

# Dobrodošli u GRAMAK

GRAMAK (GRAđevinske MAšine - Korišćenje) je ~~multimedijalni~~ © udžbenik namenjen studentima i korisnicima građevinskih mašina.

**Želimo vam prijatan rad uz GRAMAK.**

GRAMAK trenutno obuhvata sledeće delove:

[Opšti deo](#) - objašnjenje osnovnih pojmova o građevinskim mašinama, načinima njihovog korišćenja i opšti principi proračuna - učinci, cena koštanja i pouzdanost.

[Podela mehanizacije](#) - podaci o pojedinim vrstama mašina, njihovim tipovima i specifičnostima

[Opšti podaci](#) - informacije o samom GRAMAK-u - autori, tehnički podaci i interesantni linkovi

GRAMAK realizovao [autorski tim](#) sa [Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu](#), koji je obrazovala [Katedra za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu](#).

Projekat [GRAMAK](#) je podržalo [Ministarstvo za Nauku i tehnologiju Vlade Republike Srbije](#), kao inovacioni projekat br. I.1.1880

[Građevinski fakultet](#) i [Ministarstvo za Nauku i tehnologiju](#) zadržavaju sva prava na ovom autorskom delu.

## Opšti deo

U ovom delu GRAMAK-a opisani su principi i standardne procedure proračuna koje se koriste prilikom korišćenja građevinskih mašina.

Prvo, razmotreni su principi i metodi proračuna učinaka rada građevinskih mašina.

Drugo, prikazano je kako se proračunavaju očekivani troškovi korišćenja mašina i prodajne cene rada mašina.

Treće, objašnjeno je kako se vrši izbor mašina koje će biti korišćene za obavljanje potrebnih radova.

Četvrto, analizirana je raspoloživost pojedinačnih mašina i sistema mašina angažovanih na istom poslu.

U sva četiri dela, data su objašnjenja koja nisu vezana za konkretne mašine. Samo u primerima i prilikom navođenja izuzetaka pominju se konkretne mašine. Ukoliko vas zanima da proverite kako se navedeni principi i metodi proračuna primenjuju na konkretne mašine, pogledajte deo GRAMAK-a koje se odnosi na podelu građevinske mehanizacije.

---

### 1. Principi i metodi proračuna učinaka rada građevinskih mašina

Pod učinkom građevinskih mašina podrazumeva se proizvodnja u jedinici vremena, izražena zapreminski, težinski ili po komadu, u zavisnosti od prirode proizvodnje.

Učinak se izražava jedinicom mere rada u jedinici vremena ( $m^3/h$ ,  $m^2/h$ ,  $kom/h$  ... )

**Osnovni faktori koji utiču na veličinu učinka su:**

- konstruktivne osobine mašina<sup>1)</sup>
- vrsta radova<sup>2)</sup>
- uslovi rada<sup>3)</sup>
- režim korišćenja radnog vremena<sup>4)</sup>

\*\*\*\*\*

**<sup>1)</sup>Konstruktivne osobine mašina koje utiču na veličinu učinka su:**

- snaga motora
- brzina rada
- dimenzije i oblik radnih organa
- način izrade
- kvalitet konstrukcije ...

Konstruktivne osobine mašina utiču na veličinu teorijskog učinka. Savremene, nove i kvalitetne mašine prirodno ostvaruje veće učinke od zastarelih i dotrajalih. Jače mašine sa većim radnim organima ostvaruju veće učinke, ali treba voditi računa da će za konkretan tehnološki proces, konkretnu lokaciju i zahtevani intenzitet radova, možda biti ekonomičnije upotrebiti manje mašine. Ova problematika se detaljno obrađuje prilikom užeg izbora mašina.

Oblik radnog organa utiče na veličinu praktičnog učinka preko koeficijenta punjenja radnog organa i koeficijenta usklađenosti transporta (ako se radi o transportu).

**<sup>2)</sup>Vrsta radova utiče na učinak građevinskih mašina u zavisnosti od toga da li se radovi izvode:**

- u većem ili manjem obimu
- u skučenom ili širokom prostoru
- u suvom ili raskvašenom tlu
- u dobrim ili lošim klimatskim uslovima
- sa materijalom bolje ili lošije kategorije ...

Manji obim radova, skućeni prostor, loše stanje tla i loši klimatski uslovi nepovoljno utiču na veličinu učinka. Što se kategorije materijala tiče, ona se na veličinu učinka reflektuje prilikom proračuna praktičnog učinka mašina. Koeficijenti korekcije koji pokazuju ovaj uticaj su: koeficijent rastresitosti, koeficijent punjenja radnog organa i koeficijent zahvatanja materijala.

**3) Pod uslovima rada građevinskih mašina podrazumeva se:**

- samostalan rad mašine ili spregnut rad sa drugim mašinama.
- obučenost radne snage
- održavanje i negovanje mašina
- način organizacije rada ...

Pri samostalnom radu učinci su po pravilu veći zato što nema gubitaka usled neusklađenosti učinaka kada dolazi do sačekivanja mašina. O usklađenosti učinaka se vodi računa prilikom užeg izbora mašina. Bolja obučenost radne snage, dobro održavanje mašina i dobra organizacija rada povoljno utiču na ostvarenje optimalnog učinka. Koeficijent korekcije koji pokazuje uticaj organizacije rada na praktični učinak je koeficijent optimalnosti uslova rada, odnosno koeficijent usklađenosti transporta (ako se radi o transportu), koeficijent načina istovara i koeficijent okreta (ako se radi o iskopu bagerom).

