



PROUČAVANJE RASPOREDA

Metod hodograma

Osnove industrijskog inženjerstva

- Proučavanje organizacionih metoda rada
 - Raspored opreme na radnom mestu
 - Redosled zahvata ili pokreta pri izvođenju operacije
 - Međuzavisnost zahvata ili pokreta pri izvođenju operacije
- Utvrđivanje potrebnog vremena - normativa rada
- Utvrđivanje vrednosti i stimulatívno plaćanje rada

Proučavanje rasporeda opreme i komandi na radnom mestu

- Metod modela – postupak proučavanja rasporeda opreme i komandi na radnom mestu uz upotrebu modela
- Metod konca – postupak proučavanja rasporeda opreme i komandi i redosleda zahvata transporta predmeta rada.
- Metod hodograma – postupak proučavanja rasporeda opreme i komandi na radnom mestu i redosleda hodova radnika.

Proučavanje rasporeda na radnom mestu metodom hodograma

- Kretanje radnika – ne povećava se upotrebna vrednost predmeta rada, gubi se vreme i samnjuje humanizacija u radu => treba minimizirati te gubitke
- Metodom hodograma proučava se:
 - raspored opreme i komandi na radnom mestu pri izvođenju operacije i
 - redosled zahvata/pokreta pri izvođenju operacije na radnom mestu, uz primenu kriterijuma: najmanji ukupno pređeni put radnika.
- U metodi hodograma primenjuju se grafički modeli opreme na radnom mestu i ucrtani hodovi radnika u obliku krivih linija, koje predstavljaju projekcije težišta tela na ravan kretanja.

Metoda hodogramaa - postupak

- Izrada verbalnog modela problema
- Definisanje cilja istraživanja
- Utvrđivanje kriterijuma
- Definisanje ograničenja
- Snimanje rasporeda na radnom mestu i kretanja radnika pomoću modela i hodograma
- Analiza prikupljenih podataka
- Projektovanje novog rasporeda na radnom mestu pomoću modela i hodograma
- Obuka radnika
- Primena novog rasporeda a radnom mestu
- Održavanje novog rasporeda – kontrola pomoću modela opreme i hodograma

Primer 1. Operacija izrade delova na glodalici

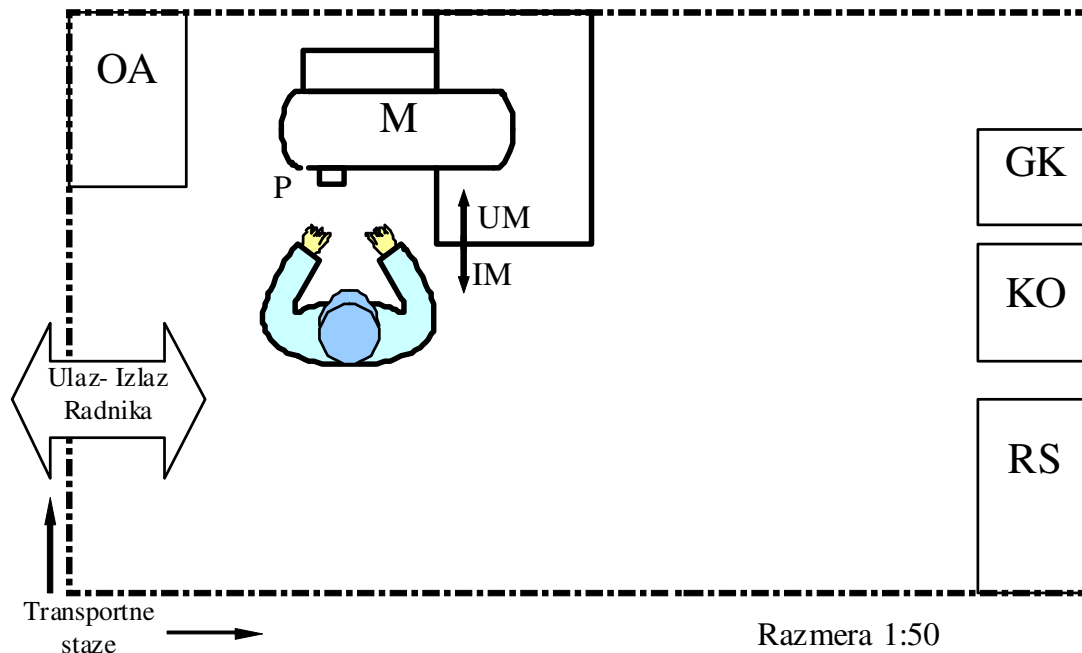
OPIS PROBLEMA

- U jednom malom, privatnom preduzeću prethodna istraživanja su pokazala da je usko grlo, koje ometa ostvarenje rokova proizvodnje, operacija izrade delova na glodalici. Zadatak da izvrši racionalizaciju rada na ovom radnom mestu dobio je privatni biro za proizvodni menadžment.
- Stručnjak iz ovog biroa, inače dipl. inž. industrijskog inženjerstva pristupio je radu na sledeći način: snimio je postojeći raspored na radnom mestu (slika 1), a zatim je utvrdio i način na koji se odvija proces rada.
- U toku smene, koja traje 7,5 časova izrađuje se 50 komada..

