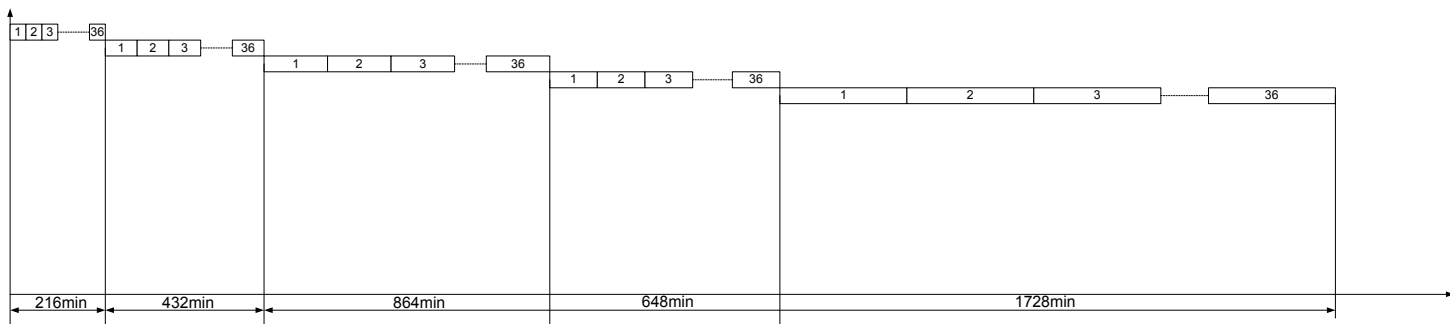
$q$  – broj komada u seriji

$t_{0i}$  – vreme trajanja pojedine operacije [min]

$k$  – broj operacije za izradu svakog od proizvoda.

U konkretnom slučaju je:  $q = 36$ ,  $k = 5$ .

$$T_{cu} = 36 \cdot \left( \frac{6}{60} + \frac{12}{60} + \frac{24}{60} + \frac{18}{60} + \frac{48}{60} \right) = 64,8 \text{ h}$$



Slika 5.1. Uzastopni tip terminiranja

- b) Vreme trajanja izrade serije po paralelnom tipu proizvodnje računa se na osnovu obrasca:

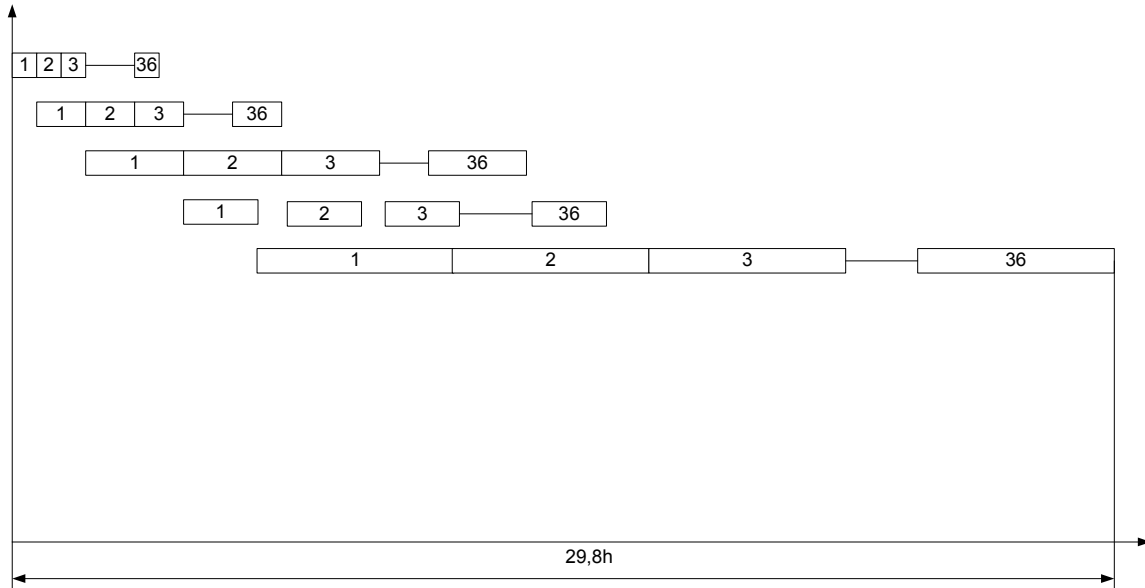
$$T_{cp} = \frac{q-1}{60} \cdot t_{0\max} + \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]}$$

Gde je:  $t_{0\max}$ , vreme trajanja najduže operacije

U konkretnom služaju je:

$$T_{cp} = \frac{36-1}{60} \cdot 48 + \left( \frac{6}{60} + \frac{12}{60} + \frac{24}{60} + \frac{18}{60} + \frac{48}{60} \right) = 29,8 \text{ [h]}$$





Slika 5.2. Paralelni tip terminiranja

- c) Za izračunavanje vremenskog trajanja proizvodnog ciklusa za kombinovani tip proizvodnje koristi se sledeći obrazac:

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot \sum_{j=1}^k t_{0j} + \frac{(q-1)}{60} \cdot \left( \sum_{i=1}^k t_{0j}^I + \sum_{i=1}^k t_{0j}^{II} \right) [h]$$

Pri žemu je vreme  $t_{0j}^I$ , ono vreme za koje važi uslov:

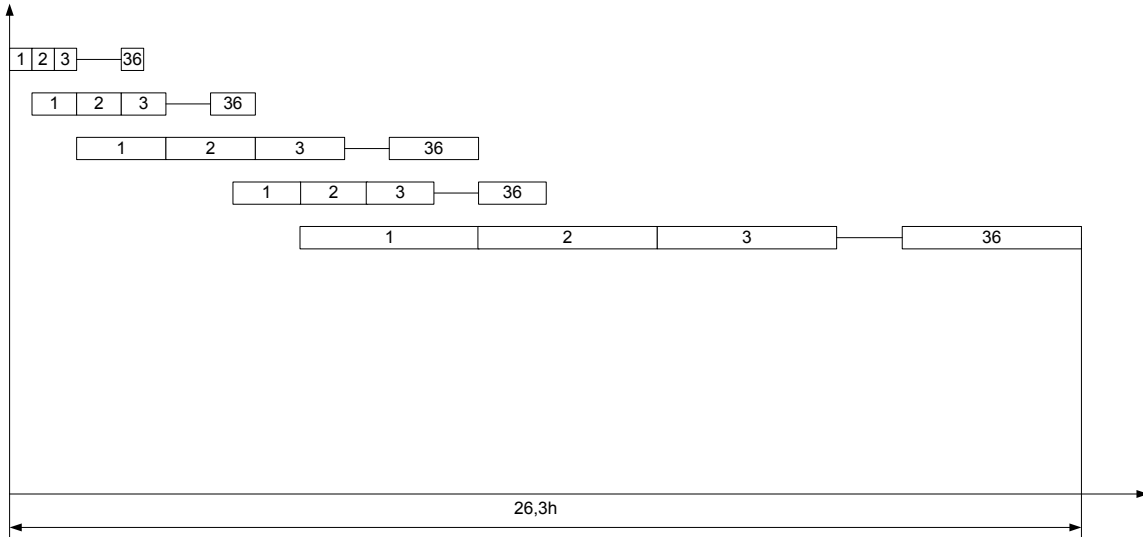
$$t_{0j-1} < t_{0j} > t_{0j+1}$$

dok je  $t_{0j}^{II}$  ono vreme za koje važi uslov:

$$t_{0j-1} > t_{0j} < t_{0j+1}$$

U našem slučaju  $t_{0j}^I = t_{03}$  i  $t_{0j}^{II} = t_{04}$ , te je

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot (6 + 12 + 24 + 18 + 48) + \frac{36-1}{60} \cdot (24 + 18) = 26,3 \text{ h}$$



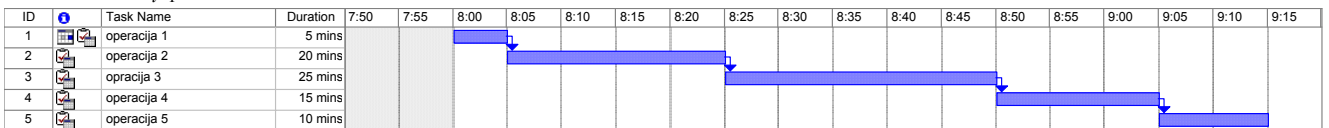
Slika 5.3. Kombinovani tip terminiranja

**Zadatak 54.** U jednom pogonu vrši se proračun ukupnog vremena trajanja probne serije od  $q=5$  kom. Broj operacija koje treba izvršiti da bi se dobio gotov proizvod je  $k = 5$ . Vremena trajanja pojedinih operacija su:  $t_{01} = 1$  min;  $t_{02} = 4$  min;  $t_{03} = 5$  min;  $t_{04} = 3$  min i  $t_{05} = 2$  min. Izračunati koji tip organizacije toka redosleda operacija treba primeniti i rezultate prikazati grafički.

