

Milivoj M. Klarin \*  
Janko M. Cvijanović \*\*  
Jelena M. Lazić \*\*  
Vesna Spasojević-Brkić \*

## Istraživanje raspoloživosti proizvodnih kapaciteta u metaloprerađi \*\*\*

**Rezime :** U radu se pokazuje neophodnost paralelnog utvrđivanja raspoloživosti i iskorišćenosti proizvodnih kapaciteta u metaloprerađi, jer se samo na taj način dobija pouzdana i potpuna slika ova dva fenomena.

**Ključne reči:** Raspoloživost, stepen korišćenja, zastoji i gubici, redosled operacija

**Abstract :** The paper deals with the necessity of concurrently determining the operational availability and capacity utilization in the metal processing industry, as only by such means can a reliable and complete overview of those phenomena be attained.

**Key words:** Availability, capacity, utilization, production, interption and time losses, production sequence.

### 1. UVOD

**R**aspoloživost proizvodnih kapaciteta predstavlja količnik (neimenovan broj od 0 do 1, ili procenti od 0 do 100) ukupnog vremena ispravnog stanja i kalendarskog vremena u kojem posmatramo raspoloživost.

$$A = \frac{T_1}{T} = \frac{T_1}{T_1 + T_0} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^m t_j} \quad (1)$$

\* Mašinski fakultet, Beograd

\*\* Ekonomski institut, Beograd

\*\*\* Rad predstavlja deo rezultata istraživanja na projektu 1324 finansiranog od strane MNTRS

- A - raspoloživost
- $T_1$  - vreme ispravnog stanja
- $T_0$  - vreme u otkazu (neispravno stanje)
- $T$  - kalendarsko vreme
- $t_i$  - i-to vreme ispravnog stanja
- $t_j$  - j-to vreme u otkazu

Specijalisti za upravljanje proizvodnjom potrudili su se da definišu još neke "podvrste" raspoloživosti (kao što su, naprimer, operativna, unutrašnja, itd.) koje se koriste pri detaljnom proučavanju posebnih fenomena (recimo za probleme održavanja), ali te varijacije nemaju značaja za temu ovog rada.

## 2. RAZRADA PROBLEMA

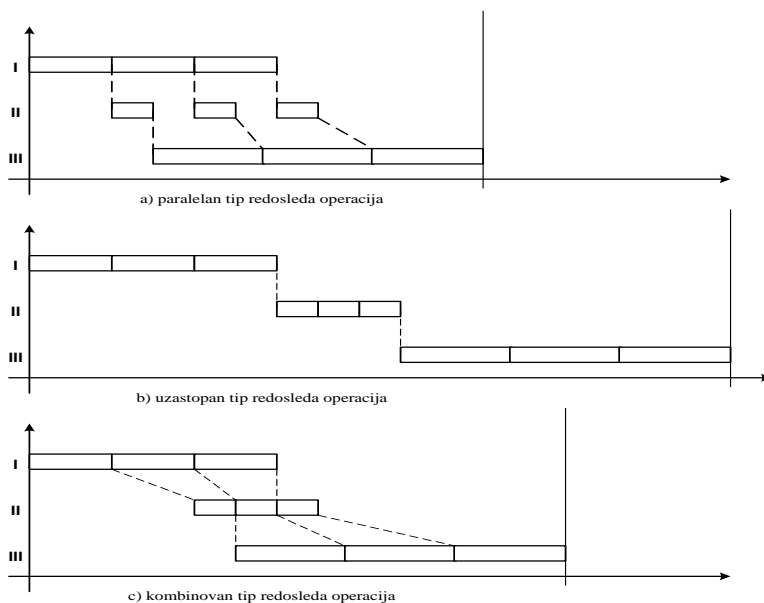
Za precizno utvrđivanje raspoloživosti proizvodne opreme neophodna je kontinualno praćenje pojedinih vremena iz obrasca za raspoloživost (1), a to je u našoj sadašnjoj praksi vrlo teško izvodljivo, a dobijeni rezultati ne opravdavaju uložena sredstva i napore. Podatak o raspoloživosti sam za sebe ne govori puno o proizvodnim kapacitetima koje posmatramo. Moguće je, naime, da u jednom periodu imamo porast raspoloživosti kapaciteta a pad stepena njihove iskorištenosti, u drugom periodu da bude obrnuto (rast stepena iskorišćenja, pad raspoloživosti) u trećem periodu neka treća kombinacija, itd. Raspoloživi (dakle ispravni) proizvodni kapaciteti ništa ne znače ako se adekvatno (ili uopšte) ne koriste. Neophodno je, dakle, istovremeno imati i podatke o raspoloživosti i o korišćenju kapaciteta.