Primer: Operacija izrade delova na glodalici

Proces rada odvija se na sledeći način:

- radnik dolazi do mašine (M) i uključuje istu ($h_1=7$ m);
- odlazi do radnog stola (RS) ($h_2=10$ m) i proučava dokumentaciju;
- odlazi do ormara za alat (OA) ($h_3=13$ m) i uzima potreban alat;
- odnosi alat do mašine ($h_4=4$ m) i postavlja ga;
- odlazi od mašine do sanduka sa komadima za obradu (KO) ($h_5=8$ m) gde uzima prvi komad;
- vraća se do mašine ($h_6=8$ m) na kojoj zatim vrši obradu;
- po završetku obrade deo odnosi do sanduka za gotove komade (GK) ($h_7=8$ m) gde ostavlja deo;
- prilazi sanduku za neobrađene komade ($h_8=1$ m), odakle uzima sledeći komad za obradu;
- odnosi komad do mašine ($h_9=8$ m).



LEGENDA:

M – mašina

OA – ormar za alat

RS – radni sto

UM/IM – ulaz/izlaz materijala

GK – sanduk za gotove komade

KO – sanduk sa komadima za obradu

P - prekidač

Slika 1. Tlocrt radionice za izradu delova na glodalici

Primer: Operacija izrade delova na glodalici

CILJ

- Otkloniti usko grlo proizvodnje delujući na raspored opreme na radnom mestu, kao i na redosled zahvata.

KRITERIJUM

- Dužina hodanja radnika, što je moguće manje ručnog prenošenja delova, vreme hodanja radnika, produktivnost.

OGRANIČENJA

- Mogu se izvršiti samo sitnije rekonstrukcije, uvođenje gravitacionih dodavača, postolja i sl. Mašina se ne može premeštati. Brzina hodanja radnika je 25 [m/min].

Primer: Operacija izrade delova na glodalici

ALGORITAM:

- a) Snimiti postojeće stanje na karti hodograma
- b) Analizirati postojeće stanje
- c) Projektovati nov način rada kartom hodograma
- d) Proračunati uštede prema datim kvantitativnim kriterijumima
- e) Objasniti efekte na humanizaciju rada

Operacija izrade delova na glodalici

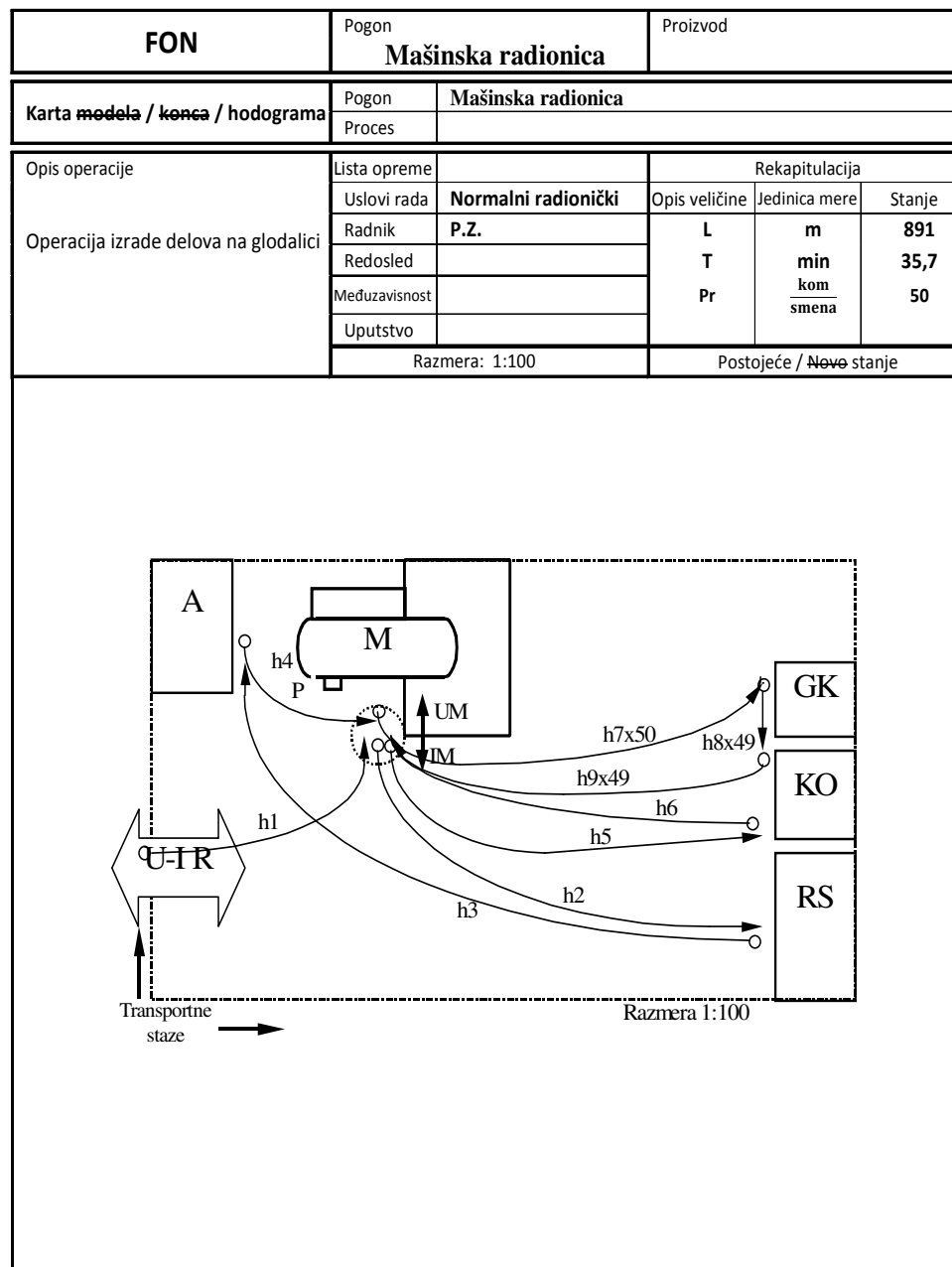
Rešenje

- a) Snimiti postojeće stanje na karti hodograma
 - Lista opreme PS
 - Karta hodograma PS
- b) Analizirati postojeće stanje
 - Razdvajanje
 - Kritika sa idejama
 - Sinteza
- a) Projektovati nov način rada kartom hodograma
 - Lista opreme NS
 - Karta hodograma NS
- a) Proračunati uštede prema datim kvantitativnim kriterijumima
 - Rekapitulacija ušteda
- e) Objasniti efekte na humanizaciju rada
 - Rekapitulacija ušteda

