



Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Departman za proizvodno mašinstvo
*Katedra za mašine alatke, tehnološke procese, fleksibilne
tehnološke sisteme i procese projektovanja*



PROJEKтни RAD

PRIPREMA, PLANIRANJE I LOGISTIKA PROIZVODNJE

Aleksandra Pavlov

Master strukovne studije

Proizvodno mašinstvo

PM 12/2020

Novi Sad, 2022.

ЗАДАТАК ЗА ПРОЈЕКТНИ РАД

На основу АБЦ анализе као и анализе карактеристика производа из програма производње, за производ представник је изабран производ Осовина, према цртежу број 221.022.0011.

За производ представник пројектовати технолошки процес израде у виду садржаја технолошког процеса (дефинисањем операција обраде, машина, коадних- t_k и припремно-завршних времена- T_{pz}). Узимајући да је број серија $n_s=18$ сер./год., редукована годишња количина производа $q_{red}=30000$ ком./год., број радних дана у години $m_e=250$ дана/год., број радних часова у стени $n_e=7.5$ час./смени и степен искориштења $\eta_e=0.8$, потребно је:

1. Одредити основне величине планирања производног погона:

1.1. Ритам серија и величину серија.

1.2. Одредити којој групи прекидних или непрекидних токова припада технолошки процес израде ове групе производа и описате њене основне карактеристике.

1.3. Временско оптерећење радних места.

1.4. Број и степен искориштења технолошких система при раду у две смене.

1.5. Број и степен искориштења послужиоца (радника) у процесу рада.

1.6. Потребне количине материјала/припремака на годишњем нивоу.

1.7. Потребне количине алата за операцију стругања у току једне године.

2. Одредити технолошки циклус времена израде серије производа за случај:

2.1. редног извођења операција

2.2. редно-паралелног извођења операција

2.3. паралелног извођења операција

и приказати дијаграм кретања производа дуж технолошког процеса израде.

3. Поставити основне подлоге за обликовање производног погона:

3.1. Креирати карту тока процеса

3.2. Скицирати дијаграм тока материјала

3.3. Скицирати размештај радних места

Напомена: Цртеж производа и податке технолошког процеса преузети из графичког рада из предмета Пројектовање и оптимизација технолошких процеса производње (Садржај технолошког процеса израде и Карте операције обраде).

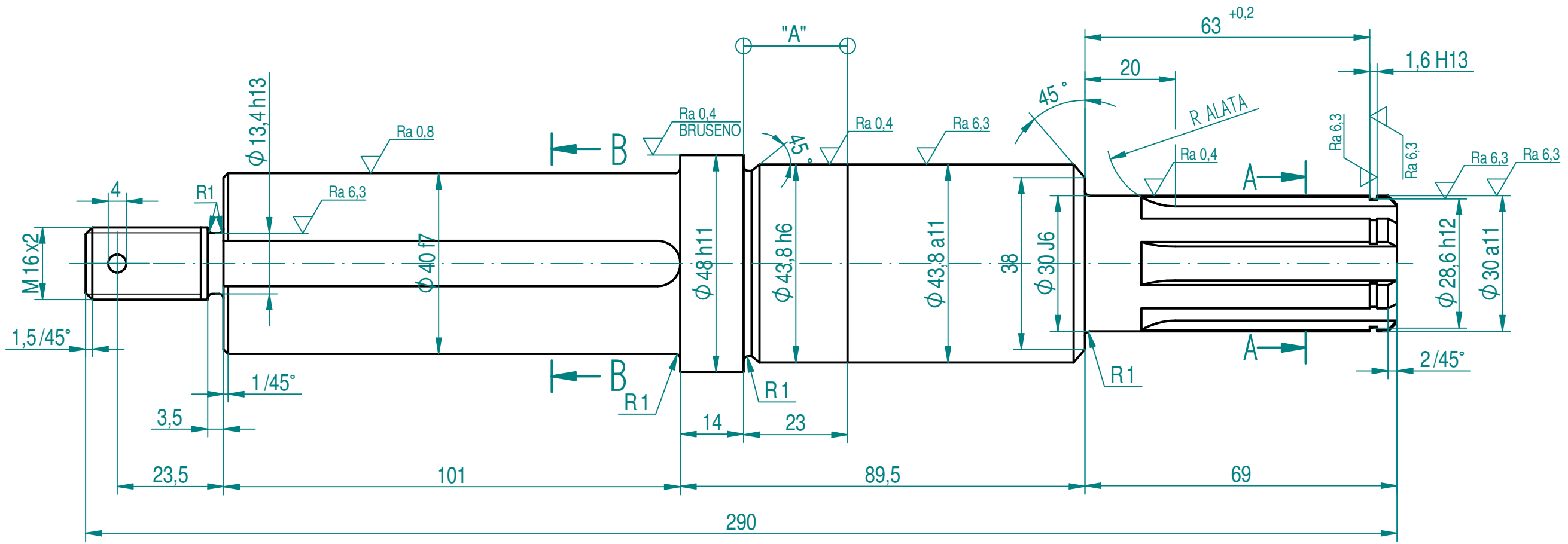
Нови Сад

27.11.2021.

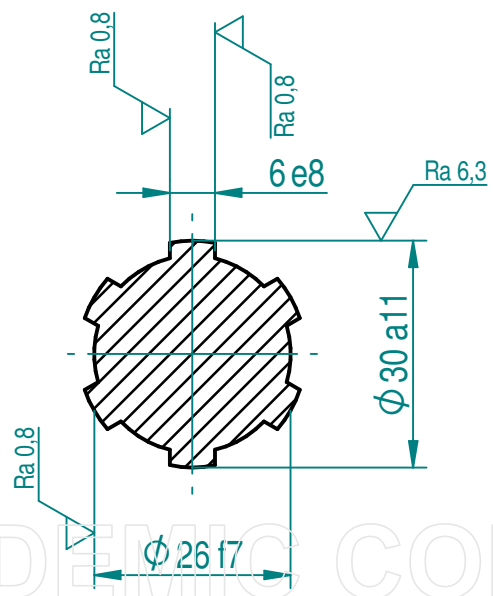
Предметни наставник:

Проф. др Дејан Лукић, с.р.

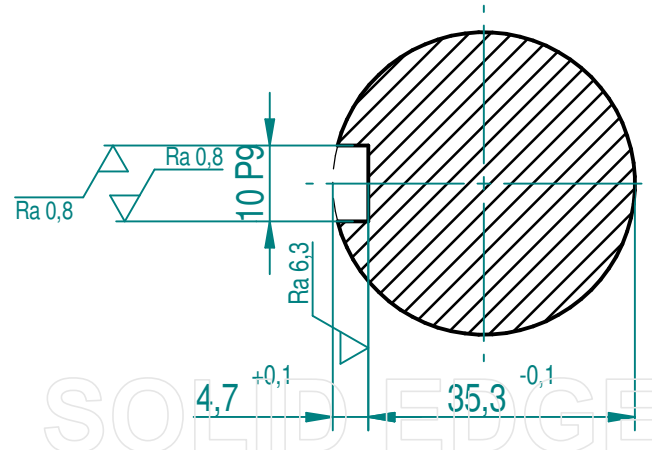
1,6 H13	+0,140
	0
6 e8	-0,020
	-0,038
10 P9	-0,015
	-0,051
$\phi 13,4$ h13	0
	-0,270
$\phi 26$ f7	-0,025
	-0,050
$\phi 28,6$ h12	0
	-0,210
$\phi 30$ a11	-0,300
	-0,430
$\phi 30$ J6	+0,009
	-0,004
$\phi 40$ f7	-0,025
	-0,050
$\phi 43,8$ a11	-0,320
	-0,480
$\phi 43,8$ h6	0
	-0,016
$\phi 48$ h11	0
	-0,160



PRESEK A-A



PRESEK B-B



NAPOMENA :