Povoljna okolnost je da se vremena potrebna za izračunavanje raspoloživosti mogu dobiti MTZ snimanjem koje se koristi za utvrđivanje stepena korišćenja kapaciteta (a naročito podaci iz snimka koji se koriste za utvrđivanje faktora uzročnika zastoja) i na taj način smanjiti vreme za snimanje i vreme za izračunavanje raspoloživosti. Problem koji ostaje jeste utvrđivanje momenta otkaza. Naime, limes raspoloživosti  $A_j$  kada i teži beskonačnosti je količnik intenziteta opravke i sume intenziteta opravke i intenziteta otkaza. Ovde valja napomenuti da u: (1) dužem posmatranju rada opreme (kada, naprimer, period snimanja zahvati i stacionaran rad i rad u blizini velikih praznika, godišnjih odmora i sl.), u slučaju (2) vrlo stare, ili u slučaju (3) potpuno nove opreme, intenziteti otkaza i opravke nisu konstante, već promenljive u funkciji vremena, bez obzira da li se radi o normalnoj ili o Weibulovoj raspodeli.

Na raspoloživost direktno i posredno utiče veliki broj faktora, od kojih su najvažniji pouzdanost (pojedinih elemenata i sistema u celini) i sposobnost sistema da se vrati iz stanja u otkazu u stanje u radu (tzv. gotovost). Tokom radnog veka opreme, pouzdanost, gotovost i raspoloživost su u slabijoj ili jačoj korelaciji. Naravno, korelacija je najveća u zoni bliskoj ekstremima, a to znači u

slučajevima kada ove veličine imaju vrednosti blizu 0 ili blizu 1. Logično je, na primer, da je za minimalnu pouzdanost (vrednosti blizu 0) i raspoloživost minimalna, tj. približno 0.

U našim istraživanjima u metaloprerađivačkim fabrikama zapazili smo da na raspoloživost i na stepen korišćenja kapaciteta značajno utiče broj smena i organizacija redosleda operacija. Uticaj smenskog rada šire je istražen i uglavnom poznat, pa ćemo se mi u ovom radu ukratko zadržati na problemu redosleda operacija. Na slici 1 prikazana su tri osnovna tipa redosleda operacija: paralelni, uzastopni i kombinovani za jednostavan slučaj proizvodnje  $n$  komada (na slici su nacrtana samo tri komada) jednog mašinskog dela na tri različite mašine (operacije). Različita vremena operacija uzrokuju češće i duže prekide rada (duža čekanja) mašina na kojima su operacije kraće. Najkraće ukupno vreme proizvodnje serije od  $n$  komada posmatranog mašinskog dela na tri operacije, najkraće je za paralelan tip redosleda operacija. Snimanje MTZ je pokazalo da je u ovom slučaju i stepen korišćenja kapaciteta najveći.