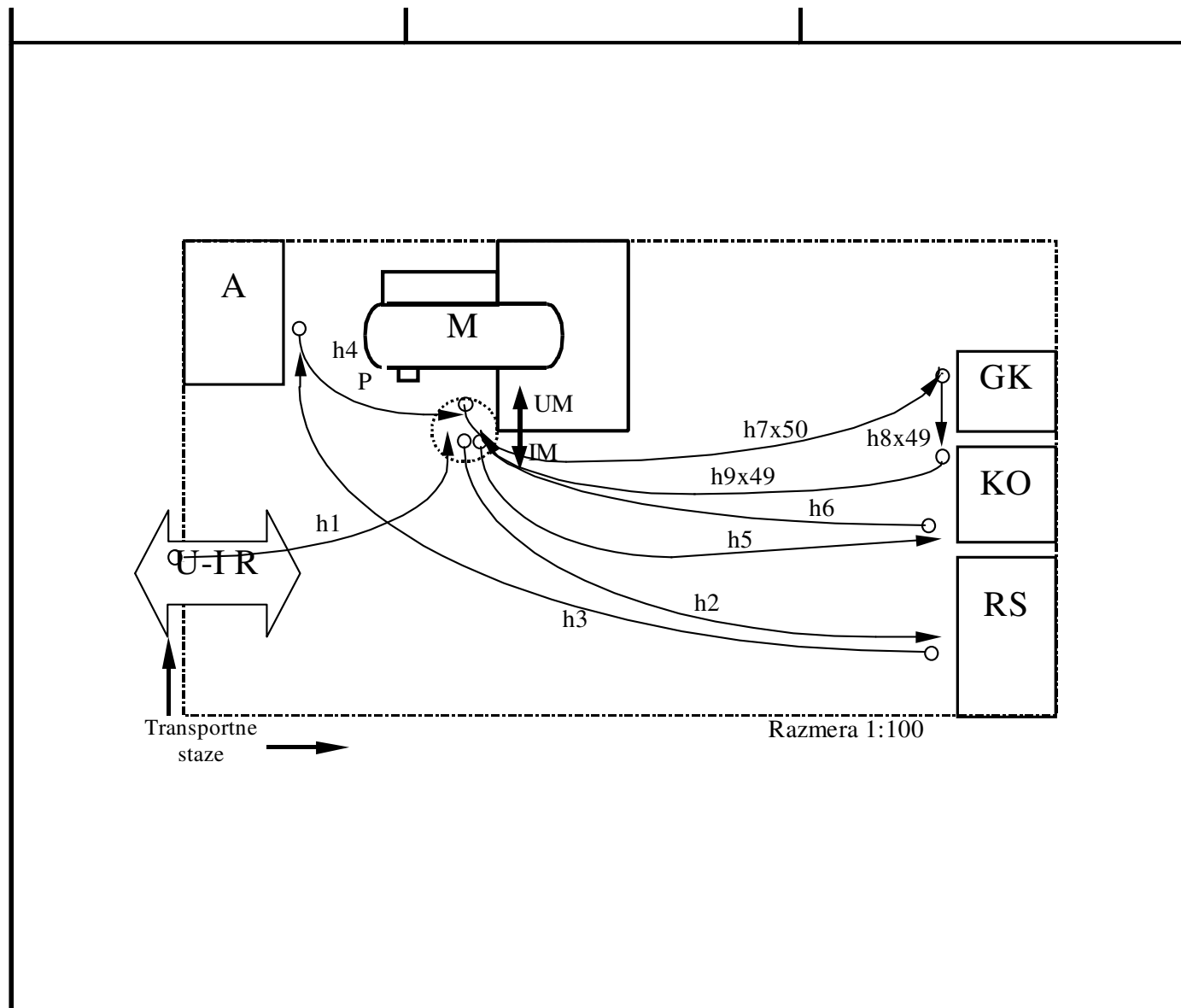
a) Prikazati postojeći način rada kartom hodograma - Lista opreme PS

FON		Pogon Mašinska radionica		Proizvod				
Lista potrebne opreme za izvođenje operacije na radnom mestu		Radno mesto						
		Operacija		Izrada delova na glodalici				
		Raspored		Uputstvo				
RB	Naziv i kratak opis dela opreme	Oznaka	Jed. mere	Količina	Dimenzije d š v			Crtež
Specifikacija opreme								
1	Orman za alat	A	kom	1				
2	Mašina	M	kom	1				
3	Kutija za komade za obradu	KO	kom	1				
4	Kutija za gotove komade	GK	kom	1				
5	Radni sto	RS	kom	1				
Specifikacija materijala								
1	Komadi za obradu		kom	50				
2	Gotovi komadi		kom	50				

a) Prikazati postojeći način rada kartom hodograma - Karta hodograma PS



a) Prikazati postojeći način rada kartom hodograma - Karta hodograma PS



a) Prikazati postojeći način rada kartom hodograma - Karta hodograma PS

FON	Pogon Mašinska radionica		Proizvod		
Karta modela / konca / hodograma	Pogon	Mašinska radionica			
	Proces				
Opis operacije Operacija izrade delova na glodalici	Lista opreme		Rekapitulacija		
	Uslovi rada	Normalni radionički	Opis veličine	Jedinica mere	Stanje
	Radnik	P.Z.	L	m	891
	Redosled		T	min	35,7
	Međuzavisnost		Pr	kom	50
	Uputstvo			smena	
Razmera: 1:100		Postojeće / Novo stanje			

b) Analiza - razdvajanje

FON	Radno mesto		Šifra RM.	
	Operacija	Izrada delova na glodalici	Šifra operacije	

