

Zdravko Linarić

***UČINAK
GRAĐEVINSKIH
STROJEVA***

Sadržaj:

1. Predgovor
2. Određenje i podjela građevinskih strojeva
3. Ciljevi i problemi pri planiranju učinka građevinskih strojeva
4. Učinak standardnih građevinskih strojeva
 - 4.1. Učinak i kapacitet općenito
 - 4.2. Učinci standardnih građevinskih strojeva
5. Učinak standardnih građevinskih strojeva za zemljane radove
 - 5.1. Učinak dozera na gusjenicama
 - 5.2. Učinak standardnog hidrauličnog bagera
 - 5.3. Učinak utovarivača na kotačima
 - 5.4. Učinak grejdera
 - 5.4.1 Učinak grejdera na obradi površina pri nasipavanju
 - 5.4.2. Vrijeme rada grejdera na odabranoj dionici
 - 5.4.2. Broj prolaza grejdera
 - 5.5. Učinak samohodnog valjka
 - 5.6. Učinak skrejpera
6. Učinak tehnološke opreme za minerske radove
 - 6.1. Minerski radovi
 - 6.2. Učinak bušilica
 - 6.3. Učinak kompresora
7. Učinak transportnih sredstva za potrebe gradjenja
 - 7.1. Učinak vozila
 - 7.1.1. Autoprijevoz
 - 7.1.2. Učinak dampera
 - 7.1.3. Učinak kamiona kipera
 - 7.2. Učinak dizalica
 - 7.2.1. Toranjske dizalice
 - 7.2.2. Učinak toranjske dizalice sa vodoravnom granom

Preporučena literatura u svezi građevinskih strojeva općenito - udžbenici i sl:

- *Jurecka, Kosten und Leistungen von Baumaschinen, Springer - Verlag, Wien -New York, 1975,*
- *Linarić, Građevinski strojevi, Građevinski godišnjak'95, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1995., str. 361-381 ,*
- *Linarić, Učinak standardnih građevinskih strojeva za zemljane radove, Građevinski godišnjak'96, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1996., str. 601-632 ,*
- *Linarić, J. Izetbegović, Učinak toranjskih dizalica i vozila, Građevinski godišnjak'98, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1998., str. 329-405 ,*
- *Slunjski, Strojevi u građevinarstvu, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1995.,*

Ivan Slamming:

RADI SE O TOM, DA ZAUSTAVIM KONJA.

Radi se o tom, da zaustavim konja.

*On juri, glomazan i smeđ, ne odviše brzo,
iz sive trake ceste, obraštene dračama,
zauzdan, osedlan, bez jahača.*

Proračunavam kretanje i sve sam odredio:

*kako ću ga uhvatiti i svom težinom sebe pritisnut
uzde,
a zatim ga ljevicom tapšat po vratu, da se umiri.*

Tako. Sad. Dižem desnu, ali konstatiram, da je

imam samo do lakta

lijevu dižem, ali ona ukučeno visi.

*Manjkaju mi koljena, komad ramena, lopatica,
i sva kosa.*

1. Predgovor

Ovdje se daje jedna od mogućih metodologija proračuna radnih učinaka standardnih građevinskih strojeva i transportnih sredstava. **Prikazana metodologija odnosi se samo na proračun onih strojeva koji ciklički rade i na čiji rad ima najveći utjecaj "ljudski čimbenik"**. To su osnovni strojevi za zemljane radove kao i neka najčešće rabljena transportna sredstva u građenju - vozila i toranjske dizalice. **Svjetska praksa i literatura također se uglavnom bavi samo proračunom satnih učinaka za navedene standardne građevinske strojeve i uobičajna građevinska transportna sredstva.**

Metodologija se odnosi na utvrđivanje i proračun dviju osnovnih kategorija *satnih učinaka* građevinskih strojeva koji ciklički rade: na **temeljni tehnički (tzv. "teorijski") satni učinak (U_t)** i na **planski ili planirani (tzv. "praktični") satni učinak (U_p)**. Pri tome se međusobni odnos navedenih učinka utvrđuje preko koeficijenta ispravke "teorijskog" učinka (k_i) koji umanjuje "teorijski" učinak (U_t) i svodi ga na planirani "praktični" učinak (U_p) uzimajući u obzir pretpostavke ukupnih prilika u kojima se očekuje odvijanje strojnog rada:

$$U_p = k_i * U_t$$

Temeljni tehnički ili "teorijski" učinak (U_t) računa se preko broja ciklusa (n_c) u razmatranoj vremenskoj jedinici (odnosno najčešće u jednom satu) i količine učinaka po tome jednom ciklusu.:

$$U_t = n_c * Q_c$$

To je također po svim ostalim poznatim i priznatim metodologijama uobičajeni način ili temeljno načelo proračuna radnih učinaka standardnih građevinskih strojeva koji ciklički rade. Ovdje je samo razlika u prikazu jednog od mogućih pristupa u utvrđivanju ili proračunu koeficijenta ispravke (k_i) "teorijskog" učinka (U_t) odnosno načina svodenja toga učinka na planirani "praktički" učinak (U_p).

Razmatrana metodologija proračuna radnih učinaka standardnih građevinskih strojeva i transportnih sredstava za potrebe građenja, glede mogućih ili pretpostavljenih vrijednosti koeficijenata ispravke temeljnog tehničkog ili "teorijskog" učinka (k_i), daje vrijednosti planiranog "praktičnog" učinka (U_p) u određenom rasponu. Postavlja se pitanje da li je zbog toga prikazana metodologija "prava" i koja je to "prava" vrijednost planiranog "praktičnog" učinka (U_p) koja se računa po toj metodologiji? Je li se vrijednost planskog učinka nekog građevinskog stroja može uopće primjereno točno proračunati? U načelu *ne* po navedenim i bilo kojim ostalim "formulama" bilo koje druge metodolgie proračuna učinaka razmatranih strojeva. Proračunati planirani "praktički" učinak (U_p) uvijek je pretpostavka odnosno očekivana vrijednost. Proračun je samo formalni dokaz te pretpostavke. Međutim, on je svakako potreban jer inženjeri sve dokazuju nekim računom na temelju određenih pretpostavljenih parametara. A njihovo iskustvo potvrđuje dali se rezultati proračunatih vrijednosti učinaka kreću u zadovoljavajućim ili bolje rečeno mogućim okvirima.

Iskustvo se također daje računski obuhvatiti. To je onda statistika mjerenih vrijednosti ostvarenih radnih učinaka nekog građevinskog stroja u nekim slučajevima ili prilikama odnosno organizacijskim i tehnološkim uvjetima njegova rada. Na taj način stvaraju se prosječne tehničke norme vremena i norme radnih učinaka odgovarajućih građevinskih strojeva i transportnih sredstava. Samo ovakvim sagledavanjem praktičnih rezultata moguće je povratnim proračunima stvarati odgovarajuće pretpostavke ili vrijednosti parametara (u ovom slučaju koeficijenata ispravke "teorijskog" učinka (k_i)) potrebnih za utvrđivanje prihvatljivih planiranih učinaka strojnog rada u građenju i proizvodnji gradiva.

Zbog toga se ovdje prikazana metodologija kao i bilo koja druga metodologija ne može smatrati konačnom i jedinom mogućom za potrebe proračuna radnih učinaka razmatranih građevinskih strojeva. Ona također nije standard koji omogućava arbitražu proračuna učinka tih strojeva i transportnih sredstava za potrebe građenja u bilo kojem slučaju. Ona daje samo neka temeljna načela proračuna i neka polazišta odnosno pretpostavke osnovnih parametara tih načela kod proračuna radnih učinaka razmatranih strojeva ili transportnih sredstava.

2. Određenje i podjela građevinskih strojeva

Građevinski stroj utvrđuje se kao svako pomoćno radno sredstvo u građenju koje se pogoni bilo kojom vrstom motora. Osim sebi svojstvenim radnim, te iz toga proizišlim konstruktivnim i logističkim obilježjima, građevinski stroj utvrđen je također *masom, prostornom veličinom i oblikom, te mjerama, snagom* kao i mogućim *radnim učinkom*.

Skup strojeva, uređaja i ostale strojne opreme povezan kao cjelina u tehničkom ili tehnološkom smislu čini ili **grupu građevinskih strojeva** ili **postrojenje** ili **proizvodni pogon** ili neki drugi oblik složene strojne tehnološke opreme za potrebe građenja.

U smislu koncepcije rada i iz toga proizišle strojne konstrukcije građevinska mehanizacija dijeli se u dvije glavne grupe strojeva i ostale tehnološke opreme za potrebe građenja odnosno proizvodnje građiva:

- **I. Standardna građevinska mehanizacija**

Ova grupa obuhvaća pojedine vrste uobičajenih građevinskih strojeva u užem smislu. Kod ovih se strojeva nalazi na istom postolju pogonski motor, transmisija i radni dio ili alat pri čemu ta cjelina zajedno sa možebitnom opremom za kretanje čini **standardni građevinski stroj**. Pojedine vrste ovih strojeva proizvode se manje ili više serijski u velikom broju različitih tipova, veličina, oblika i snage samih strojeva. To su samohodne ili pokretne strojne jedinice (bageri, dozeri, utovarivači, skrejperi, grejderi, valjci itd) koji uglavnom imaju ciklički način rada. Rabe se pojedinačno ili u međusobno povezanim grupama tehnoloških lanaca.

- **II. Posebna građevinska mehanizacija**

Ovi izvanstandardni i uglavnom izvanserijski složeni građevinski strojevi, postrojenja i ostala tehnološka oprema proizvodnih pogona, "rade" uglavnom kontinuirano ili u slijedu povezanih kontinuiranih mikrociklusa što proizlazi iz dijelomične ili potpune automatizacije i robotizacije njihova pogona i pripadnog proizvodno-tehnološkog postupka. Dijele se u dvije podgrupe:

- **II./I. Samohodna ili pokretna složena strojna tehnološka oprema za potrebe građenja smještena na jedinstvenom postolju**

To je oprema izvanserijske izrade ili maloserijske proizvodnje (veće tunelske bušilice, finišeri za izvedbu kanala, pokretne drobilane ili pokretne tvornice betona ili pokretne asfaltne baze, veliki finišeri za sve vrste zemljanih i betonskih radova na prometnicama itd.) čija složenost nadilazi radna i konstrukcijska obilježja standardnih građevinskih strojeva.

- **II./II. Složena tehnološka oprema za potrebe građenja i proizvodnje građiva**

To je oprema složena od strojeva i pojedinačne opreme maloserijske ili izvanserijske proizvodnje objedinjenih u jedinstvene tehničke i proizvodno-tehnološke cjeline zajedno sa energetskom, transportnom i ostalom opremom raznih uređaja, mjernih instrumenata i ostalih tehničkih sredstava potrebnih za regulaciju tehnološkog postupka (razna postrojenja ili pogoni kao što su tvornice betona, asfaltne baze, drobilane, armirački pogoni; zatim složena oprema kao TBM, tunelski štitovi, oprema za betoniranje tunelske obloge; razni mehanizirani sustavi skela i oplata, oprema za prenos i montažu betonskih konstrukcija odnosno dijelova kao što su tzv. skele za navlačenje nosača itd.). Ove složeni tehnički i tehnološki sustavi mogu biti glede svoje koncepcije rada i iz toga proizišle konstrukcije dvojaki -

- *razmjerno manji i lako demontažni ili ograničeno pokretljivi strojni sustavi odnosno postrojenja,*
- *veća, razvedena i u načelu vrlo složena industrijska postrojenja za proizvodnju građiva, preradevina i sklopova u stalnim proizvodnim pogonima ili tvornicama.*

U smislu područja primjene i predmeta rada (građiva) kojima se bavi građevinska mehanizacija, dijeli se u tri glavne grupe građevinskih strojeva i ostale tehnološke opreme za potrebe građenja kao i proizvodnju građiva:

- *strojevi i oprema za tzv. zemljane radove,*
- *strojevi i oprema za betonske radove, koji se dijele dalje na -*
 - *strojeve i opremu za betonske radove u užem smislu i*
 - *strojeve i opremu za asfalterske radove.*

Navedene glavne grupe dijele se dalje u smislu faza pripreme i "bavljenja" odgovarajućim građivima i njihovim preradevinama na slijedeće grupe strojeva i ostale tehnološke opreme:

- *strojevi za pripremu, proizvodnju i preradu građiva,*
- *strojevi ili sredstva za transport građiva,*
- *strojevi za ugradnju građiva,*
- *strojevi i oprema za izvedbu građevinskih konstrukcija,*
- *strojevi i oprema za proizvodnju elemenata i sklopova (dijelova) montažnih građevinskih konstrukcija,*
- *strojevi za montiranje elemenata i sklopova (dijelova) montažnih građevinskih konstrukcija,*
- *ostali pomoćni strojevi i tehnološka oprema za potrebe građenja.*

Navedena podjela građevinske mehanizacije je uvjetna, jer mnogi strojevi u okviru pojedinih vrsta radova osim njima svojstvene radne operacije obuhvaćaju i druge operaciju te "unutarnji" transport između pojedinih dijelova opreme. Podjela se ne odnosi također posebno na neko područje građenja odnosno navedeni strojevi se primjenjuju **i u visokogradnji i u industrogradnji i u niskogradnji (cestogradnji, građenju i održavanju željeznica, vodogradnji itd.)**. Pri tome se iste vrste strojeva, ovisno o užem području primjene, međusobno razlikuju po nekim konstrukcijskim obilježjima i pokretljivosti ovisno o potrebi prilagođavanja tehnološkim posebnostima građevinskih zahvata u kojima sudjeluju.