OŽLEBLJENJE OSOVINE 6 x 26 x 30
PO JUS-u M.C1.421 ODNOSNO PO DIN 5462

POBOLJŠANO		
CEO	MPa	950 ÷ 1050
INDUKCIONO		
"A"	Hrc	54 ÷ 60

Poz.	skl. i pr. kom.	NAZIV	Dimenzije	Broj crteža (standard)	Č.4732	2,423	kg	
Konstruisao		Pavlov Aleksandra			Materijal	1 kom. ukup. masa u kg		Primedba
Uskladio					FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U NOVOM SADU DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO			
Pregledao								
Overio								
Izmenio	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Sklop	
Merilo:	Naziv:				Broj crt. polufabr.	Broj crteža		
1:1	OSOVINA					221.0220011		

SOLIDEDGE ACADEMIC COPY



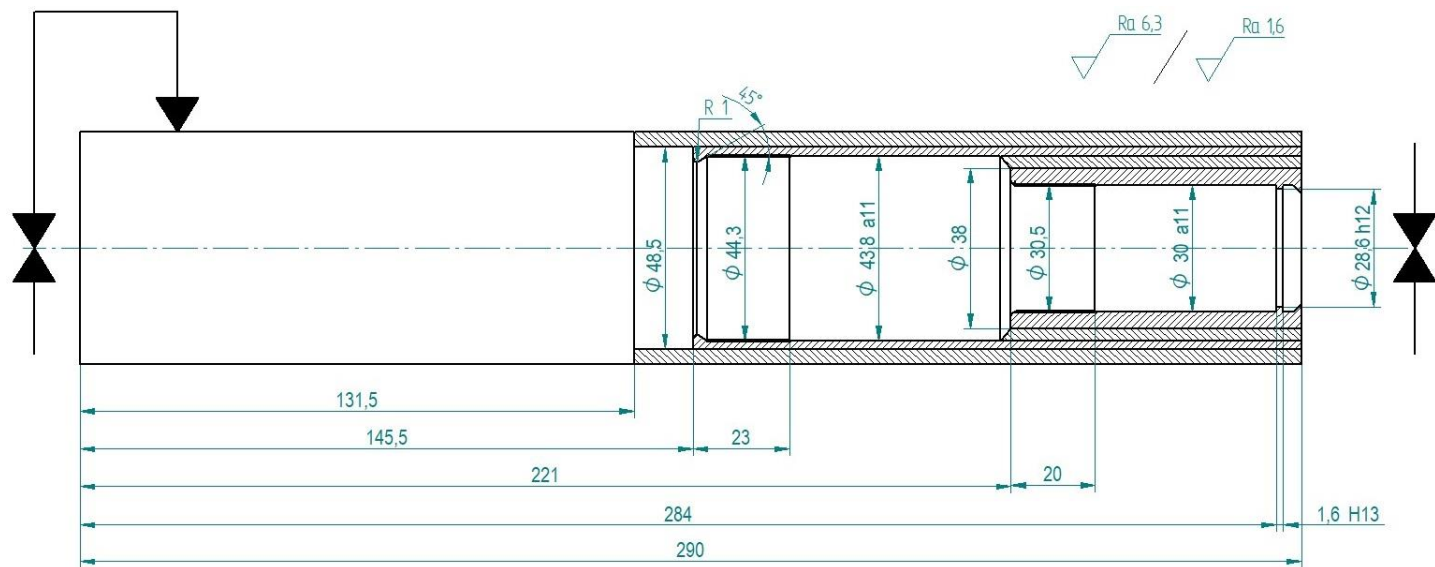
FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

KARTA OPERACIJE

Proizvod	Kod
Količina po proizvodu	30000

Naziv dela Osovina		Broj dela	Identifikacioni	Veličina serije [kom]	Kod operacije		
			Klasifikacioni	1667	30/1		
Oznaka i stanje materijala		Vrsta i dimenzije priprema			Vreme [min]		
Oznaka Č.4732	Kod	Oznaka	Kod	Pripr.	Glavno	Pomoć	Po kom.
Pogon	Odeljenje	Naziv i oznaka mašine		Ident. broj	20	3	5
Izrada osovine	Mašinsko	Strug sa NC upravljanjem					28
Vrsta obrade Struganje	Kod 30/1	Sredstvo za hlađenje Emulzija		Kod	Obrađ. sa delom		Kom/8h

Zahvat (faza)	OPIS OPERACIJE	Režimi obrade			Pribori, alati, merila		Zahvat (faza)	Postojanost [kom]
		n	s	δ	Naziv	Oznaka		
	Grubo struganje Ø50; Ø45,8; Ø45,3; Ø31,9; Ø31,4	1580	0,4	4	Šiljci, povlakač, pomično merilo			
	Završno struganje po konturi Ø48,5; Ø44,3; Ø43,8; Ø30,5; Ø30	2500	0,16	0,75	Strugarski nož	DNMG 15 06 08 – PF; DDJNR 2525M15		
	Usecanje žleba 1,6 H13	1250	0,07	1,6	Strugarski nož	N123D2 – 0160 – 0001 – GF; RF123D08 – 2525B		



Izmena									Datum	Izradio	Kontrolisao	Odobrio	Listova 2
									08.01.2022.	Pavlov Aleksandra			List br. 1



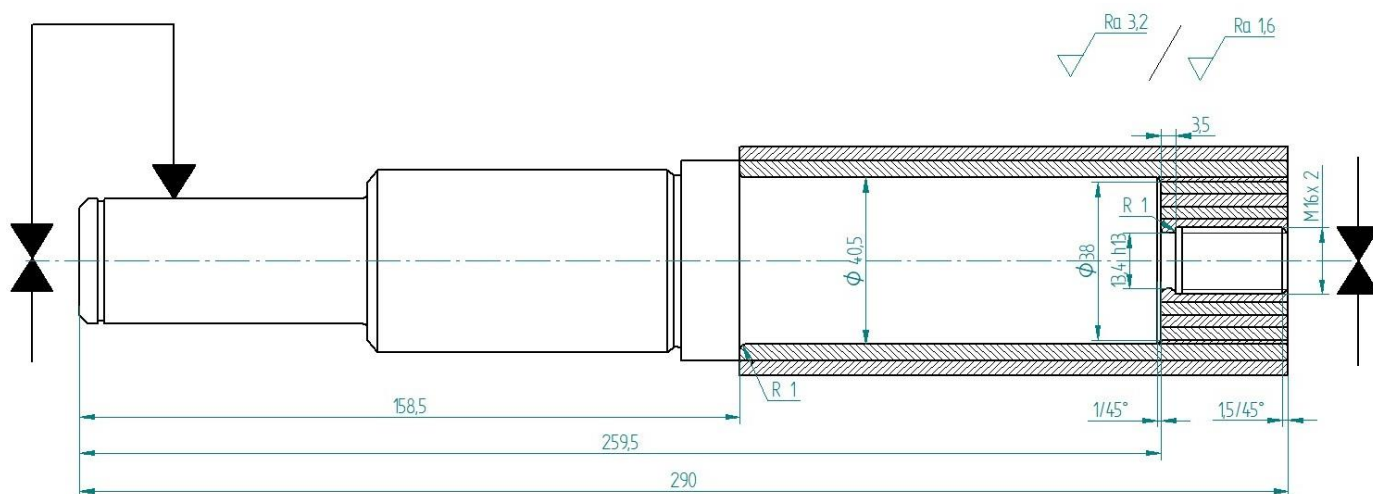
FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

KARTA OPERACIJE

Proizvod	Kod
Količina po proizvodu	30000

Naziv dela Osovina		Broj dela	Identifikacioni Klasifikacioni	Veličina serije [kom] 1667	Kod operacije 30/1		
Oznaka i stanje materijala		Vrsta i dimenzije pripremk		Vreme [min]			
Oznaka Č.4732	Kod	Oznaka	Kod	Pripr.	Glavno	Pomo ć.	Po kom.
Pogon	Odeljenje	Naziv i oznaka mašine		Ident. broj	20	3	5
Izrada osovine	Mašinsko	Strug sa NC upravljanjem					28
Vrsta obrade Struganje	Kod 30/2	Sredstvo za hlađenje Emulzija		Kod	Obrad. sa delom		Kom/ 8h

