

*Određivanje teorijskog i planskog učinka standardnih strojeva u građevinarstvu*

## **UČINCI GRAĐEVINSKIH STROJEVA**

*Za ekonomičan rad strojeva potrebno je prethodno dobro organizirati i isplanirati njihovo korištenje. Da bi se to moglo, treba poznavati njihov satni učinak u konkretnim, realnim radnim uvjetima i uzeti u obzir period njihovog djelovanja na gradilištu. Praktični, planski učinak dobiva se korekcijom teorijskog (temelnog tehničkog) učinka s nizom ovdje opisanih, za svaki stroj specifičnih koeficijenata. Teoretski učinak izračunava se prema dva osnovna, vrlo jednostavna izraza, ovisno da li se radi o strojevima s cikličnim ili kontinuiranim djelovanjem. O polučenom učinku izravno ovise direktni troškovi i trajanje radova.*

napisao: mr.sc. Držislav Vidaković, d.i.g., viši predavač, Građevinski fakultet Osijek

### **Planiranje rada strojeva**

Radovi svih učesnika u procesu građenja trebaju biti u što većoj mjeri usklađeni (u tehnološkim "lancima"). To je posebno važno za strojeve koji imaju visoke troškove sata rada, pa i samog zadržavanja bez aktivnog djelovanja na gradilištu. Da bi se to postiglo potrebna je kvalitetna priprema, u koju je obvezno uključena analiza predvidljivih situacija izvedbe i dinamičko planiranje.

Plan korištenja strojeva treba biti što ravnomjerniji, sa što manje prekida i bez prelaženja njihovog maksimalno raspoloživog broja. Prekomjerne, vršne potrebe sigurno će se donekle moći sniziti određenim mjerama "in situ", prilikom izvedbe (npr. produženjem radnog vremena), ali mogućnosti tih intervencija su ograničene i nezamjenjiva je uloga razrade problema tijekom pripreme, u okviru projekta organizacije građenja.

Osnov za izbor optimalne tehnologije i dinamičko planiranje, kao i izračun cijene izvođenja radova, poznavanje je učinka angažirane mehanizacije. Ljudska radna snaga u pravilu se prilagođava mogućnostima radnika, pa njihovi učinci određuju tzv. propusnu moć proizvodnog tehnološkog sustava.

### **Pojam kapaciteta i učinaka kod građevinskih strojeva**

Učinak, kapacitet, efikasnost i produktivnost pojmovi su vrlo bliskog značenja, a velične su im direktno povezane. Produktivnost se općenito tumači kao mogućnost proizvodnje, proizvodnost, stvaralačka snaga, izdašnost, ali i kao istoznačnica za kapacitet. Efikasnost opisuje djelotvornost, uspješnost, snagu i maksimalnu sposobnost. Možda u praksi i najčešće spominjan pojam, kapacitet, isto tako znači sposobnost izvršenja učinka, ali i nosivost, prostorni sadržaj (npr. zapremnina rezervoara, bubnja, lopate, košare, silosa i dr.) i maksimalnu mogućnost produkcije. Jedno od značenja podudara se s pojmom učinka, koji je za problematiku strojnog rada ipak najprecizniji i najispravniji.

Učinak jednog ili više strojeva može se definirati kao količina kvalitetom zadovoljavajućeg rada, odnosno proizvoda, izražena u adekvatnim mjernim jedinicama ( $m^3$ ,  $m^2$ , m, kom, t), koja se obavi u nekoj jedinici vremena (min, sat, radna smjena, dan, mjesec i dr.). Jasno, veća efikasnosti i produktivnost, bilo strojeva ili postrojenja, bilo pogona ili gradilišta, iziskuje veći kapacitet, odnosno učinak.

Učinak se može sagledavati kroz nekoliko kategorija.

**Temeljni tehnički**, tzv. **teorijski učinak** ( $U_t$ ) proizlazi iz konstruktivnih svojstava stroja, kao što je snaga motora, brzina pri radu i veličina osnovnih radnih dijelova -zahvatnih alata ( $q$ ). Taj učinak i zna biti naveden u pripadnoj tehničkoj dokumentaciji. No on se zapravo može postići samo s novim strojem, u nekim gotovo idealnim uvjetima i za kraće vrijeme rada (1,0 –2,0 sata). Istog su značenja i **nazivni** i **osnovni instalirani učinak** o kojima se govori kada je po srijedi složena mehanizacija, odnosno različita građevinska postrojenja, kao što su drobilane, betonare, asfaltne baze i dr.

Dakle, problem je u realnom predviđanju učinka strojeva na konkretnim planiranim zadacima. Tek će ta vrijednost imati pravi upotrebni značaj. **Planski** ili **radni**, tzv. **praktični učinak** ( $U_p$ ) s jedne strane ovisi o tehničkim karakteristikama svakog pojedinog stroja (teorijskom učinku), ali isto tako i od različitih specifičnosti svakog gradilišta, odnosno uvjeta radnog mjesta izvođenja pojedinih aktivnosti.

Osim spomenutih, može se prilikom planiranja, na temelju projektom zadanih veličina, razmatrati i **potrebni** ili **zahtjevani učinak** ( $U_z$ ), a nakon obavljanja posla u eksploataciji **ostvareni** ili **mjereni učinak**. Ostvareni učinak je u graditeljstvu uvijek varijabilna veličina, jer se uvjeti u kojima se rad odvija tijekom vremena mijenjaju.

Praktični učinak je u pravilu znatno manji od teorijskog (često ispod 50% njegove veličine), a trebao bi biti što bliži ostvarenom učinku. Stoga se prema potrebi može korigirati i prilikom realizacije radova, ali samo ako postoji interna kontrola s povratnim tijekom informacija .

Kod planske analize nerjetko se polazi od zahtjevanog učinka, koji predstavlja omjer zadane količine posla i nekog traženog vremena u kojem ju je potrebno realizirati:

$$U_z = \frac{\text{zahtjev. kolicina}}{\text{zahtjev. trajanje}}$$
 . Tome mora odgovarati praktični učinak planiranog stroja,

odnosno suma učinaka  $n$  strojeva koji će svi zajedno raditi na izvršenju aktivnosti:

$$U_z = \sum^n U_p .$$

Treba imati u vidu da učinak pojedinih strojeva koji rade povezano u grupi neće uvijek biti kao u slučaju kada bi isti zadatak obavljali zasebno, već može doći do dodatnih gubitaka vremena (npr. uslijed čekanja u redu i dr.).

Obzirom na različite situacije i tehničke performanse ima smisla govoriti i o maksimalno mogućem, kao i minimalnom učinku, a ovisno o riziku o optimističnom, prema ekonomskim pokazateljima opet o isplativom učinku itd.

Također, učinci mogu biti različiti po vremenskoj jedinici u kojoj je iskazana količina rada. Obično ju je najpogodnije izraziti po satu, pa je onda riječ o satnom učinku (mjer.jedin./sat).

**Građevinski normativ (GM) vremena** propisuje normativ sate ( $NS$ ) za određeni tip stroja kada radi na opisanoj aktivnosti, što je očito obrnuto proporcionalna vrijednost od praktičnog satnog učinka:

$$NS \left[ \frac{h}{mj.jed.} \right] = \frac{1}{U_p \left[ \frac{mj.jed.}{h} \right]} .$$

Naime, pozicije norme/normativa definiraju pojedine uvjete rada (npr. kategoriju i vlažnost zemlje, udaljenost guranja kod dozera i sl.), a sve ostale okolnosti uzete su kao u praksi prosječne.