Rešenje:

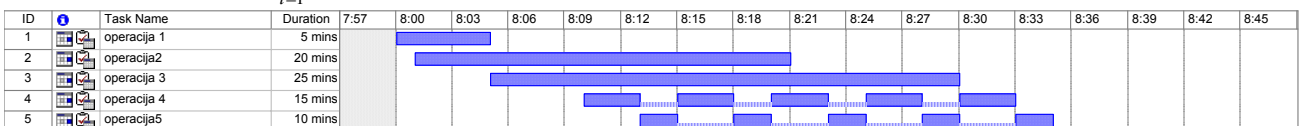
a) Uzastopni tip proizvodnje:

$$T_{cu} = q \cdot \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]} = 5 \cdot \left( \frac{1}{60} + \frac{4}{60} + \frac{5}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60} \right) = 1,25\text{h}$$



b) Paralelni tip proizvodnje

$$T_{cp} = \frac{q-1}{60} \cdot t_{0\max} + \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]} = \frac{5-1}{60} \cdot 5 + \left( \frac{1}{60} + \frac{4}{60} + \frac{5}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60} \right) = 0,58 \text{ h}$$



c) Kombinovani tip

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot \sum_{j=1}^k t_{0j} + \frac{(q-1)}{60} \cdot \left( \sum_{i=1}^k t_{0j}^I + \sum_{i=1}^k t_{0j}^{II} \right) [h]$$

U ovom slučaju  $t_{0j}^I = t_{03}$  i  $t_{0j}^{II} = 0$  (ne postoji), te je

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot (1 + 4 + 5 + 3 + 2) + \frac{5-1}{60} \cdot (5) = 0,58 \text{ h}$$

ID	Task Name	Duration	7:57	8:00	8:03	8:06	8:09	8:12	8:15	8:18	8:21	8:24	8:27	8:30	8:33	8:36	8:39	8:42	8:45	
1	operacija 1	5 mins		[Bar]																
2	operacija2	20 mins		[Bar]																
3	operacija 3	25 mins			[Bar]															
4	operacija 4	15 mins							[Bar]											
5	operacija5	10 mins										[Bar]								

## 6. MAKRO I MIKRO ORGANIZACIJA PROIZVODNJE

### 6.1. ODREĐIVANJE NORMALNOG VREMENA

**Zadatak 55.** U jednom postrojenju se u jednoj radnoj seriji napuni 20 000 komada tubi paste za zube. Pripremno završno vreme za ovakvu vrstu postrojenja je 8 čas/ser. Tehnološko vreme punjenja jednog komada proizvoda je 15 s, a pomoćno vreme 8 s. Dopunsko vreme (vreme potrebno za odmor radnika, opsluživanje mašina , ...) je 9% od vremena izrade proizvoda. Izračunati normalno vreme izrade prema zadatim parametrima. Obzirom da je količina od 20 000 tuba potrebna da se istroši proizvedena količina paste, te se nesme prekidati sa punjenjem (radi se u sve tri smene bez zastoja) izračunati koliko dana traje operacija punjenja tubi.

Rešenje:

Normalno vreme izrade se izračunava prema sledećem obrascu:

$$T = \frac{T_{pz}}{q} + T_{iz} + T_d; \quad T_{iz} = T_t + T_p$$

Na taj način je:

$$T = \frac{T_{pz}}{q} + T_t + T_p + T_d$$

$$q = 20\,000 \text{ kom/ser}$$

$$T = \frac{8}{20000} + \left( \frac{15}{3600} + \frac{8}{3600} \right) + \left( \frac{15}{3600} + \frac{8}{3600} \right) \cdot \frac{9}{100} = 0,007364 \text{ h/kom} = 26,51$$

s/kom.

Na taj način je za jednu seriju od 20 000 kom, potrebno:  $0,007364 \cdot 20\ 000 = 147,27$  h

Dnevno se radi u tri smene (24h), potrebno je:  $147,27/24 = 6,14$  dana.

## 6.2. MICHELIN METODA

**Zadatak 56.** Višestrukim snimanjem jedne operacije dobijeni su sledeći podaci za vreme izrade jednog proizvoda [min]:

9;10;12;15;9;8;8;12;9;14;15;13;12;11;11;9;10;15;15;9;9;12

Koristeći metodu Michelin-a izračunati tipsko normalno vreme izrade proizvoda.

*Rešenje:*

Po metodi Michelin-a, tipsko normalno vreme izrade, za neku operaciju, dobija se kao aritmetička sredina minimalnog i srednjeg vremena:

$$T_{\text{tipsko}} = \frac{T_{\text{min}} + T_{\text{sr}}}{2}$$

Prvenstveno je potrebno utvrditi da li je izvršen dovoljan broj snimanja, to se radi na sledeći način: Ukupno je obavljeno 22 snimanja, aritmetička sredina prvih 11 podataka je:

$$\frac{9+10+12+15+9+8+8+12+9+14+15}{11} = 11$$

za drugih 11 podataka je:

$$\frac{13+12+11+11+9+10+15+15+9+9+12}{11} = 11,45$$

ukupna aritmetička sredina svih podataka je: 11,225

$$\text{Odstupanja su: } \frac{11,225 - 11}{11,225} \cdot 100 = 2\% \quad \text{i} \quad \frac{11,225 - 11,45}{11,225} \cdot 100 = -1,96\%$$

Dopustivi nivo tačnosti je  $\pm 5\%$ , prema tome, izvršen je potreban broj snimanja.

Sledeći korak je da sve snimljene podatke poređamo u rastući niz:

8;8;9;9;9;9;9;9;10;10;11;11;12;12;12;12;13;14;15;15;15;15

Najmanju i najveću veličinu odbacujemo, nakon čega ostaje:

8;9;9;9;9;9;9;10;10;11;11;12;12;12;12;13;14;15;15;15

Ove podatke grupišmo u tri približno jednake grupe:

8;9;9;9;9;9;9 | 10;10;11;11;12;12;12 | 12;13;14;15;15;15

Najveću vrednost u prvoj grupi usvajamo za  $T_{\min}$  ( $T_{\min} = 9$ ).  $T_{\text{sr}}$  je aritmetička sredina podataka iz sve tri grupe  $T_{\text{sr}} = \frac{224}{20} = 11,2$

Na taj način je:  $T_{\text{tipsko}} = \frac{9+11,2}{2} = 10,1 \text{ min}$

Osnovna karakteristika ovako izračunatog normalnog vremena je u tome što se ne prihvata srednja vrednost (11,23 min), već nešto manja (10,1 min) što favorizuje intenzivniji rad.

## 7. KONTROLA KVALITETA PROIZVODA

**Zadatak 57.** Treba vršiti kontrolu prečnika kuglica koje se proizvode. Izvršeno je  $k = 20$  prethodnih proba, a svaka je obima  $n = 5$  i dobijeni su sledeći podaci:

Proba (i)	Podaci (x)				
1	10	3	5	14	10
2	2	14	8	13	11
3	12	12	13	8	10
4	12	14	7	11	9
5	10	11	9	15	7
6	11	12	11	14	12
7	15	11	14	8	3
8	12	14	12	11	11
9	11	7	11	13	9
10	14	10	9	12	8
11	9	11	14	10	13
12	13	13	6	4	13
13	5	8	3	3	4
14	8	5	6	9	13
15	8	4	9	5	8
16	4	12	10	6	10
17	10	6	13	10	5
18	7	9	12	1	7
19	4	7	6	7	12
20	10	10	6	9	3

Kao merilo kvaliteta proizvoda prikazati kontrolnu  $\bar{X}/R$  kartu.