Zahvat (faza)	OPIS OPERACIJE	Režimi obrade			Pribori, alati, merila		Zahv at (faza)	Posto- janost [kom]
		n	s	δ	Naziv	Oznaka		
	Grubo struganje $\varnothing 42$; $\varnothing 17,2$	1580	0,4	4	Šiljci,povlak ač, pomično merilo			
	Završno struganje po konturi $\varnothing 40,5$; $\varnothing 16$;	2500	0,16	0,75	Strugarski nož	DNMG 15 06 12 – PR;DDJNR 2525M15		
	Usecanje žleba 4 mm	2300	0,07	1,6	Strugarski nož	N123D2 – 0160 – 0001 – GF;RF123D08 – 2525B		
	Izrada navoja M16 x 2	2550	2	1,25	Strugarski nož	266RG-16MM01A200 ;266RFG-2525-16		



Izmena	Datum	Izradio	Kontrolisao	Odob rio	Listova 2
	08.01.20 22.	Pavlov Aleksandra			List br. 2



1. OSNOVNE VELIČINE PLANIRANJA PROIZVODNOG POGONA

Osnovne veličine za oblikovanje tokova materijala (za projektovanje tehnoloških sistema / fabrika) :

- $Q_i (q_j)$ – količine pojedinih proizvoda u programu proizvodnje
- $\sum t_{ki} (\sum t_{ii})$ – stepen tehnološke složenosti proizvoda (zbir vremena trajanja operacija ; $t_k(t_{ii})$ – vreme trajanja operacije – komadno vreme)
- K_e – efektivni vremenski kapacitet elemenata sistema

Zadate veličine :

- $n_s = 18 \text{ ser.}/\text{god.}$ – broj serija godišnje
- $Q_{red} = 30000 \text{ kom.}/\text{god.}$ – redukovana godišnja količina proizvoda
- $m_e = 250 \text{ dana}/\text{god.}$ – broj radnih dana u godini
- $n_e = 7.5 \text{ h}/\text{smen.}$ – broj radnih časova u smeni
- $\eta_e = 0.8$ – stepen iskorišćenja
- $s_e = 2 \text{ smene}/\text{dan}$ - za obradne sisteme (mašine)
- $s_e = 1 \text{ smena}/\text{dan}$ – za učesnike (radnike)

Efektivni kapacitet sistema :

$$K_e = m_e \times s_e \times n_e \times \eta_e$$

- Za obradne sisteme (mašine) za 2 smene na dan

$$K_e = m_e \times s_e \times n_e \times \eta_e = 250 \times 2 \times (7.5 \times 60) \times 0.8 = 180000 \text{ min}/\text{god.}$$

- Za učesnike (radnike) za 1 smenu na dan

$$K_e = m_e \times s_e \times n_e \times \eta_e = 250 \times 1 \times (7.5 \times 60) \times 0.8 = 90000 \text{ min}/\text{god.}$$

KARTA VREMENA OPERACIJE

Proizvod/deo

oznaka 221.022.0011 naziv _____ Osovina broj delova 1667

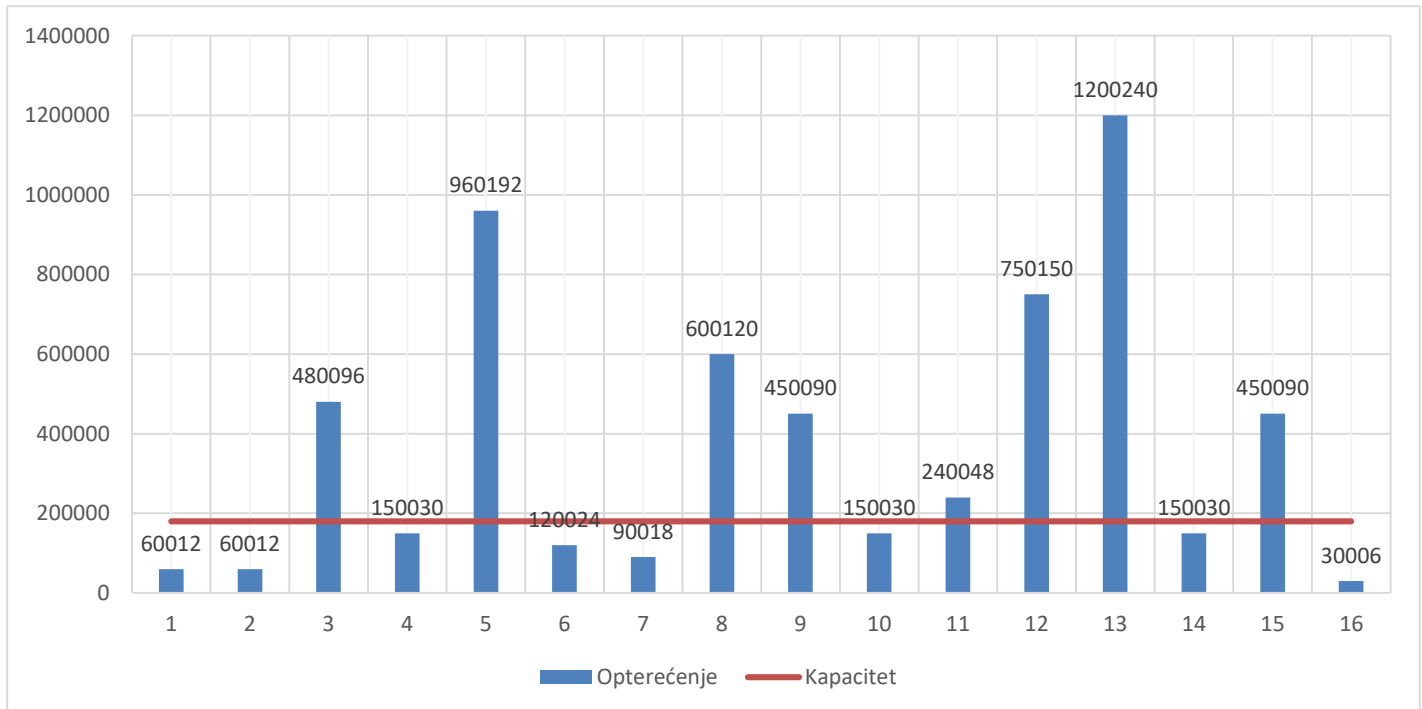


FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

Operacija			količina	veličina serije	br.serija	Elementi norme vremena		Fond vremena za operaciju
Oznaka	Naziv	Radno mesto	Q [kom/god]	Z _s [kom/ser]	n _s [ser/god]	t _{ki} [min/kom]	T _{pzi} [min/ser]	T _i [min/god]
10	Odsecanje	1001	30000	1667	18	2	5	60102
20	Poravnavanje krajeva	1002			18	2	10	60192
30	Struganje	1003			18	16	40	480816
40	Međufazna kontrola	1004			18	5	5	150120
50	Glodanje ožlebljenja	1005			18	32	50	961092
60	Glodanje	1006			18	4	30	120564
70	Doterivanje	1007			18	3	1	90036
80	Poboljšavanje	1008			18	20	10	600300
90	Indukciono kaljenje	1009			18	15	10	450270
100	Kontrola tvrdoće	1010			18	5	5	150120
110	Brušenje središnjeg gnezda	1011			18	8	30	240588
120	Brušenje prečnika	1012			18	25	40	750870
130	Brušenje ožlebljenja	1013			18	40	60	1201320
140	Odmašćivanje	1014			18	5	1	150048
150	Završna kontrola	1015			18	15	3	450144
160	Antikorozivna zaštita	1016			18	1	1	30024
UKUPNO						$\sum t_{ki}$	$\sum T_{pzi}$	$\sum T_i$
						198	301	5946606



• Odnos OPTEREĆENJE / KAPACITET



Slika 1. Dijagram prikaza odnosa opterećenja i efektivnog kapaciteta

• Varijanta toka

1.

$$\sum_{i=1}^{i=16} T_i = 5941188 \text{ min/god}$$

$$K_{ser} = \frac{\sum_{i=1}^{i=16} T_i}{K_e} = \frac{5941188}{180000} \geq 1$$

2.