Kada se određuje učinak za duže vrijeme rada potrebno je pripadni satni učinak pomnožiti s brojem sati u predviđenom periodu, ali i s odgovarajućim umanjujućim

faktorom, koji uračunava dodatne gubitke uslijed većeg postotka neiskorištenosti radnog vremena u dužim periodima korištenja strojeva. Iskustvo (iz njemačkih izvora) pokazuje da je praktični satni učinak, koji je sam već umanjena vrijednost od maksimalnog učinka, uz srednje uvjete djelovanja, za proračun rada po jednoj smjeni potrebno umanjiti za cca 15%, a za cijeli tjedan za daljnjih 15%. Pri određivanju učinka stroja za mjesec, isto je kao i za godinu dana rada potrebno određeni tjedni učinak umanjiti za još oko 10%.

Kod rada na većim nadmorskim visinama i to je potrebno uzeti u obzir jer s povećanjem nadmorske visine opada atmosferski tlak, a s tim i učinak motora (usisava rijedi zrak). Do oko 1.000 m nadmorske visine ovaj utjecaj je zanemarljiv, do 1.500 m to je cca. -5%, a do 2.000 m cca. -10%, odnosno iznad 1.000 m treba od vučne snage motora i učinka za svakih 100 m rasta visine odbiti po 1%.

Kako se u troškovničkim stavkama, koje su i polazište za izradu planova, količine uobičajeno iskazuju u sraslom stanju (zemljani radovi), odnosno bez uzimanja u obzir rastresitosti materijala (betonski radovi, transporti), najčešće je poželjno tome prilagoditi proračunati učinak. Zato je učinak potrebno pomnožiti s pripadnim koeficijentom rastresitosti  $k_r$ , koji ga uvijek smanjuje, jer je njegova vrijednost obrnuto razmjerna postotku rastresitosti ( $r$ ):

$$k_r = \frac{1}{1 + \frac{r[\%]}{100}} .$$

Rastresitost ovisi o vrsti i vlažnosti materijala, i kreće se od 10% ( $k_r = 0,91$ ) za vlažni šljunak i pijesak do čak 50 -70% ( $k_r = 0,67 -0,59$ ) za dobro miniranu stijenu (granit, mramor, vapnenac, sedru). Pri spravljanju betona uzima se da je za smjesu agregata i cementa u mješalici  $k_r = 0,70 -0,80$ .



Za neke paušalne procjene dobro mogu poslužiti iskustvene veličine praktičnog učinka (prema mjerenim učincima), ali zbog posebnosti realizacije svakog građevinskog projekta, za "ozbiljnije", izvedbene planove potrebno ih je svaki puta ponovo provjeriti kroz proračun. Metodologija jednog takvog, inženjerskog proračuna objašnjena je u slijedećim poglavljima. U njemu se kao elementi koriste tehnički i, opet, iskustveni podaci iz različitih izvora, od kojih su neki i ovdje navedeni. Postojeći opći normativi za strojne radove dijelom su zastarjeli, manjkavi i katkad nedovoljno precizni, a izvoditeljske tvrtke nisu baš sklone davati podatke o svojoj proizvodnji u javnost, već ih često "ljubomorno" čuvaju kao neku vrstu poslovne tajne.

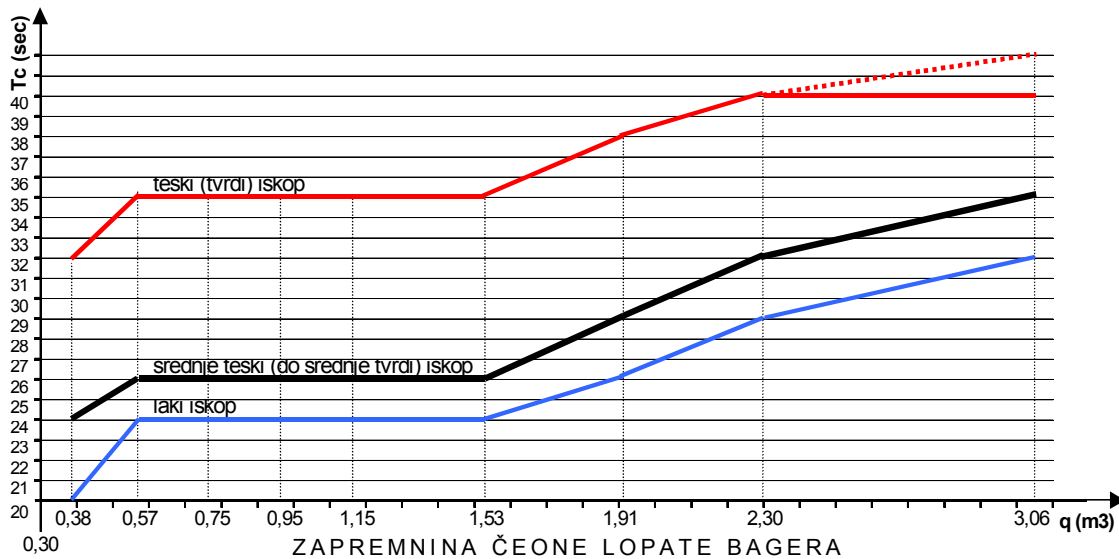
## Ciklični i kontinuirani rad strojeva

Strojevi se općenito mogu podijeliti na one koji imaju kontinuirano djelovanje i one s periodičnim radom, koji posao obavljaju u ciklusima. Upravo za takve puno češće se do učinka dolazi putem proračuna (preko  $U_t$ ).

**Strojevi s cikličnim djelovanjem** rad obavljaju stalnim, uzastopnim ponavljanjem približno istih pokreta. Jedan ciklus rada uvijek obuhvaća sve radne operacije u cilju izvršenja osnovnog zadatka (koristan rad) i vraćanje u početni položaj (prazan hod), tj. stanje koje prethodi započinjanju novog, istovjetnog radnog ciklusa.

Za neke su strojeve (npr. neki tipovi bagera i utovarivača) podaci o **trajanju ciklusa** ( $T_c$ ) izmjereni i statistički obrađeni u idealnim, srednjim ili nekim drugim definiranim uvjetima odvijanja, pa su u stručnoj literaturi dostupne tablice s njihovim prosječnim veličinama. Dane vrijednosti se razlikuju ovisno od preciziranih uvjeta u kojima su postignute, no svejedno ih je za određivanje planskih učinaka potrebno dodatno korigirati prema svim ostalim praktičnim okolnostima, pa se uzima da spadaju u kategoriju teoretskih vrijednosti.