**4) Režim korišćenja radnog vremena se ogleda kroz:**

- rad u smenama
- opravke mašina
- premeštanje mašina sa gradilišta na gradilište
- montaža i demontaža
- vremenske nepogode ...

Pored navedenih, postoje i drugi nepovoljni uticaji koji dovode do toga da režim korišćenja radnog vremena nije optimalan, pa samim tim dolazi do smanjenja praktičnih učinaka mašina. Koeficijent korekcije koji obuhvata sve ove uticaje je koeficijent korišćenja radnog vremena.

Da bi se neku mašinu odredio učinak potrebno je poznavati sve uslove pod kojim se obavlja rad. Obično se polazi od optimalnih uslova da bi se utvrdio jedan čvrsto određen početni učinak koji se naziva **teorijski učinak -  $U_t$** <sup>5)</sup>. Zatim se, vodeći računa o svim specifičnostima vezanim za konkretan slučaj, putem redukcije dolazi do realnog učinka za određene uslove. Ovaj učinak se naziva **praktični učinak -  $U_p$** <sup>6)</sup>. Razlika između teorijskog i praktičnog učinka može biti velika, što ukazuje na objektivne i subjektivne teškoće vezane za konkretne uslove.

Proračun teorijskog učinka se vrši u zavisnosti od toga da li se radi o mašinama sa **cikličnim**<sup>7)</sup> ili **kontinualnim**<sup>8)</sup> dejstvom. Svi uticaji koji dovode do smanjenja teorijskog učinka izražavaju se **koeficijentima korekcije**<sup>9)</sup> kojima se množi teorijski učinak.

**5) Teorijski učinak -  $U_t$**  - Pod teorijskim učinkom građevinske mašine podrazumeva se onaj učinak koji se može ostvariti pod optimalnim uslovima eksploatacije. Optimalni uslovi eksploatacije obuhvataju tehničke i organizacione uslove. Pri tome se misli na:

- optimalne uslove na samom radnom mestu
- optimalnu organizaciju tehnološkog procesa
- optimalno rukovanje i snabdevanje

Eventualni zastoji koje obuhvata teorijski učinak mogu biti:

- neizbežni tehnički zastoji
- izazvani prirodom tehnološkog procesa
- izazvani prirodom samog rada

Ostali faktori koji dovode do smanjenja učinka obuhvaćeni su kroz proračun praktičnog učinka.

**6) Praktični učinak -  $U_p$**  - Pod praktičnim učinkom podrazumeva se stvarni učinak građevinske mašine na nekom određenom mestu i pod određenim uslovima eksploatacije. Pri tome se uzimaju u obzir sve objektivne i subjektivne okolnosti koje dovode do smanjenja teorijskog učinka. Prilikom proračuna praktičnog učinka ne uzimaju se u obzir jedino prekid u radu izazvani kvarom mašina, što je predmet analize raspoloživosti građevinskih mašina (činjenica da se mašine kvare i opravljaju što je predmet posebne analize, raspoloživosti mašina).

Uobičajeno je da se svi uticaji koji dovode do smanjenja teorijskog učinka izražavaju koeficijentima korekcije kojima se množi teorijski učinak.

Formula za proračun praktičnog učinka glasi:  $U_p = U_t \cdot k_v \cdot k_p \cdot k_r \cdot \dots \cdot k_n$

Broj i vrsta [koeficijenata korekcije](#) (pogledaj objašnjenje za <sup>9)</sup>) koji se primenjuju za konkretnu situaciju nije jednoznačno određen. Jedini koeficijent korekcije koji se po pravilu uvek primenjuje je koeficijent korišćenja radnog vremena, dok se drugi koeficijenti korekcije javljaju u zavisnosti od konkretne mašine i konkretne situacije.

<sup>7)</sup> [Ciklično dejstvo](#) - Mašine sa cikličnim dejstvom tokom rada periodično ponavljaju pojedine radne operacije. Skup operacija koje mašina ponavlja do ponovnog povratka u početno stanje naziva se radni ciklus. To može biti jedna operacija (iskop [bagerom](#)) ili skup više različitih operacija (rad [dozera](#) ili transportnih sredstava). Trajanje radnog ciklusa se, za datu vrstu radova, može usvojiti na osnovu srednje vrednosti empirijskih podataka (iskop bagera, vreme manevrisanja, istovar ...) ili se proračunava na osnovu konkretnih uslova (transportna daljina, dužina otkopa...) i konkretne mašine (brzina kretanja mašine). Karakteristične mašine sa cikličnim dejstvom su: [bager](#), [dozer](#), [skreper](#), [utovarivač](#), [transportna sredstva](#), [mašine za dizanje tereta](#), [pervibrator](#), [fabrika betona](#) ...

Ključni podaci za proračun teorijskog učinka su:

- trajanje ciklusa -  $T_c$
- zapremina radnog organa -  $q$
- konstanta -  $T$

Konstanta  $T$  omogućuje da se dobije broj ciklusa u jedinici vremena. Ako se učinak računa u  $m^3/h$  onda je konstanta  $T$  jednaka 60 (ako je  $T_c$  izraženo u minutima), odnosno 3600 (ako je  $T_c$  izraženo u sekundama). Formula za proračun teorijskog učinka

$$U_t = \frac{T}{T_c} \cdot q$$

glasi:

<sup>8)</sup> [Kontinualno dejstvo](#) - Mašine sa kontinualnim dejstvom tokom rada obrađuju jednu traku u kontinuitetu, tj. obavljaju stalno jedan isti rad. Taj rad ne karakteriše zapremina radnog organa ( $q$ ), već širina trake (zone) koja se obrađuje. Karakteristične mašine sa kontinualnim dejstvom su: [grejder](#), [valjak](#), [finišer](#), [jež](#) ...