Transportna sredstva za potrebe građenja čine posebnu grupu, uvjetno rečeno, strojeva i pojedinačne tehnološke opreme. Neka od njih su samostalne jedinice standardne serijske proizvodnje kao primjerice sva autoprijevozna sredstva ili slična vozila te razne vrste dizalica, utovarivači itd. Dijelev se također na ona koja su na neki način svestrana u primjeni u odnosu na predmete i građivo koje premještaju (vozila, utovarivači, dizalice itd.) te na posebna transportna sredstva koja se "bave" određenim građivima kao što su primjerice automješalice, crpke za beton i sl. U smislu načelne koncepcije ili logistike rada i iz toga proizišle konstrukcije transportna sredstva se dijele na (pri tome ona mogu provoditi ili ciklički ili kontinuirani ili kombinirani način transporta) **vozila (cestovna, na tračnicama i sličnim konstrukcijama vođenja, i sl.), plovila (plovila na i u vodi, zrakoplovi) i ostala transportna sredstva (u koje spadaju razni transportni uređaji, strojevi i složena postrojenja** kao primjerice između ostalog žičare, dizala i slična oprema, viličari, zatim "beskonačna" transportna sredstva, crpke, itd.).

Prekidni (ciklički) unutarnji transport izvodi se u građenju kao utovar ili istovar te prijevoz, prijenos, dizanje i spuštanje građiva te ostalih resursa za građenje pomoću **utovarivača, vozila, podizača (liftova)** i razne vrste **dizalica**. U veće, složenije i uglavnom elektromotorima pogonjene konstrukcije transportnih sredstava koja se općenito podrazumjevaju pod pojmom **građevinske dizalice** spadaju **dizalice sa strijelom** u koje pripadaju **toranjske dizalice, autodizalice**, dizalice na kotačima ili gusjenicama (**bager- dizalice**) te dizalice na plovilima (**plovne dizalice**).

3. Ciljevi i problemi pri planiranju učinka građevinskih strojeva

Dva su osnovna razdoblja primjene strojnog rada u građenju i proizvodnji gradiva:

- izbor strojeva i tehnološke opreme odnosno planiranje strojnog rada i njegovih učinaka,
- strojni rad odnosno korištenje strojeva i tehnološke opreme.

Izbor strojeva i tehnološke opreme odnosno planiranje strojnog rada i odgovarajućih radnih učinaka mora biti takovo da odabrani strojevi i tehnološka oprema te njima pripadni učinci (za pretpostavljane ili zadane uvijete i ograničenja u njihovu radu) daju **najmanje troškove učinaka po jedinici kvalitetnog proizvoda ili usluge.**

Pojedinačni neposredni (direktni) trošak strojnog rada (t_s) dobije se, pojednostavljeno, tako da se cijena koštanja radnog sata stroja (c_{krss}) pomnoži sa normom vremena (N) odnosno –

$$t_s = c_{krss} * N$$

pri čemu je:

$$N = 1 / U$$

gdje je (U) norma učinka ili učinak građevinskog stroja općenito.

Prethodni pojednostavljeni prikaz proračuna troškova pokazuje kako povećanje produktivnost strojnog rada (povećanje radnih učinaka) smanjuje u jednom dijelu ukupne troškove građenja (neposredne troškove građenja odnosno neposredne troškove strojnog rada pri građenju). To znači da je kvalitetno planiranje i programiranje radnih učinaka građevinskih strojeva temeljna pretpostavka izrade konjunkturane cijene građevinskih radova na tržištu posebice ako su ti radovi visokomehanizirani. U tom smislu postavlja se pitanje kako planirati odnosno utvrditi ili izračunati veličinu radnog učinka za neki građevinski stroj? Koju metodologiju primijeniti?

Kao primjer mogućih problema pokazuju rezultati proračuna učinka za bager obujma lopate $q = 1 \text{ m}^3$ za potrebe iskopa nekog zemljanog gradiva i utovara u vozila. Proračun učinaka napravljen je po sličnim ili istim metodologijama pojedinih autora (knjiga) i priručnika nekih proizvođača strojeva gdje su razlike jedino u nekim pretpostavkama vrijednosti nekih parametara samoga proračuna:

Izvor (* priručnici tvrtki):	Učinak (m3/sat)	Index
- Caterpillar	111	1,48
- Fiatallis	90	1,20
- Komatsu	102	1,36
- Liebherr	115	1,53
* knjiga <Jurecka,1975>	96	1,28
* Handbuch BML	67	0,89
* ovdje predložena metodologija	75	1,00

Kao prvo valja primjetiti da proizvođači strojeva svojom predloženom metodologijom "omogućavaju" rezultate razmjerno veće vrijednost proračunatih učinaka što je na neki način sa njihova propagandna stajališta potpuno razumljivo. Međutim valja ukazati također još na jednu činjenicu. Ako se, primjerice, uzme da je cijena koštanja radnog sata (c_{krss}) razmatranog stroja oko 100 nj/sat (novčanih jedinica/sat) i da je nabavna vrijednost stroja oko 500.000 nj tada je direktni trošak strojnog rada (dt) -

- za najmanji proračunat učinak od 67 m3/sat oko 1,49 nj/m3,
- za najveći proračunat učinak od 115 m3/sat oko 0,87 nj/m3

Razlika između najvišeg i najmanjeg jedničnog oko direktnog troška strojnog rada oko 0,62 nj. Moglo bi se pojednostavljenim pristupom zaključiti da se na iskupu oko 645.000 m3 zemljanog gradiva (400.000 nj : 0,62 nj/m3) može se nakon oko 5.600 sati rada bagera (= 645.000 m3 : 115 m3/sat) ili "zaraditi" još jedan razmatrani bager ili nakon oko 9.600 sati rada bagera (= 645.000 m3 : 67 m3/sat) "izgubiti" još jedan bager.

Kako bi se moglo usvojiti ili primijeniti odgovarajuću metodologiju utvrđivanja radnih učinaka građevinskih strojeva i transportnih sredstava valjalo bi kao prvo utvrditi što je to **učinak**, kakve vrste **učinaka** ima i kako se pristupa njihovom planiranju odnosno proračunu. Može se u tome smislu uvodno istaći da o sadržaju pojma odnosno vrstama radnih **učinka građevinskih strojeva** te o načinima njihova

proračuna postoji mnogobrojna literatura i preporuke, što izaziva u primjeni određene probleme. Ovi se mogu za praktične inženjerske potrebe izbjeći ili pojednostaviti na nekoliko načina.

Kao prvo, ne treba se opterećivati proračunom radnih učinaka posebne uglavnom složene građevinske mehanizacije i proizvodno-tehnološke opreme odnosno postrojenja (drobilane, tvornice betona, armirački pogoni, pogoni proizvodnje betonskih elemenata, asfaltna postrojenja, itd.). Takova postrojenja su unaprijed koncipirana i konstruirana odnosno izrađena (složena) za određeni proizvodni učinak koji se uzima kao njihov osnovni instalirani ili nazivni učinak (U_o). Taj se učinak za potrebe programiranja nekog strojnog rada može pomoću općih koeficijenata njegove ispravke (k_o) prilagoditi potrebama proračuna planskog učinka (U_p) na način da je $U_p = k_o * U_o$ (vidi u slijedećem poglavlju detaljnije).

Kao drugo, učinak nekih složenih, posebice samohodnih ili pokretnih, donekle standardnih građevinskih strojeva izvanserijske ili maloserijske proizvodnje, kao što su primjerice finišeri za izvedbu nekih betonskih konstrukcija i sl., kreće se u određenom rasponu ovisno o mogućoj brzini njihova kretanja te površini radnog presjeka konstrukcije koju izvode. Brzina kretanja je uvjetovana opet vrstom gradiva koji se ugrađuje te također o njegovom konstruktivnom obliku i mjerama. Učinak tih strojeva se računa kao kod svih drugih strojeva koji kontinuirano rade tako da se brzina kretanja (v) pomnoži sa površinom poprečnog presjeka (F) građevinske konstrukcije koja se izvodi:

$$U = v * F$$

Međutim i tu valja biti oprezan i prilikom proračuna učinka svakako koristiti odnosno uspoređivati iskustvene rezultate. Također nema potrebe računati učinak transportnih sredstava koja kontinuirano rade kao što su primjerice crpke za vodu, transportne trake, betonske crpke, bageri-refuleri, bageri-vedričari itd. Njihovi mogući planski učinci su njihovi na neki način umanjeni nazivni ili instalirani učinci i računaju se slično kao što je prethodno navedeno za postrojenja.

Za praktične potrebe valja se samo i jedino baviti proračunom pojedinačnih učinaka standardnih građevinskih strojeva i transportnih sredstava koja ciklički rade i na čiji rad ima najvaći utjecaj tzv. "ljudski faktor". To su uglavnom strojevi za zemljane radove kao primjerice dozeri, bageri, skreperi, utvarivači, zatim kamioni kiperi i damperi (na nekim složenijim kraćim relacijama teških gradilišnih uvjeta što se tiče topografije terena), donekle valjci i grederi, te neke vrste dizalica i sl. transportnih sredstava. Ako se sagledava postojeća posebice strana literatura vezano na razmatrano područje proračuna učinka građevinskih strojeva može se uvidjeti da se ista uglavnom bavi samo prethodno navedenom standardnom građevinskom mehanizacijom i to uglavnom za zemljane radove.

Zbog svega prethodno navedenog ovdje se dalje daje prikaz jednog od mogućih načina proračuna učinak slijedećih standardnih građevinskih strojeva:

- *dozera na gusjenicama*
- *hidrauličnih bagera sa jednom lopatom*
- *utovarivača na kotačima*
- *grejdera*
- *skrejpera*
- *valjaka*
- *bušilica*
- *kompresora*
- *kamiona kiperi*
- *dampera*
- *toranjskih dizalica.*

4. Učinak standardnih građevinskih strojeva

4.1. Kapacitet i učinak općenito

Pojam odnosno određenje **učinka** općenito pa tako i učinka građevinskih strojeva proizlazi iz određenja pojma **kapacitet**. **Jedna od definicija pod kapacitetom razumijeva tehničku sposobnost izvršenja učinaka odnosno usluga i materijalnih proizvoda.** Kapacitet također znači obujam, doseg najveću mogućnost uopće (lat. *capacitas* - sposobnost). Stoga se kapacitet se može shvatiti kao neki mogući obujam proizvodnje.

Postoje različite kategorije kapaciteta (najveći, nominalni, tehnički provedivi, "teorijski", idealni, projektirani, procesni, instalirani, organizacijski, kvalitativni, tehnički, proizvodni, ekonomski, troškovni, normalni, izvodljiv itd.) i svi oni služe svojoj svrsi prilikom uvođenja odnosno programiranja strojnog rada u bilo koje područje proizvodnje. Svi prethodno navedeni pojmovi kapaciteta su ili zadane ili planirane veličine na temelju pretpostavljenog potencijala ili mogućnosti nekog tehnološkog sustava (i njegovih temeljnih tehničkih sastavnica: strojeva, postrojenja, tehnološke opreme i uređaja) i omogućavaju definiranje njegove "proizvodnje" (proizvodnosti) u zadanim odnosno pretpostavljenim uvjetima njegova djelovanja. Stvarni kapacitet, koji predstavlja ostvareno iskorištenje bilo kojeg prije navedenog zadanog ili planiranog kapaciteta, varijabilna je veličina (tj. slučajna varijabla) jer se uvjeti djelovanja u kojima se "proizvodnja" ostvaruje tijekom vremena mijenjaju.

Širi pojam kapaciteta može se svesti na uži pojam učinka. Naime kapacitet se izražava općenito također kao obujam neke proizvodnje (Q) u jedinici vremena (T) ostvarenja toga obujma proizvodnje:

$$K = Q / T$$

gdje navedeno daje također tzv. propusnu moć proizvodno-tehnološkog sustava.

Kapacitet je prethodno također iskazan kao "sposobnost izvršenja učinaka" što oboje navedeno omogućava da se **učinak** utvrdi kao **količina kvalitetnog proizvoda u jedinici vremena.**

Pojedinačni **satni učinak "U"** standardnih građevinskih strojeva koji uglavnom ciklički rade računa se u načelu tako da se količina mogućeg učinka radnog dijela stroja (Q_c) odnosno količina učinka po jednom radnom ciklusu pomnoži sa brojem ciklusa (n_c) koji stroj napravi u razmatranom vremenu:

$$U = n_c * Q_c$$
$$U = (60 / t_c) * Q_c = (3600 / t_c) * Q_c$$

gdje je (t_c) vrijeme jednog ciklusa rada stroja u minutama odnosno sekundama.

Količina učinka građevinskih strojeva po jednom ciklusu (Q_c) izražava se ili kao masa (tona) ili kao obujam (m^3) ili na neki drugi način (m^2 , m^l , kom itd.). Ukoliko se učinak izražava kroz obujam (posebice kod proračuna učinka strojeva i transportnih sredstava za zemljane radove) količina učinka po jednom ciklusu (Q_c) dobije se tako da se konstruktivni obujam (q) radnog dijela stroja (utovarna lopata bagera ili utovarivača, sanduk vozila ili oprema za prihvat dizalice itd.) ispravi sa koeficijentom punjenja (k_{pu}) za pojedinu vrstu gradiva:

$$Q_c = q * k_{pu}$$

Učinak strojeva za zemljane radove izražava se ili kao **učinak "sraslo"** (odnosi se na neiskopano prirodno tlo ili stijenu) ili kao **učinak "rastresito"** (odnosi se na iskopani materijal). U tome je slučaju obujam po jednom radnom ciklusu slijedeći (pri čemu je (k_r) tzv. koeficijent rastresiti):

$$Q_c = q * k_{pu} * k_r \quad (m^3 \text{ "sraslo"})$$
$$Q_c = q * k_{pu} \quad (m^3 \text{ "rastresito"})$$

Koeficijent rastresitost (k_r) je obrnuto razmjeran od rastresitosti (r) -

$$k_r = 1 / r$$

Može se za pojednostavljeni grubi pristup proračunu učinka uzeti rastresitost (r) prema *Tablici 4.1.*

Tablica 4.1.