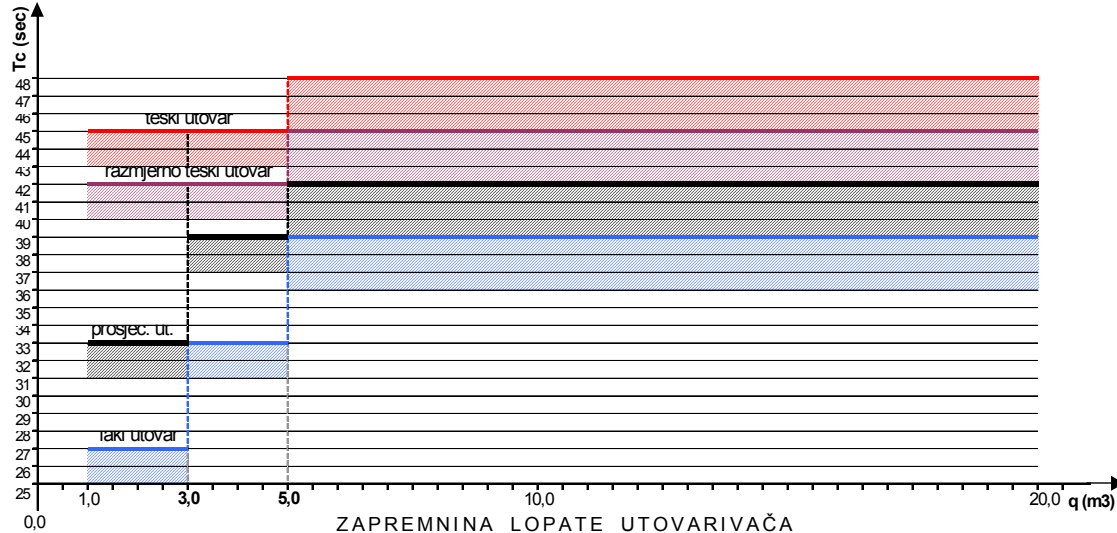
U građevinskim normativima za strojne radove navode se vremena radnog ciklusa hidrauličnog **bagera** s čeonom lopatom, pri kutu okreta od  $90^\circ$  kod istovara, što je prikazano na sljedećem grafikonu.



Trajanje jednog ciklusa rada bagera ide najviše do jedne minute što ovisi o tipu i obujmu lopate kojom se radnja obavlja. Kada se u jednakim uvjetima radi s povlačnom (skrejperskom) lopatom ciklusi su za 20 –65% duži nego kod korištenja bagera s čeonom (visinskom) lopatom iste zapremnine, ali koja ima manji otpor pri kopanju. Zato im i učinci bivaju veći prosječno za oko 20%.

Prilikom iskopa dubinskom lopatom, koji se izvodi ispod razine na kojoj stoji bager, ciklusi koje daju proizvođači strojeva ("Komatsu") su znatno kraći (cca 30%) od ovdje navedenih za rad iznad razine na kojoj stoji bager s čeonom lopatom iste zapremnine. Zanimljivo je da opći normativi (iz bivše Jugoslavije) ipak gotovo za sve slučajeve širokog iskopa bagerom s čeonom lopatom predviđaju kraća vremena tj. veće učinke (i do 43%) nego pri upotrebi dubinske lopate. Samo u rjeđim slučajevima (kod bagera s najjačim pogonom i za rad u vlažnoj zemlji III ktg.) potrebni NS su izjednačeni ili nešto manji (do 12%) kod rada s dubinskom lopatom.

U načelu bageri s dubinskom lopatom u praksi imaju manji učinak od onih s čeonom lopatom iste zapremnine, jer pri utovaru u transportno vozilo dosta rasipavaju materijal. Iz drugog grafikona mogu se očitati trajanja ciklusa **utovarivača** (s jednom lopatom s čela) prema priručniku od "Komatsa", ovisno o granicama u kojima se nalazi veličina njegove lopate.



Laki utovar se odnosi na rad s uglavnom suhim i sitnijim rastrešenim materijalima (pijesak, sitni šljunak, pijeskovita ilovača, rastresiti suha obična zemlja itd). Prosjecni utovar obuhvaća tvrđa gradiva (krupni šljunak, suha i manje vlažna ilovača, zbijena zemlja, neke vrste mekih trošnih stijena i sl.), a razmjerno teški stijene koje se lako miniraju (npr. vapnenac). Pod teškim utovarom podrazmjeva se minirana stijena u blokovima ili pločama, kao i takva stijena pomiješana s drugim sitnijim gradivima, te slabo minirani piješčenjaci i konglomerati, zatim i tvrde ili plastične ilovače i gline i sl.

U slučaju kada se ne može poslužiti s takvim iskustvenim podacima, a to je uglavnom kod strojeva koji imaju dugotrajnije cikluse s u većoj mjeri zastupljenim transportima, trajanje ciklusa može se dobiti zbrajanjem prosječnih vremenena obavljanja svih

potrebnih operacija ( $t_i$ ):  $T_C = \sum_{i=1}^{i=n} t_i$ .

U ciklusu sadržane operacije karakteristične su za svaku pojedinu vrstu stroja, a ovise i o samom radnom zadatku, pa i načinu kako se izvršava.

Kod **dozera** se trajanje ciklusa ( $T_C^D$ ) sastoji od vremena iskopa ( $t_i$ ), guranja ( $t_g$ ), razastiranja, odnosno odlaganja ili planiranja ( $t_o$ ) i vremena povratka ( $t_p$ ), te još i manevriranja, odnosno namještanja ( $t_m$ ):

$$T_C^D = t_i + t_g + t_o + t_p + t_m \times 2$$

Brzine pri svladavanju pojedinih operacija se razlikuju, pa se njihova trajanja dobivaju dijeljenjem dužina pojedinih dionica ( $l_i$ ,  $l_g$ ,  $l_o$ , i  $l_p=l_i+l_g+l_o$ ) s prosječnim brzinama koje se na njima postižu ( $v_i =$  do 3 km/h,  $v_g = 3 - 6$  km/h,  $v_o = 6 - 9$  km/h,  $v_p =$  do 12 km/h). Tako vrijedi:

$$T_C^D = \frac{l_i}{v_i} + \frac{l_g}{v_g} + \frac{l_o}{v_o} + \frac{(l_i + l_g + l_o)}{v_p} + t_m \times 2$$



Izraz za radni ciklus **skrejpera** ( $T_C^S$ ) je gotovo identičan, samo se tu ne radi o guranju, već prevoženju iskopa. Vrijeme iskopa skrejpera odgovara vremenu (samo)punjenja njegovog sanduka, za koje se može pretpostaviti da će biti između 0,5 min (za jako povoljne prilike) i 1,0 min (u nepovoljnim slučajju), a u prosječnoj situaciji 0,6 min. Vrijeme odlaganja je 0,4–1,1 min, odnosno 0,6 min u prosječnim uvjetima.

Za **transportna vozila** (kiperi, damperi, automješalice i dr.) vrijeme jednog ciklusa ( $T_C^{Tv}$ ) je zbroj vremena utovara ( $t_{ut}$ ), vožnje punog ( $t_v^{pun}$ ) vozila u odlasku i praznog ( $t_v^{praz}$ ) u povratku, s eventualnim, predvidivim zadržavanjima na putu ( $t_{zv}$ ), te istovara ( $t_{is}$ ) i ukupnog trajanja svih manevara ( $t_m$ ):

$$T_C^{Tv} = t_{ut} + (t_v^{pun} + t_v^{praz} + t_{zv}) + t_{is} + \sum t_m .$$

Trajanje utovara proporcionalno je zapremnini sanduka ili koša transportnog vozila ( $q$ ), reguliranoj s koeficijentom koji uzima u obzir prosječni nivo njegovog punjenja ( $k_{pu}$ ), a obrnuto razmjerno s veličinom praktičnog učinka utovarnog sredstva ( $U_p^{Us}$ ). Isto se može iskazati i kao umnožak trajanja jednog ciklusa stroja za utovar ( $T_C^{Us}$ ) i broja ciklusa potrebnih da se s njegovom lopatom napuni sanduk vozila ( $n_{CUs}$ ). Vrijeme vožnje je omjer udaljenosti ( $l$ ) koja se prelazi u odlasku i na povratku i prosječne brzine vožnje ( $v_{pun}$ ,  $v_{praz}$ ), gdje se može uvrstiti i srednja brzina od punog i praznog vozila ( $v_{sr}$ ):

$$T_C^{Tv} = \frac{q^{Tv} \times k_{pu}}{U_p^{Us}} + \left( \frac{l}{v_{pun}} + \frac{l}{v_{praz}} + t_{zv} \right) + t_{is} + \sum t_{man} = n_{CUs} \times T_C^{Us} + \left( \frac{l}{v_{sr}} \times 2 \times t_{zv} \right) + t_{is} + \sum t_m$$