*Rešenje:*

Na osnovu podataka predstavljenih u prethodnoj tabeli prvo je potrebno izvršiti proračun srednje vrednosti uzetih uzoraka  $\bar{X}_i$  i raspon svake probe  $R_i$ , pri čemu se ove veličine izračunavaju na osnovu obrazaca:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$R_i = \max_{1 \leq j \leq n} x_{ij} - \min_{1 \leq j \leq n} x_{ij}$$

Proba (i)	Podaci (x)					$\bar{X}_i$	$R_i$
1	10	3	5	14	10	8.5	11
2	2	14	8	13	11	9.6	12
3	12	12	13	8	10	11	5
4	12	14	7	11	9	10.6	7
5	10	11	9	15	7	10.4	8
6	11	12	11	14	12	12	3
7	15	11	14	8	3	10.2	12
8	12	14	12	11	11	12	3
9	11	7	11	13	9	10.2	6
10	14	10	9	12	8	10.6	6
11	9	11	14	10	13	11.4	5
12	13	13	6	4	13	9.8	9
13	5	8	3	3	4	4.6	5
14	8	5	6	9	13	8.2	8
15	8	4	9	5	8	6.8	5
16	4	12	10	6	10	8.4	8
17	10	6	13	10	5	8.8	8
18	7	9	12	1	7	7.2	11
19	4	7	6	7	12	7.2	8
20	10	10	6	9	3	7.6	7
					$\Sigma$	185	147

Spoljašnju i unutrašnju kontrolnu granicu definišemo preko izraza:

$$SKG_{g,d} = \bar{X} \pm A_3 \bar{R}$$

$$UKG_{g,d} = \bar{X} \pm A_{2,576} \bar{R}$$

Pri čemu na osnovu gornje tabele, vrednosti za  $\bar{X}$  i  $\bar{R}$ , računamo na sledeći način:

$$\bar{X} = 185/20 = 9,25 \text{ i } \bar{R} = 147/20 = 7,35$$

Veličine  $A_3$  i  $A_{2,576}$  predstavljaju koeficijente koj zavise od veličine uzoraka i od praga značajnosti. U praksi se kao prag značajnosti najčešće definišu dve granične vrednosti  $\alpha = 0,0027$  i  $\alpha = 0,01$  i one predstavljaju verovatnoću nastupanja greške prvog tipa. Za ovako usvojen prag značajnosti veličine  $A_3$  i  $A_{2,576}$ , mogu se očitati iz sledeće tabelle:

Tabela 7.1.

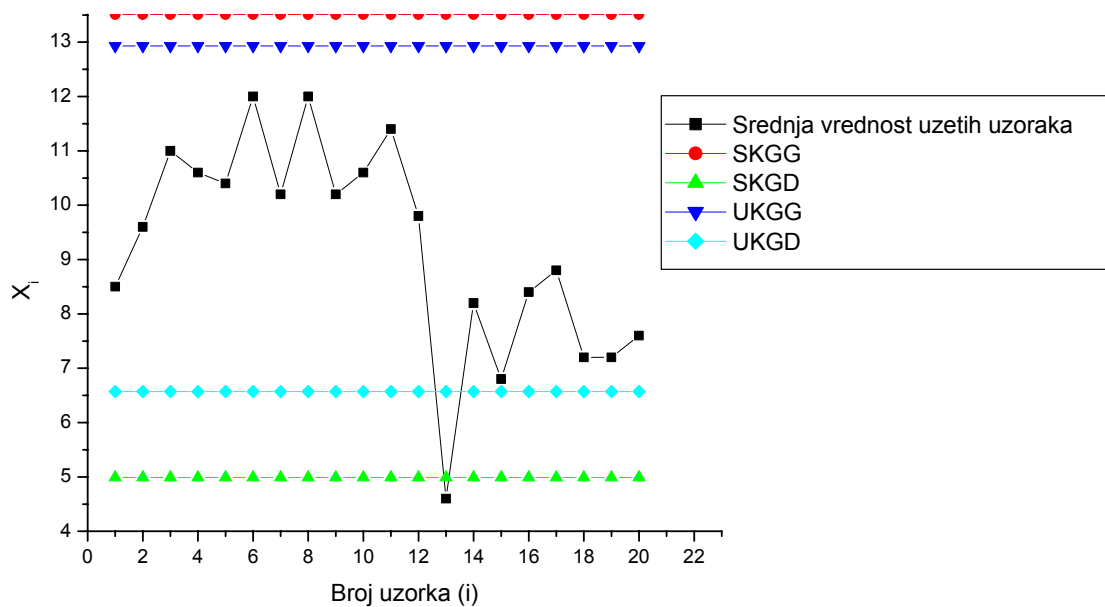
	Obim probe n								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_3$	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31
$A_{2,576}$	1.16	0.88	0.63	0.5	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26

Na taj način su, za uslove zadate u ovom primeru, spoljašnje i unutrašnje kontrolne granice:

$$SKG_{g,d} = 9,25 \pm 0,58 * 7,35 = \begin{cases} 13,51 \\ 4,99 \end{cases}$$

$$UKG_{g,d} = 9,25 \pm 0,50 * 7,35 = \begin{cases} 12,93 \\ 6,57 \end{cases}$$

Na osnovu ovako kontrolisanih kontrolnih granica, moguće je formirati sledeću  $\bar{X}$ -kartu za posmatrani primer:



Slika 7.1.  $\bar{X}$ -karta posmatranog primera



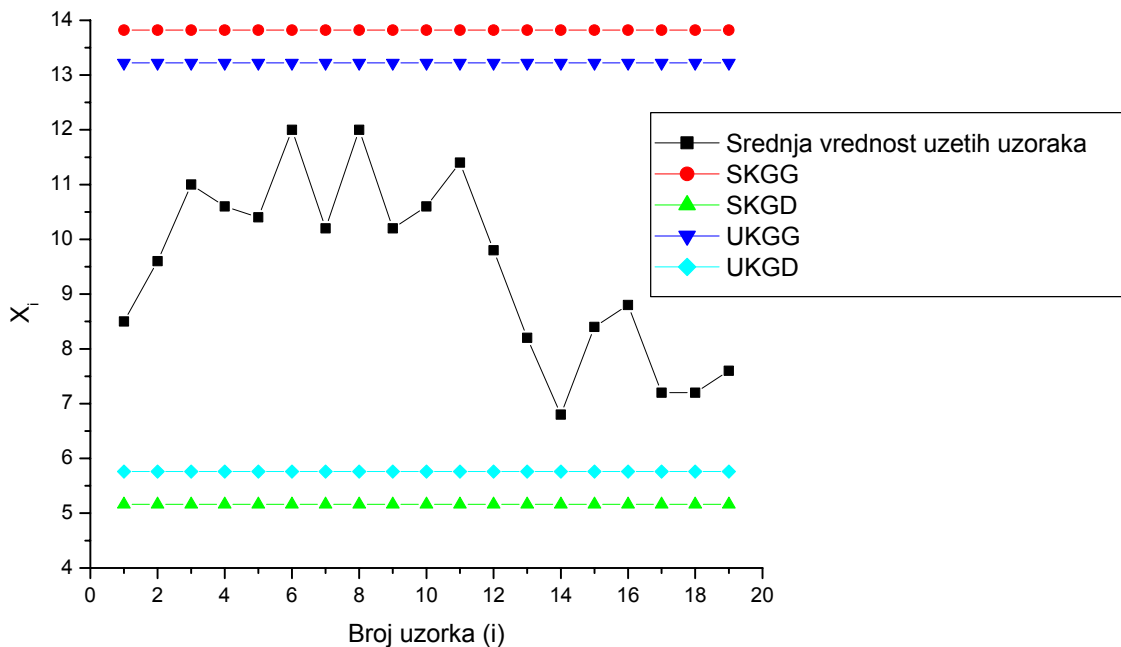
Ove kontrolne grnice možemo popraviti tako što ćemo iz računa izbaciti one vrednosti  $\bar{X}_i$  koje izlaze van kontrolnih granica, jer one odgovaraju proizvodima kod kojih je došlo do značajnog odstupanja od predviđenih uslova proizvodnje. U našem primeru to je srednja vrednost  $\bar{X}_{13} = 4,6$ . Na taj način, nove popravljene kontrolne granice su:

$$\bar{\bar{X}} = 180,4/19 = 9,49 \text{ i } \bar{\bar{R}} = 142/19 = 7,47$$

$$SKG_{g,d} = 9,49 \pm 0,58 * 7,47 = \begin{cases} 13,82 \\ 5,16 \end{cases}$$

$$UKG_{g,d} = 9,49 \pm 0,50 * 7,47 = \begin{cases} 13,22 \\ 5,76 \end{cases}$$

Na ovaj način korigovana  $\bar{X}$ -karta izgleda na sledeći način

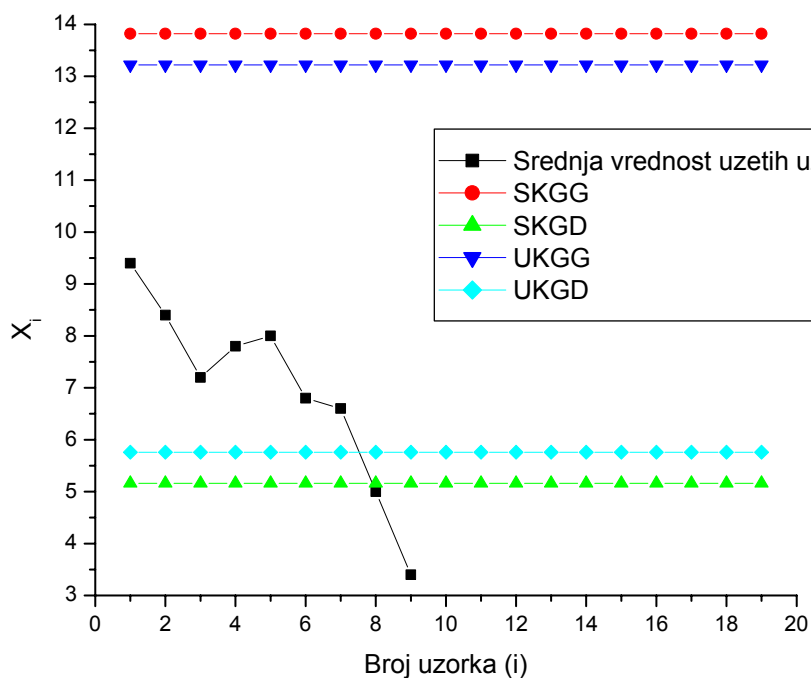


Slika 7.2. Korigovana  $\bar{X}$ -karta

Pošto je na ovaj način definisana  $\bar{X}$ -karta kao merilo kvaliteta proizvoda pristupa se realnoj tekućoj kontroli proizvodnje. Na primer, neka su podaci iz sledeće tabele dobijeni vršenjem 9 proba.

Proba (i)	Podaci (x)					$\bar{X}_i$	$R_i$
1	9	12	7	13	6	9,4	7
2	9	10	7	9	7	8,4	3
3	1	10	8	11	6	7,2	10
4	8	7	5	11	8	7,8	6
5	8	9	6	9	8	8	3
6	4	8	9	5	8	6,8	5
7	8	10	3	8	4	6,6	7
8	10	1	2	9	3	5	9
9	3	5	4	4	5	3,4	2

Da bi se izvršila procena kvaliteta posmatranih proizvoda ovako dobijene vrednosti se unose u već formiranu  $\bar{X}$ -kartu, pri žemu se dobija izgled dijagrama kao na slici 7.3.



Slika 7.3. Ocena kvaliteta realne proizvodnje

Na osnovu izgleda gornje krive primećuje se tendencija sve manjih vrednosti dijametara kuglice. Kako je u devetoj probi vrednost  $\bar{X}_9$  ispod SKGD, treba zaustaviti proizvodnju i otkloniti uzrok poremećaja u proizvodnji.

U praksi se obično uporedo sa radnom zonom definisanom  $\bar{X}$  karticom, daje i R kartica kao merilo ujednačenosti proizvodnje, odnosno  $\bar{X}/R$  - kartica.

Kontrolne granice za R izračunavaju se na osnovu raspodele za statistiku R, čime se ovde nećemo baviti. One se dobijaju iz izraza:

$$\alpha = 0,0027: \text{SKG}_d' = B_3^{(d)} * \bar{R}; \text{SKG}_g' = B_3^{(g)} * \bar{R}$$

$$\alpha = 0,01: \text{UKG}_d' = B_{2,576}^{(d)} * \bar{R}; \text{UKG}_g' = B_{2,576}^{(g)} * \bar{R}$$

Pri čemu se vrednosti za  $B_3^{(d)}$ ,  $B_3^{(g)}$ ,  $B_{2,576}^{(d)}$  i  $B_{2,576}^{(g)}$ , dobijaju iz tabele 7.2.

	Obim probe n								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B_3^{(d)}$	0	0	0	0	0	0.08	0.14	0.18	0.22
$B_3^{(g)}$	3.27	2.57	2.28	2.11	2	1.92	1.86	1.82	1.78
$B_{2,576}^{(d)}$	0	0	0	0.04	0.14	0.21	0.26	0.3	0.33
$B_{2,576}^{(g)}$	2.95	2.35	2.1	1.96	1.86	1.79	1.74	1.7	1.67

Na ovaj način, za naš konkretan slučaj je:

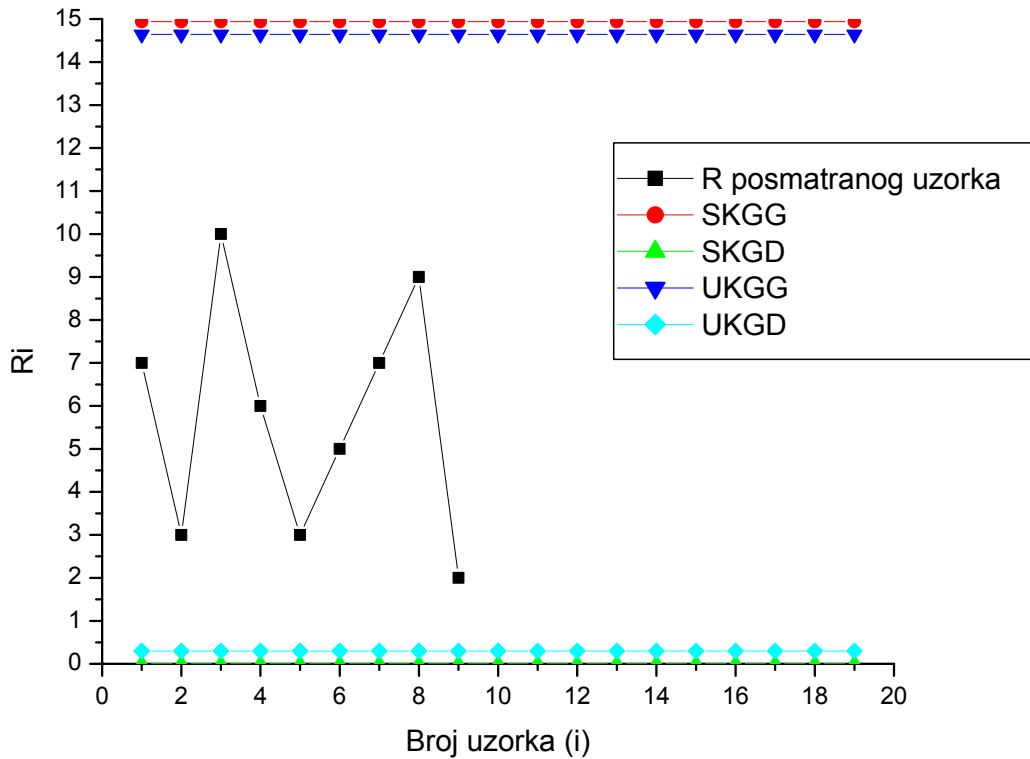
$$\text{SKG}_d' = 0 * 7,47 = 0$$

$$\text{SKG}_g' = 2,11 * 7,47 = 14,94$$

$$\text{UKG}_d' = 0,04 * 7,47 = 0,2988$$

$$\text{UKG}_g' = 1,96 * 7,47 = 14,6412$$

Te sada za naš konkretni slučaj već formiranoj  $\bar{X}$  -karti treba pridodati R-kartu.



Slika 7.4. R-karta za posmatrani primer

Ovim je analiza kvaliteta proizvodnje posmatranog postrojenja kompletna. Posmatranjem  $\bar{X}$ -karte dolazi se do informacije da li se izlazi iz zadatih nivoa kvaliteta definisanih dimenzijama proizvoda, dok nam R-karta govori o varijaciji dimenzija u posmatranom uzorku. Tendencija treba da bude ka smanjenju  $R_i$  jer se time dovodi do poboljšanja u smislu ujednačavanja proizvodnje.

**Zadatak 58.** Treba oformiti «p» karticu za kontrolu proizvoda jednog automatskog aparata. U cilju prethodne analize i dobijanja kontrolnih granica u toku mesec dana (broj serija  $k = 25$ ), izvršeno je brojanje škarta dnevne proizvodnje . Podaci o broju dnevno proizvedenih proizvoda i broju škarta dati su u sledećoj tabeli 7.3.

Tabela 7.3.

Proba $i$	Broj komada $n_i$	Broj loših komada $s_{ni}$
1	837	21
2	1540	67
3	1455	55
4	1230	30
5	1814	88
6	2151	91
7	2032	76
8	2094	67
9	1973	58
10	1823	66
11	2093	96
12	1536	82
13	1314	41
14	1756	46
15	1682	37
16	954	46
17	881	37
18	1136	41
19	1546	47
20	1338	36
21	1095	54
22	1969	103
23	1850	91
24	1813	68
25	1482	59

*Rešenje:*

U cilju formiranja p-karte proizvoda potrebno je prvenstveno odrediti učešće

škarta u proizvodnji  $p_i = \frac{S_{ni}}{n_i} * 100$  [%] tabela 7.4.

Tabela 7.4.