Materijal (gradivo)	Rastresitost (r)
suhi šljunak	1,10
mokri šljunak	1,20
suha glina, zemlja	1,25
vlažna glina	1,30
meka minirana stijena	1,35
tvrdna minirana stijena	1,55

U *Tablici 4.2.* navedeni su podaci gustoće i rastresitosti za neke vrste zemljanih i kamenih gradiva (prema priručnicima *Handbuch Grundlagen der Erdbewegung i Caterpillar Performance Handbook*).

Tablica 4.2.

Gradivo	Gustoća gradiva u prirodnom sraslom stanju prije iskopa (t/m ³)	Rastresitost (r) gradiva nakon iskopa	Gustoća gradiva u rastresitom stanju (t/m ³)
uslojena glina	2,02	+ 22% ili 1,22	1,65
kompaktna glina	2,01	1,21	1,66
vlažna glina	2,08 - 2,10	1,25 - 1,40	1,50 - 1,66
suha glina	1,64 - 1,84	1,23 - 1,40	1,17 - 1,48
kaolin	1,66	1,29	1,28
suha pjeskovita glina	1,66	1,17	1,42
vlažna pjeskovita glina	1,83	1,19	1,54
vlažna ilovača	1,60 - 1,66	1,25	1,28 - 1,383
suha ilovača	1,36	1,25	1,09
suha zemlja	1,66 - 1,90	1,25	1,33 - 1,52
vlažna zemlja	2,02 - 2,10 -	1,25 - 1,27	1,60 - 1,68
zemlja sa pijesakom	1,66	1,17	1,42
zemlja sa 25% kamena	1,96	1,25	1,57
suhi (nevezani) pijesak	1,60	1,13	1,42
vlažni pijesak	2,07	1,12	1,85
suhi pijesak i šljunak	1,93	1,12	1,72
vlažni pijesak i šljunak	2,23	1,10	2,03
suhi šljunak	1,69	1,12	1,51
suhi šljunak 6-50 mm	1,90	1,12	1,70
vlažni šljunak	2,34	1,10	2,13
vlažni šljunak 6-50mm	2,26	1,12	2,02
suhi zaglinjeni šljunak	1,66	1,17	1,42
vlažni zaglinjeni šljunak	1,84	1,19	1,54
trošna stijana(dolje)	1,96 - 2,28	1,24 - 1,42	1,58 - 1,96
75%stijena,25%zemlja	2,79	1,42	1,96
50%stijena,50%zemlja	2,28	1,33	1,71
25%stijena,75%zemlja	1,96	1,24	1,58
gips, sedra	2,58 - 3,17	1,30 - 1,75	1,81 - 1,98
boksit	1,90	1,33	1,43
vapnenac	2,61	1,69	1,54
mramor	2,73	1,67	1,63
pješčenjak	2,52	1,67	1,51
škriljevac	2,88	1,30	2,22
granit	2,67 - 2,73	1,50 - 1,64	1,66 - 1,78
bazalt	2,65 - 2,97	1,49	1,78 - 1,99
cement	1,76 (zbijeni)	1,20	1,47 (sipki)
beton	1,92 - 2,48 (stvrđnuti)	1,39	1,38 - 1,78 (razbijeni)

Navedeni podaci u *Tablici 4.2.* se u prosjeku donekle slažu i sa njemačkim standardom DIN 18300 (Auflockerungsfaktor f_A fuer Bodenklassen - ili koeficijent rastresitosti za kategorije tla) u kojemu se za –

- za kompaktne pijeske, nevezane miješane pijesake i šljunake, šljunake, nevezane krupne šljunke i slabo vezane šljunke daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,81 (rastresitost + 23% ili 1,23) koji proizlazi iz prosječne gustoće navedenih gradiva 1,86 t/m³ sraslo odnosno 1,51 t/m³ rastresito, odnosno za iste navedene gradivoae ali manje (srednje) kompaktne daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,88 (rastresitost oko + 14 ili 1,14) koji proizlazi iz prosječne gustoće takvih gradiva 1,72 t/m³ sraslo odnosno također 1,51 t/m³ rastresito,
- za kompaktne miješane slabo vezane pijeske i šljunke (sa sadržajem do 30% kamenja veličine komada do 0,01 m³), zatim za lapor, pjeskovitu glinu te ostala ilovasta i glinena tla (sa sadržajem do 30% kamenja veličine komada do 0,01 m³) daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,70 (rastresitost + 43% ili 1,43) koji proizlazi iz prosječne gustoće navedenih gradiva 1,92 t/m³ sraslo odnosno 1,34 t/m³ rastresito, odnosno za iste navedene gradivoae ali manje (srednje) kompaktne daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,79 (rastresitost oko + 27 ili 1,27) koji proizlazi iz prosječne gustoće takvih gradiva 1,71 t/m³ sraslo odnosno također 1,34 t/m³ rastresito,
- za kompaktnu kamenu drobinu, kršje (najviše 30% kamenja veličine komada do 0,01 m³) te kompaktna čvrsto vezana tla pomješana sa kršjem i kamenjem do 30% kamenja veličine komada do 0,01 m³ do 1,00 m³ daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,69 (rastresitost + 45% ili 1,45) koji proizlazi iz prosječne gustoće navedenih gradiva 2,11 t/m³ sraslo odnosno 1,45 t/m³ rastresito, odnosno za iste navedene gradivoae ali manje (srednje) kompaktne daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,84 (rastresitost oko + 19 ili 1,19) koji proizlazi iz prosječne gustoće takvih gradiva 1,73 t/m³ sraslo odnosno također 1,45 t/m³ rastresito,
- za stijenu daje prosječni koeficijent rastresitosti 0,60 (rastresitost + 67% ili 1,67) koji proizlazi iz njezine prosječne gustoće od 2,60 t/m³ sraslo odnosno 1,55 t/m³ rastresito, odnosno za iste navedene gradivoae ali manje (srednje) kompaktne daje prosječni koeficijent.

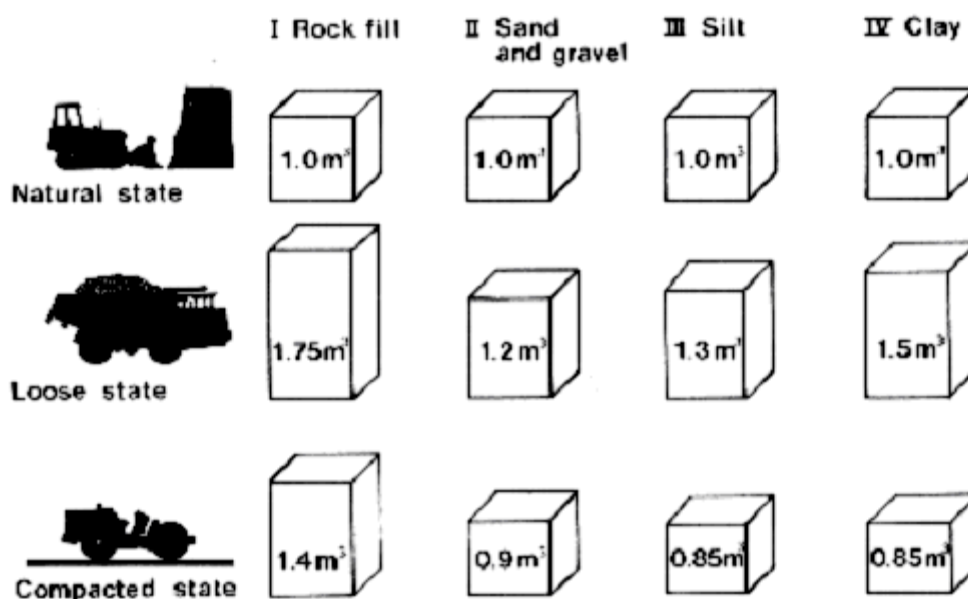


Fig. 10.9 Volumes of different types of fill materials in natural, loose and compacted state.

Slika 4.1.1. Pojednostavljene vrijednosti veličine obujma sraslo, rastresito i ugrađeno za za stijenu (kamen), šljunak i pijesak, prašinu i glinu prema knjizi *Lars Forssbald «Vibration soil and rock fill compaction»*.

4.2. Učinci standardnih građevinskih strojeva

Pri izboru i planiranju (programiranju) rada standardnih građevinskih strojeva i transportnih sredstava razmatra se, kao dovoljno za praktične inženjerske potrebe, tri temeljne kategorije radnih učinaka:

- **temeljni tehnički učinak stroja " U_t "** (to je najveći mogući tehnički ili tzv. "**teorijski**" učinak građevinskog stroja u idealnim uvjetima rada na idealnoj putanji rada sa idealnim obilježjima gradiva – odnosno sa neodređenim gradivom bez posebnih obilježja - a sve u smislu njegove koncepcije rada i iz toga proizišlih konstruktivnih obilježja samoga stroja),
- **planski učinak stroja " U_p "** (to je planirani učinak za pretpostavljane uvjete rada građevinskog stroja pa se često naziva potrebni "**praktički**" učinak; također je to i normativni učinak jer se njegova prosječna vrijednost nalazi u priručnicima odnosno knjigama "građevinskih normi"),
- **mjereni učinak " U_m " prilikom korištenja stroja.**

Planski učinak (U_p) je na neki način umanjeni "teorijski" učinak stroja (U_t) glede pretpostavljenih ili zadanih uvjeta u kojima se planira raditi sa određenim strojem, a koji su daleko teži i složeniji od idealnih uvjeta rada koji određuju "teorijski" učinak stroja (U_t). "Teorijski" učinci građevinskih strojeva računaju se na bilo koji način - u krajnjem slučaju putem statističke obrade podataka mjerenih učinaka (U_m). Kao "teorijski" učinak može se također uzeti **nazivni** (instalirani) **učinak stroja** ili onaj koji je naveden u propadnoj tehničkoj ili sličnoj dokumentaciji. Mjereni učinak (U_m) dobije se praćenjem ostvarenih učinaka tijekom rada građevinskog stroja na određenom gradilištu i određenom poslu. Odnosi pojedinih kategorija učinaka najčešće su sljedeći:

$$U_p \leq U_t$$
$$U_p \Leftrightarrow U_m$$

Umanjenje "teorijskog" učinka stroja (U_t) prilikom proračuna planskog učinka (U_p) provodi se pomoću koeficijenta ispravke "teorijskog" učinka (k_i) odnosno:

$$U_p = k_i * U_t$$

pri čemu se najčešće pretpostavlja da je $k_i \leq 1,00$.

Koeficijentom ispravke "teorijskog" učinka (k_i) valjalo bi obuhvatiti sve one pretpostavke stanja i uvijeta strojnog rada koje bi mogle utjecati na planirani radni učinak (U_p) stroja kao primjerice:

- utjecaj vrste i stanja gradiva na rad stroja,
- predviđeni organizacijski i tehnološki odnos sa drugim strojevima,
- utjecaj neposrednih obilježja radnog prostora na rad stroja,
- uvjeti putanje kretanja stroja,
- utjecaj ukupnih prilika organizacije građenja i gradilišta,
- uvjeti rukovođenja građenjem,
- tehničko održavanje i opsluživanje (servisiranje) stroja,
- gubici radnog vremena u strojnom radu (organizacijski, tehnološki, radni, zbog klime itd.),
- starost (dotrajalost, održavanost) stroja, itd.

Puno je činioca koji utječu na učinkovitost u radu nekog građevinskog stroja odnosno utječu na iskorištenje njegova nazivnog kapaciteta ili mogućeg tehničkog ("teorijskog") učinka. Za praktične inženjerske potrebe zadovoljavajuća metodologija planiranja ili proračuna planskog učinka pojedinačnog stroja pretpostavlja da je koeficijent ispravke "teorijskog" učinka (k_i) -

$$k_i = k_o * k_p$$

gdje je:

- " k_o " umnožak općih koeficijenata korekcije "teorijskog" učinka i on je isti za sve strojeve koji rade u okviru nekog tehnološkog procesa ili gradilišta (tzv. **opći koeficijent korekcije " U_t "**).
- " k_p " je umnožak posebnih koeficijenata korekcije "teorijskog" učinka i on se pretpostavlja različit za pojedine vrste strojeve koji rade u okviru nekog tehnološkog procesa ili gradilišta (tzv. **posebni koeficijent korekcije " U_t "**).

Opći koeficijent korekcije (k_o) "teorijskog" učinka obuhvaća tri temeljne kategorije čimbenika koje utječu na pretpostavku iskorištenja mogućeg "teorijskog" učinka stroja:

- organizaciju i upravljanju odnosno rukovođenje radovima te stanje gradilišta i radova glede pretpostavke objektivnih organizacijskih, tehnoloških, prirodnih i društvenih okolnosti u kojima se izvode radovi tj. provodi strojni rad.
- iskorištenje radnog vremena strojnog rada,
- starost, dotrajalost ili stanje u smislu održavanosti stroja.

U smislu prethodno navedenog može se pretpostaviti da je:

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

gdje je:

- " k_{og} " koeficijent ispravke "teorijskog" učinka koji obuhvaća pretpostavku glede uvjeta organizacije građenja i strojnog rada (tzv. **koeficijent organizacije strojnog rada**),
- " k_{rv} " koeficijent ispravke "teorijskog" koji obuhvaća pretpostavku iskorištenja radnog vremena (tzv. **koeficijent radnog vremena**),
- " k_{ds} " koeficijent ispravke "teorijskog" učinka koji obuhvaća pretpostavku glede starosti odnosno stanja i održavanosti strojeva (tzv. **koeficijent dotrajalosti strojeva**).

Za **koeficijent organizacije** (k_{og}) (tzv. "job efficiency") mogu se uzeti vrijednost iz **Tablice 4.3.** prema priručniku tvrtke Komatsu (jednog od najvećih svjetskih proizvođača građevinskih strojeva posebice za zemljane rasdove) glede pretpostavljenih uvjete strojnog rada i uvjete organizacije njihova održavanja.

Tablica 4.3.