Na brzinu vozila, osim vučne snage, tj. snage motora i težine tereta, utjecaja ima i put kretanja –dužina dionice, stanje površine prometnice, njen nagib, nadmorska visina, kao i temperatura zraka (razrjeđeni zrak otežava rad na kompresiji, odnosno umanjuje snagu motora). Nominalna snaga motora određena je za nadmorsku visinu od 0 m i temperaturu zraka 15°C, a ovisno o stvarnim uvjetima to može biti do 28,8% manje ili do 6,2% više.

Moguće zadržavanje u vožnji računava se paušalno, najjednostavnije kao određeni postotak njenog trajanja. Vrijeme pražnjenja sanduka samoistovarnih vozila najčešće je od 0,5 do 0,7 min (maksim. 3 min), a vrijeme manevara od 0,3 do 0,5 min (maksim. 5 min).

Punjenje bubnja automješalice može se obaviti za 30 –90 s/m<sup>3</sup> betona, što znači da je  $U_p$  pri punjenju 40 -120 m<sup>3</sup>/h, a istovar za oko 120 s/m<sup>3</sup> (ili nešto više), iz čega proizlazi da je  $U_p$  pri pražnjenju do 30 m<sup>3</sup>/h (=3600/120).

Trajanje ciklusa **dizalica** ( $T_C^{Diz}$ ) općenito se može prikazati kao zbroj vremena manipulacija teretom prilikom njegovog utovara, tj. punjenja posude ili kačenja ( $t_{ut}$ ), i istovara ili otpuštanja ( $t_{it}$ ), zatim dizanja tereta ( $t_{dt}$ ), okretanja strijele dizalice s teretom ( $t_{ot}$ ), horizontalnog prijenosa tereta po strijeli ("mačkom") ( $t_{ht}$ ), spuštanja tereta do mjesta istovara ( $t_{st}$ ), te povratnog kretanja bez tereta: dizanja ( $t_{dp} = t_{st}$ ), kretanja "mačke" po strijeli ( $t_{hp} = t_{ht}$ ), okreta dizalice ( $t_{op} = t_{ot}$ ) i spuštanja na mjesto ponovnog utovara ( $t_{sp} = t_{dt}$ ):

$$T_C^{Diz} = t_{ut} + t_{dt} + t_{ot} + t_{ht} + t_{st} + t_{it} + t_{dp} + t_{op} + t_{hp} + t_{sp} \cdot$$

Izraz se može skratiti ako se pretpostavi da su kretanje dizalice sa i bez tereta približno iste brzine tj. trajanja:

$$T_C^{Diz} = t_m + (t_d + t_s + t_o + t_h) \times 2$$

Vrijeme kvačenja (privezivanja) tereta kreće se od 0,65 do 2,0 min, a otpuštanja (odvezivanja) od 0,5 do 1,0 min. Vrijeme punjenja posude za beton ("rakete") orijentacijski se može uzeti od 1,0 do 1,5 min. Isipavanje betona iz posude traje od 0,5 min (u povoljnom slučaju kada se istovara neposredno ispod posude u dovoljno široki prostor) do 0,8 min (prilikom bočnog pražnjenja u skućeni prostor).

Brzina okretanja toranjskih dizalica je 0,7 –1,2 o/min. Brzina vertikalnog prenosa je 10 – 60 m/min, a kod velikih dizalica i do 130 m/min. U tim rasponima kreće se i dizanje i spuštanje tereta kod dizalica s kosom strijelom. Brzina "mačke" je 10 –60 m/min, (kod velikih dizalica do 85 m/min), a pokretanja tornja po kolosjeku 10 –50 m/min.

Kod dizalica se može postići djelomično ili potpuno preklapanje nekih radnji, i onda se u izračun ciklusa od istovremenih operacija uvrštavaju one koje su dužeg trajanja.

Očekivani broj ciklusa toranjskih dizalica je 10 –30 na sat, ovisno o visini građenja i krajnjem dohvatu dizalice ( $\Rightarrow T_C^{Diz} = 2,0$  min na +/- 0,00 kod dohvata do 20; 3,5 min na +30,0 m visine kod dohvata do 45 m; 5,5 min na +60,0 m visine i dohvata do 85 m).

Jasno da radnje koje su uključene u ciklus ovise o konstrukciji i tehničkim performansama dizalice, te konkretnoj radnoj situaciji, bez čijeg se poznavanja niti ne može točnije predvidjeti učinak za određenu aktivnost.

Za sve strojeve je pravilo da je prije proračuna potrebno postaviti shemu izvršenja radnog zadatka.

Kod **cikličnih mješalica za beton** ili mort ciklus uključuje punjenje mješalice potrebnim komponentama ( $t_{ut}$ ), propisano vrijeme miješanja ( $t_{mj}$ ) i istovar spravljenog betona iz bubnja ( $t_{is}$ ), pa se prema tome može pisati:  $T_C^{Mj} = t_{ut} + t_{mj} + t_{is}$

Trajanje pojedinih operacija uvelike ovisi o tipu mješalice, od zapremnine bubnja do načina miješanja, te utovara i istovara, ali okvirno se može pretpostaviti da će vrijeme utovara biti od 10 do 30 s, vrijeme istovara 15 do 30 s, a trajanje miješanja 50 do 150 s. Kod suvremenih betonara (s pretornom mješalicom) cijeli ciklus obično iznosi 2,0 do 3,0 min, a kod manjih, ne tako dobro opremljenih mješalica to je najčešće po 1,0 do 1,5 minutu duže.

Za **vibratore** je znano da obrada betona na jednom mjestu obično ne traje duže od 1,0 min, a tome u ciklusu treba pridodati i vrijeme premještanja na novo mjesto vibriranja, za što se kod pervibratora odvaja oko 10 s.

I utovar i manipulacija raznog komadnog tereta odvija se u ciklusima, pa to npr. kod **viličara** (u primjeni uglavnom u pogonima i proizvodnji građevinskog materijala) traje između 40 i 70 s (naginjanje i ponovno ispravljanje kraka, zahvat tereta i poslije njegov istovar, dva zaokreta do 180° i promjena brzina) plus vrijeme dizanja tereta i spuštanja vilice (do 2 x 20 s) i vrijeme čiste vožnje (do maksim. 20 -30 km/h).

## Proračun teorijskog učinka

Prvi korak u dolaženju do praktičnog učinka je određivanje teorijskog učinka. Kada njegova veličina nije poznata iz tehničke dokumentacije, kataloga proizvođača ili općih ili internih normativa, kao i ako se žele provjeriti neki podaci, može se poslužiti vrlo transparentnim, načinom proračuna, uz korištenje samo najjednostavnijih matematičkih operacija.