Ključni podaci za proračun teorijskog učinka su:

- širina trake -  $B$
- brzina obrade -  $V$
- debljina (dubina) trake -  $d$
- broj prelaza -  $n$

Trake se po pravilu preklapaju da ne bilo delimično obrađenih površina. Uobičajena je širina preklopa sa svake strane od

$$U_t = \frac{V \cdot d \cdot (B - 0,20)}{n}$$

10cm. Formula za proračun teorijskog učinka glasi:

U mašine sa kontinualnim dejstvom spadaju i druge mašine čiji se teorijski učinak ne računa po navedenoj formuli.

<sup>9)</sup> [Koeficijenti korekcije](#) - Uticaji koji dovode do smanjenja teorijskog učinka izražavaju se koeficijentima korekcije kojima se množi teorijski učinak. Koeficijenti korekcije su proizašli iz [osnovnih faktora](#) i oni ih numerički opisuju.

**Najčešće korišćeni koeficijenti korekcije su:**

- [\$k\_v\$  - koeficijent korišćenja radnog vremena](#)
- [\$k\_p\$  - koeficijent punjenja radnog organa](#)
- [\$k\_r\$  - koeficijent rastresitosti](#)

**Ostali koeficijenti koji se javljaju kod nekih mašina:**

- $k_o$  - koeficijent okreta
- $k_i$  - koeficijent načina istovara
- $k_z$  - koeficijent zahvatanja materijala
- $k_{ut}$  - koeficijent usklađenosti transporta
- $k_u$  - koeficijent optimalnosti uslova rada

#### **$k_v$ - koeficijent korišćenja radnog vremena**

- Predstavlja odnos radnog vremena koji mašina zaista radi i raspoloživog radnog vremena
- Zavisi od režima korišćenja radnog vremena
- Kreće se u rasponu od 0,95 do 0,65
- Veće vrednosti ukazuju na bolju organizaciju rada
- Manje vrednosti ukazuju na lošiju organizaciju rada

#### **$k_p$ - koeficijent punjenja radnog organa**

- Predstavlja odnos zapremine materijala koji je realno zahvaćen i nominalne zapremine radnog organa
- Kreće se u rasponu od 1,10 do 0,40
- Zavisi od vrste radova, posebno od koherentnosti i tvrdoće materijala, kao i od konstruktivnog oblika mašine, odnosno oblika radnog organa

#### **$k_r$ - koeficijent rastresitosti**

- Predstavlja odnos zapremine materijala u rastresitom stanju (u radnom organu) i u neporemećenom (zbijenom) stanju
- Kreće se u rasponu od 0,89 do 0,67
- Zavisi od vrste radova, odnosno vrste materijala

#### **$k_o$ - koeficijent okreta**

- Koriguje učinak prema visini radnog čela i uglu okretanja bagera
- Zavisi od uslova rada i javlja se samo kod rada bagera
- Iznosi 1,0 za optimalnu visinu radnog čela i okretanje od 90°
- Kreće se u intervalu od 0,59 do 1,26

#### **$k_i$ - koeficijent načina istovara**

- Zavisi od uslova rada, odnosno od načina istovara
- $k_i = 1,00$  za istovar na gomilu
- $k_i = 0,90$  za istovar na vozilo

#### **$k_z$ - koeficijent zahvatanja materijala**

- Zavisi od vrste radova, odnosno od kategorije tla koji se iskopava
- Kreće se od 1,00 (I kategorija tla) do 0,65 (VII kategorija tla)

#### **$k_{ut}$ - koeficijent usklađenosti transporta**

- Zavisi od uslova rada, odnosno od odnosa zapreminske kašike  $q$  i zapremine koša transportnog sredstva  $Q$
- Kreće se od 0,82 za  $Q/q=2$  do 1,00 za  $Q/q=9$

#### **$k_u$ - koeficijent optimalnosti uslova rada**

- Zavisi od uslova rada, odnosno od optimalnosti uslova rada na terenu
- Kreće se od 1,00 za optimalne uslove do 0,56 za rad sa prostornim ograničenjima

\*\*\*\*\*

## 2. Očekivani troškovi korišćenja mašina i prodajne cene rada mašina

### Struktura cene mehanizovanog rada

**Prodajna cena**<sup>1)</sup> mehanizovanog rada zasniva se na **troškovima**<sup>2)</sup> koje firma ima angažujući mehanizaciju i planiranoj **dobiti**<sup>3)</sup> na angažovanju, koja je i cilj rada mehanizacije. Troškovi koje prouzrokuje mehanizacija dele se na **troškove eksploatacije**<sup>4)</sup> i **troškove osnovnog sredstva**<sup>5)</sup>. Dok troškovi osnovnog sredstva direktno zavise od nabavne cene mašine, troškovi eksploatacije nastaju samo pri stvarnom angažovanju mašine. Dobra procena troškova angažovanja mašina omogućava sigurnije definisanje dobiti sa kojom se računa a time i veću konkurentnost na tržištu.