Razdvajanje

1. Po trajnosti:

operacija se obavlja trajno, na proizvodu iz stalnog programa preduzeća.

2. Po stabilnosti:

operacija se izvodi stabilno, svakoga radnog dana u toku godine.

3. Po pravcu istraživanja:

raspored opreme na radnom mestu, redosled zahvata hodanja radnika.

4. Po kriterijumu:

- povećati produktivnost kroz smanjenje:

- 4.1. dužina hodanja radnika,
- 4.2. prenošenje delova,
- 4.3. vreme hodanja radnika.

5. Po elementima:

5.1 Po elementima rasporeda:

rb	Elementi rasporeda	Broj hodova vezan za element [1]
1	Orman za alat	2
2	Mašina	103
3	Gotovi komadi	99
4	Komadi za obradu	100
5	Radni sto	2

5.2 Po elementima redosleda:

rb	Zahvati hodanja radnika	Dužina [m/smena]	Prenošenje tereta	Rang [1]
h1	ulaz - mašina	7	-	
h2	mašina - radni sto	10	-	
h3	radni sto - orman za alat	13	-	
h4	orman za alat - mašina	4	+	
h5	mašina - komadi za obradu	8	-	
h6	komadi za obradu - mašina	8	+	
h7	mašina - gotovi komadi	400	+	1
h8	gotovi - komadi za obradu	49	-	3
h9	komadi za obradu - mašina	392	+	2
Ukupno		891	=	=

6. Po metodama i sredstvima:

Metod konca, Pareto princip, princip pitalica, pravila za projektovanje optimalnog rasporeda, rešenja iz literature, dobra praksa

b) Analiza - razdvajanje

FON	Radno mesto		Šifra RM.	
	Operacija	Izrada delova na glodalici	Šifra operacije	

Razdvajanje

1. Po trajnosti:

operacija se obavlja trajno, na proizvodu iz stalnog programa preduzeća.

2. Po stabilnosti:

operacija se izvodi stabilno, svakoga radnog dana u toku godine.

3. Po pravcu istraživanja:

raspored opreme na radnom mestu, redosled zahvata hodanja radnika.

4. Po kriterijumu:

- povećati produktivnost kroz smanjenje:

- 4.1. dužina hodanja radnika,
- 4.2. prenošenje delova,
- 4.3. vreme hodanja radnika.

b) Analiza - razdvajanje

5. Po elementima:

5.1 Po elementima rasporeda:

rb	Elementi rasporeda	Broj hodova vezan za element [1]
1	Orman za alat	2
2	Mašina	103
3	Gotovi komadi	99
4	Komadi za obradu	100
5	Radni sto	2

5.2 Po elementima redosleda:

rb	Zahvati hodanja radnika	Dužina [m/smena]	Prenošenje tereta	Rang [1]
h1	ulaz - mašina	7	-	
h2	mašina - radni sto	10	-	
h3	radni sto - orman za alat	13	-	
h4	orman za alat - mašina	4	+	
h5	mašina - komadi za obradu	8	-	
h6	komadi za obradu - mašina	8	+	
h7	mašina - gotovi komadi	400	+	1
h8	gotovi - komadi za obradu	49	-	3
h9	komadi za obradu - mašina	392	+	2
Ukupno		891	=	=

6. Po metodama i sredstvima:

Metod konca, Pareto princip, princip pitalica, pravila za projektovanje optimalnog rasporeda, rešenja iz literature, dobra praksa

