

# Usporedba rezultata analize iskorištenja radnog vremena dvjema metodama

## VERGLEICH DER ANALYSENERGEBNISSE DER ARBEITSZEITNUTZUNG NACH ZWEI METHODEN

Vladimir Koštal, dipl. inž.  
Šumarski fakultet, Zagreb

UDK 65.015:630\*833

Prispjelo: 15. listopada 1990.  
Prihvaćeno: 30. studenog 1990.

Prethodno priopćenje

### Sažetak

Ovim je radom izvršena usporedba analize iskorištenja radnog vremena kod jednog našeg proizvođača proizvoda za građevinarstvo metodom trenutačnih opažanja (MTO) i simulacije tih rezultata tehnikom Monte Carlo.

Cilj istraživanja bio je usporediti rezultate dobivene tim dvjema metodama, te istražiti da li rezultati dobiveni simulacijom tehnikom Monte Carlo mogu zamijeniti ili nadopuniti dugo i mukotrpno snimanje metodom trenutačnih opažanja, uz jednaku ili veću točnost tih rezultata.

Obavljen je cijeli niz simulacija za tri karakteristična radna mjesta do 5%-tne točnosti rezultata.

Iz rezultata se vidi da bi za takvu točnost bilo potrebno obaviti snimanje od 140 radnih dana, odnosno da se simulacijom tehnikom Monte Carlo zamjenjuje petomjesečno snimanje u pogonu pomoću metode trenutačnih opažanja. Na osnovi toga, u ovom se radu došlo do elementarne spoznaje da bi se analiza radnog vremena mogla oplemeniti na taj način da se prvo izvrši snimanje metodom trenutačnih opažanja (95% vjerojatnosti i 10% točnosti rezultata), a nakon toga tehnikom Monte Carlo istraži struktura do većeg stupnja točnosti rezultata snimanja.

**Ključne riječi:** Iskorištenje radnog vremena — metoda trenutačnih opažanja — simulacija tehnikom Monte Carlo

### Zusammenfassung

Durch diese Arbeit wurde die Vergleichsanalyse der Arbeitszeitanalyse bei einem unserer Hersteller von Holzbauerelementen nach der Methode momentanen Bemerkens und Simulierens dieser Ergebnisse durch die Monte Carlo-Technik durchgeführt.

Das Forschungsziel war, durch diese zwei Methoden erhaltene Ergebnisse zu vergleichen, und herauszufinden, ob die durch die Monte Carlo-Simulationstechnik erhaltenen Ergebnisse langes und mühsames Aufnehmen, das nach der Methode momentanen Bemerkens durchgeführt wird, bei derselben oder noch größerer Genauigkeit dieser Ergebnisse ersetzen oder vervollständigen kann.

Es wurde eine ganze Reihe von Simulationen für drei charakteristische Arbeitsplätze bis 50%-iger Ergebnisgenauigkeit durchgeführt.

Aus den Resultaten geht hervor, daß für eine solche Genauigkeit der Ergebnisse ein Aufnehmen von 140 Arbeitstagen erforderlich sein sollte, bzw. daß man durch die Monte Carlo-Simulationstechnik ein fünfmonatiges Aufnehmen in Betrieb nach der Methode momentanen Bemerkens ersetzt.

Aufgrund dessen ist man in dieser Arbeit zu der elementaren Erkenntnis gekommen, die Genauigkeit der Arbeitszeitanalyse auf diese Weise verbessern zu können, indem man zuerst das Aufnehmen nach der Methode momentanen Bemerkens (95% Plausibilität und 10% Ergebnisgenauigkeit) durchführen würde und danach durch die Monte Carlo-Technik die Struktur für eine höhere Genauigkeitsstufe der aufgenommenen Ergebnisse erforschen würde.

**Schlüsselwörter:** Arbeitszeitanalyse — Methode momentanen Bemerkens — Monte Carlo-Simulationstechnik

### 1. UVOD

Jedan od osnovnih problema u mnogim poduzećima je relativno slabo iskorištenje radnog vremena. Zbog toga se prije ili kasnije nameće potreba za ustanovljenjem strukture radnog vremena, odnosno za utvrđivanjem udjela pojedinih kategorija radnog vremena. Vremenski gubici koji

nastaju pri radu jedan su od elemenata koji čine veće troškove poslovanja, pa bolje iskorištenje radnog vremena rezultira povećanjem proizvodnje i smanjenjem troškova poslovanja.