\*\*\*\*\*

<sup>1)</sup> **Prodajna cena** - U opštem obliku, prodajna cena efektivnog rada mašine jednaka je

$$K_A = \frac{J_t}{h_{gr}} + (E_e + E_{os}) \cdot (1 + \varphi)$$

gde je:

- $J_t$  = **Jednokratni troškovi**
- $h_{gr}$  = **planirani fond radnih časova mašine na gradilištu**
- $\varphi$  = **faktor kojim se kalkulišu režijski troškovi i dobit** (pogledaj pod <sup>3)</sup>)
- $E_e$  = **eksploatacioni troškovi** (pogledaj pod <sup>4)</sup>)
- $E_{os}$  = **troškovi osnovnog sredstva** (pogledaj pod <sup>5)</sup>)

**Jednokratni troškovi ( $J_t$ )** - Jednokratni troškovi odnose se na rad mašine na nekom određenom gradilištu, te je potrebno tačno utvrditi koliko će iznositi vreme rada u časovima, da bi se moglo odrediti koliki će biti iznos tih troškova po jednom radnom času mašine.

U jednokratne troškove spadaju svi troškovi pri transportu mašine na gradilište, kao i njeno stavljanje u radni pogon na samom gradilištu. Ukoliko se tokom transporta vrši i promena sistema transporta (npr. kombinacija drumskog, železničkog i dr.) potrebno je svaki put obračunati i troškove pretovara. Uz troškove transporta sa manipulacijom, treba obračunati i troškove postavljanja mašine na radno mesto, kao i troškove puštanja u pogon. To može biti i montaža, ako se radi o dizalicama (npr. ako je u pitanju toranjska dizalica), ili ako se radi o postrojenjima, kao što su drobilane sa separacijama, fabrike betona, asfaltne baze i sl. U takvim slučajevima puštanje u pogon obuhvata tzv. probni pogon, koji nekada može trajati i više nedelja. U jednokratne troškove tada treba obračunati i troškove stajanja (nerada) mašina za vreme probnog rada, jer se one troše a troše i pogonsku energiju a ne proizvode.

Kod savremenih mašina koje su na pneumaticima i koje su samohodne, jednokratni troškovi mogu da obuhvate samo troškove transporta. U slučaju da se mašina tokom rada na gradilištu koristi na više radnih mesta, kao što može biti slučaj sa mešalicama za beton, kompresorima, dizalicama i sl. treba obračunati i troškove premeštanja, sem ukoliko oni nisu zanemarljivi. Po pravilu, u jednokratne troškove treba uneti i troškove vraćanja mašine u bazu (demontaža, manipulacija, transport).

**Planirani fond radnih časova mašine ( $h_{gr}$ )** - Planirani fond radnih časova mašine na gradilištu utvrđuje se na osnovu obima posla koji mašina treba da izvrši i proračunatog praktičnog učinka kao proizvod ove dve vrednosti.

<sup>2)</sup> **Troškovi mehanizovanog rada** - Utvrđivanje troškova mehanizovanog rada ima dvojaku svrhu:

- Utvrđivanje najekonomičnije varijante pri užem izboru mašina
- Određivanje troškova proizvodnje (odnosno, prodajne cene građevinske usluge) na osnovu izvršenog užeg izbora mašina

Kod proračuna troškova mehanizovanog rada polazi se od jedinice koja je "koštanje radnog časa mašine". Troškovi mehanizovanog rada mogu se podeliti u dve osnovne grupe:

1. Troškovi osnovnog sredstva koji obuhvataju:

- **Troškove amortizacije**
- **Investiciono održavanje**
- **Kamata i osiguranje**

## 2. Eksploatacioni troškovi u koje spadaju

- Troškovi održavanja mašina
- Troškovi habajućih delova
- Troškovi pogonske energije i maziva
- Troškovi rukovaoca i pomoćnog osoblja

Da bi se dobila prodajna cena radnog časa mašine treba zbir troškova osnovnih sredstava i eksploatacionih troškova pomnožiti sa faktorom kojim se obuhvataju troškovi režije i dobiti i to uvećati za deo jednokratnih troškova

3) Faktor režijskih troškova i dobiti - Cilj angažovanja mehanizacije je ostvarivanje dobiti. Najčešći način određivanja prodajne cene rada je da se prvobitno određena cena rada (bez indirektnih troškova) uveća za faktor  $(1+\varphi)$ . Faktor  $\varphi$  predstavlja procenat povećanja troškova mašinskog rada, kojim se kompenzuju (kroz jedinične cene radova):

- troškovi pripremnih radova gradilišta
- režijski troškovi preduzeća (troškovi neproizvodnog rada)
- zahtevana dobit na konkretnom poslu.

Uticaj pripremnih radova može biti vrlo značajan, pa se vrednost faktora  $\varphi$  mora utvrditi na osnovu projekata (najčešće na idejnom nivou) svih objekata koji se u okviru privrednog gradilišta moraju izgraditi, pri čemu se u okviru predračuna tih radova obračunava kao trošak samo deo vrednosti tih objekata - onaj koji je amortizovan u toku perioda građenja. Orijentaciona vrednost pripremnih u odnosu na glavne radove iznosi:

industrijski objekti 5 - 7%	zemljani radovi 10 - 15%
meliracioni radovi 6 - 7%	brane od kamenog nabačaja 15 - 18%
tunelski radovi 10 - 15%	betonske brane 15 - 25%

Na ovu vrednost treba dodati još oko 10 - 15% na ime režijskih troškova i dobiti, tako da je:

- za višegodišnje projekte  $\varphi = 0,30 - 0,40$
- za jednogodišnje projekte  $\varphi = 0,20 - 0,25$