Općenito, teorijski učinak **za sve strojeve s periodičnim radom** može se deterministički izračunati prema:  $U_t \left[ \frac{mj.jed.}{vr.jed.} \right] = n_c \times q$ , gdje je  $q$  zapremnina

osnovnog radnog dijela stroja (lopata, nož, tj. materijal ispred njega, sanduk, koš, posuda, bubanj i dr.), odnosno teorijska količina po jednom ciklusu, a  $n_c$  predstavlja broj ciklusa koje stroj napravi u jednoj vremenskoj jedinici učinka.

Kod dozera  $q$  označava obujam materijala (zemlja, minirani kamen i dr.) koji on kopa i gura pred sobom, pa se aproksimativno pretpostavlja prema visini ( $h_n$ ) i širini ( $b_n$ ) korištenog noža:  $q^D [m^3] = 50 \text{ do } 100\% \text{ od } (h_n^2 \times b_n)$ .

Pri proračunu učinka toranjskih dizalica  $q^{Diz}$ , osim što može predstavljati zapreminu ili težinu tereta koji se planira prenositi, može biti uvršten i kao maksimalna moguća vrijednost ( $q_{max}^{Diz}$ ), što je onda razlika masa maksimalnog korisnog tereta i opreme za njegov prihvata ( $q_{opr}$ ). Masa maksimalnog korisnog tereta proizlazi iz za svaku dizalicu konstantnog momenta nosivosti ( $M_N$ ) i najveće udaljenosti dohvata njene ruke ( $l_{max}$ ), a na to se obračunava i faktor sigurnosti ( $f_s = 1,05$  -ako je dizalica pri radu usidrena ili  $f_s = 4,00$  -ako se s teretom kreće po tračnicama). Tako se može pisati da je

$$q_{max}^{Diz} [t] = \frac{M_N [tm]}{l_{max} [m] \times f_s} - q_{opr} [t].$$

Ako se radi o satnom učinku s proizvodnjom mjerljivom u prostornim metrima, što najčešće i jeste slučaj, može se primjeniti izraz:

$$U_t \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{3600}{T_c [\text{sec}]} \times q [m^3], \text{ gdje je } T_c \text{ trajanje ciklusa (umjesto 3600 uvrštava se 60}$$

u slučaju da je  $T_c$  uvršteno u minutama, a 1 ako je u satima).

Kada je pogodnije da učinak bude iskazan u težinskim jedinicama na sat, potrebno je samo prethodno izračunati učinak u  $m^3/h$  pomnožiti sa zapreminskom težinom materijala ( $\gamma$ ) s kojim se manipulira:

$$U \left[ \frac{t}{h} \right] = U \left[ \frac{m^3}{h} \right] \times \gamma \left[ \frac{t}{m^3} \right].$$

Ovaj način proračuna u principu je isti za po konstrukciji i namjeni sasvim različite strojeve. Tako se i učinak toranjske dizalice, bilo kojeg kрана i lifta, kao i betonske mješalice, određuje prema istoj formuli kao i bager, dozer, kiper ili svaki drugi stroj koji radi u ciklusima. Zato slično vrijedi i za pervibratore (radijusa djelovanja  $R$ , koji obrađuju

$$\text{betonski sloj debljine } d): U_t^{Pv} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{3600}{T_c^{Pv} [\text{sec}]} \times 2 \times R^2 [m^2] \times d [m],$$

a površinski i oplatni vibratori (konstruktivne površine  $F$ ) računaju se prema:

$$U_t^{Ov} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{3600}{T_c^{Ov} [\text{sec}]} \times F [m^2] \times d [m].$$

Za sve **strojeve koji imaju kontinuirani rad** teorijski učinak mora se odrediti na nešto drugačiji način, mada se u biti radi o svođenju na iste osnovne parametre. Učinak složenijih, uglavnom manje standardnih, samohodnih strojeva (npr. različiti strojevi za izvedbu kolničkih konstrukcija) izravno proizlazi iz njihove radne brzine kretanja ( $v$ ) i gabaritnih dimenzija, odnosno površine poprečnog presjeka građevinske konstrukcije ( $F$ ) koju izvede u jednom prolazu:  $U_i \left[ \frac{m^3}{h} \right] = 3600 \times F [m^2] \times v \left[ \frac{m}{s} \right]$ ,

odnosno:  $U_i \left[ \frac{t}{h} \right] = 3600 \times F [m^2] \times v \left[ \frac{m}{s} \right] \times \gamma \left[ \frac{t}{m^3} \right]$ .

Isti izraz primjenjiv je npr. i za transportne trake, samo ondje  $F$  predstavlja prosječnu površinu poprečnog presjeka materijala koji se na njima prenosi.

Učinak mlinova za usitnjavanje agregata s valjcima također se može dobiti iz brzine, u ovom slučaju okretanja valjaka ( $v_o$ ), i površine koju čini razmak između njih ( $d$ ) i širina valjka ( $b_v$ ):  $U_i^{Mv} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = 3600 \times b_v [m] \times d [m] \times v_o \left[ \frac{m}{s} \right]$ .

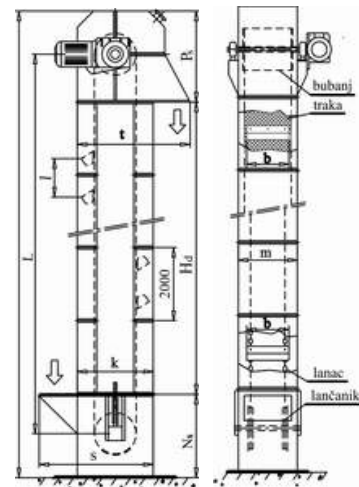
Do teorijskog učinka klipnih betonskih pumpi, koje beton transportiraju potiskivanjem kroz cijevi, može se doći preko brzine klipa tj. broja njegovih hodova u minuti ( $n_{hk}$ ) i volumena radnog cilindra ( $V_c$ ):

$U_i^{Bp} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = 60 \times V_c [m^3] \times n_{hk} \left[ \frac{1}{\text{min}} \right]$  ili prema radnoj dužini klipa pumpe ( $l_k$ ):

$U_i^{Bp} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = 0,02649 \times l_k [m] \times n_{hk} \left[ \frac{1}{\text{min}} \right]$  (izvedena formula u krajnjem obliku za primjenu).

Satni učinak strojeva koji posao obavljaju s vjedricama, posudicama ili lopaticama (bagera i utovarivača vjedričara, srodnih im rovokopača, elevatora, pa i uspinjača) izračunava se pomoću pojedinačne zapremnine vjedrice, tj. košare kod uspinjače ( $q$ ), njihove brzine kretanja ( $v$ ) po nosaču (strijela, kotač, traka, uže, ovisno već o stroju) i razmaka između njih ( $d$ ):

$U_i \left[ \frac{m^3}{h} \right] = 3600 \times q [m^3] \times \frac{v \left[ \frac{m}{s} \right]}{d [m]}$ .



Kod strojeva koji se kreću (voze) tijekom rada njihova radna brzina ( $v$ ) množi s površinom, pa je to kod **valjaka** za zbijanje zemlje umnožak debljine zbijenog sloja ( $h_z$ ), što je cca. 65% visine nasutog sloja, i širine valjka ( $b_v$ ) umanjene za širinu preklapanja ( $b_{pr}$ ) površina njegovih prijelaza po obrađivanom terenu:

$$U_t^v \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{1000 \times v \left[ \frac{km}{h} \right] \times (b_v [m] - b_{pr} [m]) \times h_z [m]}{\text{broj prolaza}}$$

Brzina valjanja obično se kreće od 1,5 do 2,5 km/h, a kod i ježeva više (4 –10 km/h).