Iz tih razloga neophodno je potrebno kontinuirano praćenje i analiziranje strukture radnog vremena te uspoređivanje rezultata sa sličnim proizvođačima.

## 2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Istraživanje strukture radnog vremena u drvenoj industriji i danas spada u izrazito aktualnu problematiku. Metodom trenutačnih opažanja mogu se utvrditi pojedine kategorije radnog vremena, odnosno vrijeme rada i nerada. Međutim snimanje podataka je dugotrajno i iz tih razloga često puta je neopravdano zanemareno u pogonima.

Na osnovi toga cilj ovog rada bio je metodom trenutačnih opažanja ustanoviti strukturu radnog vremena (95% vjerojatnosti i 10% točnosti rezultata) na tri karakteristična radna mjesta u strojnoj obradi proizvoda za građevinarstvo u određenom vremenskom razdoblju, te simulacijom tehnikom Monte Carlo predvidjeti sa znatno većom točnošću rezultata snimanja kakva bi trebala biti struktura radnog vremena da se nastavilo snimanje metodom trenutačnih opažanja kroz duže vremensko razdoblje. To praktički znači da je osnovni cilj bio usporediti snimke metode trenutačnih opažanja i simulacije tehnikom Monte Carlo i utvrditi da li je moguće kombinacijom snimanja MTO i simulacije tehnikom Monte Carlo racionalizirati i pojeftiniti skupa i dugotrajna snimanja.

## 3. METODA RADA

Metoda rada u ovom istraživanju sastoji se od slijedećih faza:

- 3.1. Izbor objekta snimanja
- 3.2. Snimanje MTO
- 3.3. Obrada rezultata snimanja po MTO
- 3.4. Simulacija tehnikom Monte Carlo
- 3.5. Usporedba rezultata snimanja

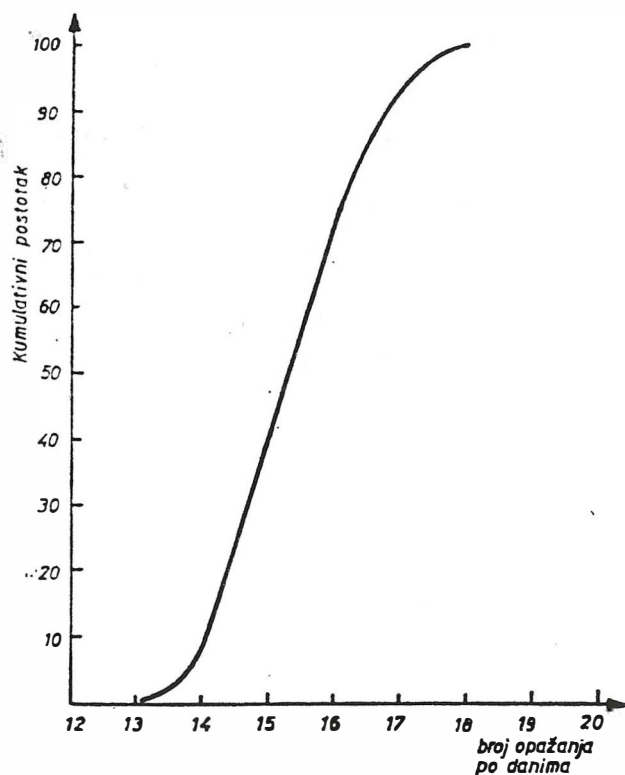
Utvrđivanje radnog vremena izvršeno je metodom trenutačnih opažanja u poduzeću koje se bavi proizvodnjom proizvoda za građevinarstvo (jela i smreka). Snimanje je obuhvatilo tri karakteristična stroja za tu vrstu proizvodnje:

1. Klatna pila
2. Četverostrana blanjalica
3. Preša za lijepljenje okvira (prozora, dopro-zornika)

Po završetku snimanja, koje je izvršeno za 95% vjerojatnosti i 10% točnosti rezultata (tablica I), prišlo se simuliranju dobivenih rezultata pomoću tehnike Monte Carlo do daleko veće točnosti (5%). Da bi se učinila simulacija tehnikom Monte Carlo, potrebno je rezultate dobivene MTO malo prilagoditi toj metodi.