Proba i	Broj komada $n_i$	Broj loših komada $S_{ni}$	$p_i$ [%]
1	837	21	2,5
2	1540	67	4,35
3	1455	55	3,78
4	1230	30	2,44
5	1814	88	4,85
6	2151	91	4,23
7	2032	76	3,74
8	2094	67	3,20
9	1973	58	2,94
10	1823	66	3,62
11	2093	96	4,59
12	1536	82	5,34
13	1314	41	3,12
14	1756	46	2,62
15	1682	37	2,20
16	954	46	4,82
17	881	37	4,20
18	1136	41	3,61
19	1546	47	3,04
20	1338	36	2,69
21	1095	54	4,93
22	1969	103	5,23
23	1850	91	4,92
24	1813	68	3,75
25	1482	59	3,98

dalji tok analize sastoji se u određivanju verovatnoće pojave škarta u proizvodnji koja se određuje na osnovu jednačine:

$$\overline{p_o} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i, \text{ odnosno } \overline{p_o} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} p_i = 3,79\%$$

U proračunima ove vrste usvojicemo prag značajnosti  $\alpha = 0,0027$ , gornja i donja kontrolna granica se određuju korišćenjem izraza:

$$KG_{g,d} = \bar{p}_o \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_o(100 - \bar{p}_o)}{n_i}} = 3,79 \pm 3 \sqrt{\frac{3,79 * 96,21}{n_i}}$$

Te na taj način možemo formirati sledeću tabelu 7.5.

Tabela 7.5.

Proba i	Broj komada $n_i$	Broj loših komada $S_{ni}$	$p_i$ [%]	$3 \sqrt{\frac{\bar{p}_o(100 - \bar{p}_o)}{n_i}}$	$KG_d$ [%]	$KG_g$ [%]
1	837	21	2,5	1,98	1,81	5,77
2	1540	67	4,35	1,46	2,33	5,25
3	1455	55	3,78	1,5	2,29	5,29
4	1230	30	2,44	1,63	2,16	5,42
5	1814	88	4,85	1,35	2,44	5,14
6	2151	91	4,23	1,23	2,56	5,02
7	2032	76	3,74	1,27	2,52	5,06
8	2094	67	3,20	1,25	2,54	5,04
9	1973	58	2,94	1,29	2,5	5,08
10	1823	66	3,62	1,34	2,45	5,13
11	2093	96	4,59	1,25	3,54	5,04
12	1536	82	5,34	1,46	2,33	5,25
13	1314	41	3,12	1,58	2,21	5,37
14	1756	46	2,62	1,37	2,42	5,16
15	1682	37	2,20	1,4	2,39	5,19
16	954	46	4,82	1,85	1,94	5,64
17	881	37	4,20	1,93	1,86	5,72
18	1136	41	3,61	1,7	2,09	5,49
19	1546	47	3,04	1,46	2,33	5,25
20	1338	36	2,69	1,57	2,22	5,36
21	1095	54	4,93	1,73	2,06	5,52
22	1969	103	5,23	1,29	2,5	5,08
23	1850	91	4,92	1,33	2,46	5,12
24	1813	68	3,75	1,34	2,45	5,13
25	1482	59	3,98	1,49	2,3	5,28

Na osnovu prethodne tabele očigledno je da su 12 i 22-a serija dale relativne učestalosti (u procentima)  $p_{12} = 5,34$  i  $p_{22} = 5,23$  koje prelaze odgovarajuće

granice, zato gornje kontrolne granice korigujemo tako što ceo proces ponavljamo bez uključivanja podataka 12-e i 22-e serije. Dobijamo:

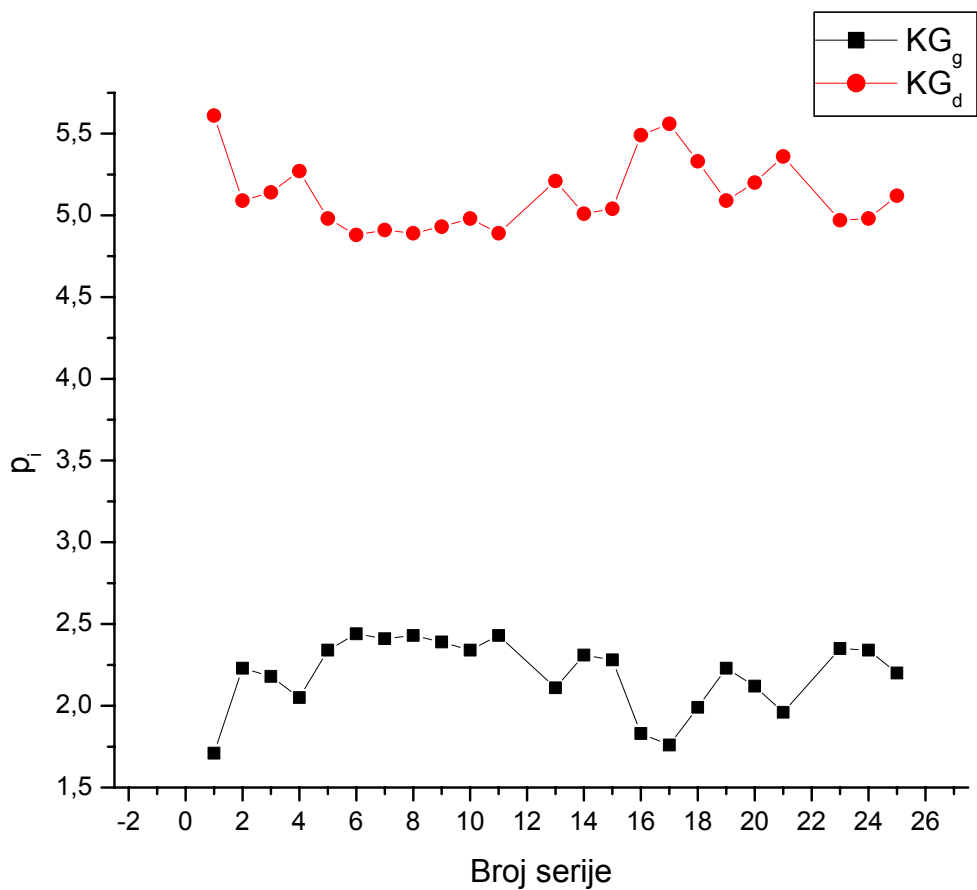
$$\bar{p}_o = \frac{1}{23} \sum_{i=1}^{23} p_i = 3,66\%$$

$$KG_{g,d} = 3,66 \pm 3 \sqrt{\frac{3,66 * 96,34}{n_i}}$$

Rezultati ovog proračuna dati su u sledećoj tabeli, 7.6.

Proba i	Broj komada $n_i$	Broj loših komada $S_{ni}$	$p_i$ [%]	$3 \sqrt{\frac{\bar{p}_o(100 - \bar{p}_o)}{n_i}}$	$KG_d$ [%]	$KG_g$ [%]
1	837	21	2,5	1,95	1,71	5,61
2	1540	67	4,35	1,43	2,23	5,09
3	1455	55	3,78	1,48	2,18	5,14
4	1230	30	2,44	1,61	2,05	5,27
5	1814	88	4,85	1,32	2,34	4,98
6	2151	91	4,23	1,22	2,44	4,88
7	2032	76	3,74	1,25	2,41	4,91
8	2094	67	3,20	1,23	2,43	4,89
9	1973	58	2,94	1,27	2,39	4,93
10	1823	66	3,62	1,32	2,34	4,98
11	2093	96	4,59	1,23	3,43	4,89
12	1536	82	5,34			
13	1314	41	3,12	1,55	2,11	5,21
14	1756	46	2,62	1,35	2,31	5,01
15	1682	37	2,20	1,38	2,28	5,04
16	954	46	4,82	1,83	1,83	5,49
17	881	37	4,20	1,90	1,76	5,56
18	1136	41	3,61	1,67	1,99	5,33
19	1546	47	3,04	1,43	2,23	5,09
20	1338	36	2,69	1,54	2,12	5,20
21	1095	54	4,93	1,70	1,96	5,36
22	1969	103	5,23			
23	1850	91	4,92	1,30	2,35	4,97
24	1813	68	3,75	1,32	2,34	4,98
25	1482	59	3,98	1,46	2,2	5,12





Slika 7.5. *p* - karta za kontrolu kvaliteta proizvoda

Sa ovako formiranom *p*-kartom proizvoda, može se pristupiti svakodnevnoj kontroli kvaliteta proizvoda, pri čemu sve dok su proizvodi u granicama  $KG_d - KG_g$ , predstavljaju proizvode potrebnog kvaliteta.