Uvjeti strojnog rada	Održavanje strojeva				
	izvrsno	dobro	uobičajeno	loše	nezdovoljavajuće
jako dobri	0,84	0,81	0,76	0,70	0,63
dobri	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
uobičajeni	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
loši	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
nezadovoljavajući	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Međutim u slijedećem priručniku iste tvrtke izvršeno je pojednostavljenje pa su u njemu nalaze četiri vrijednost **koeficijenta organizacije** (k_{og}) za pojedine vrste standardnih građevinskih strojeva i vozila za zemljane radove a što se vidi u **Tablici 4.4. na slijedećoj stranici**. Pri tomu se ne uzima u obzir održavanje strojeva nego samo uvjeti strojnog rada.

Tablica 4.4.

Uvjeti strojnog rada	Vrsta građevinskog stroja za zemljane radove				
	dozer	utovarivač	bager utovar	bager iskop	damper
dobri	0,83	0,83	0,83	0,83	0,80
prosječni	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
loši	0,75	0,75	0,75	0,67	0,60
nezadovoljavajući	0,70	0,70	0,70	0,58	0,50

Koeficijent korekcije radnog vremena (k_{rv}) daje odnos između planiranog efektivnog radnog vremena i mogućeg ukupnog radnog vremena stroja. Može se (k_{rv}) uzeti za pretpostavku objektivno mogućeg korištenja radnog vremena prema **Tablici 4.5.**

Tablica 4.5.

odlično korištenje radnog vremena	$k_{rv} = 0,92$ (efektivni rad od 55 minuta na sat)
dobro korištenje radnog vremena	$k_{rv} = 0,84$ (efektivni rad 50 minuta na sat)
slabo korištenje radnog vremena	$k_{rv} = 0,75$ (efektivni rad 45 minuta na sat)

Koeficijent dotrajalosti stroja (k_{ds}) omogućava planiranje vrijednosti pojedinačnog učinka stroja u smislu pretpostavke njegove **pouzdanosti**.

Pouzdanost, ovisno od namjene strojeva i uvjeta njihova rada, ima više značenja i svojstava kao primjerice rad bez kvarova, trajnost, prilagodljivost, pogodnost održavanja itd. Pouzdanost pojedinog stroja kao tehničke cjeline ili tehničkog sustava za sebe ovisi o pouzdanosti funkcioniranja njegovih sklopova, podsklopova i dijelova kao i o određenosti njihova međudjelovanja te odnosa i veza među njima.

Struktura strojnog sustava kao način povezivanja dijelova bitno utječe na njegovu pouzdanost. Standardni građevinski strojevi uglavnom imaju strukturu sklopova i ostalih dijelova sa serijskom vezom što znači da kvar jednog od njih onemogućava rad čitavog stroja. Prema tome stroj može biti samo u dva stanja: ili u kvaru ili u radu. Pojam "u radu" obuhvaća slučaj -

- kada je stroj ispravan a ne radi iz bilo kojeg drugog razloga uglavnom organizacijske prirode,
- kada stroj radi,
- kada stroj radi sa smanjenim kapacitetom zbog djelomične tehničke neispravnosti koja bitno ne utječe na mogućnost njegove funkcije (primjerice neke vibracije, propuštanje vodova transmisije, nedostaci radnog alata itd.),

pa se može za stroj reći da je ili u ispravnom stanju odnosno ispravan ili u neispravnom stanju odnosno neispravan.

Na temelju tih pretpostavki i pretpostavke da je navedeno ukupno vrijeme funkcioniranja stroja dovoljno veliko određenom «matematikom» dolazi se do izraza tzv. koeficijenta spremnosti (u literaturi se zove još koeficijent gotovosti ili koeficijent eksploatacijske pouzdanosti) koji pokazuje vjerojatnost s kojom je stroj, ovisno o godinama njegove starosti, spreman odnosno pouzdan za rad. U slučaju ovdje razmatrane metodologije utvrđivanja planskog učinka on je nazvan koeficijentom dotrajalosti stroja (k_{ds}) i dobija se:

$$k_{ds} = m / (l + m)$$

$$l = 1 / f_{ks}$$

$$m = 1 / f_{ps}$$

gdje je:

- " l " učestalost kvarova stroja,
- " m " učestalost popravaka stroja,
- " f_{ks} " očekivano vrijeme do kvara stroja odnosno očekivano vrijeme spremnosti stroja za rad odnosno očekivano vrijeme između kvarova (prosjeck mjenjenih vremena),
- " f_{ps} " očekivano vrijeme potrebno za popravak stroja (prosjeck mjenjenih vremena).

Učestalost kvarova ili neispravnog stanja je glavni i općenito najrašireniji pokazatelj pouzdanosti rada strojeva općenito pa tako i standardnih građevinskih strojeva. Pri tome se učestalost kvarova pojednostavljeno utvrđuje kao očekivani broj kvarova stroja u određenom razdoblju. To je statistička veličina do koje se dolaz na temelju slijedećih pretpostavki:

- već navedeno: stroj može biti ili ispravan ili u kvaru,
- kao tehnički sustav stroj se sastoji od dijelova odnosno sastavnica koje također mogu biti ili ispravne ili neispravan pri čemu kod standardnih strojeva kvar nekog bitnog dijela ili sklopa znači kvar stroja kao tehničke cjeline odnosno sustava,
- stroj je tehnički sustav koji se održava odnosno popravljiva a što vrijedi i za njegove dijelove odnosno sastavnice,
- vrijeme funkcioniranja do kvara bilo koje sastavnice stroja a time i njega kao cjeline je *kontinuirana slučajna varijabla* što znači da do kvara može doći u bilo kojem trenutku vremena,
- navedene slučajne varijable su statistički nezavisne.

Istraživanja su pokazala da se koeficijent dotrajalosti građevinskih strojeva (k_{ds}) kao empirijska funkcija vremena starosti stroja može u praktične svrhe aproksimirati linearnom regresivnom funkcijom. Kao prihvatljive mogu se uzeti vrijednost prikazane dalje u **Tablici 4.6.** (prema Tehničkim normativima GP Hidrolektra):

Tablica 4.6.

Stanje stroja	sati u eksploataciji	koeficijent " k_{ds} "
novi stroj	do 2.000	1,00
očuvani stroj	od 2.000 do 4.000	0,91
dotrajali stroj	preko 4.000	0,80

Proračun učinka transportnih sredstava, posebice kamiona kiperu, može se pojednostaviti. Naime, kako su zbog prirode svoga posla obvezatne stalne kontrole stanja transportnih sredstva (godišnji tehnički pregledi i registracija vozila, obvezatni periodički pregledi te ispitivanja vozila i posebice dizalica u pogledu pouzdanosti nekih njihovih ključnih konstruktivnih dijelova i elemenata kao primjerice kuka, užadi,

kočnica, signalnih uređaja itd.) to su ta sredstva uglavnom uvijek dobro održavana te se u načelu kod proračuna njihova učinka može uzeti koeficijent dotrajalosti $k_{ds} = 1,00$.

Uvođenjem koeficijenta dotrajalosti (k_{ds}) planirani učinak (U_p) standardnog građevinskog stroja koji ciklički radi proračunava se tako da je -

$$U_p = k_o * k_p * U_t$$
$$U_p = k_o * U_o$$
$$U_p = (k_{og} * k_{rv} * k_{ds}) * k_p * U_t$$

Posebni koeficijent ispravke "teorijskog" učinka (k_p) odnosi se na pojedine vrste standardnih građevinskih strojeva i obuhvaća čimbenike koji uzimaju u obzir uticaj neposredne okoline i gradiva, od slučaja do slučaja, na njihov rad, te umanjuju "teorijski" učinak svake pojedine vrste strojeva za sebe glade:

- pretpostavljenog stanja gradiva,
- manevarskih uvjeta,
- uvjeta kretanja,
- ostalih uvjeta koji nisu uzeti u obzir kod utvrđivanja "teorijskog" učinka stroja, itd.

On je također složen od više podkoeficijenata i uglavnom je drugačijeg sastava za svaku vrstu građevinskih strojeva.

Posebni koeficijenti korekcije (k_p) "teorijskog" učinka (U_t) kod proračuna učinka transportnih sredstava se uglavnom ne uzima u obzir jer stanje materijala koje se prenosi bitno ne utječe na njihov radni učinak posebice što su ta sredstva svojim oblikom, konstrukcijom i načinom rada prilagođena pojedinim vrstama i stanjima resursa koja premještaju. Manevarske sposobnosti transportnog sredstva su također njegove temeljna radna obilježja koja mu omogućavaju traženu tehničku učinkovitost u radu. Tako na kraju prozlaži da je kod proračuna radnih učinka transportnih sredstava planski učinak slijedeći:

$$U_p = k_{og} * k_{rv} * U_t \quad (\text{t/sat}) \text{ ili } (\text{m}^3/\text{sat}) \text{ ili } (\text{kom/sat}) \text{ itd.}$$

Spomenuti **koeficijent punjenja (k_{pu})** se može kao čimbenik proračuna pojedinačnog planskog učinka smjestiti među prethodno spomenute posebne koeficijente ispravke "teorijskog" učinka ili ga se može uključiti u "teorijski" učinak na taj način da se uzme prilikom proračuna količine odnosno mase učinka po jednom ciklusu: $Q_c = q * k_{pu}$, gdje je, kako je već rečeno, (q) konstruktivni obujam odnosno masa zahvata radnog dijela ili alata stroja a (k_{pu}) koeficijent punjenja koji može biti ili veći od jedan (punjenje "povrh") ili jedan (normalno punjenje) ili manji od jedan (punjenje ispod "normale"). Bolje ga je smjestiti u proračun "teorijskog" učinka i smatrati da je pri tome proračunu tada dobijen idealni temeljni tehnički učinak stroja na radu u određenom prirodnom resursu ili sa određenom vrstom gradiva.

Na kraju ovog poglavlja valja istaći da postoji određena **razlika između radnog učinka pojedinog transportnog sredstava** posebice **učinka pojedinog vozila i učinka jednog vozila koje radi unutar grupe vozila**. Učinak grupe ili više vozila nije uvijek jednak najvećem mogućem zbroju učinaka pojedinih vozila. Naime, prilikom prometovanja više vozila može doći u nekim slučajevima do pojave redova u kojima ona, primjerice, čekaju na utovar (tzv. redovi čekanja) posebice ako postoji nesrazmjer (premalu) utovarnih sredstava prema broju (previše) vozila čime se smanjuje najveći mogući učinak pojedinog vozila. Postoji **optimalni odnos broja utovarnih sredstava i broja vozila** koji međusobno povezani u radu daju **najveći mogući učinak kao grupa strojeva i vozila**. **Optimalni odnos broja utovarnih sredstava i vozila se može shvatiti kao onaj koji omogućava neprekinuti rad utovarnih sredstava i neprekinuti ciklički rad vozila bez njihova čekanja na utovar.**

Ovdje se daje metodologija proračuna učinaka standardnih građevinskih transportnih sredstava odnosno posebice vozila iznosi kao proračun učinka pojedinačnog vozila uobičajenim inženjerskim (determinističkim, "klasičnim") načinom proračuna.

5. Učinak standardnih građevinskih strojeva za zemljane radove

5.1. Učinak dozera na gusjenicama

Dozer je tipični građevinski stroj za zemljane radove. Osnovni zahvati koje izvodi su iskop tla ili trošne stijene struganjem pomoću njegova osnovnog alata tzv. *noža* (na prednjoj strani) *dozera*, transport iskopanog materijala guranjem te odlaganje materijala odnosno razastiranje i planiranje odloženog materijala. Pomoću *ripera*, kao pomoćnog alata učvršćenog sa stražnje strane dozera, može se izvoditi iskop i nekih vrsta prirodno dezintegriranih stijena njihovim prethodnim "ripanjem" (rijanjem, oranjem).



"Teorijski" učinak dozera računa se, temeljem činjenice njegova cikličkog rada, za pojedinu vrstu zemljanog ili kamenog građiva, a pri tome se obilježje toga građiva unose u proračun učinka preko tzv. *koeficijenta noža dozera* " k_n " i *koeficijenta rastresitosti* " k_r ". Tada se računom dobije temeljni tehnički ("teorijski") pojedinačni učinak (U_t) dozera na iskopu, guranju i odlaganju određene vrste suhog zemljanog građiva ili trošne stijene odnosno prethodno izminiranog kamenog građiva na ravnom, širokom i preglednom terenu u optimalnim uvjetima organizacije radova na održavanju strojeva.

$$U_p = k_i * U_t \quad (\text{m}^3/\text{sat} - \text{"sraslo" ili "rastresito"})$$

$$k_i = k_o * k_p$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp} * k_{nt}$$

$$U_t = n_c * Q_c$$

$$n_c = (60 / t_c) \quad (t_c \text{ u minutama})$$

$$Q_c = k_{pu} * q * k_r \quad (\text{obujam za učinak izražen "sraslo"})$$

$$Q_c = k_{pu} * q \quad (\text{obujam za učinak izražen "rastresito"})$$

$$k_{pu} = k_n * k_g$$

gdje posebni koeficijenti ispravke "teorijskog" učinka sačinjavaju -

- " k_{vm} " *koeficijent vlažnosti građiva* (isto kao kod bagera i utovarivača),
- " k_{rp} " *koeficijent radnog prostora* (isto kao kod bagera i utovarivača),
- " k_{nt} " *koeficijent nagiba terena*,

kao kao ključni čimbenici onih obilježja građiva i uvjeta rada koji u najvećoj mogućoj mjeri djeluju na ukupni učinak dozera.

Koeficijent vlažnosti građiva " k_{vm} " može se pretpostaviti prema *Tablici 5.1.1.*

Tablica 5.1.1.