$T_i > K_e$ na većini od 16 operacija – 8 operacija (javlja se neprekidnost)

Tip 2.1 POJEDINAČNI TOK PREDMETNOG TIPA

Karakteristike :

- Neprekidnost toka
- Obradni sistemi produkcionog karaktera
- Prostorna struktura procesnog tipa sa razmeštajem radnih mesta po redosledu obrade (operacija)
- Srednje i veliko serijska proizvodnja



2. PROJEKTOVANJE STRUKTURE SISTEMA

- **Količine u programu proizvodnje**

Pošto se radi o pojedinačnom prilazu u projektovanju strukture sistema koji se zasniva na svođenju programa proizvodnje predstavnika, količine u programu proizvodnje su određene redukcijom $Q_{red} = 30000 \text{ kom/god}$

- **Normativi u sistemu**

Normativi u sistemu pokazuju koliko je potrebno utrošiti jedinica resursa u procesu rada za izradu jedinice proizvoda i određuje se na bazi tehnološkog procesa izrade proizvoda predstavnika. U nastavku su dati :

- Normativ vremena
- Normativ alata

- **Proračun potrebnih količina alata**

Kod alata sa mehanički pričvrćenim reznim pločicama njihova godišnja veličina određena je izrazom :

$$Q_a = \frac{Q \times t_g}{T \times Z_1} \times a_1$$

Q_a – obim proizvodnje (kom/god)

t_g – osnovno vreme obrade (min/kom)

T – postojanost alata (min/sečivu)

Z_1 – broj reznih sečiva alata

a_1 – koeficijent sigurnosti zbog loma alata i slično

NORMATIV VREMENA

Proizvod/deo

Osovina

FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

Operacija		Radno mesto		Vreme t_{ki} [min/kom]
Broj	Naziv	Naziv	Oznaka	
10	Odsecanje	Testera	1001	2
20	Poravnavanje krajeva	Glodalica sa NC upravljanjem	1002	2
30	Struganje	Strug sa NC upravljanjem	1003	16
40	Međufazna kontrola	Kontrolni sto	1004	5
50	Glodanje ožlebljenja	Pfauter glodalica sa NC upravljanjem	1005	32
60	Glodanje	Vertikalna NC glodalica	1006	4
70	Doterivanje	Radni sto	1007	3
80	Poboljšavanje	Peć	1008	20
90	Indukciono kaljenje	Mašina za indukciono kaljenje	1009	15
100	Kontrola tvrdoće	Aparat za merenje tvrdoće	1010	5
110	Brušenje središnjeg gnezda	NC brusilica	1011	8
120	Brušenje prečnika	NC brusilica za kružno brušenje	1012	25
130	Brušenje ožlebljenja	NC brusilica za ožlebljenja	1013	40
140	Odmašćivanje	Kada	1014	5
150	Završna kontrola	Kontrolni sto	1015	15
160	Antikorozivna zaštita	Kada za zaštitu	1016	1

NORMATIV ALATA

Proizvod/deo

Osovina



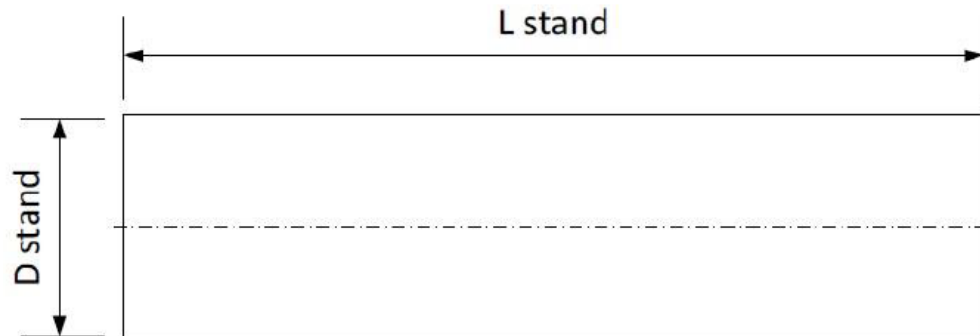
FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

Proizvod		Alat		Podaci						
Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	T [min]	t _g [min]	q _{red} [kom]	i	Z ₁ [kom]	a ₁	Q _a [kom]
221.0 22.00 11	Osovina	4570-32- 1,066R- 366016	Traka Sanifleks Super	1500	1	30000	10		1	20
			Zabušivač			30000			1	
			Glodalo			30000			1	
		DDJNR 2525M15 DNMG 15 06 12 - PR	Strugarski nož za grubo spoljašnje struganje	15	2	30000		4	0.9	1111
		DDJNR 2525M15 DNMG 15 06 08 - PF	Strugarski nož za završno spoljašnje struganje	15	1	30000		4	0.9	555
		RF123D08 -2525B N123D2 – 0160 – 0001 - GF	Nož za usecanje žleba 1,6 H13	15	0.5	30000		2	1	500
		RF123H13 -2525BM N123H2 – 0350 – 0010 - GF	Nož za usecanje žleba za izlaz alata	15	0.5	30000		2	1	500
		266RFG – 2525 – 16 266RG – 16MM01A 200	Nož za urezivanje navoja M16 x 2	15	2	30000		3	0.95	1404
			Odvalno glodalo za ožlebljenje			30000			1	
			Vretenasto glodalo			30000			1	
			Burgija			30000			1	
			Ručni alat			30000			1	
	Tocilo			30000			1			



- **Potrebne količine materijala / priprema na godišnjem nivou**

Na osnovu zahteva koji su definisani crtežom i zadatim tipom proizvodnje izabrana vrsta priprema je toplo valjana šipka standardnog prečnika i dužine prema SRPS EN 10083 – 1.



Slika 2 . Skica priprema

Usvojene dimenzije priprema su :

$$D_p = \varnothing 55 \pm 1 [mm]$$

$$L_p = 297,6 [mm]$$

Proračun potrebne količine materijala / priprema :

$$q_{red} = 30000 [kom/god]$$

$$V_{priprema} = D_p \times L_p = 172,788 \times 297,6 = 51421,7088 [mm^3] = 0,0000514 [m^3]$$

$$\rho = 7850 \text{ kg}/mm^3$$

$$Q_{priprema} = q_{red} + 5\%_{skart} = 30000 + 1500 = 31500 \text{ kom}/god$$

$$Q_{priprema} = 0,0000514 \times 7850 \times 31500 = 12710 = 12,71 t$$

Potrebna količina priprema na godišnjem nivou je 12,71 tona čelika.





- **Ritam toka**

Ritam toka je vremenski interval koji razdvaja ulaz/prolaz/izlaz dve uzastopne jedinice proizvoda (serije, partije) u/kroz/iz proizvodnog procesa

Y – jedinica proizvoda

K_e – efektivni vremenski kapacitet elemenata sistema

- a. Za varijantu 2.1 pušta se u proces i_p partija proizvoda, veličine partije p_{opt}

$$Y = i_p \rightarrow r = \frac{K_e}{i_p} \text{ (vremenskih jedinica po partiji)}$$

$$i_p \times p_{opt} = n_{opt}$$

U zadatku će se koristiti broj serija.

$$n_s \times n_{opt} = Q_{red}$$

Usvojen je broj serija u godini $n_s = 18 \text{ ser/god}$, gde je period puštanja serije u process 21 dan (3 nedelje)

Za usvojeni broj serija i redukovanu količinu, dobija se optimalna veličina serije :

$$n_{opt} = \frac{Q_{red}}{n_s} = \frac{30000}{18} = 1667 \text{ [kom/ser]}$$

Ritam toka, odnosno ritam serija proizvoda :

$$r_s = \frac{K_e}{n_s} = \frac{180000}{18} = 10000 \text{ [min/ser]}$$

- **Opterećenje preseka toka – radnih mesta**

Opterećenje preseka toka predstavlja vremenski izraženu količinu rada koju je potrebno uložiti za izvođenje operacije rada za izradu količine proizvoda.