b) Analiza – kritika sa idejama

FON	Radno mesto		Šifra RM.	
	Operacija	Izrada delova na glodalici	Šifra operacije	
Kritika		Ideje		
<p>Raspored</p> <p>1. Mašina <i>Gde se nalazi?</i> Na poziciji M (vidi snimak PS). <i>Zbog čega se nalazi baš tu?</i> Nije poznato. <i>Gde se još može nalaziti?</i> Mašina se ne može pomerati.</p> <p>2. Mesto komada za obradu <i>Gde se nalaze?</i> Na poziciji KO (vidi snimak PS). <i>Zbog čega se nalazi baš tu?</i> Nije poznato. <i>Gde se još može nalaziti?</i> ideja: 2.a, 2.b</p> <p>3. Mesto gotovih komada <i>Gde se nalaze?</i> Na poziciji GK (vidi snimak PS). <i>Zbog čega se nalazi baš tu?</i> Nije poznato. <i>Gde se još može nalaziti?</i> ideje: 3.a, 3.b</p> <p>Redosled</p> <p>4. Hod h7: mašina → gotovi komadi <i>Šta se radi?</i> Radnik nosi obrađen komad do mesta za odlaganje gotovih komada. <i>Može li se eliminisati?</i> Može. Ideja: 4.a, 4.b.</p> <p>5. Hod h9: komadi za obradu → mašina <i>Šta se radi?</i> Radnik nosi neobrađen komad do mašine. <i>Može li se eliminisati?</i> Može. Ideja: 5.a, 5.b.</p> <p>6. Hod h8: gotovi → komadi za obradu <i>Šta se radi?</i> Radnik hoda do mesta sa komadima koji čekaju na obradu, da bi uzeo sledeći. <i>Može li se eliminisati?</i> Može. Ideja: 6.a</p>		<p>Raspored</p> <p>2. Mesto komada za obradu a) Pored mašine, na podu. b) Pored mašine, na odgovarajćem postolju.</p> <p>3. Mesto gotovih komada a) Pored mašine, na podu. b) Pored mašine, na odgovarajćem postolju. c) Pored mašine na odgovarajućem postolju sa dva nivoa. Na gornjem nivou komadi za obradu, a na donjem obrađeni komadi.</p> <p>Redosled</p> <p>4. Hod h7: mašina → gotovi komadi a) Ako se gotovi komadi budu odlagali pored mašine eliminiše se ovaj hod. b) Korišćenjem gravitacionog dodavača za gotove delove eliminiše se ovaj hod.</p> <p>5. Hod h9: komadi za obradu → mašina a) Postavljanjem komada za obradu pored mašine eliminiše se ovaj hod. b) Korišćenjem gravitacionog dodavača za neobrađene delove eliminiše se ovaj hod.</p> <p>6. Hod h8: gotovi → komadi za obradu a) Postavljanjem komada za obradu i gotovih komada na specijalno postolje pored mašine, eliminiše se ovaj hod.</p>		

b) Analiza – kritka sa idejama

FON	Radno mesto	Šifra RM.
	Operacija	Šifra operacije
	Izrada delova na glodalici	
Kritika	Ideje	
<p>Raspored</p> <p>1. Mašina <i>Gde se nalazi?</i> Na poziciji M (vidi snimak PS). <i>Zbog čega se nalazi baš tu?</i> Nije poznato. <i>Gde se još može nalaziti?</i> Mašina se ne može pomerati.</p> <p>2. Mesto komada za obradu <i>Gde se nalaze?</i> Na poziciji KO (vidi snimak PS). <i>Zbog čega se nalazi baš tu?</i> Nije poznato. <i>Gde se još može nalaziti?</i> ideja: 2.a, 2.b</p> <p>3. Mesto gotovih komada <i>Gde se nalaze?</i> Na poziciji GK (vidi snimak PS). <i>Zbog čega se nalazi baš tu?</i> Nije poznato. <i>Gde se još može nalaziti?</i> ideje: 3.a, 3.b</p>	<p>Raspored</p> <p>2. Mesto komada za obradu</p> <p>a) Pored mašine, na podu. b) Pored mašine, na odgovarajćem postolju.</p> <p>3. Mesto gotovih komada</p> <p>a) Pored mašine, na podu. b) Pored mašine, na odgovarajćem postolju. c) Pored mašine na odgovarajućem postolju sa dva nivoa. Na gornjem nivou komadi za obradu, a na donjem obrađeni komadi.</p>	

b) Analiza – kritka sa idejama

Redosled

4. Hod h7: mašina → gotovi komadi

Šta se radi?

Radnik nosi obrađen komad do mesta za odlaganje gotovih komada.

Može li se eliminisati?

Može. Ideja: 4.a, 4.b.

5. Hod h9: komadi za obradu → mašina

Šta se radi?

Radnik nosi neobrađen komad do mašine.

Može li se eliminisati?

Može. Ideja: 5.a, 5.b.

6. Hod h8: gotovi → komadi za obradu

Šta se radi?

Radnik hoda do mesta sa komadima koji čekaju na obradu, da bi uzeo sledeći.

Može li se eliminisati?

Može. Ideja: 6.a

Redosled

4. Hod h7: mašina → gotovi komadi

a) Ako se gotovi komadi budu odlagali pored mašine eliminisaće se ovaj hod.

b) Korišćenjem gravitacionog dodavača za gotove delove eliminisaće se ovaj hod.

5. Hod h9: komadi za obradu → mašina

a) Postavljanjem komada za obradu pored mašine eliminisaće se ovaj hod.

b) Korišćenjem gravitacionog dodavača za neobrađene delove eliminisaće se ovaj hod.

6. Hod h8: gotovi → komadi za obradu

a) Postavljanjem komada za obradu i gotovih komada na specijalno postolje pored mašine, eliminisaće se ovaj hod.

b) Analiza – sinteza

FON	Radno mesto		Šifra RM.	
	Operacija	Izrada delova na glodalici	Šifra operacije	

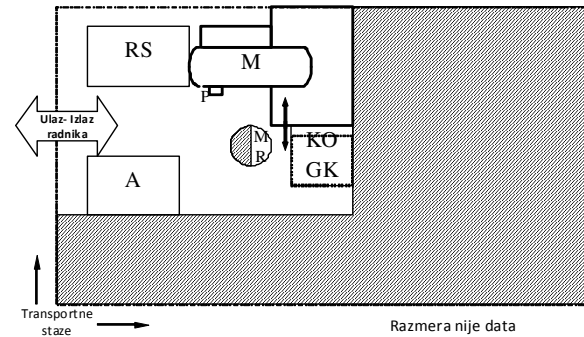
Sinteza

1. Nabaviti novu opremu

Postolje sa dva nivoa, za komade koji čekaju na obradu i gotove komade.