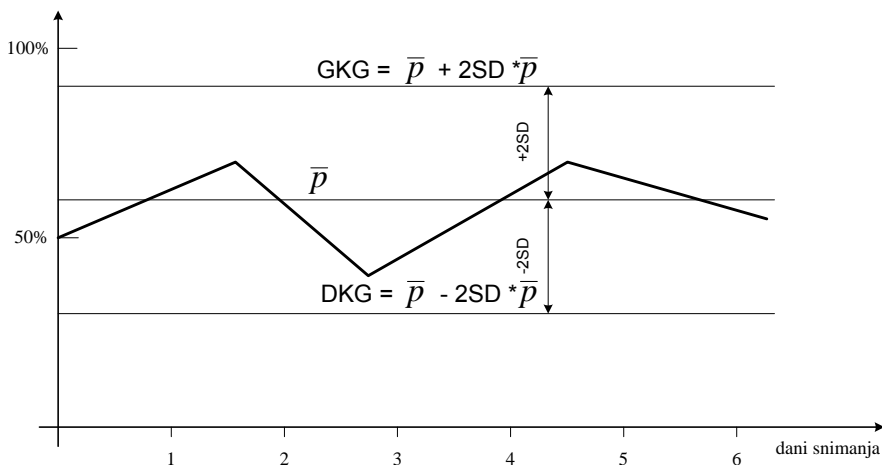


Slika 1.- Tipovi redosleda operacija

Međutim, mi nismo preporučili primenu ovog tipa redosleda operacija, jer smatramo da je najkraće vreme manje važno od problema i gubitaka koji proizlaze iz paralelnog rasporeda. Nestacionaran režim rada, odnosno, česti prekidi rada i često uključivanje mašina na kojima se izvode najkraće operacije izazivaju negativne prelazne pojave prilikom uključivanja i isključivanja mašina koje rezultiraju smanjenjem pouzdanosti i tačnosti rada mašine u odnosu na duži stacionaran rad ovih mašina kod uzastopnog ili kod kombinovanog tipa redosleda operacija. U slučaju prikazanom na slici 1 optimalan izbor je

kombinovani tip redosleda koji ima sve prednosti uzastopnog tipa, a ukupno vreme izrade kraće od uzastopnog, a duže od paralelnog tipa.

U slučaju primene MTZ, stepen korišćenja kapaciteta  $p$  dobija se kao količnik broja opservacija mašine u radu  $n_r$  i ukupnog broja opservacija  $n$ . U slučaju stratifikacije uzorka (po vrstama mašina, po danima, itd.) ovakav stepen korišćenja kapaciteta postaje srednji (naprimer, dnevni, ako je stratifikacija urađena po danima) stepen korišćenja kapaciteta i predstavlja stohastičku promenljivu u kontrolnim granicama (koje ilustruju ovladanost procesom) prikazanim na slici br. 2.



Slika 2.- Kontrolne granice stepena korišćenja kapaciteta

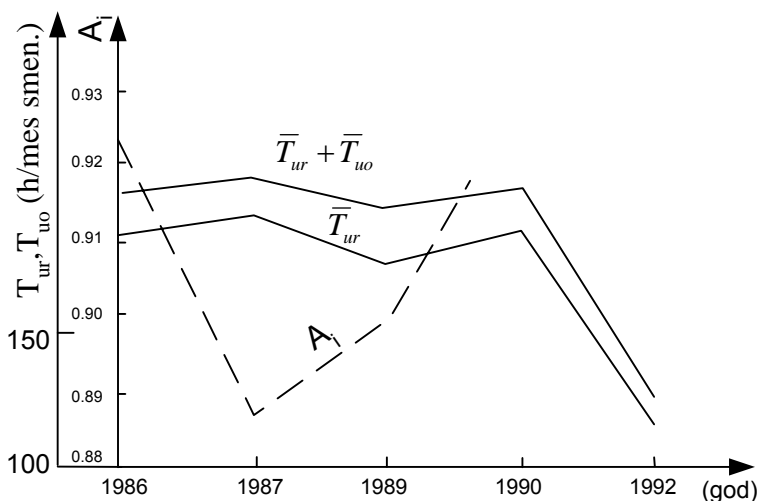
Jasno je da se na sličan način može pratiti i raspoloživost opreme. U dužem vremenu praćenja korišćenja opreme, ako se ne bi kupovale nove, niti remontovale postojeće mašine, kriva stepena korišćenja kapaciteta bi se približila krivoj nepouzdanosti. U realnosti, a to potvrđuju i naša istraživanja, imamo dinamičan proces održavanja ili povećavanja raspoloživosti i korišćenja kapaciteta, pri čemu je raspoloživost i iskorišćenje starih mašina sve manje, a novih sve veće. Primer ovakvog ponašanja dat je u tabeli 1 i na slici 3 na osnovu petogodišnjeg praćenja (snimanja) šezdeset proizvodnih mašina u beogradskom IKL.