4) Eksploatacioni troškovi obuhvataju one troškove koji su neposredno u vezi sa mašinom tokom njenog proizvodnog rada. Ovde ulaze:

- troškovi održavanja (male i srednje popravke i dnevni servis, pranje i podmazivanje)
- troškovi habajućih delova (gume kod mašina na pneumatcima i kod vozila, zubi sečiva kod bagera, dozera...)
- troškovi pogonske energije, maziva i pomoćnog materijala
- troškovi rukovaoca mašina i njihovih pomoćnika

### Troškovi održavanja

Troškovi održavanja se procenjuju i utvrđuju na osnovu iskustvenih podataka kod izvršenja istih ili sličnih radova. Mogu se koristiti i preporuke proizvođača, koji se opet baziraju na velikom broju statistički obrađenih podataka. Troškovi održavanja obuhvataju male i srednje popravke i dnevni servis, pranje i podmazivanje. Oni zavise od:

- konkretne mašine
- uslova rada
- kvaliteta održavanja

### Troškovi habajućih delova

U ove troškove svrstavaju se troškovi zamene i održavanja guma (pneumatika) kao i troškovi zamene metalnih delova izloženih neposrednom habanju, kao što su zubi i sečiva na iskopnim i utovarnim organima, čelična užad, čeljusti drobilica, lopatice sa mešalicama, lamele za prenos snage i sl. Troškovi održavanja i zamene guma kod drumskih vozila obračunavaju se po jednom preveženom tona-kilometru (kod transportnih preduzeća i transportnih usluga) ili po radnom času (kod građevinskih mašina). Obračun troškova i zamene guma kod drumskih vozila vrši se na bazi veka trajanja guma (pneumatika). Da bi se primenio proračun koštanja po radnom času, mora se obaviti transformacija veka trajanja guma u km u zavisnosti od eksploatacione brzine po radnom času, po sledećoj formuli:

Troškovi zamene guma =  $1.10 * (\text{Nabavna vrednost guma} / \text{Vek trajanja guma})$ . Faktor 1.10 obuhvata vrednost rada pri zameni pneumatika.

Ovim troškovima pripadaju i troškovi zamene zubaca kod kašike bagera, rijača ili dozera i ojačanog dela noža mašina za zemljane radove, ali ih treba podeliti sa brojem eksploatacionih sati kako bili svedeni na efektivni sat rada.

### Troškovi energije

Kod proračuna utroška pogonske energije odvojeno se postupa u slučaju kada je pogon pomoću elektromotora, odnosno kada se radi o motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. U oba slučaja uzima se u obzir da li je mašina, odnosno pogonski motor, potpuno ili delimično opterećen. Kako se kod mašinskog rada uzima u obzir korišćenje radnog vremena preko odgovarajućeg koeficijenta, na isti način treba i kod proračuna utroška energije o tome voditi računa.

Opšti obrazac za proračun utroška goriva ima oblik:

$$G = N_o * g_s * k_e \quad \text{gde su:}$$

- $N_o$ -nominalna snaga motora
- $g_s$ -specifična potrošnja energije (goriva)
- $k_e$ -koeficijent potrošnje, kreće se od 0,45 do 0,75 (srednja vrednost oko 0,60) analogno koeficijentu korišćenja radnog vremena

Uobičajeno je da se troškovi maziva i rad na podmazivanju mašina uzima u iznosu od 10% od vrednosti mašina

### Troškovi radne snage

Za proračun troškova radne snage potrebno je znati kakva se kvalifikacija zahteva za određenu vrstu mašine, kao i koji je broj radnika u posadi. Radnik je plaćen za svaki sat koji provede na gradilištu, radila mašina ili ne. Na raznim vrstama mašina rade rukovaoci različitog nivoa stručnosti. Nivo stručnosti kod radnika definiše se kategorijom od I do IX. I kategorija je potpuno nekvalifikovani radnik i ova kategorija je praktično nestala sa gradilišta, dok IX kategorija radnika podrazumeva iskusnog VKV radnika, što je rang više škole. Rukovaoci mašina su obično nivoa od VII pa naviše. U trošak radne snage ne spada samo plata već i prevoz radnika, topli obrok kao i zakonske dažbine državi u kojoj se radi.

<sup>5)</sup> **Troškovi osnovnog sredstva** obuhvataju sve one troškove koji su vezani za mašinu kao imovinu, bez obzira na uslove rada. Ti troškovi ne zavise o vremenu i obavezni su bez obzira da li se mašina nalazi u radu ili ne. U ovu grupu troškova spadaju i troškovi koji su vezani za određeno mesto rada, gradilište, a obuhvataju transport, odnosno dopremu mašine, postavljanje, puštanje u pogon i otpremu mašine u bazu.

### Troškovi amortizacije

Troškovi amortizacije (ili otpisa mašine) omogućuju da se radom mašine realizuju finansijska sredstva za nabavku nove, takve mašine. Jedini ispravan način obračuna amortizacije (otpisa) je takav da se on vrši proporcionalno trošenju mašine kao osnovnog sredstva. U okviru otpisa mašine nužno je definisati i vek trajanja za svaku pojedinačnu vrstu mašina. Pod time se podrazumeva onaj broj radnih časova koji neka mašina može da ostvari u radu pod normalnim uslovima.