Neki strojevi zapravo rade u ciklusima, ali zbog izražene neujednačenosti tih ciklusa bolje ih je računati kao strojeve s kontinuiranim radom. Tako vrlo sličan izraz odgovara i za **grejdere** (s nožem širine  $b_{ng}$ ), kod kojih se učinak najčešće izračunava u  $m^2/h$ :

$$U_t^g \left[ \frac{m^2}{h} \right] = \frac{1000 \times v \left[ \frac{km}{h} \right] \times (b_{ng} [m] - b_{pr} [m])}{\text{broj prolaza}}$$

Grejderi se mogu koristiti za različite poslove, pa se prema tome i brzine razlikuju, ali za građevinske radove je to najčešće od 1,5 km/h (izrada jaraka) do 6,0 km/h (samo poravnavanje može biti i 10 km/h).

Postavljeni su nešto manje i više složeni obrasci i za proračun nekih drugih strojeva, ali za potrebe prakse najčešće ima smisla samo računati učinak cikličnih standardnih građevinskih strojeva. Među njima su najzastupljeniji strojevi za zemljane radove, te neke dizalice i transportna vozila. Postojeća literatura za ovo područje isto se primarno bavi upravo parametrima i metodom proračuna za tu mehanizaciju.

Praktični učinak drugih strojeva uglavnom se određuje korekcijom poznate veličine nazivnog ili instaliranog učinka.



## Koeficijenti za određivanje praktičnog učinka

U bogato opremljenim prospektima daje se mnoštvo atraktivnih ilustracija i tehničkih podataka, ali najčešće se zaobilaze oni vezani za učinke. Pogotovo se teško dolazi do vrijednosti za praktični učinak, a i dostupne veličine znaju biti vrlo upitne. Učinci izračunati prema podacima iz različitih izvora (različiti uvjeti rada pri mjerenju) mogu jako varirati. Istraživanja za neke strojeve pokazala su da ta odstupanja znaju biti preko 50%. To biva i zbog različitog, ponekad presubjektivnog vrednovanja utjecaja uvjeta rada. Naravno, nimalo ne iznenađuje da veće učinke strojeva predviđaju baš njihovi proizvođači, a njihovi korisnici i nezavisni autori dolaze do nešto umjerenijih rezultata.

**Koeficijenti korekcije** umanjuju teorijski učinak, svodeći ga na praktični u planom pretpostavljenim prilikama odvijana strojnog rada:

$$U_p = U_t \times k_i .$$

Jedinstveni koeficijent ispravke ( $k_i$ ) umnožak je niza korekcijskih koeficijenata, odnosno podkoeficijenata:  $k_i = k_{i_1} \times k_{i_2} \times \dots \times k_{i_k} \times \dots \times k_{i_{(n-1)}} \times k_{i_n}$ .

Ako se računa za sraslo stanje onda obvezno negdje treba biti ukalkuliran i ranije opisani  $k_r$ .

Koeficijenti načelno mogu biti općeg karaktera ili posebni. Općim koeficijentima korekcije teorijskog učinka smatraju se oni koji su isti su za sve strojeve koji rade u okviru nekog tehnološkog procesa ili gradilišta, dok su posebni, u načelu, za različite vrste građevinskih strojeva drugačijeg sastava, pa i prosječnih vrijednosti.

Koeficijenti se određuju na bazi analize planiranih okolnosti izvedbe, a trebaju obuhvatiti sve relevantne pretpostavke koje bi mogle utjecati na konačno polučeni učinak. Uz prethodno već naglašenu rastresitost materijala i trajanje korištenja strojeva, svakako treba voditi računa o:

- gubicima radnog vremena prilikom strojnog rada (tehnološki, radni, zbog klime i dr.),
- ukupnom stanju organizacije gradilišta i upravljanje građenjem,
- starosti i tehničkom održavanje stroja (zapravo očuvanost),
- karakteristikama radnog prostora važnim za rad stroja
- vrsti i stanju materijala s kojim se radi (vlažnost, ljepljivost, tvrdoća),
- putanji kretanja stroja u radnom ciklusu,
- odnosu s drugim strojevima (resursima) s kojima im je rad povezan (konstelacija),
- umješnosti rukovatelja strojem itd.

Ove brojne čimbenike u uobičajenom postupku proračuna učinka za tzv. standardne građevinske strojeve opisuju i vrednuju sljedeći koeficijenti:

K o e f i c j e n t		za strojeve	raspon vrijedn.	prosj. vrijedn.
-iskorištenja radnog vremena	$k_{rv}$	s v i strojevi	od 0,75 (slabo) do 0,92 (odlično)	0,84 (dobro korištenje vrem.)
-organizacije rada strojeva na gradilištu	$k_{og}$	s v i strojevi (na gradilištu)	od 0,50 (nezadovoljav.) do 0,83 (dobro)	od 0,70 do 0,80 (prosječni uvjeti rada)
-dotrajalosti stroja	$k_{ds}$	s v i strojevi (može se izostaviti kod transp. sredstava)	od 0,80 (dotrajali) do 1,00 (novi, do 2000h eksplotac.)	0,91 (očuvani stroj, 2000-4000h eksplotac.)

-radnog prostora	$k_{rp}$	Strojevi koji dosta manevriraju u radu (bagri, utovarivači, dozeri)	0,95 (skućeni prostor) do 1,00 (širok, pregledan prostor)	
-vlažnosti materijala	$k_{vm}$	Strojevi za iskop i utovar koji rade s mokrim materijalom	od 0,30 do 0,95 (čisti kamen)	za mokru zemlju od 0,67 do 0,91
-kuta okretanja (koji uvažava i visinu radnog čela)	$k_{ko}$	Bageri	od 0,59 –0,71 (za 45°) do 0,93 - 1,26 (za 180°)	od 0,80 do 1,00 ( kod okreta za 90°)
-utovara (u vozilo)	$k_{uv}$	Bageri, utovarivači	od 0,83 (nepogod. vozilo) do 1,00 (odlaganje uz srtraj)	0,91 (utovar u pogodno transport. vozilo)
-nagiba terena	$k_{nt}$	Dozeri, skrejperi	3% umanjena za svaki stup. uspona ili 6% uvećanja za svaki stupanj pada	1,00 za ravni teren
-punjenja $k_{pu}=k_{gg} \times k_{ns}$ (kod dozera)	$k_{pu}$	svi strojevi	od 0,40 (za bagere i dozere na tvrdom iskopu) – 0,65 (skrejperi) do >1,00	0,80 – 0,90 (kod iskopa – srednjih)
-gubitka materijala guranjem	$k_{gm}$	Dozeri	0,5% umanjena za svaki m <sup>1</sup> guranja	
-noža stroja	$k_{ns}$	Dozeri	od 0,40 do >1,00	od 0,80 do 0,90 (srednji iskop)

Iz priloženog pregleda vidljivo je da neki koeficijenti mogu biti i veći od 1,00 ( $k_{pu}$ ,  $k_{ko}$ ,  $k_{nt}$ ,  $k_{ns}$ ), što znači da uvećavaju teorijski učinak, ali uz ostale koeficijente koje obvezno treba uzeti u obzir, za praktičnu situaciju redovito dolazi do njegovog umanjjenja, jer je njihov ukupni umnožak ( $k_i$ ) puno manji od 1,00.