Za varijantu 2.1

$$T_i = n_s \times (T_{pzi} + n_{opt} \times t_k) \text{ [min/god]}$$



- **Proračun elemenata strukture sistema**

1. Proračun broja tehnoloških sistema

M_{ip} – proračunski broj tehnoloških sistema

T_i – opterećenje preseka sistema radnog mesta "i"

K_e – efektivni kapacitet tehnoloških sistema

M_{iu} – usvojen broj tehnoloških sistema (ceo broj)

$$M_{ip} = \frac{T_i}{K_e} \left(N = \frac{T_i}{K_e} \right)$$

Na osnovu proračunskog broja tehnoloških M_{ip} sistema usvaja se M_{iu} kao ceo broj, koji može da bude veći od 100%, ali da ne prelazi veličinu 1,15 – 1,20 po jedinici (15-20%)



Radno mesto		T_i	K_e	Broj jedinica		
Oznaka	Naziv	[min/god]	[min/god]	N_{ip}	N_{iu}	η_{its}
1001	Testera	60102	180000	0,3339	1	0,3339
1002	Glodalica sa NC upravljanjem	60192	180000	0,3334	1	0,3334
1003	Strug sa NC upravljanjem	480816	180000	2,6712	3	0,8904
1004	Kontrolni sto	150120	180000	0,834	1	0,834
1005	Pfauter glodalica sa NC upravljanjem	961092	180000	5,3394	6	0,8899
1006	Vertikalna NC glodalica	120564	180000	0,6698	1	0,6698
1007	Radni sto	90036	180000	0,5002	1	0,5002
1008	Peć	600300	180000	3,335	4	0,8337
1009	Mašina za indukciono kaljenje	450270	180000	2,5015	3	0,8338
1010	Aparat za merenje tvrdoće	150120	180000	0,834	1	0,834
1011	NC brusilica	240588	180000	1,3366	2	0,6683
1012	NC brusilica za kružno brušenje	750870	180000	4,1715	4	1,0428
1013	NC brusilica za ožlebljenja	1201320	180000	6,674	7	0,9534
1014	Kada	150048	180000	0,8336	1	0,8336
1015	Kontrolni sto	450144	180000	2,5008	3	0,8336
1016	Kada za zaštitu	30024	180000	0,1668	1	0,1668



2. Proračun broja učesnika u procesu rada

R_{ip} – proračunski broj učesnika

T_i – opterećenje preseka sistema radnog mesta "i"

K_e – efektivni kapacitet tehnoloških Sistema

R_{iu} – usvojen broj učesnika (ceo broj)

$$R_{ip} = \frac{T_i}{K_e}$$

Na osnovu proračunskog broja tehnoloških R_{ip} Sistema usvaja se R_{iu} kao ceo broj, koji može da bude veći od 100%, ali da ne prelazi veličinu 1,15-1,20 po jedinici (15-20%)

**PRORAČUN BROJA
RADNIKA**

Proizvodni sistem

Pogon za proizvodnju osovine



FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

Radno mesto		T_i	K_e	Broj radnika		
Oznaka	Naziv	[min/god]	[min/god]	R_{ip}	R_{iu}	η_{its}
1001	Testera	60102	90000	0,6678	1	0,6678
1002	Glodalica sa NC upravljanjem	60192	90000	0,6688	1	0,6668
1003	Strug sa NC upravljanjem	480816	90000	5,3424	6	0,8904
1004	Kontrolni sto	150120	90000	1,668	2	0,834
1005	Pfauter glodalica sa NC upravljanjem	961092	90000	10,6788	11	0,9703
1006	Vertikalna NC glodalica	120564	90000	1,3396	2	0,6698
1007	Radni sto	90036	90000	1,0004	1	1,0004
1008	Peć	600300	90000	6,67	7	0,9528
1009	Mašina za indukciono kaljenje	450270	90000	5,003	5	1,0006
1010	Aparat za merenje tvrdoće	150120	90000	1,668	2	0,834
1011	NC brusilica	240588	90000	2,6732	3	0,8912
1012	NC brusilica za kružno brušenje	750870	90000	8,343	9	0,927
1013	NC brusilica za ožlebljenja	1201320	90000	13,348	14	0,9534
1014	Kada	150048	90000	1,6672	2	0,8336
1015	Kontrolni sto	450144	90000	5,0016	5	1,0003
1016	Kada za zaštitu	30024	90000	0,3336	1	0,3336



3. Proračun potrebnih površina

Površine potrebne za smeštaj elemenata sistema na radnim mestima (tehnološkim sistemima za obradu, merenje, rukovanje materijalom, upravljanje, itd.)

$$F_{rmi} = F_{tsi} \times k_f [m^2]$$

F_{rmi} – površina radnog mesta za operaciju

F_{tsi} – neto površina tehnološkog(ih) sistema

k_f – koeficijent koji uzima u obzir površine ostalih delova strukture radnog mesta

**KARTA
POVRŠINA**

Proizvodni sistem

Pogon za proizvodnju osovine

FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

Tehnološki sistem			Površina [m ²]			
Oznaka	Naziv	Br.jed.	Osnovna	kr	Radnog mesta	Ukupna
1001	Testera	1	3	4	12,00	12
1002	Glodalica sa NC upravljanjem	1	3,75	4	15,00	15
1003	Strug sa NC upravljanjem	3	3,80	4	15,20	45.60
1004	Kontrolni sto	1	1,50	6	9,00	9
1005	Pfauter glodalica sa NC upravljanjem	6	7	3	21,00	126
1006	Vertikalna NC glodalica	1	2,50	4	10,00	10
1007	Radni sto	1	1,20	6	7,20	7.20
1008	Peć	4	1,50	6	9,00	36
1009	Mašina za indukciono kaljenje	3	1,50	6	9,00	27
1010	Aparat za merenje tvrdoće	1	0,75	3	2,25	2.25
1011	NC brusilica	2	2,60	5	13,00	26
1012	NC brusilica za kružno brušenje	4	2,60	5	13,00	52
1013	NC brusilica za ožlebljenja	7	5,80	3	17,40	121.80
1014	Kada	1	2,60	5	13,00	13
1015	Kontrolni sto	3	1,50	6	9,00	27
1016	Kada za zaštitu	1	2	6	12,00	12
						541.85