### Troškovi investicionog održavanja

Ovi troškovi obuhvataju srednje i velike (generalne) opravke. Uobičajeno je da se obračun vrši godišnje i to u procentu od nabavne vrednosti mašine. Kod nas ti procenti iznose:

- za mašine 10%
- za vozila 12%

### Troškovi kamate na osnovna sredstva

Ovi troškovi obračunavaju se na "sadašnju vrednost" osnovnih sredstava, tj. onu koja se krajem godine dobila nakon odbijanja vrednosti godišnjeg otpisa (amortizacije). Ipak, kod izrade kalkulacija radnog časa, najčešće se operiše sa srednjom vrednošću osnovnih sredstava, koja zavisi o veku trajanja osnovnog sredstva. Srednja vrednost može se izračunati pomoću obrasca

$$C_s = \frac{C_n * (n+1)}{2 * n} \quad \text{Gde je:}$$

$C_n$  nabavna vrednost osnovnog sredstva  
 $n$  vek trajanja osnovnog sredstva u godinama



### 3. Izbor mašina koje će biti korišćene

Na korišćenju građevinskih mašina zasniva se većina radova u građevinarstvu. U takvoj situaciji veoma je bitno da mašine budu optimalno izabrane i usklađene za konkretan zadatak koji obavljaju. Uslov za kvalitetan izbor je poznavanje tehnologije radova, karakteristika mašina i uslova rada. Samo dobro izabrane i usklađene mašine mogu obezbediti efikasan rad i konkurentnu cenu.

Izbor građevinske mehanizacije predstavlja kompleksan postupak svojevrsne optimizacije u kojoj se kao radni parametri javljaju:

- vrsta i obim planiranih radova
- lokalni uslovi izvođenja radova
- izabrana metoda građenja
- tehničko-tehnološke karakteristike dostupne mehanizacije

Izbor mašina se vrši u dva koraka. Prvi korak je tzv. **širi izbor mašina**<sup>1)</sup>, koji treba da pruži uvid u sve raspoložive mašine koje bi mogle da učestvuju u izvršavanju pojedinih operacija tehnološkog procesa. Drugi korak, tzv. **uži izbor mašina**<sup>2)</sup>, ima zadatak da od mogućih mašina ukaže na one koje pružaju najveću ekonomsku prednost tj. najnižu cenu po jedinici mere. Odabiranje mašina vršimo nakon provedene detaljne tehnno-ekonomske analize, tj. nakon proračuna **koštanja radnog časa**<sup>3)</sup> i praktičnog učinka za svaku mašinu.

Osnovni principi za uspešan izbor građevinskih mašina su:

- ne odabirati ni mnogo velike ni mnogo male mašine
- planirati što veći broj mašina istog tipa radi smanjena troškova održavanja
- nastojati da što veći broj različitih mašina ima istu vrstu pogonskog goriva
- koristiti što više standardne mašine jer su jeftinije od specijalno izrađenih
- pri izboru mašina za specijalne radove ispitati ekonomsku opravdanost nabavke nove mašine

Prilikom izbora mašina i njihovog međusobnog povezivanja u jednom tehnološkom procesu treba voditi računa da se mehanizovani rad odvija bez zastoja. Nedostaci usled povezivanja niza mašina mogu se prevazići:

- rezervnim mašinama, čime se povećava pouzdanost sistema
- umetanjem tzv. regulatora (silosi, pretovarni bunker, skladišta i sl.)

U zavisnosti od uslova eksploatacije, obično se računa sa sledećom rezervom u mašinama:

- povoljni 10% rezerve
- prosečni 15% rezerve
- nepovoljni 25% rezerve

\*\*\*\*\*

<sup>1)</sup>**Širi izbor mašina** - Na osnovu karte tehnološkog procesa vrši se izbor mašina, tako što se za svaku operaciju predviđa odgovarajuća mašina ili grupu mašina. Pri tome se uzimaju u obzir principi za uspešan izbor građevinskih mašina. Tokom šireg izbora mašina još uvek se ne određuje potreban broj mašina, nego se samo na osnovu raspoloživih mašina predlažu mašine ili kombinacije mašina koje mogu da obave tražene operacije vodeći računa o parametrima koji utiču na izbor mehanizacije.

Pri širem izboru mašina potrebno je:

- studijom tehnološkog procesa izvršiti identifikaciju problema
- raščlaniti tehnološki proces na sukcesivne radne operacije
- sagledati raspoložive mašine za odvijanje operacija
- proučiti uslove koje mašina treba da ispuni za pojedine operacije
- izvršiti izbor mašina koje odgovaraju usvojenoj tehnologiji
- odabrati mašinu koja može izvršiti zadatu operaciju

Parametri koji utiču na izbor mehanizacije za širi izbor mašina:

- Topografija terena
- Stanje transportnih puteva
- Geomehaničke karakteristike tla (kategorije tla I - VIII)
- Prisustvo podzemnih voda
- Obim radova i očekivani praktični učinak

- Vrsta radova (da li su potrebne specijalne mašine)
- Pouzdanost mehanizacije (rezervni delovi, rezervne mašine)

Ukoliko imamo više raspoloživih mašina za jednu operaciju, razmatramo varijantna rešenja šireg izbora mašina. Koje će varijantno rešenje biti usvojeno zavisi od ekonomske povoljnosti tj. užeg izbora mašina.

<sup>2)</sup>Uži izbor mašina - Cilj užeg izbora mašina je dobijanje rešenja koje pruža najveće mogućnosti, ali uz najniže troškove.