**Koeficijent radnog vremena ( $k_{rv}$ )** daje odnos između planiranog efektivnog, odnosno objektivno mogućeg radnog vremena stroja i mogućeg ukupnog radnog vremena (od 45 do 55 min po jednom satu).

S njim se reducira i instalirani učinak kod različitih građevinskih postrojenja.

**Koeficijent organizacije ( $k_{og}$ )** u literaturi spominjan i kao "job efficiency" vrednuje stupanj organizacije strojnog rada na pojedinom gradilištu, glede uvjeta za rad strojeva i njihovog održavanja.

Za oba ova koeficijenta vrijednost se donekle mijenja prema vrsti stroja. Ponekad se znaju zbog pojednostavljenja proračuna uzeti kao jedan koeficijent vremena jedinstvene vrijednosti ( $k_v$ ).

**Koeficijent dotrajlosti stroja ( $k_{ds}$ )** služi za planiranje vrijednosti učinka stroja u pogledu njegove pouzdanosti, koja je zasigurno u svezi s njegovom starosti ili vremenu eksploatacije, odnosno očuvanosti. Zato se negdje naziva i koeficijent eksploatacijske pouzdanosti ili koeficijent spremnosti. Učestalost kvarova ili neispravnog stanja glavni je pokazatelj pouzdanosti, a obzirom na njihovo pojavljivanje stroj može biti izvan funkcije, ili u radu, ali uz smanjeni učinak u odnosu na potpuno ispravno stanje.

Kod proračuna učinka transportnih sredstava, prije svega onih koji se samostalno kreću javnim putevima,  $k_{ds}$  se može izostaviti. To je zbog toga što priroda njihovog posla iziskuje redovite kontrole stanja, kako kao tehničke cjeline, tako i sklopova i poglavito za sigurnost ključnih elemenata.

**Koeficijent radnog prostora ( $k_{rp}$ )** pretpostavlja se samo obzirom na dva stanja. Pod radom u skućenom prostoru, a koji ipak pruža mogućnost upotrebe strojeva, misli se npr. na radove iskopa u usjecima i uskim zasjecima, iskope kanala i sl. Tada postoji potreba za petpostotnim umanjnjem učinka, a ako je prostor razmjerno širok, slobodan i pregledan  $k_{rp} = 1,00$ .

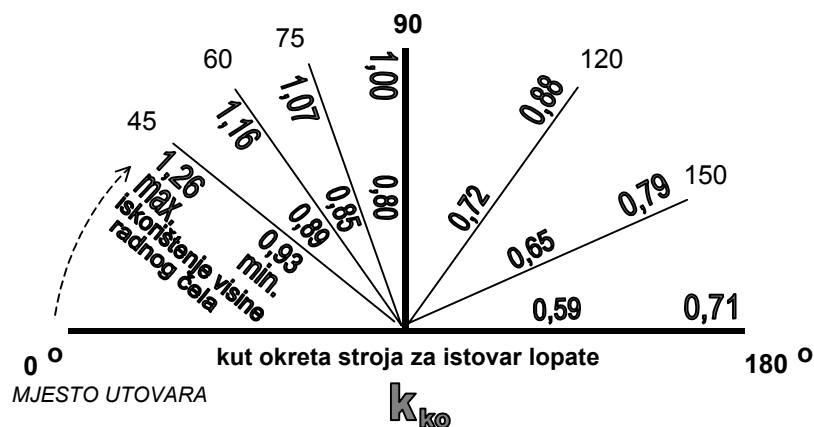
**Koeficijent vlažnosti materijala ( $k_{vm}$ )** ima predviđene vrijednosti redukcije ovisno o klasifikaciji mokrog zemljanog materijala:

Materijal	$k_{vm}$
mokri čisti kamen	0,95
mokri čisti šljunak i pijesak	0,93
mokra zemlja	0,80 – 0,95
mokra ljepljiva zemlja	0,67 – 0,71
mokra glina	0,30
mokra ljepljiva trošna stijena	0,30

Stanje materijala koje se prenosi ne utječe bitnije na učinak transportnih sredstava, obzirom da su ona u pravilu prilagođena pojedinim vrstama i stanjima resursa s kojima rade, pa se ni ovaj koeficijent za njih ne mora uvrštavati.

**Koeficijent kuta okreta ( $k_{ko}$ )** definira utjecaj na učinak bagera veličine potrebnog kuta okreta od mjesta utovara do mjesta za istovar lopate. Ima različite vrijednosti ovisno o tipu lopate. Utovarivači nisu konstruirani tako da se mogu okretati na mjestu, pa kod njih položaj mjesta istovara utječe na manevarsku putanju, ali se to ne vrednuje kroz ovaj koeficijent.

Trajanje ciklusa zavisi i o dubini tj. visini iskopa, što je također valorizirano s  $k_{ko}$ . Njegova veličina je određena prema visini radnog čela, odnosno njenom odstupanju od optimalne. Kako se vidi iz grafičkog prikaza, pri optimalnoj visini radnog čela bagera s visinskom lopatom koeficijent kuta okreta je od 0,71 do 1,26.



**Koeficijent utovara ( $k_{uv}$ )** može se obračunati prema tri pretpostavljene situacije istovara bagera ili utovarivača, pa ne bi bilo nelogično niti da se zove koeficijent istovara. U slučaju odlaganja materijala pokraj stroja za iskop, a ne u neko transportno vozilo, nema utjecaja

na učinak. No kada se istovar obavlja u transportno vozilo, potrebno je učinak u izvjesnoj mjeri reducirati prema pogodnosti tog vozila, zapravo sanduka u koji se tovari.

**Koeficijent nagiba terena ( $k_{nt}$ )** uzima se kod dozera i skrejpera, ako je teren na kome rade u usponu ili padu, kako je navedeno u pregledu vrijednosti.

**Koeficijent punjenja ( $k_{pu}$ )** s jedne strane ovisi o vrsti i tehničkim karakteristikama stroja (maksimalnoj nosivosti kod transportnih vozila ili tipu lopate kod bagera) i koherentnosti materijala i njegovoj specifičnoj težini. Kod vezanih materijala može doći i do prepunjavanja alata, dok će kod krupnozrnatog gradiva (npr. minirane stijene) redovito biti manji od 1,00. Uzima se da je za normalno punjenje  $k_{pu}=1,00$ , a za sve preko toga kaže se da je punjenje povrh. To može biti samo u određenim granicama, npr. za gradilišni transport najviše do 20%, a za prijevoz po javnim prometnicama mora biti normalno punjenje ili manje.

S druge strane nivo punjenja je i rezultat sposobnosti, pa i motivacije strojara. Tu je u pitanju splet više faktora, kao što su obučenos, iskustvo, uigranost i spretnost, a njihov odraz na konačni učinak je širi od onoga obuhvaćenog ovim jednim koeficijentom.

Kod dozera se  $k_p$  računa kao umnožak koeficijenta guranja i koeficijenta noža.

**Koeficijent gubitka materijala guranjem ( $k_{gm}$ )** uračunava gubitak iskopanog materijala koji dozer gura ispred noža prilikom iskopa ( $I_i$ ), samog guranja ( $I_g$ ) i odlaganja ( $I_o$ ). Procjena je da se tako po svakom metru gubi negdje oko pet promila njegove količine.

Da bi se to donekle nadoknadilo umješniji strojorukovatelji znaju i prilikom samog guranja lagano obavljati iskop.