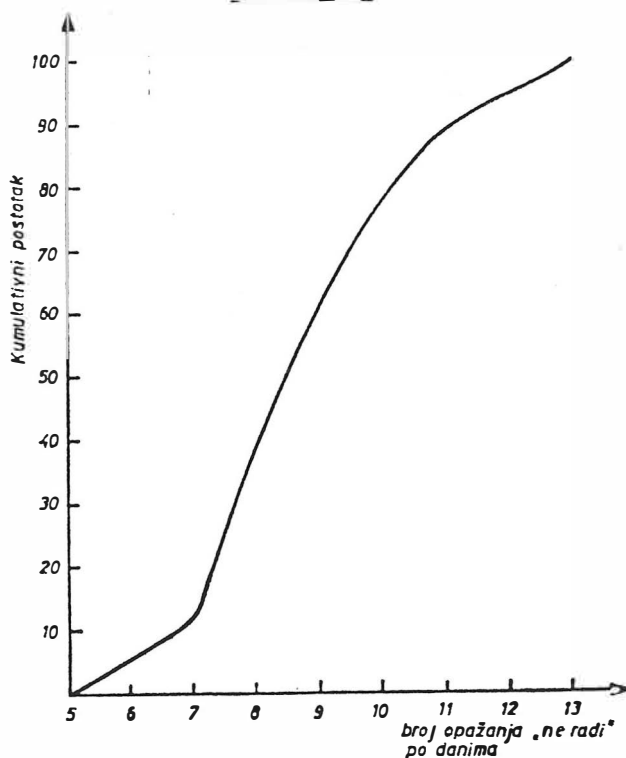
Ukupni broj obilazaka u danima te ukupan broj bilježaka »ne radi« potrebno je izraziti u obliku pojedinačne i kumulativne frekvencije. Budući da zbroj kumulativne frekvencije mora biti 100, najbolje je sve rezultate prikazati u postocima (tablice II, III, IV, V). Ti se podaci zatim prikažu i pomoću dijagrama na tzv. histogramu (slike 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Vrijedi za sva radna mjesta