**Zadatak 59.** Merenjem prečnika serije vratila od 215 kom., dobijeni su sledeći rezultati, tabela 7.7.

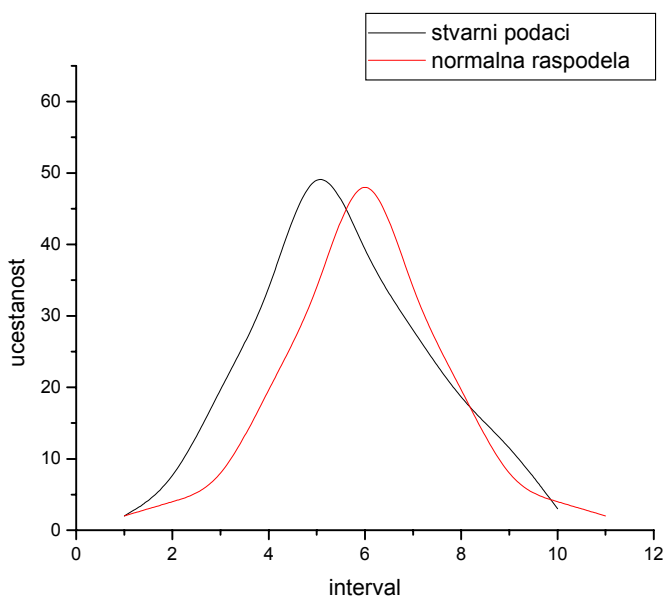
Tabela 7.7.

redni broj	interval (mm)	uč estanost, $m_i$
1	20,00 - 20,05	2
2	20,06 - 20,10	6
3	20,11 - 20,15	20
4	20,16 - 20,20	32
5	20,21 - 20,25	56
6	20,26 - 20,30	38
7	20,31 - 20,35	28
8	20,36 - 20,40	18
9	20,41 - 20,45	12
10	20,46 - 20,50	3

Koristeći podatke iz tabele 7.7., formirati ocenu kvaliteta serije na osnovu X-karte posmatranog procesa.

*Rešenje:*

da bi se učinila okvirna procena tipa raspodele učestanosti  $m_i$  ponavljanja određenog opsega dimenzija, potrebno je formirati sledeću grafičku zavisnost.



Slika 7.6. Upoređenje podataka o učestanosti sa prikazom normalne raspodele.

Na osnovu ovakvog izgleda krive, može se zaključiti da se podaci o učestanosti menjaju prema normalnoj raspodeli te je na dalje analiza podataka uražena u skladu sa time.

*Parametri raspodele:*

Matematičko očekivanje promenljive računa se na osnovu obrasca:

$$M(X) = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} m_i \cdot X_i^*}{n};$$

Disperzija slučajne promenljive je:

$$D(X) = M [X-M(X)]^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} m_i (X_i - \bar{X})^2$$

Srednje kvadratno odstupanje je:

$$\sigma_{(X)} = \sqrt{D(X)}$$

Na osnovu pvako definisanih parametara raspodele i tabele 7.7, može se formirati sledeća tabela sa proračunatim vrednostima:

redni broj	interval (mm)	učestanost, $m_i$	Srednja vrednost intervala $x_i$	$\bar{X}$	$m_i \cdot x_i$	$m_i \cdot (x_i - \bar{X})^2$
1	20,00 - 20,05	2	20,025	=4354,025/215=20,251	40,65	0,102
2	20,06 - 20,10	6	20,075	20,251	120,45	0,186
3	20,11 - 20,15	20	20,125	20,251	402,5	0,317
4	20,16 - 20,20	32	20,175	20,251	645,6	0,184
5	20,21 - 20,25	56	20,225	20,251	1132,6	0,6376
6	20,26 - 20,30	38	20,275	20,251	770,45	0,0218
7	20,31 - 20,35	28	20,325	20,251	569,1	0,153
8	20,36 - 20,40	18	20,375	20,251	366,75	0,2767
9	20,41 - 20,45	12	20,425	20,251	245,1	0,363
10	20,46 - 20,50	3	20,475	20,251	61,425	0,15
					$\Sigma$ 4354,025	$\Sigma$ 1,7913

Na taj način je:

$$D(X) = 1,7913/215 = 0,00833 \text{ mm}^2, \text{ i } \sigma_{(X)} = \sqrt{0,00833} = 0,0912 \text{ mm}$$

Procena parametara raspodele osnovnog skupa:

$$\bar{X}_o = \bar{X}, \sigma_o = \sigma \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}} = 0,0912 \cdot \sqrt{\frac{215}{215-1}}, \text{ mm}$$

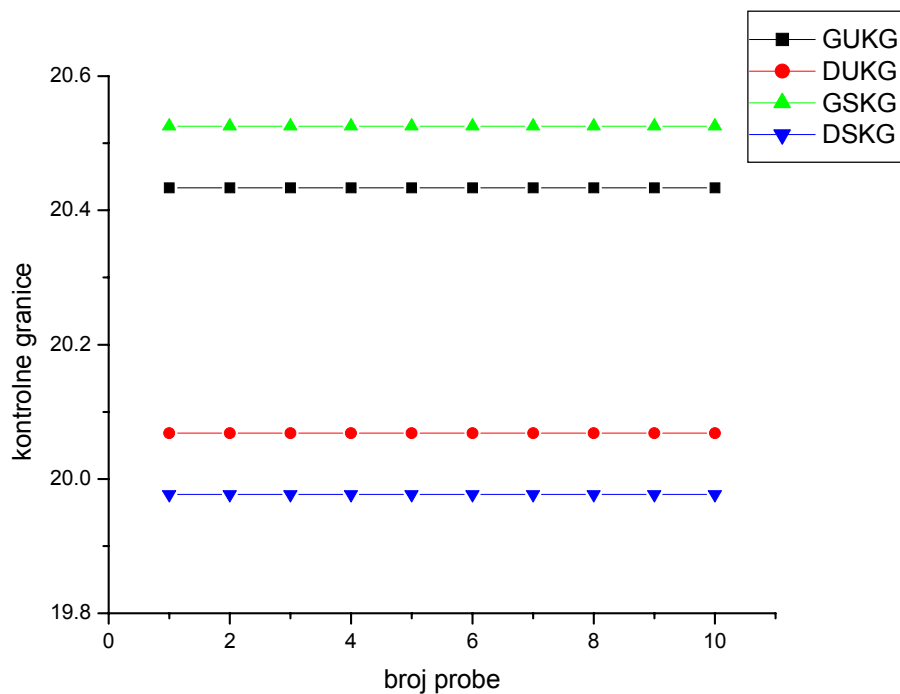
Na taj način je:

$$\text{GUKG} = \bar{X} + 2\sigma_o = 20,251 + 2*0,0914 = 20,4338 \text{ mm}$$

$$\text{DUKG} = \bar{X} - 2\sigma_o = 20,251 - 2*0,0914 = 20,0682 \text{ mm}$$

$$\text{GSKG} = \bar{X} + 3\sigma_o = 20,251 + 3*0,0914 = 20,5252 \text{ mm}$$

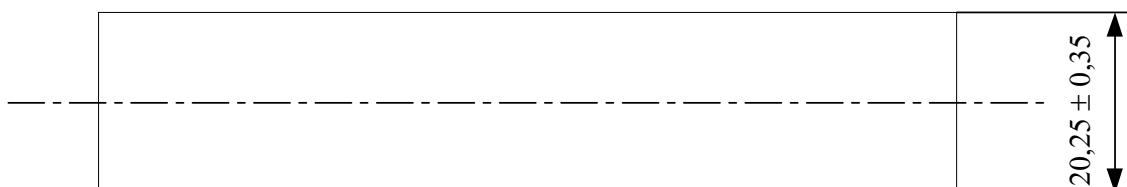
$$\text{DSKG} = \bar{X} - 3\sigma_o = 20,251 - 3*0,0914 = 19,9768 \text{ mm}$$



Slika 7.7. X-karta posmatranog procesa

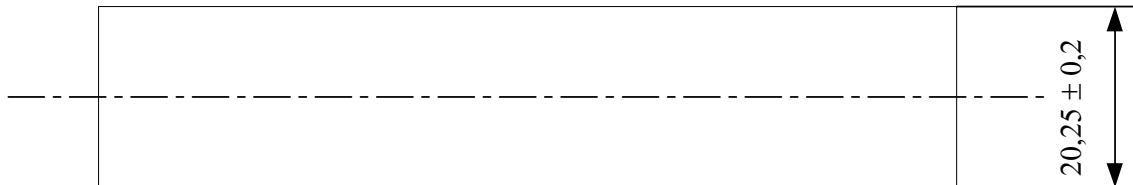
Na osnovu ovako definisane X-karte mogu da nastupe dva karakteristična slučaja:

1)



U ovom slučaju je  $GGT = 20,6 \text{ mm}$  i  $DGT = 19,9 \text{ mm}$ . Ovde je granica prirodnog rasipanja u okviru tolerancije polja, što znači da je tehnološki postupak dobro odabran.