Za **koeficijent noža dozera ( $k_{ns}$ )** poznate su iskustvene vrijednosti, ovisno o vrsti iskopa:

Vrsta iskopa	$k_{ns}$
laki	0,95 - 1,00 (i više)
srednji	0,80 – 0,90
srednje tvrdi	0,65 – 0,80
tvrdi	0,40 – 0,65

Gledajući raspoložive podatke može se primjetiti da vrijednosti koeficijenata korekcije ponekad već uključuju i određene uvjete rada (od slabih ili teških do izvrsnih), pa je moguće da se neki međusobno donekle preklapaju sa značenjima koje brojčano predstavljaju. Isto tako, određene karakteristike izvedbe koje su uključene u koeficijente kroz njihovu vrijednost, ponekad mogu biti vezane za dane podatke o trajanju ciklusa strojeva (npr. dotrajnost stroja što se inače predstavlja s  $k_{ds}$ , ili dubina iskopa bagera koja je uključena u  $k_{ko}$ ). Zato treba pripaziti da utjecaj nekih pretpostavljenih okolnosti ne bude duplo uračunat kroz usvojene vrijednosti različitih parametara.

Treba napomeniti i da se u literaturi koja obrađuje ovu problematiku navedeni koeficijenti označavaju i grupiraju na različite načine, no to ne mijenja polučene rezultate, i bitno je samo razumjevati njihovo značenje.

Zbog velikog raspona u kojima se kreću vrijednosti za proračun korištenih parametara i nerijetku preoptimističnost podataka dobivenih od strane proizvođača strojeva, s uočljivom razlikom u veličini samo ovisno o njihovom izvoru, jako je važno imati dobru bazu za proračun. "Službene" građevinske norme za strojne radove su zastarjele, te kao i ostali priručnici s ovog polja preopćenite i manjkave. Veliki nedostatak kod njih predstavlja krajnje netransparentan put dobivanja svih tih gotovih vrijednosti.

Zato je potrebno unutar izvoditeljskih tvrtki stvoriti vlastite baze podataka s provjerenim koeficijentima, ostvarenim radnim ciklusima i mjerenim učincima za dobro poznate uvjete rada. To je poželjno učiniti barem za najčešće aktivnosti koje poduzeće izvodi i za svoje najkorištenije strojeve.

## Direktni troškovi i trajanje strojnog rada

Uvijek se teži tome da izbor strojeva i tehnološke opreme bude takav da izabrana kombinacija u pretpostavljanim uvjetima, uz sva zadana ograničenja, daje najmanje troškove po jedinici kvalitetnog proizvoda ili usluge.

Elementi koštanja sata rada stroja su svi troškovi koji su potrebni da bi se stroj mogao koristiti na gradilištu i koje samo njegovo djelovanje uzrokuje.

U grupu troškova stroja kao osnovnog sredstva za rad, koji ne ovise o tome koliko će stroj na gradilištu biti u upotrebi, spadaju:

-**jednokratni troškovi**: transporti, montaža i demontaža, uključanje stroja u rad;

-**troškovi vlasništva**: amortizacije (vremenske), kamate, osiguranje, registracije;

-**investicijsko održavanje** (generalni zahvati, godišnji).

Eksploatacijski troškovi su proporcionalni s vremenom aktivnog rada stroja i njih čine:

-**troškovi tekućeg održavanja i servisiranja** (svakodnevne intervencije: manji popravci, podmazivanje i pranje);

-**troškovi habajućih dijelova** (gume, sječiva, užad, obloge itd.);

-**troškovi pogonske energije (goriva), maziva i pomoćnih materijala**;

-**brutto plaća (satnica) rukovatelja strojem** tj. svih radnika koji opslužuju stroj.

Te vrijednosti, koje se razlikuju za svaki stroj i konkretnu situaciju, trebaju se sve svesti na kune ili neku drugu novčanu jedinicu po satu, kako se izražava i ukupni rezultat. Zato se po potrebi dijele s brojem sati -uporabnim vijekom (za vremensku amortizaciju), prosječnim godišnjim fondom radnih sati stroja (pri obračunu kamata i osiguranja) ili predviđenim periodom rada na gradilištu (kod jednokratnih troškova), a često se neke iskazuje paušalno, kao postotak veličine drugih izdataka.

Direktni troškovi sata rada stroja dobivaju se zbrajanjem svih tih pojedinačnih vrijedosti, a da bi se došlo do ukupnog koštanja potrebno je i preko nekog faktora ukalkulirati režijske troškove. Za prodajnu cijenu se još prema procjeni dodaje određena dobit.

Direktni trošak strojnog rada ( $TD_s$ ) za određeni posao (stavku) računa se tako da se koštanje radnog sata stroja ( $K_{rs}$ ) pomnoži s normativom vremena određenim brojem sati ili podjeli s praktičnim učinkom planiranog stroja:

$$TD_s \left[ \frac{kn}{mj.jed} \right] = \frac{K_{rs} \left[ \frac{kn}{h} \right]}{U_p \left[ \frac{mj.jed}{h} \right]} = K_{rs} \times NS .$$

Iz ovoga je vidljivo koliko je planiranje učinka strojeva važno za određivanje realnih troškova, posebice visokomehaniziranog građenja. U današnjim uvjetima zaoštrene tržišne utakmice dobro je poznato što znači sigurni manevarski prostor koji se ovako pruža.

Pored cijene izuzetno je važan i rok građenja, a do njega se dolazi određivanjem **trajanja za sve planske aktivnosti** na projektu. Za proračun trajanja ( $T_A$ ) izvedbe strojnih radova (količine  $Q$ ), odnosno aktivnosti gdje je stroj ključni resurs, opet je neophodno poznavanje učinka ili norma sati:

$$T_A \left[ \text{rad. dana} \right] = \frac{Q \left[ \text{mj.jed.} \right]}{\sum^n U_p \left[ \frac{mj.jed.}{h} \right] \times n_{rs} \left[ \frac{\text{rad.sati}}{\text{dan}} \right]} .$$

Svakako valja istaći kako pouzdanost izračunatih vrijednosti neposredno ovisi o ispravnom izboru vrijednosti za parametre pokazanih obrazaca. Stoga im je potrebno

posvetiti svu potrebnu pozornost, a ne osloniti se samo na prosječne i paušalne veličine, ili na osobno iskustvo i trenutnu "inspiraciju" pojedinaca.

Istina je da se tu nikada ne može očekivati 100%-tna točnost rezultata, jer radi se ipak o planskim veličinama. No, razloženim postupkom provedeni proračun ostavlja jasan pisani trag i mogućnost naknadne korekcije. To i jeste jedan od opravdanih razloga zašto je potrebno uspostaviti kvalitetnu internu kontrolu (monitoring) radova na gradilištu s povratnim tijekom informacija. Kada se detektiraju znatnija odstupanja, pomoću njih će se prvobitno predviđene vrijednosti ispraviti i što više uskladiti sa stvarnim stanjem. Osim toga, jedna studiozna analiza može pomoći u otkrivanju problema i ispravljanju grešaka u izvedbi, te na taj način doprinijeti izbjegavanju neplaniranih i nepotrebnih troškova.

Na ovaj način može se stvarati i iskustvena baza podataka koja je najbolja podloga za planiranje budućih pothvata. Samo to nikako ne može bit plod nagle, stihijske aktivnosti, potaknute kako to zna biti nekom "iznenadnom" potrebom. Korisne rezultate može donijeti tek promišljeno, sustavno, kontinuirano i ne odveć zahtjevno, ali neizostavno od strane uprave tvrtke na pravi način uvaženo djelovanje.