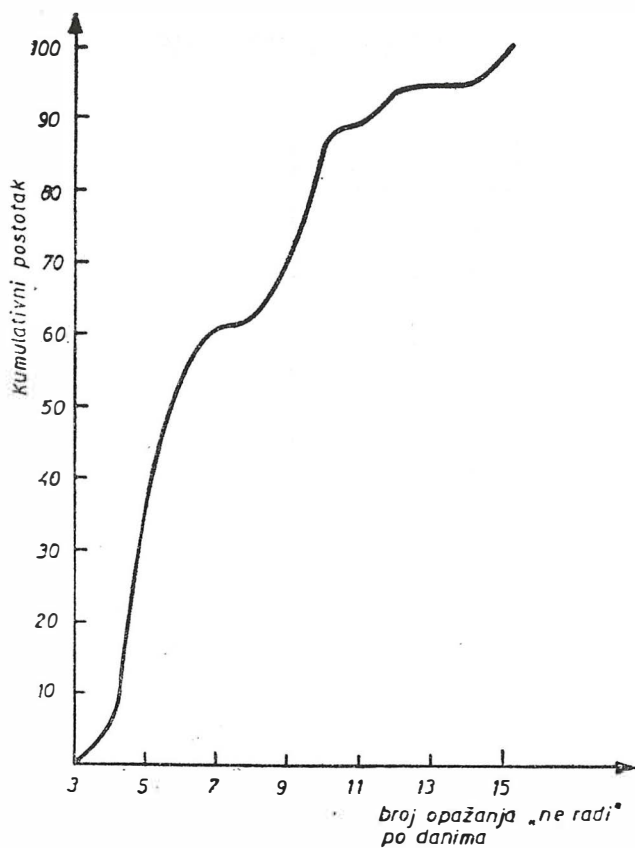
Slika 1. Vrijedi za sva radna mjesta

Klatna pila

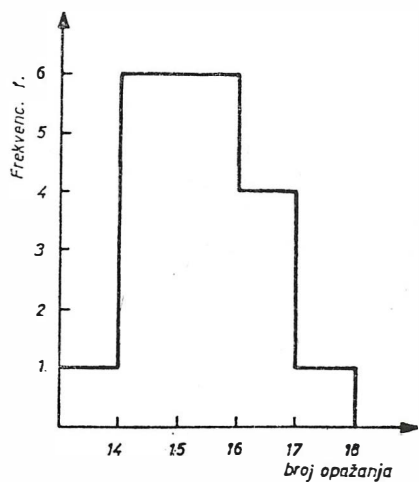


Slika 2. Klatna pila

Četverostrana blanjalica



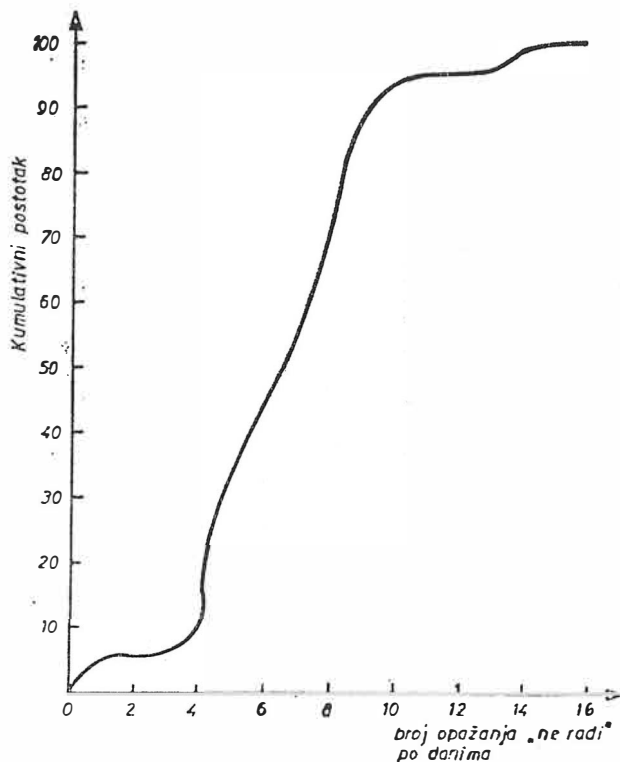
Slika 3. Četverostrana blanjalica



Slika 5.

Sam postupak ovom tehnikom ide na sljedeći način. Iz tablice slučajnih brojeva s dvoznamenkastim brojevima uzima se 140 brojeva (s početkom npr. od prve kolone: 09, 54, 42, 01 itd.). Ti brojevi ujedno označuju kumulativni postotak na vertikalnoj osi dijagrama za ukupni broj opažanja (slika 1). Na osnovi toga iz dijagrama