Materijal (građivo)	" k_{vm} "
mokar čisti kamen	0,95
mokar čisti šljunak i pijesak	0,93
mokra zemlja	0,80 - 0,95
mokra ljepljiva zemlja	0,67 - 0,71
mokra ljepljiva trošna stijena ili glina	0,30

Koeficijent radnog prostora " k_{rp} " može se pretpostaviti -

- u slučaju rada u *slobodnom preglednom razmjernom širokom prostoru* oko *1,00*
- u slučaju rada u *razmjerno skućenom prostoru* oko *0,95* (radovi na iskopu u usjecima i uskim zasjecima, radovi na iskopu kana itd.).

Kod dozera se može također pretpostaviti da nagib terena za svaki stupanj uspona smanjuje njegov radni učinak za 3% a da svaki stupanj pada povećava radni učinak za 6%. U tom slučaju **koeficijent nagiba terena "k_{nt}"** iznosi:

$$k_{nt} = 1 - (n_o \uparrow * 0,03)$$

$$k_{nt} = 1 + (n_o \downarrow * 0,06)$$

Za tzv. **koeficijent noža dozera "k_n"** mogu se uzeti vrijednosti navedene u donjoj **Tablici 5.1.2.**:

Tablica 5.1.2.

Vrsta iskopa	"k _n "
laki iskop	0,95 do 1,00 (i više!)
srednji iskop	0,80 do 0,90
srednje tvrdi iskop	0,65 do 0,80
tvrdi iskop	0,40 do 0,65

Navedeni laki iskop bi se odnosio na iskop uglavnom suhih i sitnijih rastresenih nekoherentnih i koherentnih gradiva kao što je pijesak, sitan šljunak, pijeskovita ilovača, rastresiti suhi zemljasti materijali itd. Srednji iskop bi obuhvatio iskop tvrdih gradiva kao što je suha ili manje vlažna ilovača, krupni šljunak, zbijena zemlja, neke vrste mekih trošnih stijena i sl. Srednje tvrdi iskop obuhvatio bi iskop nekih vrsta stijena koja se lako miniraju kao primjerice vapnenac i sl. Tvrdi iskop bi obuhvatio miniranu stijenu u blokovima ili pločama, zatim istu stijenu pomiješanu sa drugim sitnijim gradivoima, zatim slabo minirane piješčenjake, konglomerate i sl., zatim tvrde ili plastične ilovače i gline itd.

Koeficijent "**k_g**" ili tzv. **koeficijent gubitka gradiva ispred noža dozera** pretpostavlja gubitak iskopanog materijala prilikom njegova guranja. Uzima se najčešće da je gubitak negdje oko 0,5 % (0,005) po jednom metru dužnom guranja iskopanog gradiva odnosno -

$$k_g = 1 - 0,005 * l_g$$

gdje je "**l_g**" duljina guranja gradiva na kojoj dozer izvodi iskop, guranje i odlaganje (razastiranje) zemljanog gradiva ili ustvari duljina njegova ukopnog rada (**l_r**). Iz navedenog se može zaključiti da dozer ustvari na duljini rada od 100 m izgubi oko 50% iskopanog gradiva i da je to granica njegove učinkovite primjene.

Konstruktivani obujam zemljanog ili izminiranog kamenog gradiva "**q**", koji dozer kopa i gura pred sobom, pretpostavlja pojednostavljeno za praktične potrebe proračuna učinka kao kvadar čije je visina ustvari širina "**l_{snd}**" noža dozera a širina osnove ustvari visina noža "**h_{vnd}**" dozera -

$$q = h_{vnd}^2 * l_{snd}$$

Trajanja vremena jednoga radnog ciklusa dozera obuhvaća zajedno **put "l" i vrijeme "t"** -

- **iskopa (l_i; t_i),**
- **guranja (l_g; t_g) i**
- **odlaganja odnosno razastiranja ili planiranja (l_o; t_o) zemljanog gradiva te**
- **povratak (t_p; t_p) kao i**
- **odgovarajuće manevre "t_m" prilikom polaska i povratka,**

što znači da je:

$$t_c = t_i + t_g + t_o + t_p + (2 * t_m)$$

$$t_i = (l_i / v_i)$$

$$t_g = (l_g / v_g)$$

$$t_o = (l_o / v_o)$$

$$t_p = (l_p / v_p)$$

gdje je osim prije navedenog:

- " v_i " brzina dozera prilikom iskopa,
- " v_g " brzina dozera prilikom guranja,
- " v_o " brzina dozera odlaganja odnosno razastiranja ili planiranja.

uz napomenu da je u jednom radnom ciklusu u načelu (vidi dolje grafiku *Slike 5.1.1.*) duljina rada (l_r) po jednom ciklusu jednaka duljini povratka (l_p):

$$l_r = l_i + l_g + l_o = l_p$$

iskop \Rightarrow	guranje \Rightarrow	odlaganje \Rightarrow
\Leftarrow povratak		
⊗ manevar vrijeme manevra " tm "		manevar ⊗ vrijeme manevra " tm "
$l_r = l_i + l_g + l_o = l_p$ do oko 100 m najviše \Rightarrow •		
duljina iskopa " l_i "	duljina doziranja " l_d " ($l_d = l_g + l_o$)	
duljina iskopa " l_i "	duljina guranja " l_g " gubici - do oko 0,5 % po m1	duljina odlaganja " l_o "
brzina iskopa " v_i " do oko 3 km/sat	brzina guranja " v_g " do oko 6 km/sat	brzina odlaganja " v_o " oko 9 km/sat
vrijeme iskopa " t_i " $t_i = l_i / v_i$	vrijeme guranja " t_g " $t_g = l_g / v_g$	vrijeme odlaganja " t_o " $t_o = l_o / v_o$
duljina povratka " l_p " = duljina radnog ciklusa dozera " l_r "		
brzina povratka " v_p " - do oko 12 km/sat, vrijeme povratka " t_p " ($t_p = l_p / v_p$)		
vrijeme ciklusa " t_c " ($t_c = t_i + t_d + t_p + \Sigma tm = t_i + t_g + t_o + t_p + \Sigma tm$)		

Slika 5.1.1. Ciklički način rada dozera na iskopu, guranju i odlaganju gradiva

Duljina iskopa dozerom " l_i " izračuna se tako da se obujam " q " iskopanog rastresitog zemljanog ili miniranog kamenog gradiva koji dozer kopa i gura pred sobom (pretpostavlja se pojednostavljeno, kako je već navedeno, kao kvadar obujma " $q = h_{vnd}^2 * l_{snd}$ ") izjednači sa obujmom iskopa sraslog tla i li stijene na duljini iskopa " l_i ", na širini iskopa " l_{snd} " (jer je to ustvari širina noža dozera) i dubini iskopa (debljini rezanja) tla ili minirane stijene dozerom d_{id} , odnosno –

$$q = h_{vnd}^2 * l_{snd} = l_i * l_{snd} * d_{id} * r = l_i * l_{snd} * d_{id} * (1 / k_r)$$

iz čega proizlazi -

$$l_i = h_{vnd}^2 / (d_{id} * r) \quad \text{ili} \quad l_i = (h_{vnd}^2 * k_r) / d_{id} \quad \text{ili} \quad l_i = q / (l_{snd} * d_{id} * r) \quad \text{ili} \quad l_i = (q * k_r) / (l_{snd} * d_{id})$$

Često se, radi pojednostavljenja proračuna "teorijskog" učinka dozera, put i vrijeme guranja (l_g) te odlaganja odnosno razastiranja ili planiranja (l_o) objedinjuju zajedno u tzv. "doziranje" (l_d), pa je tada:

$$t_c = t_i + t_d + t_p + (2t_m)$$

gdje je

$$t_d = t_g + t_o$$

Kao vrijednost -

- brzine iskopa dozera " v_i " uzima se do 3 km/sat (prosjek prve brzine kretanja naprijed),
- brzine guranja dozera " v_g " uzima se od 3 km/sat do 6 km/sat (prosjek druge brzine kretanja naprijed),
- brzine odlaganja dozera " v_o " uzima se od 6 km/sat do 9 km/sat (prosjek treće brzine kretanja naprijed),
- brzine povratka " v_p " do 12 km/sat (prosjekna vrijednost svih brzina unatrag).

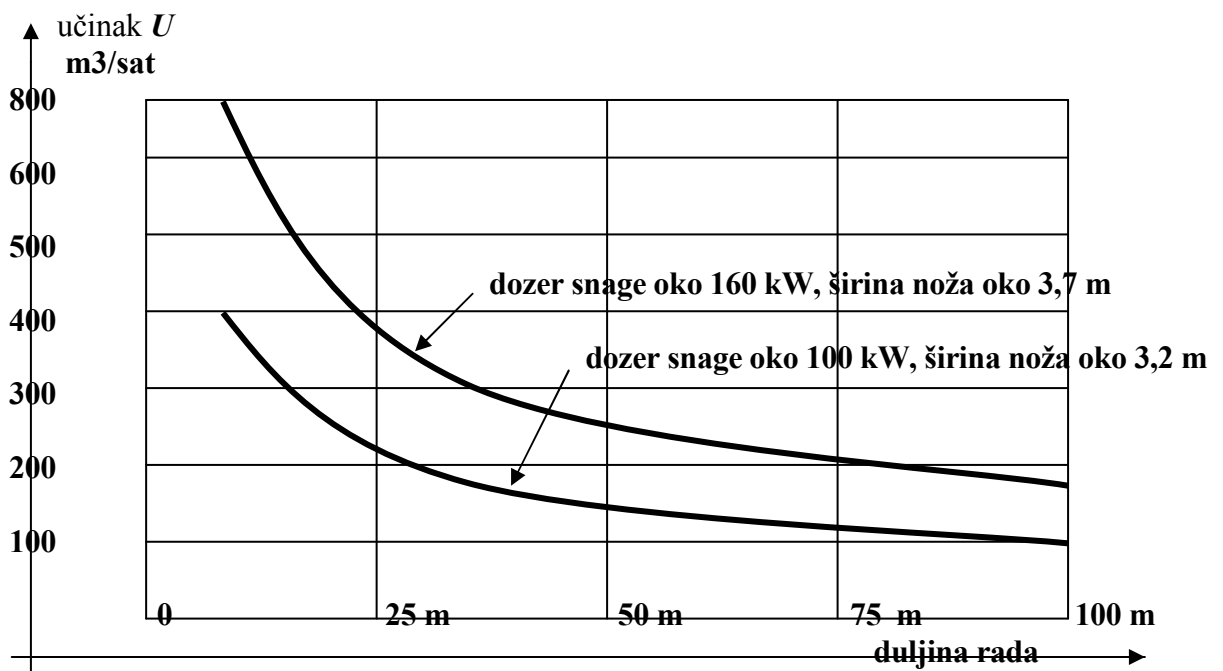
Navedene vrijednosti za brzine dozera mogu se uzeti uvjetno kao orijentacijske vrijednosti i valjalo bi ih provjeriti u stvarnim radnim uvjetima na radilištu.

Najveća duljina učinkovitoga rada dozera je do oko 100 m jer su preko te daljine gubici ispod i sastrane noža veliki odnosno oko 50% iskopane količine rastresitog zemljanog gradiva (prethodno je to obrazloženo kod razmatranja "k_g" za dozer). Duljina iskopa dozera kreće se najviše do oko 15 m, što ovisi o tipu odnosno vrsti i veličini njegova noža. Naime, treba istaći da se za razne vrste zemljanih materijala i razne vrste radova u njima upotrebljavaju razne vrste dozerskih noževa (tzv. univerzalni zatvoreni "U" ili poluuniverzalni odnosno poluzatvoreni "SU" ili ravni "S" nož dozera ili kombinacija navedenih - *Slika 5.1.2.*).



Slika 5.1.2. tzv. "U"- zatvoreni nož dozera (veliki dozer lijevo), tzv. "SU"- poluzatvoreni odnosno poluravni nož dozera (desno) i tzv. "S" ravni nož dozera (mali dozer lijevo)

Kako dozer izvodi iskop i guranje (doziranje) u određenom rasponu duljine rada, to njegov pojedinačni učinak nema jednu nego niz vrijednosti u tom rasponu. Na taj se način proračunom dobivaju krivulje učinka dozera u pojedinoj vrsti zemljanog gradiva (*Slika 5.1.3.*).



Slika 5.1.3 Prikaz krivulja učinka dozera sa "SU" nožem (prema priručniku tvrtke Caterpillar)

5.2. Učinak hidrauličnih bagera s jednom lopatom

Bageri su velika grupa raznovrsnih strojeva za iskop tla i trošne stijene uz istovremeni utovar iskopanog materijala u bilo koju vrstu transportnih sredstva. Dije se u bagere sa jednim krakom i jednom lopatom koji rade u ciklusima, bagere sa više lopata ili vjedrica (bageri vjedričari) koji izvode neprekidni iskop te bagere bez lopata ili vjedrica (bageri vjedričari te neke vrste rovokopača ili trenčera, zatim bageri sisavci ili refuleri itd.) koji također izvode neprekidni iskop.



Bageri sa jednim krakom i jednom lopatom dijele se na bagere sajljaše te hidraulične bagere sa lomljivim ili teleskopskim krakom. Najviše i najčešće se u građenju rabe **standardni hidraulični građevinski bageri sa jednim lomljivim krakom i jednom lopatom**. Stoga je velika ponuda takovih bagera i po snazi i po veličini i po mogućim radnim učincima kao tipičnih građevinskih strojeva za raznovrsne zemljane radove. Ovi hidraulični građevinski bageri mogu biti na gusjenicama (to su srednji do teški bageri srednje do velike snage i tome odgovarajućeg srednjeg do velikog radnog učinka) ili na kotačima (to su uglavnom laki bageri manje snage i manjeg radnog učinka). U bagere na kotačima pripadaju također autobageri sa teleskopskim krakom.