Uži izbor mašina se vrši nakon:

- obavljene studije tehnoloških procesa
- analize mogućih frontova rada
- utvrđivanje optimalne veličine za pojedine vrste mašina
- izvršenog šireg izbora mašina

Da bi se izvršio uži izbor potrebno je za svaku mašinu iz šireg izbora proračunati:

- koštanje radnog časa
- praktičan učinak

Da bi tehnološki proces bio efikasan, radne operacije moraju biti usklađene:

- po vremenu izvršenja
- po obimu izvršenog posla

Kod uskladjivanja rada mašina polazi se od tzv. ključne mašine (obavlja ključnu operaciju i obično je najskuplja mašina). Utvrđen maksimalni učinak ključne mašine treba da bude jednak ili premašen učincima ostalih mašina svih operacija koje bilo da snabdevaju ključnu mašinu, ili koje ključna mašina snabdeva, tj.

$$U_p \geq U_p \text{ (ključne mašine)} \geq U_{p \text{ pot}}$$

Ima i slučajeva kada mogućnosti ključne mašine značajno premašuju potrebe gradilišta. Tada je preporučljivo dimenzionisati kapacitete svih mašina tako da bude zadovoljen uslov:

$$U_p \geq \min U_p \geq U_{p \text{ pot}}$$

uz napor da sve mašine u vezi sa istom operacijom imaju grupni učinak što bliži potrebnom, odnosno međusobno približno jednak.

Ako imamo veći broj varijanata šireg izbora mašina sa izjednačenim učincima odabire se ona koja daje najnižu cenu po jedinici meri.

U cilju smanjenja troškova mašinskog parka pri užem izboru mašina treba voditi računa i o:

- obezbeđenju potrebne rezerve u kapacitetu mašina
- tipizaciji mašina

<sup>3)</sup>Koštanja radnog časa – vidi objašnjenje za <sup>2)</sup>Troškovi mehanizovanog rada u 2.poglavlju.

\*\*\*\*\*

## 4. Raspoloživost

Sva razmatranja u vezi određivanja veličine praktičnih učinaka građevinskih mašina izvršena su pod pretpostavkom da ne dolazi do kvarova (otkaza) mašina, odnosno njihovih opravki. Međutim, do kvarova neminovno dolazi pa se veličine praktičnih učinaka mogu prihvatiti sa određenom dozom rizika. Analizom raspoloživosti građevinskih mašina određuje se veličina ovog rizika, odnosno koliki učinak mašina mogu realno ostvariti imajući u vidu da usled kvarova dolazi do prekida u radu mašina.

Raspoloživost sistema ili neke njegove komponente predstavlja verovatnoću da se sistem ili njegova komponenta nalazi u operativnom stanju u nekom trenutku vremena.

Raspoloživost se prvo mora analizirati na nivou pojedinačnih mašina<sup>1)</sup>. Na tom nivou mašina predstavlja sistem a delovi mašine su komponente koje otkazuju i koje se opravljaju. Međutim, u praksi mašine najčešće rade istovremeno na jednoj poziciji rada pa se raspoloživost analizira na nivou sistema građevinskih mašina<sup>2)</sup> kao jedne celine. U slučaju sistema građevinskih mašina grupa mašina predstavlja sistem a pojedinačne mašine otkazuju i opravljaju se kao celine i predstavljaju komponente sistema. Skup mašina koji se analizira kao sistem je, najčešće, optimalna kombinacija dobijena prilikom užeg izbora mašina.

Sva razmatranja u vezi raspoloživosti građevinskih mašina bazirana su na teorijama verovatnoće i matematičke statistike. Analiza raspoloživosti sistema mašina dodatno uključuje poznavanje Markovljevih procesa i procesa rađanja i umiranja. U okviru GRAMAK-a neće biti razmatrane ove oblasti pa se zainteresovani upućuju na odgovarajuću literaturu. U daljoj analizi uglavnom će biti prikazane krajnje formule koje se koriste prilikom proračuna raspoloživosti kao i uslovi pod kojim one važe.

\*\*\*\*\*

<sup>1)</sup> Pojedinačne mašina - Građevinske mašine predstavljaju složene veštačke sisteme koji se sastoje od određenog broja podistema odnosno komponenta. Raspoloživost sistema (mašine) predstavlja verovatnoću da se sistem (mašina) nalazi u operativnom stanju u nekom trenutku vremena. Da bi se došlo do matematičke formulacije raspoloživosti građevinskih mašina kao zasebnih sistema moraju se prethodno definisati sledeći pojmovi:

**Operativno stanje** sistema (mašine) predstavlja stanje u kojem je mašina ispravna i može obavljati svoju funkciju, odnosno mašina može ostvariti sračunati praktični učinak.

**Neoperativno stanje** sistema (mašine) predstavlja stanje u kojem je mašina u otkazu i zamenjuje se novom (neodržavani sistemi) ili se nalazi na opravci (održavani sistemi).

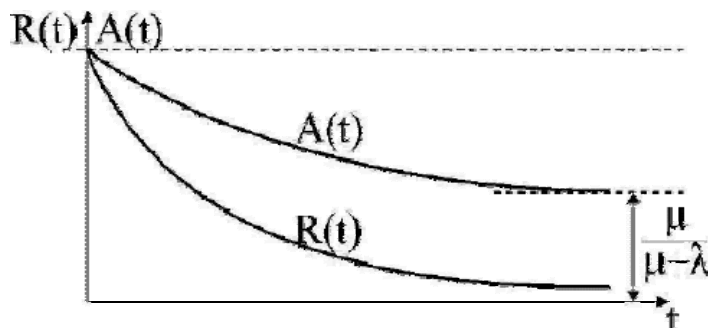
**Otkaz** predstavlja promenu stanja sistema (mašine) koja dovodi do prekida u radu mašine i prelaska iz operativnog u neoperativno stanje.