3. ODREĐIVANJE TEHNOLOŠKOG CIKLUSA VREMENA IZRADE SERIJE PROIZVODA

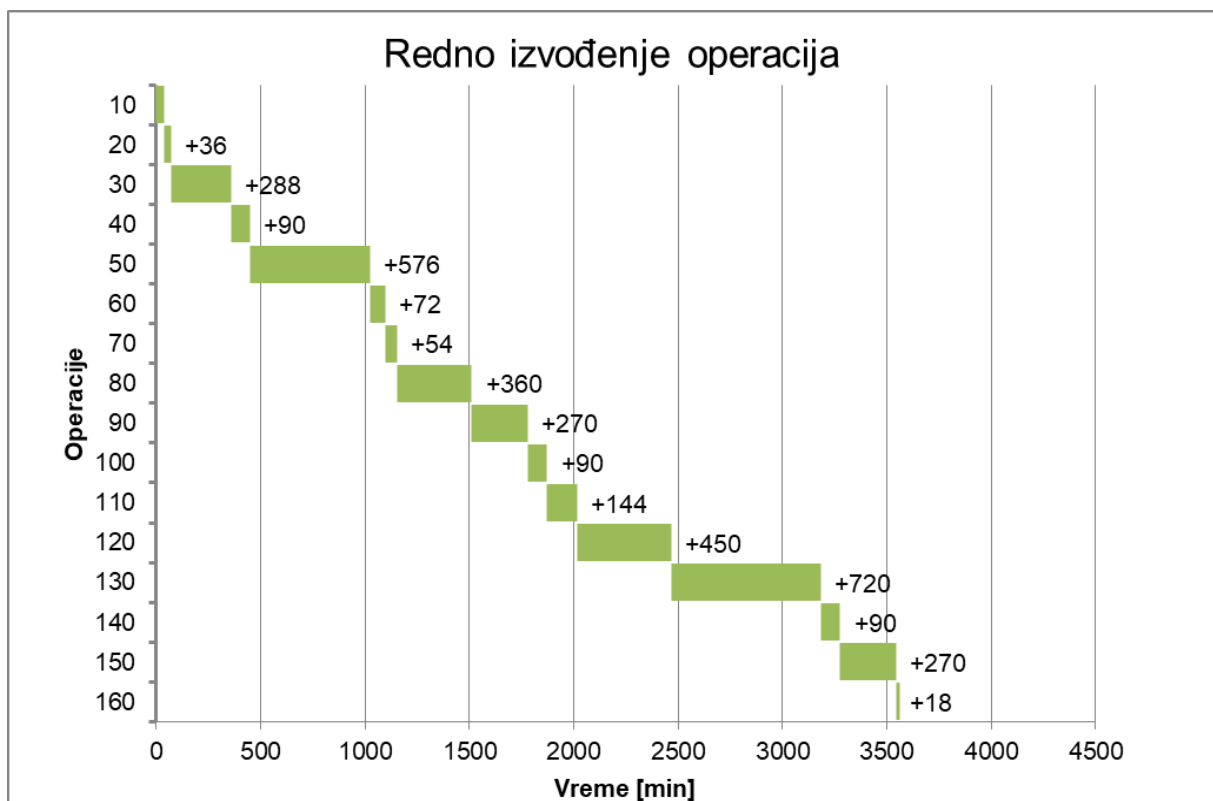
- **Redno izvođenje operacija**

Kod rednog izvođenja operacija izrade serije delova, obrada na sledećoj operaciji počinje po završetku obrade svih delova na prethodnoj operaciji, što za veličinu serije $z_s = 18$, ima izgled :

Tehnološko ciklusno vreme iznosi :

$$T_n = z_s \times \sum_{i=1}^z T_{ki} = z_s \times (t_{k1} + t_{k2} + \dots + t_{ki} + t_{k16})$$

$$T_n = 36 + 36 + 288 + 90 + 576 + 72 + 54 + 360 + 270 + 90 + 144 + 450 + 720 + 90 + 270 + 18 = 3564 \text{ min}$$



Slika 4. Gantogram rednog izvođenja operacija

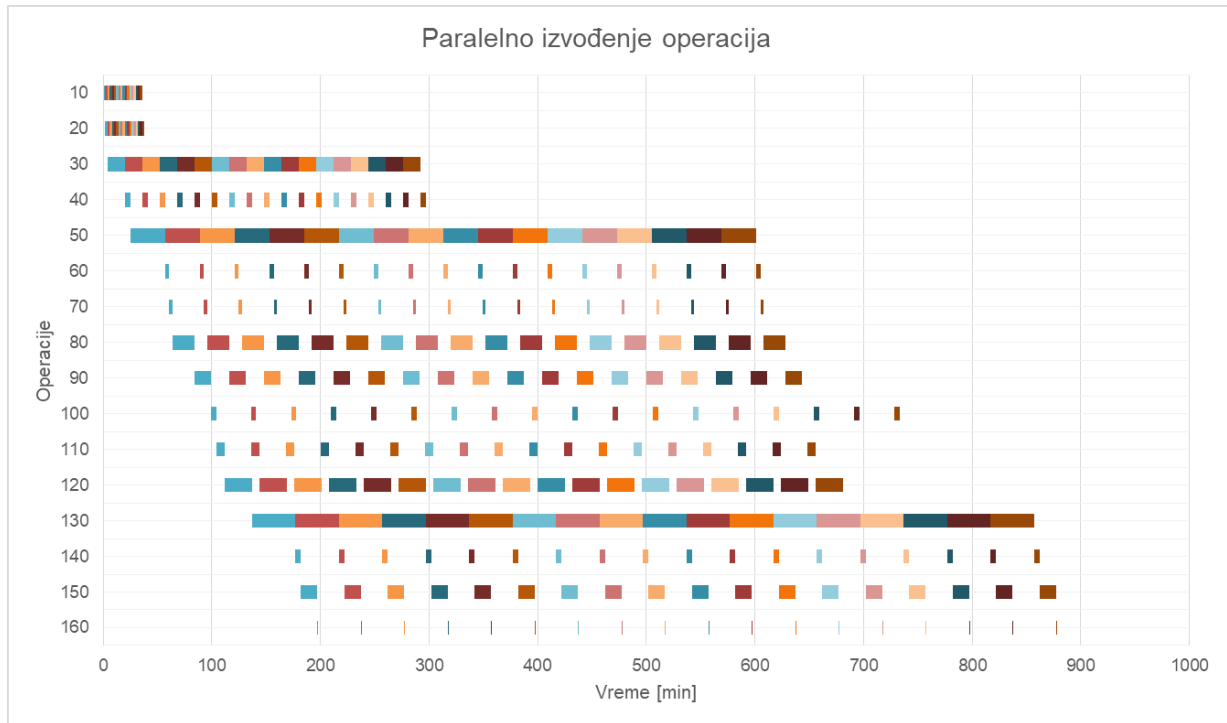
- **Paralelni način izvođenja operacija**

Pri paralelnom, odnosno istovremenom izvođenju operacija, obrada se izvodi tako da se po završetku obrade prvog obratka na prethodnoj operaciji odmah počinje njegova obrada u sledećoj operaciji. Ciklogram ove varijante izvođenja operacija za usvojeni primer veličine serije $z_s = 18$ ima sledeći izgled.

Tehnološko ciklusno vreme iznosi :

$$T_n = t_{k1} + t_{k2} + \dots + t_{ki} + (z_s - 1) \times t_{kmax}$$

$$T_n = (2 + 2 + 16 + 5 + 32 + 4 + 3 + 20 + 15 + 5 + 8 + 25 + 40 + 5 + 15 + 1) + (18 - 1) \times 40 = 878 \text{ min}$$