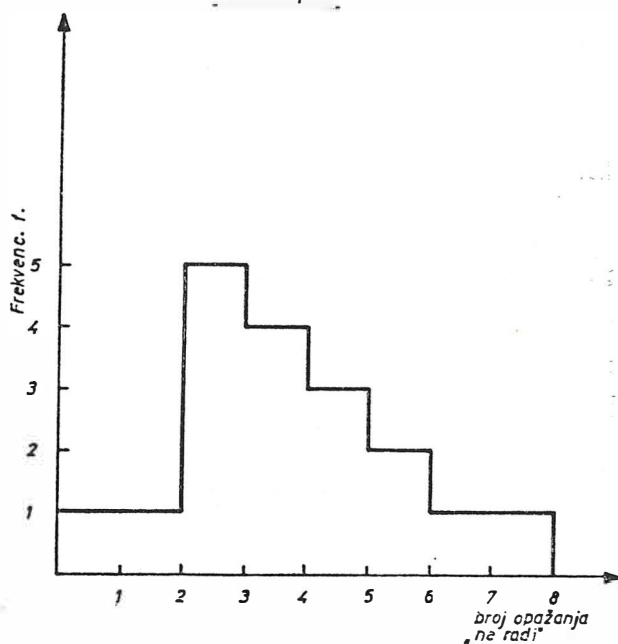
Okvirna preša



Slika 4. Okvirna preša

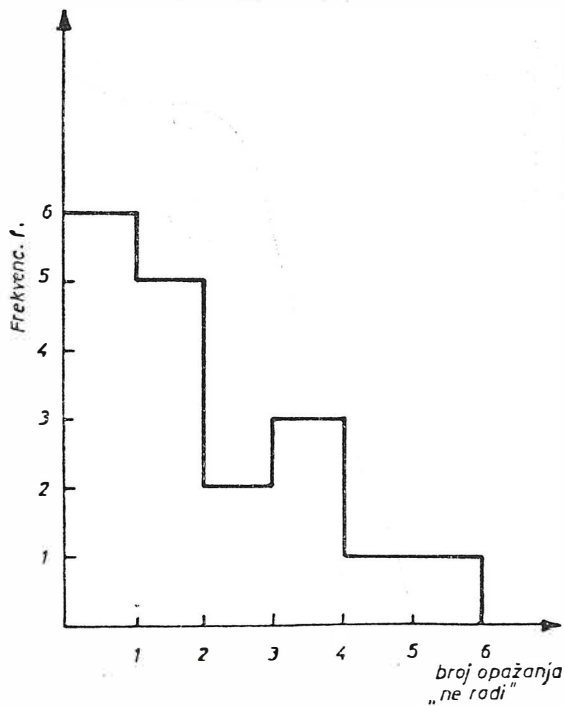
se očita potreban broj opažanja. Zatim se, za svaki od 140 ukupnih brojeva opažanja, iz tablice slučajnih brojeva izvadi onoliko brojeva koliko kaže broj ukupnog broja opažanja (tablica

Klatna pila



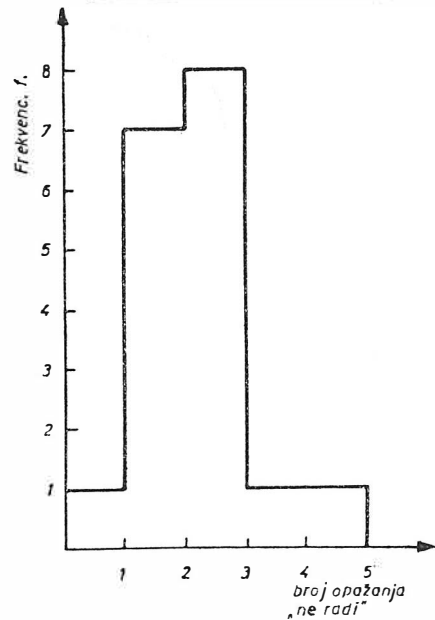
Slika 6. Klatna pila

*Četverostrana blanjalica*



Slika 7. Četverostrana blanjalica

*Preša za lijepljenje okvira*



Slika 8. Preša za lijepljenje okvira

VI). Npr. za klatnu pilu prvi od 140 ukupnih brojeva opažanja je 14, pa se iz tablice slučajnih brojeva (počevši npr. od petog stupca) ispisuje tih 14 brojeva (npr. 76, 64, 19, 09 itd.). Ti se brojevi, koji čine kumulativni postotak, uvrste na vertikalnu os dijagrama za ukupni broj bilježaka »ne radi« (slika 2, 3, 4).

Na kraju se tih 14 brojeva s oznakom »ne radi« pretvori u postotke, tj. izračuna se postotak bilježaka »ne radi« u odnosu na ukupan broj bilježaka, te pronade njihova srednja vrijednost.

4. REZULTATI SNIMANJA

4.1. Rezultati snimanja metodom trenutanih opažanja

Metodom trenutanih opažanja dobiveni su podaci navedeni u tablici I.

Tablica I.

STROJ - RM	Postotak nerada "p"	Granica rasipanja	Izvršen br. opažanja	Točnost rezultata
	%	%		%
1. Klatna pila	58.74	59 ± 6	286	10
2. četverostrana blanjalica	47.90	48 ± 6	286	12
3. Preša za lijepljenje okvira	44.06	44 ± 6	286	13
UKUPNO ZA SVA TRI RADNA MJESTA	50.23	50 ± 3	858	7

UKUPNI BROJ OPAŽANJA PO DANIMA ZA SVA TRI RADNA MJESTA

Tablica II.

Redni broj	Broj opažanja	Pojedinačna frekvenc.		Kumulativna frekvenc.	
			%		%
1.	14	1	5.60	1	5.60
2.	15	6	33.33	7	38.90
3.	16	6	33.20	13	72.20
4.	17	4	22.20	17	94.40
5.	18	1	5.60	18	100.00

Podaci dobiveni MTO prilagođuju se simulaciji tehnikom Monte Carlo.

Tablice III, IV. i V. prikazuju ukupnu količinu nerada po danima za pojedina radna mjesta.

Dobiveni se podaci simuliraju tehnikom Monte Carlo.

KLATNA PILA

Tablica III.