Pojedinačni učinak standardnih hidrauličnih bagera sa jednim krakom odnosno sa jednom lopatom **na iskopu zemljanih (koherentnih) i sličnih kamenih (nekoherentnih, aluvijalnih) materijala** dobije se također na temelju činjenice njegova cikličkog rada. Na radni učinak ovih bagera posebice utječe kut njegova okretanja od položaja zahvata gradiva do položaja istovara iz lopate. Stoga se u načelu "teorijski" učinak bagera računa odnosno iskazuje za kut okretanja bagera prilikom njegova rada (iskopa i utovara odnosno privremenog odlaganja) od oko 90°.

Vrijeme jednog ciklusa " t_c " rada hidrauličnog bagera sa jednom lopatom ide najviše do jedne minute što ovisi posebice o tome kako bager radi: ili sa **dubinskom lopatom** (što znači da glavninu iskopa izvodi ispod razine na kojoj stoji bager) ili sa **utovarnom (čeonom) lopatom** (što znači da glavninu iskopa izvodi iznad razine na kojoj stoji bager uz napomenu da se ovi bageri koriste uglavnom za utovar prethodno na bilo koji način iskopanog gradiva).

$$U_p = k_i * U_t \quad (\text{m}^3/\text{sat} - \text{"sraslo" ili "rastresito" ovisno o } Q_c)$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp} * k_{uv} * k_{kz}$$

$$U_t = n_c * Q_c$$

$$n_c = (60 / t_c) \quad (t_c \text{ u minutama})$$

$$n_c = (3600 / t_c) \quad (t_c \text{ u sekundama})$$

$$Q_c = k_{pu} * q * k_r \quad (\text{obujam za učinak izražen "sraslo"})$$

$$Q_c = k_{pu} * q \quad (\text{obujam za učinak izražen "rastresito"})$$

gdje je q **konstruktivni obujam lopate ili utovarne lopate bagera**.

Posebni koeficijenti ispravke "teorijskog" učinka jesu -

- " k_{vm} " **koeficijent vlažnosti gradiva** (isto kao kod dozera i utovarivača),
- " k_{rp} " **koeficijent radnog prostora** (isto kao kod dozera i utovarivača),
- " k_{uv} " **koeficijent utovara u vozilo**,
- " k_{kz} " **koeficijent radnog kuta zaokreta bagera**.

Koeficijent vlažnosti gradiva " k_{vm} " i koeficijent radnog prostora " k_{rp} " može se pretpostaviti kao kod dozera prema **Tablici 5.1.1**, odnosno opisu uvjeta radnog prostora.

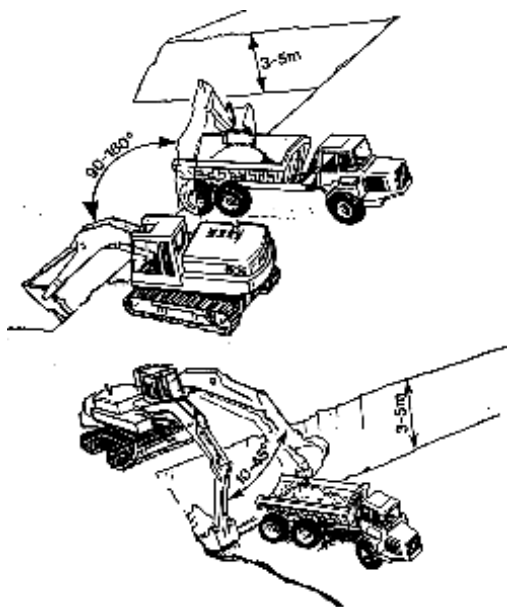
Koeficijent utovara " k_{uv} " može se pretpostaviti -

- oko **1,00** ako se ne tovari vozilo nego se gradivo odlaže iza ili sastrane bagera, zatim
- oko **0,91** ako se tovari (za utovar) **pogodno vozilo** odnosno
- oko **0,83** ako se tovari (za utovar) **nepogodno vozilo**.

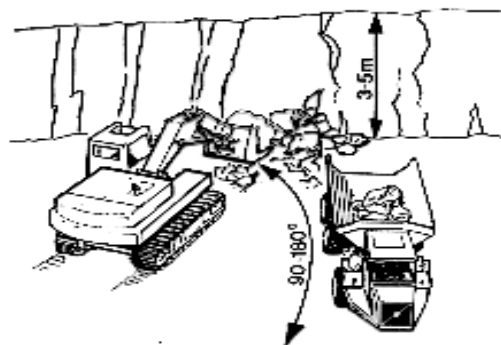
Koeficijent ispravke "teorijskog" učinka bagera glede kuta njegova okretanja prilikom rada " k_{kz} " uzima se 1,00 za 100% iskorištenja optimalne visine radnog čela bagera i kut okretanja prilikom rada 90°. Ukoliko se smanjuje kut okretanja učinak raste zbog skraćivanja radnog ciklusa bagera (" k_{kz} " je do 1,26 za kut 45°) a ukoliko se kut okretanja povećava učinak pada zbog produženja radnog cilusa bagera (" k_{kz} " je do 0,71 za kut 180°). Vidi dalje **Tablicu 5.2.1.**

Tablica 5.2.1.

Iskorištenje optimalne visine radnog čela bagera u postocima	Bager s jednom lopatom						
	Kut okretanja u stupnjevima						
	45°	60°	75°	90°	120°	150°	180°
	Korekcijski koeficijent (k_0)						
20%	0,93	0,89	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
40%	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,65
60%	1,16	1,07	1,00	0,94	0,84	0,75	0,68
80%	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100%	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71
120%	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140%	1,16	1,08	1,00	0,94	0,84	0,75	0,68
160%	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
180%	1,07	1,00	0,93	0,88	0,78	0,70	0,64
200%	1,03	0,96	0,90	0,85	0,75	0,67	0,62



Odnos u postocima od optimalne visine radnog čela pokazuje utjecaj korištenja visine radnog čela iskopa bagera na njegov učinak. Primjerice, ako je (prema dostupnim podacima iz radnog diagrama bagera, primjerice iz prospektne dokumentacije koja se najčešće daje u priručnicima vezanim na odoređeni proizvodni program bagera) optimalana dubina iskopa oko 5 m a dubina iskopa, opet primjerice, nekog rova ili kanala 4 m onda je iskorištenje optimalne visine radnog čela toga bagera u odnosu na dubinu iskopa 80 %.



Koeficijent punjenja " k_{pu} " radnog dijela stroja ili alata može se kod bagera može pretpostaviti prema donjoj **Tablici 5.2.2.** (vrijednosti i opis su isti kao kod dozera u **Tablici 5.1.2.**):

Tablica 5.2.2.

Vrsta iskopa	" k_{pu} "
laki iskop	0,95 do 1,00 i više
srednji iskop	0,80 do 0,90
srednje tvrdi iskop	0,65 do 0,80
za tvrdi iskop	0,40 do 0,65

Za vrijednost vremena radnog ciklusa hidrauličnog bagera mogu se koristiti razni izvori. U jednoj knjizi daju se primjerice slijedeća prosječna vremena radnog ciklusa hidrauličnog bagera sa jednom lopatom ili utovarnom lopatom (**Tablica 5.2.3** - vrijedi također isti opis vrste iskopa kao kod bagera odnosno dozera):

Tablica 5.2.3.

Vrsta iskopa	Obujam bagerske lopate (m ³)								
	0,38	0,57	0,75	0,95	1,15	1,53	1,91	2,30	3,06
	Vrijeme ciklusa u sekundama (T _c)								
laki iskop	20	24	24	24	24	24	26	29	32
srednje teški (srednji do srednje tvrdi) iskop	24	26	26	26	26	26	29	32	35
teški (tvrdi) iskop	32	35	35	35	35	35	38	40	40

U priručniku tvrtke Komatsu daju se prosječna temeljna (u priručniku nazvana "standardna") vremena ciklusa rada (u sekundama) pojedinih modela bagera prikazana u tablici 5.2.3. uz napomenu da se ovdje u svrhu općenitog korištenja podataka umjesto naziva modela bagera daje obujam njegove standardne lopate pri čemu valja istaći da bager može upotrebljavati nekoliko vrsta lopata u određenom rasponu konstruktivnog obujma- što je iskop teži to je lopata koja se rabi manjeg konstruktivnog obujma i uža):

Tablica 5.2.3.

Obujam standardne lopate bagera u m ³	Trajanje ciklusa u sekundama za kut okretanja bagera		
	45°	90°	180°
dubinska lopata (eng. "backhoes excavator")			
0,09 - 0,36	10	13	16
0,18 - 0,60 (0,76)	11	14	17
(0,18) 0,36 - 1,17	13(14)	16(17)	19(20)
0,57 - 1,34	14	17	20
0,52 - 1,80	15(16)	18(19)	21(22)
(0,96) 1,30 - 2,20	16	19	22
2,40 - 3,70 (4,3)	18	21	24
3,10 - 6,30	22	25	28
4,30 - 11,00	24	27	30
utovarna lopata (eng. "front shovels")			
1,30 - 2,20	16 - 20		
2,40 - 3,70	18 - 22		
3,10 - 6,30	20 - 24		
4,30 - 11,00	27 - 31		

U priručniku tvrtke Caterpillar daju se vremena ciklusa rada pojedinih modela bagera (vrijedi ista napomena kao za prethodnu tabelu) prikazana u "Tablici 5.2.4."

Tablica 5.2.4

Prostorna obilježja iskopa		Vrijeme ciklusa pojedinog slučaja radnih uvjeta bagera (vidi opis) u sekundama				
obujam lopate (m ³)	dubina iskopa (m)	A	B	C	D	E
bager sa dubinskom lopatom ("backhoes excavator") na iskopu uslojene zemlje						
0,28	1,50	12 - 14	14 - 16	16 - 18		19 - 22
0,45	1,50	11 - 14		16 - 18		20 - 22
0,52	1,80	12 - 14		16 - 18		20 - 22
0,63	1,80	14 - 15		16 - 19	16 - 19	21 - 24
bager sa dubinskom lopatom ("backhoes excavator") na iskopu tvrde gline						
0,80	2,30	13 - 15		18 - 21		23 - 26
0,102	3,20	15 - 17		18 - 22		24 - 28
0,11	3,20	13 - 16		18 - 22		24 - 28
0,14	3,40	14 - 17		20 - 23		26 - 29
2,10	4,00	15 - 18		23 - 28		35 - 41
1,90	4,20	14 - 17		22 - 27		33 - 40
2,80	5,20	15 - 18		23 - 28		35 - 44

U navedenoj tabeli prikazana su također iz istog priručnika za pojedine navedene modele bagera (odnosno obujam njihove standardne lopate) područja vremena trajanja radnog ciklusa za slijedeće slučajeve radnih uvjeta bagera -

- područje A)
 - donja granica: najbrža (teorijska) mogućnost (radnog ciklusa)
 - gornja granica: praktična najbrža (mogućnost radnog ciklusa)
 - opis radnih uvjeta u svezi vremena radnog ciklusa: laki iskop (rahla zemlja, pijeskoviti šljunak); iskop do oko 40% najveće moguće visine dohvata bagera; okretanje oko 30° ; istresanje na deponiju ili kamion u razini iskopa; nema ograničenja; dobar strojar;
 - ocjena: odlični (uvjeti rada)
- područje B)
 - opis radnih uvjeta u svezi vremena radnog ciklusa: srednji iskop (zbijena zemlja, tvrda suha glina, tlo koje sadrži do 25% stijenovitog kamenog gradiva); iskop do oko 50% najveće moguće visine dohvata bagera; okretanje do 60° ; istresanje na podužnu deponiju; mala ograničenja;
 - ocjena: iznad prosječni (uvjeti rada)
- područje C)
 - (granice daju) područje uobičajenog (vremena radnog ciklusa) - opis radnih uvjeta u svezi vremena radnog ciklusa: srednji do teški iskop (čvrsto zbijena tlo sadržaja preko 55% stijenovitog kamenog gradiva); iskop do oko 70% najveće moguće visine dohvata bagera; okretanje do 90° ; istresanje na kamion u razini bagera; - ocjena: prosječni (uvjeti rada)
- područje D)
 - opis radnih uvjeta u svezi vremena radnog ciklusa: tvrdi iskop (meka stijena ili tlo sadržaja preko 75% stijenovitog kamenog gradiva); iskop do oko 90% najveće moguće visine dohvata bagera; okretanje do 120° ; skućeni prostor istresanje; mala iskop iznad cjevovoda;
 - ocjena: ispod prosječani (uvjeti rada)
- područje E)
 - (granice daju) područje sporog (vremena radnog ciklusa)
 - opis radnih uvjeta u svezi vremena radnog ciklusa: iskop u čvrstom (piješčenjak, šejl, tvrdi vapnenac); iskop preko 90% najveće moguće visine dohvata bagera; okretanje preko 120° ; vrlo skućeni prostor istresanje u najvećij mjeri onemogućava bager (u radu); ljudi i ograničenja u području rada;
 - ocjena: teški (uvjeti rada)
 - opis radnih uvjeta u svezi vremena radnog ciklusa: iskop u čvrstom (piješčenjak, šejl, tvrdi vapnenac); iskop preko 90% najveće moguće visine dohvata bagera; okretanje preko 120° ; vrlo skućeni prostor istresanje u najvećij mjeri onemogućava bager (u radu); ljudi i ograničenja u području rada;
 - ocjena: teški (uvjeti rada)



Pomoću ovih vremena dobivenu vrijednost "teorijskog" učinka ne bi valjalo ispraviti za potrebe proračuna planskog učinka sa posebnim koeficijentima ("k_p") nego samo sa općim koeficijentom ("k_o") ispravke "teorijskog" učinka. Naime navedena vremena ciklusa obuhvaćaju pretpostavke uvjeta rada i obilježja gradiva koji bager kopa.

5.3. Učinak utovarivača na kotačima

Građevinski utovarivač je tipčno transportno sredstvo za utovar sipkih zemljanih, kamenih i ostalih sličnih materijala iako se uglavnom i najčešće u literaturi smještata među građevinske strojeve za zemljane radove. Utovarivač može biti gusjeničar ili zglobni utovarivač na gumenim kotačima.