2. Promeniti raspored opreme

Novi raspored opreme je dat na skici:



3. Promeniti redosled zahvata pri izvođenju operacije

Operaciju bi trebalo izvoditi na sledeći način:

Radnik dolazi do mašine i uključuje je (h1 - 4 m); Odlazi do radnog stola, gde proučava dokumentaciju (h2 - 3 m); odlazi do ormana sa alatom i uzima odgovarajući alat (h3 - 2 m); odnosi alat do mašine i montira ga (h4 - 4 m). Izrađuje delove tako što sa gornjeg nivoa postolja uzima neobrađeni deo i postavlja ga u mašinu, a nakon obrade odlaže obrađene delove u donji nivo postolja, bez potrebe za hodanjem.

rb	Zahvati hodanja radnika	Dužina [m/smena]	Prenošenje tereta
h1	ulaz - mašina	4	-
h2	mašina - radni sto	3	-
h3	radni sto - orman za alat	2	-
h4	orman za alat - mašina	4	+
Ukupno		13	=

Efekti predloženih mera:

Realizacijom predloženog rešenja skratice se hodovi radnika, potrebno vreme za obavljanje hodova će biti zanemarljivo i poboljšaće se humanizacija u radu, jer su eliminisani nepotrebni hodovi radnika tokom kojih je prenosio predmete rada.

b) Analiza – sinteza

FON	Radno mesto		Šifra RM.	
	Operacija	Izrada delova na glodalici	Šifra operacije	

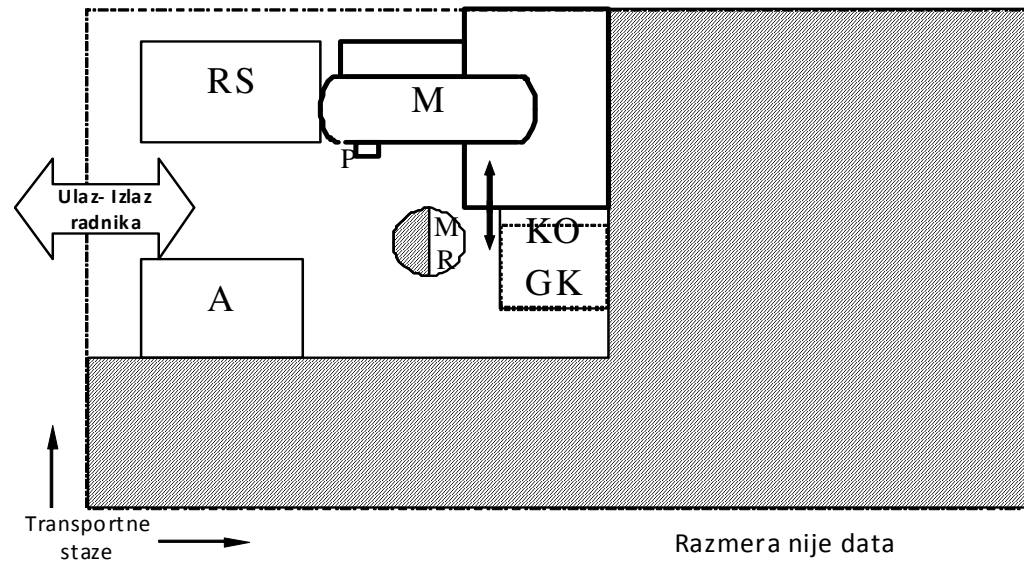
Sinteza

1. Nabaviti novu opremu

Postolje sa dva nivoa, za komade koji čekaju na obradu i gotove komade.

2. Promeniti raspored opreme

Novi raspored opreme je dat na skici:



b) Analiza – sinteza

3. Promeniti redosled zahvata pri izvođenju operacije

Operaciju bi trebalo izvoditi na sledeći način:

Radnik dolazi do mašine i uključuje je (h1 - 4 m); Odlazi do radnog stola, gde proučava dokumentaciju (h2 - 3 m); odlazi do ormana sa alatom i uzima odgovarajući alat (h3 - 2 m); odnosi alat do mašine i montira ga (h4 - 4 m). Izrađuje delove tako što sa gornjeg nivoa postolja uzima neobrađeni deo i postavlja ga u mašinu, a nakon obrade odlaže obrađene delove u donji nivo postolja, bez potrebe za hodanjem.

rb	Zahvati hodanja radnika	Dužina [m/smena]	Prenošenje tereta
h1	ulaz - mašina	4	-
h2	mašina - radni sto	3	-
h3	radni sto - orman za alat	2	-
h4	orman za alat - mašina	4	+
Ukupno		13	=

Efekti predloženih mera:

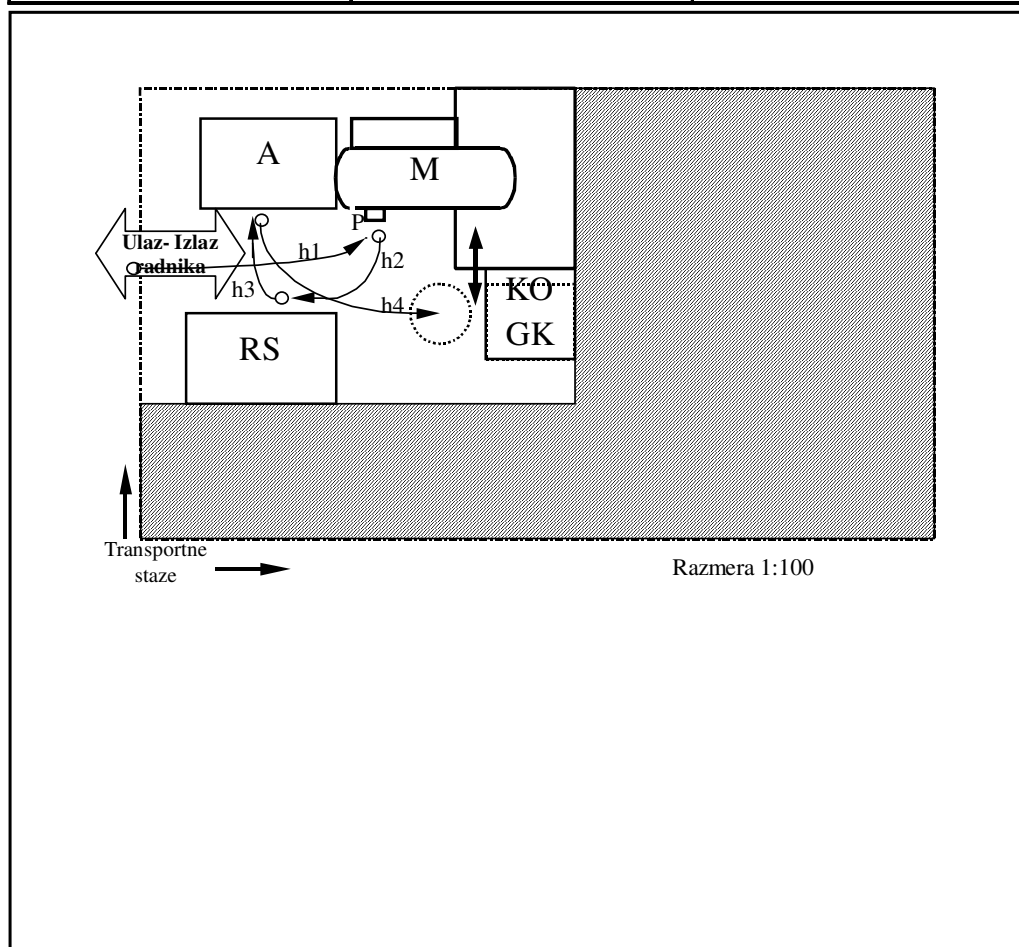
Realizacijom predloženog rešenja skratice se hodovi radnika, potrebno vreme za obavljanje hodova će biti zanemarljivo i poboljšaće se humanizacija u radu, jer su eliminisani nepotrebni hodovi radnika tokom kojih je prenosio predmete rada.

c) Projektovati nov način rada kartom hodograma - Lista opreme NS

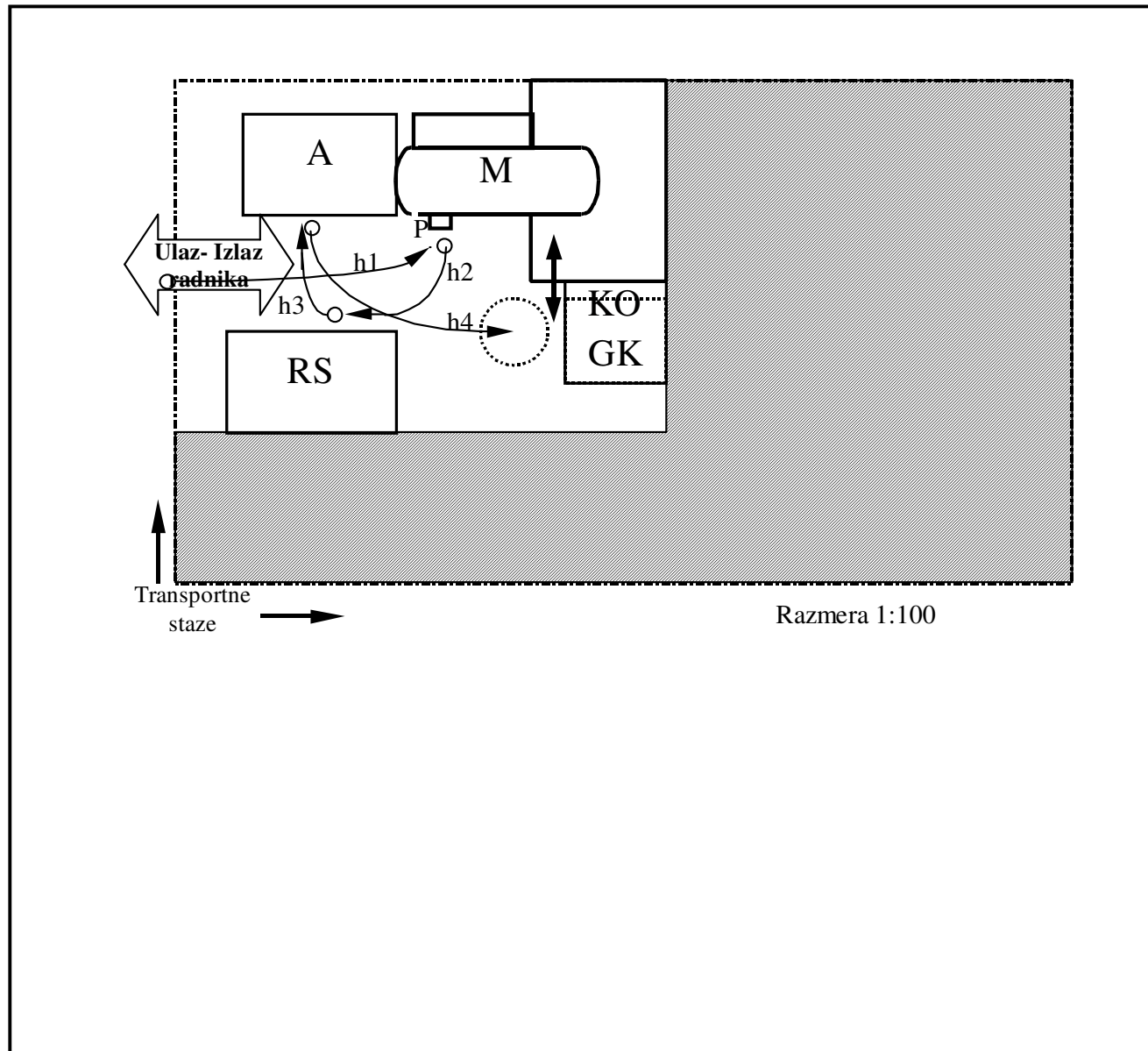
FON		Pogon Mašinska radionica		Proizvod				
Lista potrebne opreme za izvođenje operacije na radnom mestu		Radno mesto						
		Operacija Izrada delova na glodalici						
		Raspored			Uputstvo			
RB	Naziv i kratak opis dela opreme	Oznaka	Jed. mere	Količina	Dimenzije			Crtež
					d	š	v	
Specifikacija opreme								
1	Orman za alat	A	kom	1				
2	Mašina	M	kom	1				
3	Postolje za kutije KO i GK	PO	kom	1				
4	Kutija za komade za obradu	KO	kom	1				
5	Kutija za gotove komade	GK	kom	1				
6	Radni sto	RS	kom	1				
Specifikacija materijala								
				min				
1	Komadi za obradu		kom	50				
2	Gotovi komadi		kom	50				