Redni broj	"p" (nerad)	Pojedin. frekv.		Kumulat. frekv.	Kumulat. postotak	
			%			%
1.	6	1	5.60	1	5.60	
2.	7	1	5.60	2	11.10	
3.	8	5	27.80	7	38.90	
4.	9	4	22.20	11	61.10	
5.	10	3	16.70	14	77.80	
6.	11	2	11.10	16	88.90	
7.	12	1	5.60	17	94.40	
8.	13	1	5.60	18	100.00	



Tablica VI. prikazuje prvih pet od ukupno 140 redova (dana snimanja) za RM klatna pila.\*

CETVEROSTRANA BLANJALICA

Tablica IV.

Redni broj	"p" (nerad)	Pojedin. frekv.		Kumulat. frekv.	Kumulat. postotak %
			%		
1.	4	1	5.60	1	5.60
2.	5	5	27.80	6	33.30
3.	6	4	22.20	10	55.60
4.	7	1	5.60	11	61.10
5.	8	0	0.00	11	61.10
6.	9	2	11.10	13	72.20
7.	10	3	16.70	16	88.90
8.	11	0	0.00	16	88.90
9.	12	1	5.60	17	94.40
10.	13	0	0.00	17	94.40
11.	14	0	0.00	17	94.40
12.	15	1	5.60	18	100.00

PRESA ZA LIJEPLJENJE OKVIRA

Tablica V.

Redni broj	"p" (nerad)	Pojedin. frekv.		Kumulat. frekv.	Kumulat. postotak %
			%		
1.	1	1	5.60	1	5.60
2.	2	0	0.00	1	5.60
3.	3	0	0.00	1	5.60
4.	4	1	5.60	2	11.10
5.	5	4	22.20	6	33.30
6.	6	2	11.10	8	44.40
7.	7	2	11.10	10	55.60
8.	8	3	16.70	13	72.20
9.	9	3	16.70	16	88.90
10.	10	1	5.60	17	94.40
11.	11	0	0.00	17	94.40
12.	12	0	0.00	17	94.40
13.	13	0	0.00	17	94.40
14.	14	1	5.60	18	100.00

4.2. Rezultat simulacije tehnikom Monte Carlo (vidi tablice VII i VIII)

4.3. Usporedba rezultata snimanja

Simulacijom tehnikom Monte Carlo dobilo se sedam puta više opažanja nego metodom trenutačnih opažanja. Razlika udjela rezultata nerada u ukupnoj strukturi vremena za sva tri radna mjesta u prosjeku se razlikuje za 2,84%. Može se primijetiti i znatno povećanje točnosti rezultata simulacije tehnikom Monte Carlo u odnosu na metodu trenutačnih opažanja.

\* Zbog veličine tablice u radu je prikazan samo dio tablice za samo jedno radno mjesto. Tablica u svom punom obliku i za sva radna mjesta nalazi se kod autora.

Tablica VI.

Redni broj	Brojevi očitani iz tabli	Simulirani broj opažanja	R. M. K L A T N A P I L A																Σ p	p̄ (%)	F (%)	
			Simulirani broj opažanja "ne radi" u jednom danu																			
			Postotak zabilježaka "n" "ne radi", p																			
			Postotak zabilježaka "r" "radi", r																			
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	7	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.					
1	09	14	7 50.00 50.00	9 64.29 35.17	50.00 50.00	7 50.00	8 50.00	10 57.14	11 42.86	12 57.14	13 42.86	14 57.14	15 50.00	16 42.86	17 57.14	18 50.00	19 42.86	20 57.14	105	7.50	53.57	46.43
2.	54	15	8 53.33 46.67	11 73.33 26.67	60.00 40.00	9 60.00	7 46.67	10 60.00	11 46.67	12 60.00	13 46.67	14 60.00	15 46.67	16 60.00	17 46.67	18 60.00	19 46.67	20 60.00	126	8.40	56.00	44.00
3.	42	15	5 33.33 66.67	8 53.33 46.67	60.00 40.00	9 60.00	7 46.67	10 60.00	11 46.67	12 60.00	13 46.67	14 60.00	15 46.67	16 60.00	17 46.67	18 60.00	19 46.67	20 60.00	132	8.80	58.67	41.33
4.	01	13	8 61.54 38.46	12 92.31 38.46	60.00 30.77	9 69.23	7 46.15	10 69.23	11 46.15	12 69.23	13 46.15	14 69.23	15 46.15	16 69.23	17 46.15	18 69.23	19 46.15	20 69.23	117	9.00	69.23	30.77
5.	80	16	11 69.77 31.25	12 75.00 25.00	60.00 50.00	8 50.00	9 62.50	10 50.00	11 62.50	12 50.00	13 62.50	14 50.00	15 62.50	16 50.00	17 62.50	18 50.00	19 62.50	20 50.00	134	8.375	52.34	47.66

## REZULTAT SIMULACIJE TEHNIKOM MONTE CARLO

Tablica VII.