Slika 5. Gantogram paralelnog izvođenja operacija

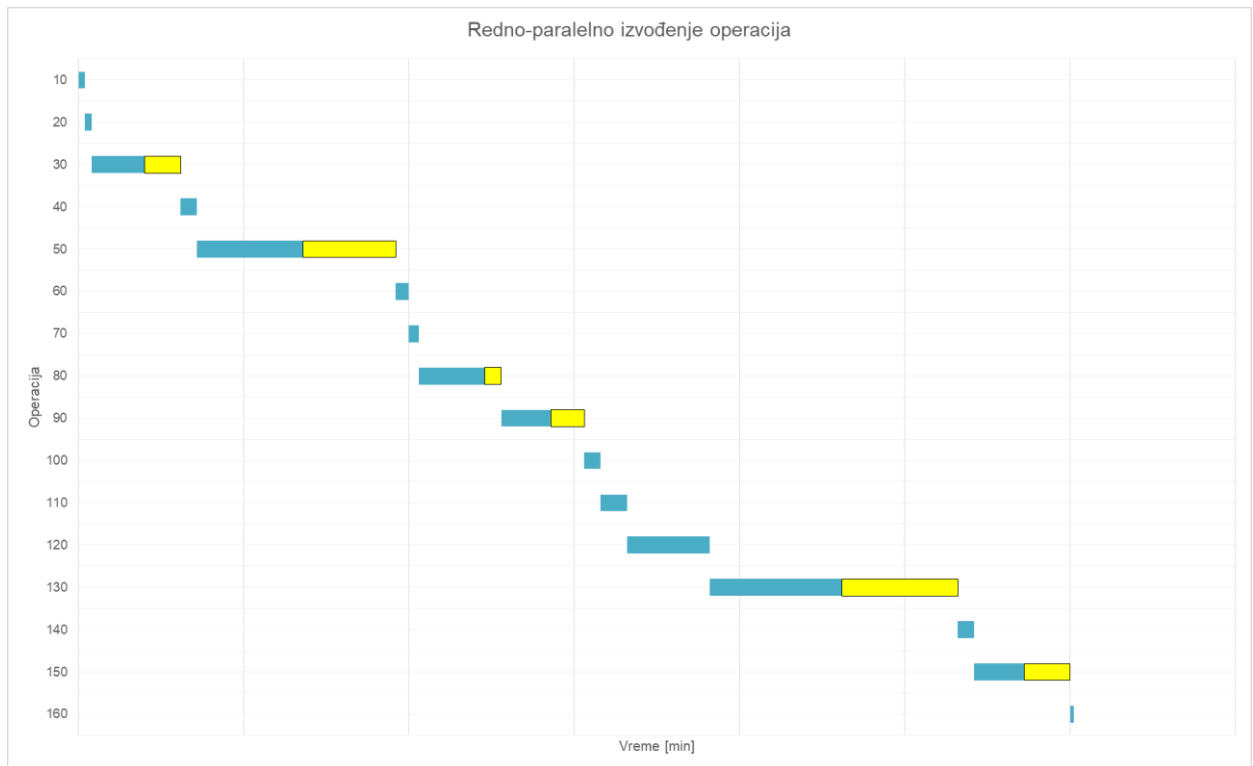
• Redno-paralelno izvođenje operacija

Kod redno-paralelnog načina izvođenja operacija obrade vrši se racionalizacija prethodna dva načina izvođenja operacija (eliminiraju se međuvremena čekanja t_{mi} koja se javljaju kod paralelnog načina, a kraće je od rednog načina izvođenja operacija). Ciklogram ove varijante izvođenja operacija za usvojeni primer veličine serije $n_s = 18$ ima sledeći izgled.

$$T_n = \sum_{i=1}^z t_{ki} + \sum_{i=1}^n t'_{mi} + (z_s - 1) \times t_{kn}$$

$$T_n = (2 + 2 + 16 + 5 + 32 + 4 + 3 + 20 + 15 + 5 + 8 + 25 + 40 + 5 + 15 + 1) + (1751) + (18 - 1) \times 1 = 1966 \text{ min}$$

$$\begin{aligned} t'_{m4} &= (z_s - 1) \times (t_{k3} - t_{k4}) = 17 \times (16 - 5) = 187 \text{ min} \\ t'_{m6} &= (z_s - 1) \times (t_{k5} - t_{k6}) = 17 \times (32 - 4) = 476 \text{ min} \\ t'_{m9} &= (z_s - 1) \times (t_{k8} - t_{k9}) = 17 \times (20 - 15) = 85 \text{ min} \\ t'_{m10} &= (z_s - 1) \times (t_{k9} - t_{k10}) = 17 \times (15 - 5) = 170 \text{ min} \\ t'_{m14} &= (z_s - 1) \times (t_{k13} - t_{k14}) = 17 \times (40 - 5) = 595 \text{ min} \\ t'_{m16} &= (z_s - 1) \times (t_{k15} - t_{k16}) = 17 \times (15 - 1) = 238 \text{ min} \end{aligned}$$



Slika 6. Gantogram redno-paralelnog izvođenja operacija

Usvojeni način je paralelni način izvođenja operacija.



Vreme trajanja ciklusa rada

- Operacioni ciklus

Operacioni ciklus je vremenski interval u kome se na datom radnom mestu izvodi određena operacija na jednoj određenoj količini proizvoda.

$$T_{coi} = z_s \times \frac{t_k}{M_{ii}} [\text{min/ser}]$$

$$T_{co1} = 1667 \times \frac{2}{1} = 3334 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co2} = 1667 \times \frac{2}{1} = 3334 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co3} = 1667 \times \frac{16}{3} = 8891 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co4} = 1667 \times \frac{5}{1} = 8335 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co5} = 1667 \times \frac{32}{6} = 8891 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co6} = 1667 \times \frac{4}{1} = 6668 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co7} = 1667 \times \frac{3}{1} = 5001 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co8} = 1667 \times \frac{20}{4} = 8335 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co9} = 1667 \times \frac{15}{3} = 8335 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co10} = 1667 \times \frac{5}{1} = 8335 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co11} = 1667 \times \frac{8}{2} = 6668 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co12} = 1667 \times \frac{25}{4} = 10419 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co13} = 1667 \times \frac{40}{7} = 9526 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co14} = 1667 \times \frac{5}{1} = 8335 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co15} = 1667 \times \frac{15}{3} = 8335 [\text{min/ser}]$$

$$T_{co16} = 1667 \times \frac{1}{1} = 1667 [\text{min/ser}]$$



- **Tehnološki ciklus T_{ct}**

Obuhvata ukupno vreme izvođenja svih operacija na n-proizvoda jedne serije od ulaza proizvoda na prvu operaciju pa do izlaska proizvoda na poslednjoj operaciji.

$$T_{ct} = \sum_{i=1}^z t_{ki} + (z_s - 1) \times t_{max}$$

$$T_{ct} = 198 + 17 \times 40 = 878 \text{ [min/ser]}$$

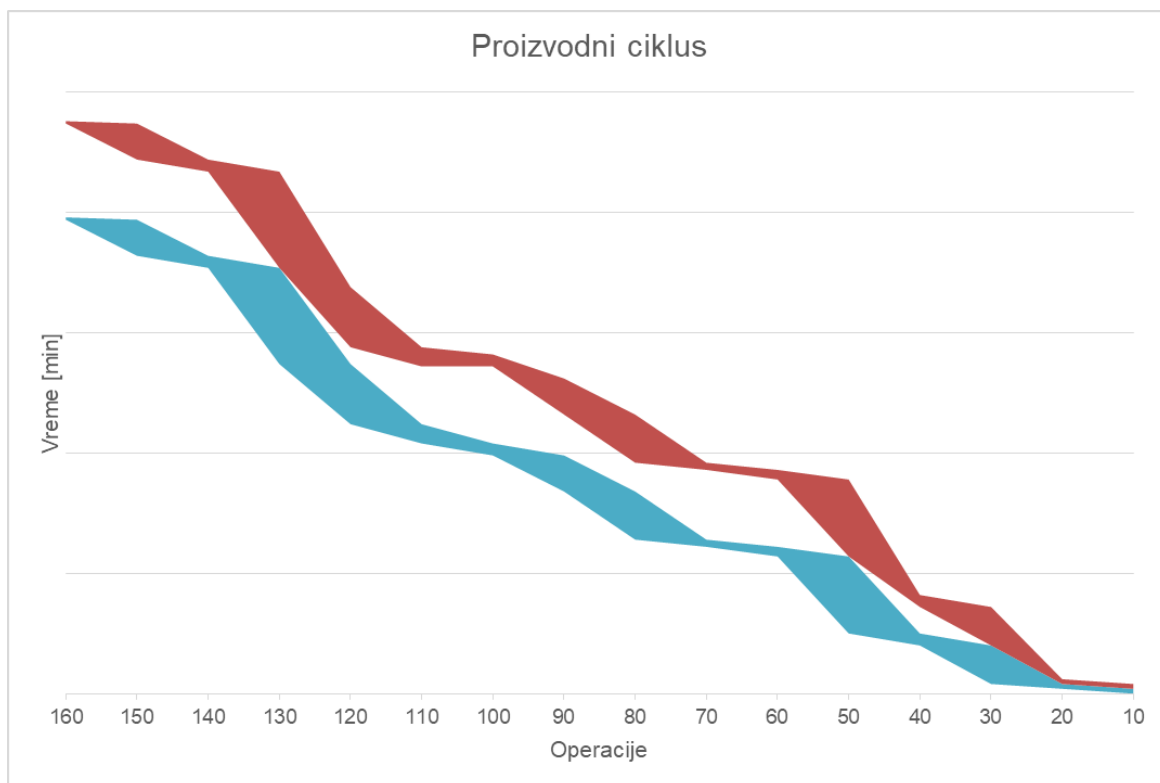
- **Proizvodni ciklus T_{cp}**

Obuhvata izvođenje tehnoloških T_{ct} i ostalih delova strukture rada T_{uo} (vremena trajanja pripreme, organizacije, održavanja, zastoja, čekanja u redovima, stanja u otkazu, itd.)

$$T_{cp} = T_{ct} + T_{uo}$$

$$T_{uo} = \sum t_{moi}$$

$$T_{cp} = 878 + 350 = 1228 \text{ [min/ser]}$$



Slika 7. Prikaz 2 proizvodnog ciklusa




4. OBLIKOVANJE PROSTORNE STRUKTURE

- **Izbor oblika toka**

Varijanta 2.1

Višepredmetni tok predmeta rada sa sličnim redosledom operacija i tehnološkim sistemima razmeštenim u višepredmetne linije.