Utovarivač gusjeničar ili dozer-utovarivač ujedinjuje tehnička i radna obilježja dozera i utovarivača. Stoga se njegov učinak računa ili kao učinak dozera ako vrši iskop i transport iskopanog materijala guranjem ili kao učinak zglobnog utovarivača na kotačima ako vrši utovar iskopanog materijala. Razlika između utovarivača gusjeničara i zglobnog utovarivača na kotačima je u duljini trajanja ciklusa utovara. Brzine kretanja utovarivača-gusjeničara su okvirno kao kod dozera dok je zglobni utovarivač na kotačima puno brži u kretanju prilikom utovara transportnih sredstava.

Proračun radnog učinka **zglobnog utovarivača na kotačima** sličan je proračunu radnog učinka bagera. Također se polazi od pretpostavke cikličkog načina njegova rada. Pri tome utovarivač ima tzv. "V" kretanje gdje izvodi zahvate punjenja utovarne lopate, podizanje lopate, hod unatrag sa zakretanjem, promjenu smjera sa hodom unaprijed uz zakretanje prema mjestu istovara, pražnjenje lopate, hod unatrag sa zakretanjem, promjenu smjera sa hodom unaprijed prema mjestu zahvata punjenja, ponovni zahvat gradiva (punjenje utovarne lopate) itd. Navedene operacije čine jedan ukupni ciklus rada utovarivača na temelju čega tada proizlazi njegov "teorijski" učinak (U_t).

$$U_p = k_i * U_t \quad (\text{m}^3/\text{sat} \text{ "rastresito"})$$

$$k_i = k_o * k_p$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp} * k_{uv}$$

$$U_t = n_c * Q_c$$

$$n_c = (60 / t_c) \quad (t_c \text{ u minutama})$$

$$Q_c = k_{pu} * q$$

gdje je q **konstruktivni obujam utovarne lopate utovarivača**.

Posebni koeficijenti ispravke "teorijskog" učinka su kao (većim dijelom) kod bagera (nema koeficijenta kuta zaokreta) -

- " k_{vm} " **koeficijent vlažnosti gradiva** (isto kao kod dozera i bagera),
- " k_{rp} " **koeficijent radnog prostora** (isto kao kod dozera i bagera),
- " k_{uv} " **koeficijent utovara u vozilo** (isto kao kod bagera).

Koeficijent vlažnosti gradiva " k_{vm} " i koeficijent radnog prostora " k_{rp} " može se pretpostaviti isti kao kod dozera odnosno bagera (prema **Tablici 5.1.1.** u poglavlju o dozeru odnosno opisu uvjeta radnog prostora u istom poglavlju).

Koeficijent utovara " k_{uv} " pretpostavlja se isti kao kod bagera (u poglavlju o bageru) uz također isti opis pripadnih uvjeta utovara u pogledu pogodnosti transportnog sredstva.

Koeficijent punjenja " k_{pu} " radnog dijela utovarne lopate (**Tablica 5.3.1**) može se pretpostaviti kao kod dozera (k_n - **Tablica 5.1.2.**) odnosno bagera (prema **Tablici 5.2.2.** u poglavlju o bageru) uz također isti pripadni opis vrste iskopa kao u poglavlju o dozeru (kao kod dozera).

Tablica 5.3.1. (ili 5.1.2. ili 5.2.2.)

Vrsta iskopa	" k_{pu} "
laki iskop	0,95 do 1,00 i više
srednji iskop	0,80 do 0,90
srednje tvrdi iskop	0,65 do 0,80
za tvrdi iskop	0,40 do 0,65

Za vrijednost vremena radnog ciklusa utovarivača na kotačima mogu se koristiti razni izvori. U načelu vrijeme jednog ukupnog ciklusa " t_c " rada utovarivača ide najviše do 1,5 minute. Što je utovarivač

snažniji odnosno ima veći obujam utovarne lopate to je trajanje jednog ciklusa dulje ali je veći i učinak zbog veće snage utovarivača u skladu sa obujmom utovarne lopate.

U priručniku tvrtke Caterpillar daju se vremena ciklusa rada utovarivača prikazana u **Tablici 5.3.2.**, a u priručniku tvrtke Komatsu daju se vremena jednog radnog ciklusa " t_c " utovarivača na utovaru gradiva prikazana u narednoj **Tablici 5.3.3.**

Tablica 5.3.1.

Konstruktivni obujam " q " utovarne lopate	Snaga utovarivača	vrijeme jednog ciklusa " t_c " u minutama
1,0 m ³ - 3,5 m ³	60 kW - 149 kW	0,45 - 0,50
3,5 m ³ - 5,3 m ³	164 kW - 205 kW	0,50 - 0,55
5,4 m ³ - 8,6 m ³	298 kW * 455 kW	0,55 - 0,60
9,6 m ³ - 20,0 m ³	515 kW * 932 kW	0,60 - 0,70

Tablica 5.3.2.

Obilježja utovara	Obujam utovarne lopate " q "		
	do 3 m ³	od 3,1 do 5 m ³	preko 5,1 m ³
	vrijeme ciklusa " t_c " u minutama		
laki	0,45	0,55	0,65
prosječni	0,55	0,65	0,70
razmjerno teški	0,70	0,70	0,75
teški	0,75	0,75	0,80

Navedeni laki utovar odnosio bi se na utovar uglavnom suhих i sitnijih rastrešenih nekoherentnih i koherentnih gradiva kao što je pijesak, sitan šljunak, pijeskovita ilovača, rastresiti suhi zemljasti materijali itd. Prosječni utovar obuhvatio bi utovar tvrdih gradiva kao što je suha ili manje vlažna ilovača, krupni šljunak, zbijena zemlja, neke vrste mekih trošnih stijena i sl. Razmjerno trški utovar obuhvatio bi utovar nekih vrsta stijena koja se lako miniraju kao primjerice vapnenac i sl. Teški utovar bi obuhvatio miniranu stijenu u blokovima ili pločama, zatim istu stijenu pomiješanu sa drugim sitnijim gradivoima, zatim slabo minirane piješčenjake, konglomerate i sl., zatim tvrde ili plastične ilovače i gline itd.



5.4. Učinak grejdera

Grejder je univerzalni građevinski stroj koji obavlja niz njemu svojstvenih radnih zahvata. Osim ubičajenih radnji kao što je razastiranje i planiranje zemljanih i sličnih sipkih kamenih gradiva grejder služi za održavanje cestovnih prometnica, zatim obavlja završne radove na zemljanim građevinama, izradi jaraka i premještanju sipkih zemljanih gradiva. Zbog toga postoji niz metodologija i načina za proračun njegova učinka ovisno o vrsti radova u kojima se primjenjuje.



Grejder u načelu radi ciklički međutim ti su ciklusi uglavnom nejednoliki i što se tiče vremena odvijanja i što se tiče duljine rada. Zbog toga se u načelu radni učinak računa tako da se temeljni tehnički "teorijski" učinak računa na pretpostvci kontinuiranog rada grejdera tj. $U = F * v$ (vidi str. 6).

5.4.1 Učinak grejdera pri obradi površina (pri nasipavanju)

$$U_p = k_i * U_t \quad (m^2/sat)$$

$$k_i = k_o * k_p$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

$$k_p = k_{vm} * k_{rp}$$

$$U_t = [v * (l_r - l_p) * 1000] / n$$

gdje su posebni koeficijenti ispravke "teorijskog" učinka -

- " k_{vm} " koeficijent vlažnosti gradiva,
- " k_{rp} " koeficijent radnog prostora.

Koeficijent vlažnosti gradiva " k_{vm} " može se pretpostaviti kao kod dozera prema **Tablici 5.1.1.** za rad sa suhim zemljanim gradivima ili sa mokrim kamenim gradivima odnosno šljunkom, pijeskom ili rasutom zemljom. Koeficijent radnog prostora " k_{rp} " može se pretpostaviti također kao kod dozera.

Radni učinak grejdera predstavlja u načelu učinak na obradi površine nekog nasipa (nasipavanja) zemljanog gradiva odnosno planiranju sa minimalnim potrebnim razastiranjem gradiva u okviru toga planiranja radi poravnanja površine. Proračun "teorijskog" učinka (U_t) obuhvaća slijedeće parametre:

- v pretpostavljena prosječna brzina rada odnosno kretanja grejdera (km/sat)
- l_r radna širina zahvata daske grejdera (širina rada grejdera gledana pod pravim kutem na smjer kretanja odnosno rada grejdera – ukoliko je daska pod prvim kutem tada je efektivna radna širina daske grejdera jednaka konstruktivnoj širini daske grejdera l_d)
- l_p širina preklopa radnih površina koje zahvaća grejder svojom efektivnom širinom daske grejdera
- n broj prelaza grejdera.

U **Tablici 5.4.1.1.** daju se okvirni raspon brzina rada odnosno kretanja grejdera za pojedine vrste radnih zahvata odnosno postupaka koje se njime obavlja.

Tablica 5.4.1.1.

Radni postupak grejdera	Brzina kretanja grejdera (km/sat)
popravak tucaničkog zastora kod cesta	2 – 6
izrada jaraka	1,5 – 4
završna obrada površina nasipavanja	1,5 - 2,5
uklanjanje snijega	7 – 25
obrada površina	2 – 8
poravnanje	4 - 10

U **Tablici 5.4.1.2.** daju se efektivne radna širine zahvata daske grejdera za kut zakošenja daske u odnosu na smjer kretanja grejdera.

Tablica 5.4.1.2.

Kut daske	širina daske (m) l_d				
	2,2	3,1	3,7	4,0	4,3
	širina radnog zahvata daske grejdera (m) l_r				
60 stupnjeva	1,9	2,7	3,7	4,0	4,3
45 stupnjeva	1,6	2,2	2,6	2,8	3,0

5.4.2. Vrijeme rada grejdera na odabranoj dionici

Vrijeme rada grejdera t prilikom njegova jednokratnog ili višekratnog prolaza n na nekoj dugačkoj površini ili duljoj dionici L određene širine na kojoj vrši neki zahvat ili radni postupak (primjerice održavanje ceste ili čišćenje snijega ili izmještanje materijala ili obrada površine nasipavanja neke prometnice ili piste ili slične dugačke površine) bilo bi slijedeće:

$$t = (n * L) / (v * k_i)$$

gdje je

- t vrijeme rada grejdera (sati)
- n (ukupni) broj prolaza grejdera neke dugačke površine
- L duljina dionice (km)
- v očekivana brzina kretanja grejdera (km/sat)
- k_i koficijenti korekcije temeljnog tehničkog učinka stroja:
 - o $k_i = k_o * k_p$
 - o $k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$
 - o $k_p = k_{vm} * k_{rp}$

5.4.3. Broja prolaza grejdera

Prethodno proračunato radno vrijeme se odnosi na ukupni broj prolaza grejdera n prilikom radnog zahvata ili postupaka na obradi neke dugačke površine (ili dionice rada određene duljine) ukupne širine l_u . Uz pretpostavku određenog broja prijelaza grejdera n_{lr} po širini njegova radnog zahvata l_r (ovo znači da je $l_u > l_r$) potrebnog za potpunu obradu površine i uz pretpostavku uporednog rada grejdera na zahvaćenim širinama prijelaza (ukupni) broj prolaza n grejdera je slijedeći:

$$n = [l_u / (l_r - l_p)] * n_{lr}$$

gdje je

- n (ukupni) broj prolaza grejdera na obradi neke dugačke površine
- l_u ukupna širina dugačke površine ili dionice rada određene duljine
- l_r radna širina zahvata daske
- l_p širina preklopa po zahvaćenim širinama prijelaza (do 50 cm)
- n_{lr} broj prijelaza grejdera po širini njegova radnog zahvata.

5.5. Učinak samohodnog valjaka

Samohodni valjak, kao građevinski stroj za sabijanje nasutih slojeva zemljanih i kamenih gradiva, u načelu radi ciklički. Međutim, ti su ciklusi uglavnom nejednoliki i što se tiče vremena odvijanja i što se tiče duljine rada. Zbog toga se u načelu radni učinak samohodnog valjka računa tako da se temeljni tehnički "teorijski" učinak računa na pretpostvci kontinuranog rada valjka – slično kao kod grejdera.



$$U_p = k_i * U_t \quad (m^3/sat)$$

$$k_i = k_o * k_p$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

$$k_p = k_{rp}$$

$$U_t = (v * l_v * h * 1000) / n$$

gdje je posebni koeficijenti ispravke "teorijskog" učinka " k_{rp} " *koeficijent radnog prostora*. Koeficijent radnog prostora " k_{rp} " može se pretpostaviti također kao kod dozera i ostalih strojeva.

Radni učinak predstavlja u načelu učinak na zbijanju nekog obujma nasipa zemljanog gradiva. Proračun "teorijskog" učinka obuhvaća slijedeće parametre:

- v pretpostavljena prosječna brzina rada odnosno kretanja valjka (km/sat)
- l_v širina valjanja (to je konstruktivna širina valjka l_r umanjena za širinu preklopa l_p koji se kod valjanja pretpostavlja od 10 do 30 cm odnosno u prosjeku 20 cm)
- h visina sloja zbijanja (ili je propisana ili se dobije u pokusnom polju)
- n broj prelaza valjka (ili je propisan ili se dobije u pokusnom polju)

U tablici 5.5.1.1. daju se okvirni rasponi brzina rada odnosno kretanja pojedine vrste valjaka.

Tablica 5.5.1.