Podaci u tabeli 1 i na slici 3 pokazuju značajna kolebanja srednjih godišnjih vremena u radu i vremena u otkazu, a time i raspoloživosti mašina i opreme i stepena iskorišćenja kapaciteta. Svi pokazatelji su naglo pali 1986. godine, da bi, posle generalnog remonta 1987. godine, počeli da rastu do 1992. godine kada je započelo dejstvo velikog broja raznih neproizvodnih faktora i uticaja u toj meri da se izgubila stohastičnost praćenih pojava i dezavuisao smisao praćenja korišćenja i raspoloživosti mašina i opreme u IKL (ali i u drugim

metaloprerađivačkim preduzećima koje već duže vreme pratimo u okviru različitih projekata) primenom MTZ ili bilo koje druge metode.

Tabela 1.- Srednja godišnja vremena u radu, u otkazu i raspoloživost proizvodne opreme

N°	El./god	1986	1987	1989	1990	1992
1	$\bar{T}_{ur} [h/mes.sm]$	185.80	182.40	177.30	189.20	113.00
2	$\bar{T}_{uo} [h/mes.sm]$	15.40	13.15	18.95	14.00	11.65
3	$\bar{T}_{ur} + \bar{T}_{uo} [h/mes.sm]$	201.20	205.55	196.25	203.20	124.65
4	$\bar{T}_{uo} / (\bar{T}_{ur} + \bar{T}_{uo}) = U_o$	0.076	0.064	0.096	0.068	0.093
5	$A_i$	0.923	0.887	0.903	0.931	0.907



Slika 3.- Srednja godišnja vremena u radu, u otkazu i raspoloživost proizvodne opreme

Vreme u radu i vreme u otkazu su svedeni na neprirodno male vrednosti (za neke mašine ova vremena ravna su nuli) pa nema govora o ovladanosti procesom, odnosno, nemoguće je racionalno protumačiti rezultate snimanja, jer je proces praktično srušen i nemoguće je upravljati njegovim parametrima upotrebljivim u normalnim privrednim aktivnostima i poslovanju preduzeća u zoni makar bliskoj kritičnoj tački poslovanja. Jednocifreni procenat korišćenja kapaciteta govori da su svi drugi, neproizvodni faktori (interni i eksterni) toliko nepovoljni da stepen korišćenja kapaciteta i raspoloživost mašina i opreme gube smisao relevantnih pokazatelja proizvodnje, a time i poslovanja.

### **3. ZAKLJUČAK**

Možemo zaključiti da je raspoloživost opreme moguće pratiti primenom MTZ i tako uštedeti vreme, napore i sredstva. Osim toga, pomoću MTZ je moguće dobiti podatke ne samo za stepen korišćenja kapaciteta već i podatke o faktorima uzročnicima zastoja i tako ostvariti relativno brz i dokumentovan uvid u najvažnije organizacione probleme u preduzeću. Usporedna analiza ovako dobijenih pokazatelja pomoći će nam, ne samo da utvrdimo raspoloživost mašina i opreme, već i da sagledamo mogućnosti za njeno povećanje.

### **LITERATURA:**

1. Klarin, M. M., J. M. Cvijanović, V. K. Spasojević-Brkić, 2000, The Shift level of the utilization of capacity as the stochastic variable in work sampling, *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 12 (2643-2651)
2. Klarin, M. M. et al., 1994, *Principi terotehnoških postupaka*, Mašinski fakultet, Beograd