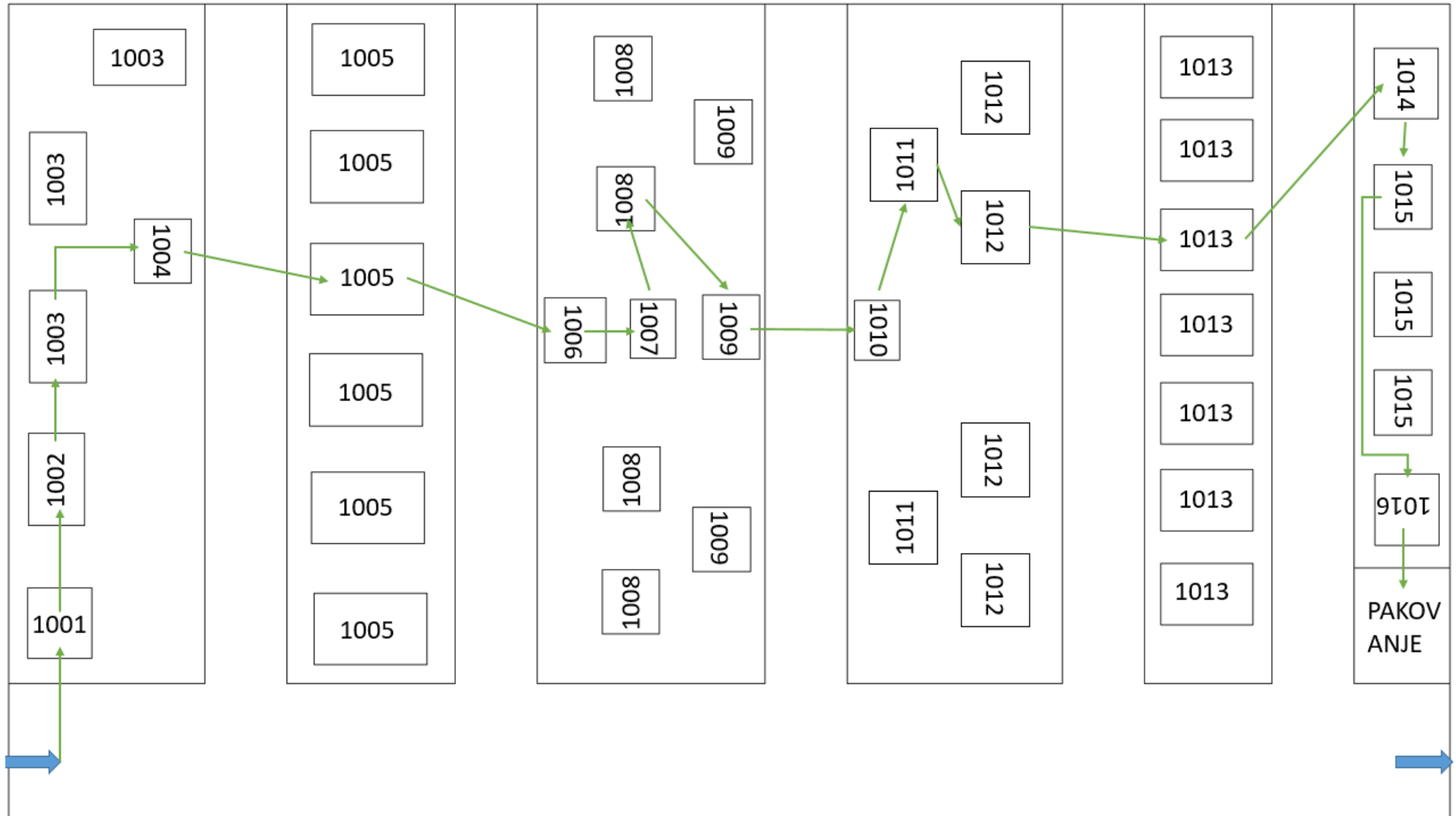
KARTA TOKA PROCESA			<input type="checkbox"/> predmet rada <input type="checkbox"/> sredstvo rada <input type="checkbox"/> učesnik				<input type="checkbox"/> stanje <input type="checkbox"/> predlog				predmet rada: <u>Osovina</u>				 FTN, Novi Sad Departman za proizvodno mašinstvo	
			oznaka	količina	masa	dimenzije	oznaka	količina	masa	dimenzije						
								221.022.0011	30000							
Oznaka	Naziv	Radno mesto	Obrada/montaža	kontrola	transport	zastoj	skladištenje	Rastojanje [m]	Količina [kom/god]	Masa [kg]	Položaj	Broj učesnika	Elementi vremena rada			
													T _{pz} [min/ser]	t _{ki} [min/kom]		
001	Skladištenje		○	□	⇒	⊖	▲	10	32000			1		5		
005	Prenošenje		○	□	⇒	⊖	△	10	32000			1		3		
010	Odsecanje	1001	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	5	2		
020	Poravnavanje krajeva	1002	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	10	2		
030	Struganje	1003	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	40	16		
040	Međufazna kontrola	1004	○	■	⇒	⊖	△	5	32000			1	5	5		
045	Prenošenje		●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1		3		
050	Glodanje ožlebljenja	1005	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	50	32		
055	Prenošenje		○	□	⇒	⊖	△	5	32000			1		3		
060	Glodanje	1006	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	30	4		
070	Doterivanje	1007	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	1	3		
080	Poboljšavanje	1008	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	10	20		
090	Indukciono kaljenje	1009	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	10	15		
095	Prenošenje		○	□	⇒	⊖	△	5	32000			1		3		
100	Kontrola tvrdoće	1010	○	■	⇒	⊖	△	5	32000			1	5	5		
110	Brušenje središnjeg gnezda	1011	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	30	8		
120	Brušenje prečnika	1012	●	□	⇒	⊖	△	5	32000			1	40	25		

KARTA TOKA PROCESA		<input type="checkbox"/> predmet rada <input type="checkbox"/> sredstvo rada <input type="checkbox"/> učesnik				<input type="checkbox"/> stanje <input type="checkbox"/> predlog				predmet rada: <u>Osovina</u>				
		oznaka		količina		masa		dimenzije						
		221.022.0011		30000										
FTN, Novi Sad Departman za proizvodno mašinstvo														
125	Prenošenje		○	□	➡	D	△	5	32000			1		3
130	Brušenje ožlebljenja	1013	●	□	➡	D	△	5	32000			1	60	40
135	Prenošenje		○	□	➡	D	△	5	32000			1		3
140	Odmašćivanje	1014	●	□	➡	D	△	5	32000			1	1	5
150	Završna kontrola	1015	○	■	➡	D	△	5	32000			1	3	15
160	Antikorozivna zaštita	1016	●	□	➡	D	△	5	32000			1	1	1
165	Pakovanje		●	□	➡	D	△	5	32000			1		5
166	Prenošenje		○	□	➡	D	△	10	32000			1		3
170	Skladištenje		○	□	➡	D	▲	10	32000			1		5

DIJAGRAM TOKA MATERIJALA



FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo



RAZMEŠTAJ RADNIH MESTA



FTN, Novi Sad
Departman za
proizvodno
mašinstvo