STROJ - RM	Postotak nerada "p"	Granica rasipanja	Izvršen br. opažanja	Točnost rezultata
	%	%		
1. Klatna pila	57.555	58 ± 2	2416	4
2. četverostrana blanjalica	46.485	46 ± 2	2415	4
3. Preša za lijepljenje okvira	42.395	42 ± 2	2430	5
UKUPNO ZA SVA TRI RADNA MJESTA	48.81	19 ± 1	7261	2

## ZAJEDNIČKI REZULTATI MTO I SIMULACIJE TEHNIKOM MONTE CARLO

Tablica VIII.

STROJ - RM	Postotak nerada "p"	Granica rasipanja	Izvršen br. opažanja	Točnost rezultata
	%	%		
1. Klatna pila	56.37	56 ± 2	2130	4
2. četverostrana blanjalica	45.07	45 ± 2	2129	5
3. Preša za lijepljenje okvira	40.73	41 ± 2	2144	5
UKUPNO ZA SVA TRI RADNA MJESTA	47.39	47 ± 1.4	6403	3

Tablica IX.

	S T R O J - R . M .								
	Klatna pila			Četverostr. blanjl.			Preša za lijep. okv.		
	MTO	Simulac. M. Carlo	Razlika	MTO	Simulac. M. Carlo	Razlika	MTO	Simulac. M. Carlo	Razlika
ukupno opažanja	286	2130	-	286	2129	-	286	2144	-
opažanja "ne radi"	168	1197	-	137	958	-	126	871	-
postotno učešće "ne radi" (%)	58.74	56.37	2.37	45.90	45.07	2.83	44.07	40.73	3.33
granice rasipanja	59±6%	56±2%		48±6%	41±2%		44±6%	47±1.4%	-
točnost rezultata	10%	4%	-	12%	5%	-	13%	5%	-

## 5. DISKUSIJA O REZULTATIMA ISTRAŽIVANJA

Ovim je istraživanjima izvršena analiza strukture radnog vremena kod jednog našeg proizvođača proizvoda za građevinarstvo, za tri karakteristična radna mjesta u tehnološkom procesu.

Rezultati dobiveni snimanjem metodom trenutačnih opažanja (95% vjerojatnosti i 10% točnosti rezultata) upotrijebljeni su za simulaciju tehnikom Monte Carlo.

Simulacijom su dobiveni rezultati za još 140 dana snimanja, čime je znatno povećana točnost rezultata (5% točnosti), a smanjeno vrijeme koje bi bilo potrebno da se snimanje nastavilo metodom trenutačnih opažanja.

Time je dokazano da bi se analiza radnog vremena mogla vršiti na taj način da se prvo izvrši

snimanje metodom trenutačnih opažanja za 95% vjerojatnosti i 10% točnosti rezultata, a zatim se simulacijom tehnikom Monte Carlo istraži struktura radnog vremena do većeg stupnja točnosti rezultata.

Recenzija: prof. dr. M. Figurić

## LITERATURA

- [1] Figurić, M.: Organizacija rada u drvnoj industriji, »Zrinski« Čakovec, »Narodne novine« Zagreb, 1987.
- [2] Grladinović, T.: Komparacija iskorištenja kapaciteta kod proizvoda masivnog namještaja od bukvine, »Kolokvij o bukvi«, Sumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1986.
- [3] Koštal, V.: Analiza strukture radnog vremena u tvornici građevne stolarije i unutarnje opreme »A. Zaja« Zagreb, diplomski rad, Zagreb, 1983.
- [4] Taboršak, D.: Studij rada, Tehnička knjiga, Zagreb, 1971.
- [5] Vila, A.: Primjer simulacije tehnikom Monte Carlo, seminar »Organizacija proizvodnje u drvnoj industriji«, Privredna komora SR Hrvatske, Institut za drvo, Zagreb, veljača 1972.