**Opravka** predstavlja aktivnost kojom se sistem (mašina) vraća iz neoperativnog stanja (otkaza) u operativno stanje.

**Neodržavani sistemi** (mašine) su sistemi (mašine) koji se posle pojave otkaza ne opravljaju nego zamenjuju novim. Na nivou neodržavanih sistema matematički se definišu otkaz, pouzdanost i druge karakteristične funkcije.

**Održavani sistemi** (mašine) su sistemi (mašine) koji se posle pojave otkaza opravljaju kako bi sistem ponovo došao u operativno stanje. Na nivou održavanih sistema matematički se definišu opravka i druge karakteristične funkcije.

Konačno, ako su poznati gore navedeni pojmovi i karakteristične matematičke funkcije koje ih opisuju, može se matematički definisati raspoloživost sistema (mašine). Do nje se stiže analizom održavanog sistema koji se može naći u operativnom ili neoperativnom stanju, kada je sistem u otkazu i nalazi se na opravci.



Na ovom mestu treba istaći razliku između pouzdanosti i raspoloživosti. Oba pojma imaju slične definicije i predstavljaju verovatnoće da će sistem u nekom trenutku biti u funkciji ili ne. Razlike proizilaze iz uslova pod kojima su pojmovi definisani. Pouzdanost važi za sisteme koji se ne održavaju, a raspoloživost za sisteme koji se održavaju. Pošto se neodržavani sistemi ne opravljaju pouzdanost  $R(t)$  takvog sistema teži nuli, a raspoloživost  $A(t)$  održavanog sistema teži nekoj konstantnoj vrednosti, što se vidi na slici.

<sup>2)</sup> **Sistemi građevinskih mašina** - Građevinske mašine u praksi retko rade samostalno. Najčešće na nekoj poziciji rada grupa mašina radi istovremeno, pa se raspoloživost mora analizirati na nivou grupe mašina, odnosno sistema mašina. Da bi se izvršila analiza raspoloživosti na nivou sistema građevinskih mašina, prethodno moraju biti poznate raspoloživosti komponenata sistema, tj. raspoloživosti pojedinačnih mašina. Raspoloživosti pojedinačnih mašina predstavljaju ulazne veličine za proračun raspoloživosti sistema mašina.

Sistemi građevinskih mašina su najčešće složene strukture tako da ne postoje izvedeni matematički izrazi za proračun raspoloživosti sistema kao celine. Međutim, sistem složene strukture se uvek može dekomponovati na manje podsisteme za koje se raspoloživost može direktno proračunati. Ovaj postupak se naziva redukcija sistema.

Izvođenje izraza za raspoloživost sistema mašina se vrši u zavisnosti od:

- [tipova otkaza](#) u okviru sistema
- [tipova međusobnih veza](#) u okviru sistema

### Tipovi otkaza

Otkazi komponenata sistema (pojedinačnih mašina) mogu biti **nezavisni** i **zavisni**.

Nezavisni otkaz neke komponente se dešava nezavisno od toga da li su otkazale ostale komponente ili sistem kao celina, odnosno nezavisno od toga da li se sistem nalazi u operativnom ili neoperativnom stanju. Nezavisni otkazi odgovaraju situaciji kada se proizvodni proces ne prekida posle prelaska u neoperativno stanje. U tom slučaju sistem mašina nastavlja rad sa smanjenim učinkom ili dolazi do privremenog "nagomilavanja" rezultata rada mašina koje nisu otkazale. U okviru zemljanih radova ovakva situacija nastaje kada se, na primer, materijal iz iskopa nagomilava dok se ne oprave transportna sredstva. Kod betonskih radova ovakva situacija se ne javlja jer se beton ne može "nagomilavati". Zavisni otkazi mogu nastati samo kada se sistem nalazi u jednom od operativnih stanja. Čim sistem pređe u neko od neoperativnih stanja, pretpostavlja se da funkcionisanje sistema prestaje dok se ne izvrši opravka. Zavisni otkazi odgovaraju situaciji kada se proizvodni proces prekida posle prelaska u neoperativno stanje.

### Tipovi međusobnih veza u okviru sistema

Postoje dva osnovna tipa međusobne zavisnosti komponenata u okviru sistema:

- [redna veza komponenata](#)
- [paralelna veza komponenata](#)

Paralelna veza komponenata može biti:

- [klasična paralelna veza](#)
- [paralelna veza komponenata tipa k/n - vruća rezerva](#)
- [paralelna veza komponenata tipa k/n - hladna rezerva](#)

### Redukcija sistema

Sistemi građevinskih mašina su najčešće složene strukture, odnosno u okviru sistema postoji istovremeno redna i paralelna zavisnost. Redukcija sistema predstavlja iterativni postupak koji obuhvata identifikovanje podsistema koji u sebi imaju samo jedan tip zavisnosti i proračun raspoloživosti takvih podsistema. U sledećem koraku podsystem se prikazuje kao jedna komponenta sa proračunatom raspoloživošću. Podsystem može predstavljati i pojedinačna mašina. Posle određenog broja koraka početni sistem se svodi na sistem koji ima samo rednu ili samo paralelnu strukturu komponenata. Postupak redukcije je prikazan u primeru.

\*\*\*\*\*