c) Projektovati nov način rada kartom hodograma – Karta hodograma NS

FON	Pogon Mašinska radionica	Proizvod			
Karta medela / konce / hodograma	Pogon	Mašinska radionica			
	Proces				
Opis operacije Operacija izrade delova na glodalici	Lista opreme	Rekapitulacija			
	Uslovi rada	Normalni radionički	Opis veličine	Jedinica mere	Stanje
	Radnik	P.Z.	L	m	13
	Redosled		T	min	0,5
	Međuzavisnost		Pr	kom smena	54
	Uputstvo				
Razmera: 1:100		Postojeće / Novo stanje			



c) Projektovati nov način rada kartom hodograma – Karta hodograma NS



c) Projektovati nov način rada kartom hodograma – Karta hodograma NS

FON	Pogon Mašinska radionica	Proizvod			
Karta modela / konca / hodograma	Pogon	Mašinska radionica			
	Proces				
Opis operacije Operacija izrade delova na glodalici	Lista opreme		Rekapitulacija		
	Uslovi rada	Normalni radionički	Opis veličine	Jedinica mere	Stanje
	Radnik	P.Z.	L	m	13
	Redosled		T	min	0,5
	Međuzavisnost		Pr	kom	54
	Uputstvo			smena	
Razmera: 1:100		Postojeće / Novo stanje			

d), e) Rekapitulacija ušteta

FON	Pogon		Šifra pogona	Proizvod		Šifra proizvoda	
	Mašinska radionica						
	Radno mesto				Šifra RM.		
	Operacija	Izrada delova na glodalici			Šifra operacije		
Opis operacije Operacija izrade delova na glodalici		Rekapitulacija stanja i ušteta					
		Opis veličine	Jedinica mere	Stanje		Očekivane uštete	
				Postojeće	Novo	Δ_{NS}	η_{NS}
		L	m	891	13	-878	98%
		T	min	35,7	0,5	-35,2	98%
		Pr	kom smena	50	54	+ 4	8%
$\Delta_{NS} = NS - PS \quad ; \quad \eta_{NS} = \frac{ NS-PS }{PS} * 100 [\%]$							
Rekapitulacija ušteta							
<p>Nabavkom nove opreme, promenom rasporeda opreme i promenom redosleda zahvata skraćuje se dužina hodova radnika (za 98%), kao i vreme potrebno za izvođenje operacije (za 98%), što će dovesti do rasta produktivnosti od 8%. Predloženim rešenjem će se značajno humanizovati rad, jer su eliminisani hodovi radnika tokom kojih je nosio predmete rada. Očekuje se da se predloženim rešenjem otkloni usko grlo u proizvodnji.</p>							

d), e) Rekapitulacija ušteta

FON	Pogon		Šifra pogona		Proizvod		Šifra proizvoda		
	Mašinska radionica								
	Radno mesto					Šifra RM.			
	Operacija		Izrada delova na glodalici			Šifra operacije			

Opis operacije Operacija izrade delova na glodalici	Rekapitulacija stanja i ušteta					
	Opis veličine	Jedinica mere	Stanje		Očekivane uštete	
			Postojeće	Novo	Δ_{NS}	η_{NS}
	L	m	891	13	-878	98%
	T	min	35,7	0,5	-35,2	98%
	Pr	<u>kom</u> <u>smena</u>	50	54	+ 4	8%
$\Delta_{NS} = NS - PS \quad ; \quad \eta_{NS} = \frac{ NS-PS }{PS} * 100 [\%]$						

d), e) Rekapitulacija ušteda

Rekapitulacija ušteda

Nabavkom nove opreme, promenom rasporeda opreme i promenom redosleda zahvata skraćuje se dužina hodova radnika (za 98%), kao i vreme potrebno za izvođenje operacije (za 98%), što će dovesti do rasta produktivnosti od 8%. Predloženim rešenjem će se značajno humanizovati rad, jer su eliminisani hodovi radnika tokom kojih je nosio predmete rada. Očekuje se da se predloženim rešenjem otkloni usko grlo u proizvodnji.