2)



U ovom slučaju je  $GGT = 20,45 \text{ mm}$  i  $DGT = 20,05 \text{ mm}$ . Prirodno rasipanje je veće od dozvoljene tolerancije, što znači da je potrebno promeniti mašinu ili povećati toleranciju.

## 8. PRORAČUN TROŠKOVA

### Zadatak 60.

Pre pokretanja proizvodnje serije od  $Q = 50\,000$  kom određenog proizvoda potrebno je izračunati jediničnu cenu koštanja proizvoda ukoliko su poznati:

- 1) Troškovi direktnog materijala su  $T_1 = 500\,000 \text{ nj/ser}$ ,
- 2) Troškovi energije su  $T_2 = 100\,000 \text{ nj/ser}$ ,

- 3) U Mašine koje se koriste za proizvodnju navedenog proizvoda investirano je 2 000 000 nj, njihov vek trajanja je 12 godina. Vreme trajanja proizvodnje jedne serije je 300 dana.
- 4) Troškovi alata su  $T_4 = 20\,000$  nj/ser,
- 5) Troškovi održavanja osnovnih sredstava za rad su  $T_5 = 10\,000$  nj/ser,
- 6) Troškovi transporta (spoljnji i unutrašnji transport) su  $T_6 = 30\,000$  nj/ser,
- 7) Troškovi istraživanja i pripreme proizvodnje su  $T_7 = 100\,000$  nj/ser,
- 8) Troškovi pogonske režije iznose  $T_8 = 30\,000$  nj/ser,
- 9) Ostali troškovi  $T_9 = 50\,000$  nj/ser,
- 10) Vrednost utrošenog ljudskog rada je  $T_{10} = 1\,200\,000$  nj/ser.

Na osnovu ekonomskih zakona ponude i potražnje definisan aktuelnom tržišnom situacijom, optimalna prodajna cena proizvoda posmatrane vrste je 200 nj/kom. Izračunati da li će preduzeće poslovati sa dobitkom i koliki je procenat dobiti.

### *Rešenje*

Zbir svih troškova predstavlja ukupnu cenu koštanja proizvodnje jedne serije.

$$C_k = \sum_{i=1}^{10} T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10}$$

Svi toškovi su definisani osim troškova amortizacije, koj iznose:

$$T_A = V/t = 2\,000\,000/12*365 = 456.621 \text{ nj/dan,}$$

Troškovi amortizacije svedeni na jednu seriju su:

$$T_3 = T_A * 300 = 456,621 * 300 = 136986 \text{ nj/ser, na taj način je:}$$

$$C_k = 500\,000 + 100\,000 + 136\,986 + 20\,000 + 10\,000 + 30\,000 + 100\,000 + 30\,000 + 50\,000 + 1\,200\,000 = 6\,676\,986 \text{ nj/ser}$$

Na taj način jedinična cena koštanja je:

$$w_k = C_k/Q = 6\,676\,986/50\,000 = 133.5 \text{ nj / kom}$$

Dobit se izračunava na osnovu:

$D = C_p - C_k$ , pri čemu je  $C_p = 200 * 50\ 000 = 10\ 000\ 000$  nj/ser, na taj način je:

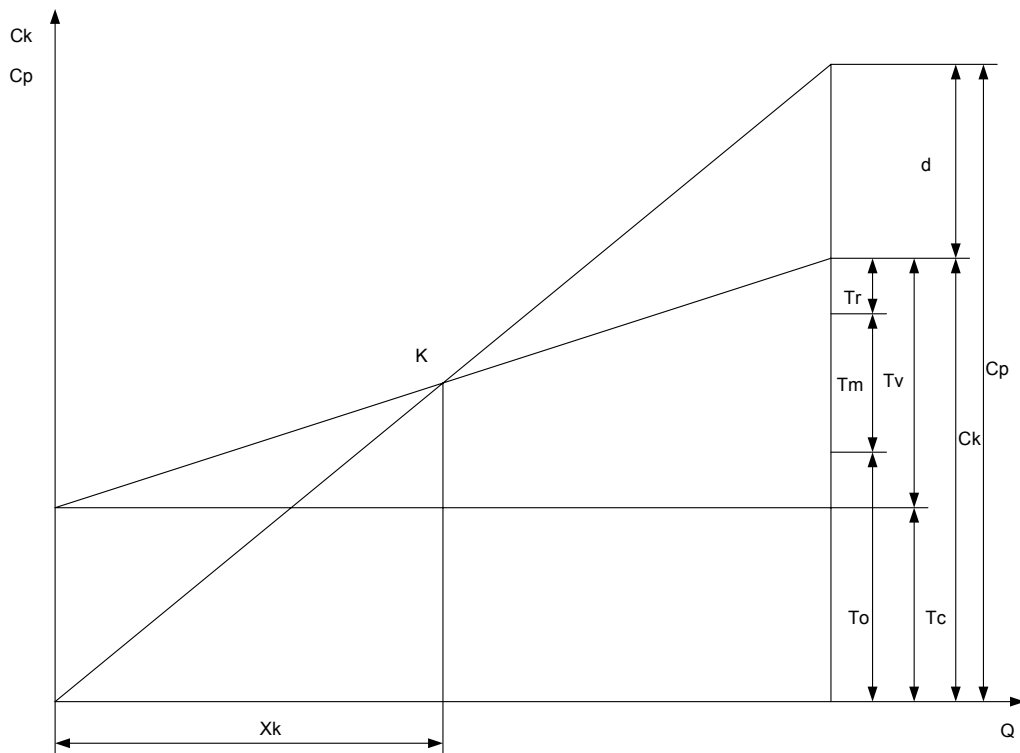
$$D = 10\ 000\ 000 - 6\ 676\ 986 = 3\ 323\ 014 \text{ nj/ser}$$

$$\%D = 3\ 323\ 014 / 6\ 676\ 986 * 100 = 49,76\%$$

**Zadatak 61.** Koristeći *Knoepfel-ov* Q-C dijagram, odrediti kritičnu tačku, koja predstavlja presečnu tačku linije cene koštaja i linije cene prodaje. Ukoliko je za seriju od 50 000 kom proizvoda određene vrste poznato da je  $C_p = 10\ 000\ 000$  nj/ser, konstantni troškovi (koji ne zavise od veličine serije) u proizvodnji su  $T_c = 2\ 000\ 000$  din/ser, troškovi direktnog materijala su  $T_m = 4\ 000\ 000$  nj/ser, troškovi direktne radne snage su  $T_r = 500\ 000$  nj/ser, ostali troškovi koji obuhvataju pogonsku režiju, amortizaciju i ostalo su  $T_o = 2\ 500\ 000$  nj/ser.

*Rešenje:*

Položaj kritične tačke naći ćemo na osnovu same definicije Q-C dijagrama, slika 8.1.



Slika 8.1. Q-C dijagram

Na osnovu dijagrama na slici 8.1, očigledno je da je moguće uspostaviti sledeće zavisnosti:

*Linija cene prodaje:*

$$y = a_1 * x$$

pri čemu je:  $a_1 = C_p/Q = 10\ 000\ 000/50\ 000 = 200$ , na taj način je:

$$y = 200 * x$$

*Linija cene koštanja:*

$$y = a_2 * x + b$$

gde je:  $a_2 = (C_k - T_c)/Q$   
 $b = T_c$

sa slike je očigledno da su:

$$C_k = T_o + T_m + T_r = 2\ 500\ 000 + 4\ 000\ 000 + 500\ 000 = 7\ 000\ 000 \text{ nj/ser,}$$

te je:

$$a_2 = (7\ 000\ 000 - 2\ 000\ 000)/50\ 000 = 100$$

$$b = 2\ 000\ 000, \text{ na taj način je:}$$

$$y = 100 * x + 2\ 000\ 000$$

Kritičnu tačku nalazimo na sledeći način:

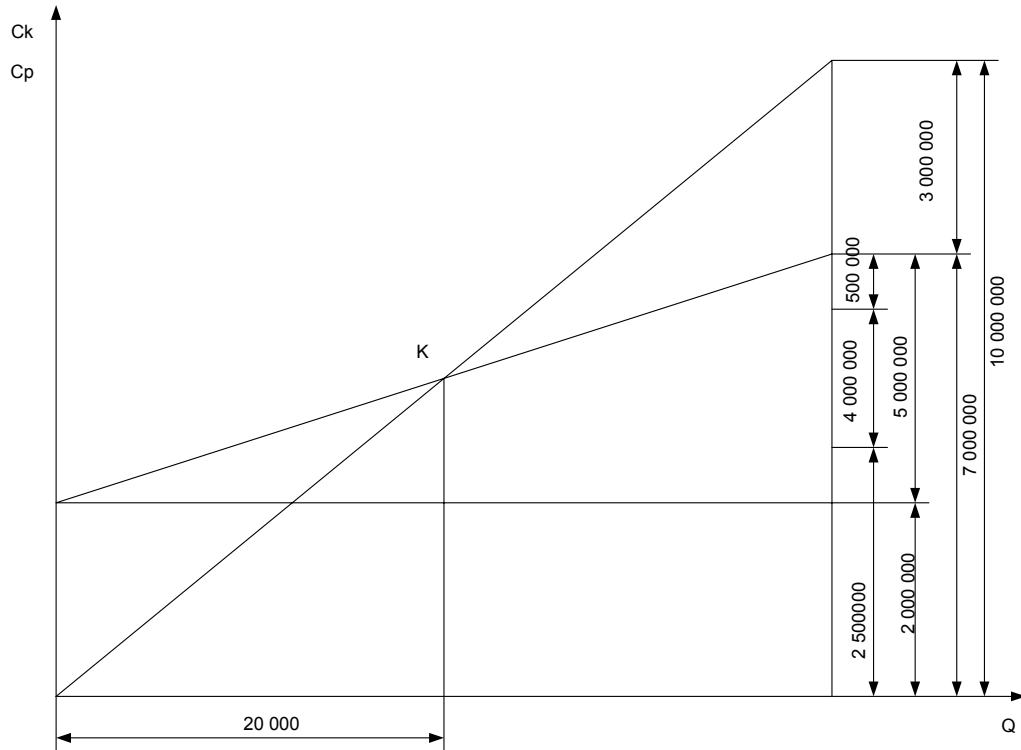
$$200 * x = 100 * x + 2\ 000\ 000, \text{ odakle je:}$$

$$100 * x = 2\ 000\ 000, \text{ te je:}$$

$$x_k = 20\ 000 \text{ kom.}$$

Na taj način je očigledno da nije ekonomski opravdano proizvoditi seriju ispod 20 000 kom. Konačan oblik Q-C dijagrama za ovaj slučaj je:





Slika 8.2. Konačan izgled Q-C dijagrama

Na osnovu gornjeg dijagrama očigledno je da su:

Ukupni promenjivi troškovi za dati obim proizvodnje  $T_v = C_k - T_c = 7\,000\,000 - 2\,000\,000 = 5\,000\,000$  nj/ser,

Dobit :  $D = C_p - C_k = 10\,000\,000 - 7\,000\,000 = 3\,000\,000$  nj/ser.

**Zadatak 62.** Za date uslove proizvodnje  $Q = 10\ 000$  kom/god,  $T_c = 5000$  nj,  $C_p = 15\ 000$  nj,  $T_v = 7\ 000$  nj, odrediti:

- a) Jediničnu dobit pri iskorišćenju kapaciteta od  $\eta_n = 100\%$
- b) Jediničnu dobit pri iskorišćavanju kapaciteta  $\eta_n = 80\%$ .

*Rešenje:*

Dobit po komadu se izračunava na osnovu obrasca:

$$D = C_p - C_k = C_p - (T_c + T_v) = 15\ 000 - (5\ 000 + 7\ 000) = 3\ 000 \text{ nj}$$

$$w_k = D/Q = 3\ 000/10\ 000 = 0,3 \text{ nj/kom}$$

Dobit po komadu u slučaju korišćenja kapaciteta od 80% je:

$$C'_p = 0,8 * C_p = 15\ 000 * 0,8 = 12\ 000 \text{ nj}$$

$$T'_c = T_c = 5\ 000 \text{ nj}$$

$$T'_v = 0,8 * T_v = 0,8 * 7\ 000 = 5\ 600 \text{ nj}$$

$$D' = C'_p - (T'_c + T'_v) = 12\ 000 - (5\ 000 + 5\ 600) = 1\ 400 \text{ nj}$$

$$w'_k = d = 1\ 400/8\ 000 = 0,175 \text{ nj/kom}$$

**Zadatak 63.** Projektovani uslovi rada pogona su sledeći:

Nominalni kapacitet:  $Q = 1\ 000$  kom/dan

Prodajna cena:  $C_p = 10$  nj/kom

Struktura troškova pri nominalnim radnim uslovima:

- Troškovi materijala:  $T_m = 3\ 000$  nj/dan
- Troškovi direktne radne snage:  $T_r = 2\ 000$  nj/dan
- Ostali troškovi:  $T_o = 3\ 000$  nj/dan

Odrediti:

- a) Konstruisati  $Q - C$  dijagram i na njemu odrediti položaj kritične tačke. Odrediti dobit po jedinici proizvoda pri nominalnim uslovima (iskorišćenje kapaciteta  $\eta = 100\%$ ).
- b) Odrediti jediničnu dobit pri iskorišćenju kapaciteta  $\eta = 90\%$ .

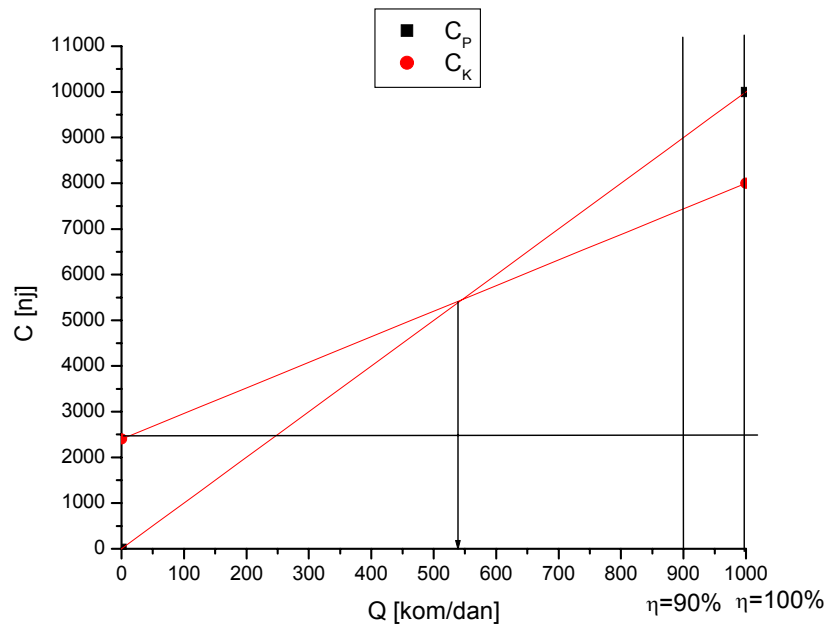
*Rešenje:*

Pre konstrukcije  $Q - C$  dijagrama, potrebno je izračunati sledeće parametre:

$$T_c = 0,8 * T_o = 0,8 * 3\ 000 = 2\ 400 \text{ nj/dan}$$

$$T_v = 0,2 * T_o + T_m + T_r = 0,2 * 3\ 000 + 3\ 000 + 2\ 000 = 5\ 600 \text{ nj/dan}$$

Na osnovu ovako definisanih parametara moguće je konstruisati sledeći dijagram, slika 8.3.



Slika 8.3. Q-C dijagram

Na osnovu dijagrama na slici 8.3., i zadatih polaznih podataka, moguće je izvršiti sledeći proračun:

$$a) X_k = \frac{Q \cdot T_c}{C_p - T_v} = \frac{1000 \cdot 2400}{10000 - 5600} = 545,45 \text{ kom/dan}$$

Jedinična dobit pri  $\eta = 100\%$

$$d = \frac{C_p - C_k}{Q} = \frac{10000 - 8000}{1000} = 2 \text{ nj / dan}$$

b) Jedinična dobit pri  $\eta = 90\%$

$$C'_p = C_p \cdot Q = 10 \cdot 900 = 9000 \text{ nj/dan}$$

$$C'_k = T_c + T_m + T_r$$

$$T'_c = T_c = 2400 \text{ nj/dan}$$

$$T'_m = 0,9 \cdot T_m = 0,9 \cdot 3000 = 2700 \text{ nj/dan}$$

$$T'_r = 0,9 \cdot T_r = 0,9 \cdot 2000 = 1800 \text{ nj/dan}$$

$$T'_v = 0,9 * T_v = 0,9 * (0,2 * T_o + T_m + T_r) = 0,9 * (0,2 * 3\ 000 + 3\ 000 + 2\ 000) = 0,9 * 5\ 600 = 5\ 040 \text{ nj/dan}$$

$$C'_k = T'_c + T'_v = 2\ 400 + 5\ 040 = 7\ 440 \text{ nj/dan}$$

$$D' = C'_p - C'_k = 9\ 000 - 7\ 440 = 1\ 560 \text{ nj/dan}$$

$$d' = D'/Q' = 1\ 560/900 = 1,73 \text{ nj/kom}$$