Vrsta valjka	Brzina kretanja valjka (km/sat)
valjak na kotačima sa zračnicama	oko 2,5
statički valjak	oko 2,0
vibracijski valjak	oko 1,5
jež	4 – 10

U načelu se ne preporuča proračun učinaka valjka prethodno prikazanim (na neki način pojednostavljenim) pristupom. Naime, pretpostavka mogućih parametara u razmjerno širokom rasponu (debljina sloja, brzina kretanja, broj prelaza) daje također vrijednosti radnih učinaka valjka u još širem rasponu. Preporuča se korištenje priručnika proizvođača opreme za zbijanje gdje se mogu naći norme radnih učinaka valjka koje uzimaju u obzir sve odgovarajuće čimbenike koji utječu na učinak valjaka (vrsta gradiva, granulometrijski sastav i vlažnost gradiva, debljina slojeva, vrsta valjka, masa valjka, ferkvencija zbijanja itd.). Ove radne učinke valja shvatiti kao "teorijski" učinak samohodnog valjka na zbijanju određenog nasipnog materijala. Niže se daju podaci učinka za samohodni valjak (jež) mase oko 10 t, sa vibracijama ferkvence 20 – 30 Hz i amplitude 1,2 do 1,7 mm:

Gradivo	debljina sloja	brzina valjanja	Broj prelaza valjka po pojasu valjanja		
			4 prelaza	6 prelaza	8 prelaza
glina i sl. koherentna gradiva (valjak radi kao jež)	0,3 m	3 km/sat	1417 m ² /sat	945 m ² /sat	709 m ² /sat
	0,5 m	2 km/sat	945 m ² /sat	630 m ² /sat	472 m ² /sat
dobro građuirana kamena gradiva (glatki valjak)	0,4 m	4 km/sat	1890 m ² /sat	1260 m ² /sat	945 m ² /sat
	0,8 m	3 km/sat	1417 m ² /sat	945 m ² /sat	709 m ² /sat

5.6. Učinak skrejpera

Skrejperi su posebni građevinski strojevi za zemljane radove koji obavljaju iskop, transport i ugradnju uglavnom zemljanih gradiva (u užem smislu) neprestanim kretanjem odnosno u pokretu. Neposredni iskop izvode struganjem tla posebnim nožem na dnu sanduka pri čemu se istovremeno vrši i punjenje sanduka tako struganjem iskopanog gradiva. Rabe se za masovno prebacivanje uglavnom koherentnih zemljanih materijala iako radna obilježja i iz toga proizišle konstrukcije suvremenih skrejpera omogućavaju njihovu primjenu u prebacivanju dobro (sitno građuiranih) nekoherentnih šljinkovitih pa čak i sitnije miniranih kamenih materijala.



Postoje različite vrste skrejpera iako danas uglavnom prevladavaju dva tipa skrejpera, i to samo na kotačima sa zračnicama. Neki su samo sa jednim prednjim pogonskim motorom ali pri tom sa pogonom samo na prednje kotače. Drugi su sa dva pogonska motora (pogon naprijed i straga) odnosno tzv. "tandem" pogonjeni skrejperi. Također mogu imati na stražnjoj strani ili jednu ili dvije osovine sa kotačima. Danas prevladavaju skrejperi samo sa po jednom pogonskom osovinom i naprijed i straga. Pri tom sanduk skrejpera može biti opskrbljen elevatorom koji omogućava njegovo lakše i brže punjenje.

Prilikom samog iskopa zemljanog gradiva struganjem skrejperima mogu pomagati dozeri kao tzv. "gurači" ukoliko to traže obilježja gradiva koje se kopa. Ovi dozeri čekaju skrejperu u području iskopa gradiva i guranjem skrejpera u duljini njegova punjenja sa stražnje strane (u tom smislu je skrejper opskrbljen posebnom opremom odnosno gredom koju u koju tiska dozer svojim nožem) omogućavaju snažnije prodiranje noža skrejpera u sraslo tlo a time ujedno i njegovo brže punjenje.

Proračun radnog učinka skrejpera nije jednostavan ukoliko se radi o primjeni više skrejpera i ukoliko se radi o nepravilnoj konfiguraciji terena u kojem se vrši izravnanje prebacivanjem zemljanog gradiva sa nejednoliko raspoređenih mjesta iskopa na nejednoliko raspoređena mjesta odlaganja iskopanog materijala. Zbog toga se danas čak i kompjuterski simulira unaprijed rad skrejpera radi programiranja njihova optimalnog učinka na prebacivanju zemljanih gradiva.

Valja također napomenuti da se može računati samo učinak nekog određenog skrejpera određenih radnih obilježja u određenim radnim uvjetima posebice što se tiče topografije područja na kojem se vrši izravnanje terena.

Korištenjem konkretne krivulje performansi (vidi kasnije sliku na str. 36 i obrazloženje kod proračuna učinka vozila) nekog razmatranog ili određenog skrejpera moguće je proračunati njegov pojedinačni *planski učinak* (U_p) u tipičnom cikličkom radu na iskopu, prijevozu i razastiranju zemljanih gradiva. Pri tom se ukupna duljina transportnog puta dijeli na dionice koje se međusobno razlikuju po pojedinim obilježjima što se tiče stanja podloge (*otpora kotrljanja*) i nagiba (*otpor uspona*). Vrijednost *otpora uspona* može biti pozitivna (za kretanje stroja po istoj dionici uzbrdo) ili negativna (za kretanje stroja po istoj dionici nizbrdo) odnosno ukupna vrijednost otpora uspona i kotrljanja pozitivna, nula ili negativna.

U slučaju negativne vrijednosti ukupnih otpora uspona i kotrljanja ne mogu se u vučnom pasošu ili uopćenim krivuljama radnih performansi vozila očitati brzine kretanja skrejpera. Tada se za kretanje skrejpera nizbrdo pretpostavi njegova brzina ili ograniči primjerice na 10-15 km/sat kada je vozilo puno odnosno na 20-30 km/sat kada je vozilo prazno. Proračun učinka slijedi dalje navedene izraze.

$$U_p = k_i * U_t \quad (\text{m}^3/\text{sat} - \text{ili "sraslo" ili "rastresito"})$$

$$k_i = k_o * k_p$$

$$k_o = k_{og} * k_{rv} * k_{ds}$$

$$k_p = k_{rp}$$

$$U_t = n_c * Q_c$$

$$n_c = (60 / t_c) \quad (t_c \text{ u minutama})$$

$$Q_c = k_{pu} * q * k_r \quad (\text{obujam za učinak izražen "sraslo"})$$

$$Q_c = k_{pu} * q \quad (\text{obujam za učinak izražen "rastresito"})$$

gdje q konstruktivna obujam sanduka skrejpera.

Prema zadnjem pregledu građevinskih strojeva (časopis INTERNATIONAL CONSTRUCTION, august, 1998) ostala su sama dva svjetska proizvođača ove opreme (Caterpillar Inc; TEREX Eq. Ltd.). Snage su od oko 150 kW pa do oko 700 kW. Količina rasutog iskopanog materijala u sanduku skrejpere punjena "povrh" (iznad konstruktivna obujma sanduka) kreće se od oko 10 m³ pa do 45 m³ odnosno od 15 pa do 50 t.

Obujam ili količina učinka po jednom ciklusu (Q_c) dobije se tako da se konstruktivna obujam (q) sanduk skrejpere ispravi sa koeficijentom punjenja (k_{pu}) koji može biti ili veći od jedan (tada je to punjenje "povrh") ili jedan ("normalno" punjenje) ili manji od jedan (punjenje ispod "normale"). Za gradilišne uvjete transporta punjenje vozila "povrh" uzima se najviše do oko 20%. Međutim valja pri tome napomenuti da se količina punjenja "povrh" konstruktivna obujma sanduka skrejpere ustvari dobije iz odnosa najveće moguće nosivosti skrejpere i gustoće rastresitog zemljanog gradiva koje taj skrejper prevozi. Primjerice, ako je obujam sanduka nekog skrejpere 34 m³ a najveća nosivost odnosno dozvoljeno opterećenje 47 t tada je moguće za neki gradivo gustoće 1,3 t/m³ – suha ilovača rastresito - puniti vozilo "povrh" oko 6 %.

Ukoliko se ne uzima punjenje preko konstruktivna obujma sanduka tada koeficijent punjenja " k_{pu} " sanduka može se kod skrejpere uzeti prema **Tablici 5.6.1.**

Tablica 5.6.1.

Vrsta gradiva koje se kopa	" k_{pu} "
pijesak	0,90
pjeskovita glina	0,80
glina	0,70
gusta teška glina, pijesak pomiješan s oblucima	0,65

Količina učinka po jednom ciklusu (Q_c) i vrijeme jednog ciklusa (t_c) daju temeljni tehnički ("teorijski") učinak skrejpere (U_t). Vrijeme jednog ciklusa skrejpere bilo bi-

$$t_c = t_p + t_{vo} + t_{vp} + t_o + (\Sigma t_m) \quad (min)$$

gdje je

t_p	vrijeme punjenja
$t_{vo} = \Sigma(l_{do} / v_{po})$	vrijeme vožnje punog skrejpere u odlasku
$t_{vp} = \Sigma(l_{dp} / v_{pp})$	vrijeme vožnje praznog skrejpere u povratku
t_o	vrijeme odlaganja
Σt_m	vrijeme manevara skrejpere i uključivanja gurača
l_{do}	duljina pojedinih dionica vožnje u odlasku
l_{dp}	duljina pojedinih dionica vožnje u povratku
v_{po}	odabrana prosječna brzina u pojedinim dionicama odlaska
v_{pp}	odabrana prosječna brzina u pojedinim dionicama povratka
ili $v_{po} = v_{pmax} * f_b$	temeljem vučnog pasoša odabrana brzina u pojedinim dionicama odlaska
ili $v_{pp} = v_{ppmax} * f_b$	temeljem vučnog pasoša odabrana brzina u pojedinim dionicama povratka
$v_p = v_{vmax} * f_b$	temeljem vučnog pasoša odabrana prosječna radna brzina kretanja skrejpere

Vrijeme iskopa odnosno struganja odnosno punjenja sanduka skrejpere ovisi o

- tome da li je iskop odnosno struganje sa ili bez primjene dozera "gurača"
- tipu dozera "gurača"
- obilježjima tla
- stanju područja iskopa
- uvježbanosti strojara itd.

Za pojednostavljeni pristup proračunu može se pretpostaviti vrijeme punjenja sanduka skrejpere t_p prema narednoj **Tablici 5.6.2.**

Tablica 5.6.2.

Prilike za punjenje	Vrijeme punjenja t_p (minute)
jako povoljne	0,5
prosječne	0,6
nepovoljne	1,0

Ukoliko se ne odabire radne brzine kretanja skrejpera temeljem iskustva onda se vrijeme vožnje skrejpera može također računati isto kao kod dampera. U tom slučaju vrijeme vožnje proizlazi iz prosječne odnosno najveće moguće brzine kretanja u pojedinoj dionici (v_{max}). Najveća moguća brzina kretanja skrejpera dobije se iz *krivulje radnih performansi* (kao kod vozila – slika na str. 36) odnosno iz *vučnog pasosa* skrejpera a ovisi o *masi skrejpera i treta* (Q_c izraženo u masenim mjerama tj. tonama), *ukupnom otporu kotrljanja i uspona* ($\omega_k + \omega_u$) te o *vučnoj sili (snazi) skrejpera*. *Otpor uspona* (ω_u) izražava se u (%). *Otpor kotrljanja* (ω_k) izražava se također u (%) kao jednakovrijedna mjera otporu uspona iako je otpor kotrljanja ustvari sila koja djeluje kao otpor na skrejper (uz napomenu daje i otpor uspona ustvari sila odnosno gravitacijska sastavnica mase skrejpera u njegovu kretanju po usponu).

Skrejper se ne kreće po pojedinoj dionici (l_{do} ili l_{po}) stalno jednom te istom najvećom mogućom brzinom (v_{max}) nego promjenjivim brzinama koje za potrebe razmatrana proračuna uprosječujemo na ($v_p = v_{max} * f_b$). Naime, brzina kretanja skrejpera je na početku dionice nula (kod početne dionice) ili je manja odnosno veća (ukoliko je najveća brzina u slijedećoj dionici manja od prethodne dionice!) od najveće moguće brzine te se tijekom kretanja vozila po dionici sve više povećava (odnosno samnjuje) i približava najvećoj mogućoj brzini. Što je dionica dulja to je za očekivati da će se brzina kretanja skrejpera približiti, dostići i imati vrijednost njegove najveće moguće brzine kretanja na toj dionici. Ovo uprosječenje brzine kretanja za praktične potrebe planiranja radnih učinaka razmatranih skrejpera radi se pomoću tzv. *faktor brzine* (f_b) koji umanjuje najveću moguću brzinu (v_{max}) ovisno o

- *duljini pojedine dionice* (l_{do} ili l_{po}) i *tome*
- *da li skrejper u dionicu ulazi sa mjesta ili kretanjem.*

U **Tablici 5.6.3.** daju se okvirne vrijednosti za razmatrani faktor brzine (f_b). Vrijednost za pojedine duljine između u tablici navedenih dobije se lineranom interpolacijom.

Tablica 5.6.3.

Duljina dionice (m)	Skrejper kreće s mjesta k_b	Skrejper je u pokretu k_b
0 – 150	0,35 - 0,45	0,55 - 0,60
150 – 300	0,45 - 0,60	0,60 - 0,70
300 - 500	0,50 - 0,65	0,65 - 0,75
500 - 700	0,60 - 0,70	0,75 - 0,85
700 - 1.000	0,70 - 0,75	0,80 - 0,90
>1.000	0,75 - 0,80	0,85 - 0,95

Za pojednostavljeni pristup proračunu može se pretpostaviti vrijeme pražnjenja sanduka skrejpera odnosno odlaganja t_o ili razastiranja gradiva prema **Tablici 5.6.4.**, a vrijeme manevara prema **Tablici 5.6.5.**

Tablica 5.6.4.

Prilike za odlaganje	Vrijeme odlaganja t_o (minute)
jako povoljne	0,4
prosječne	0,6
nepovoljne	1,1

Tablica 5.6.2.5.

Prilike za manevar	Vrijeme manevara (minute)
jako povoljne	0,1
prosječne	0,5
nepovoljne	0,8



6. Učinak tehnološke opreme za minerske radove

6.1. Minerski radovi

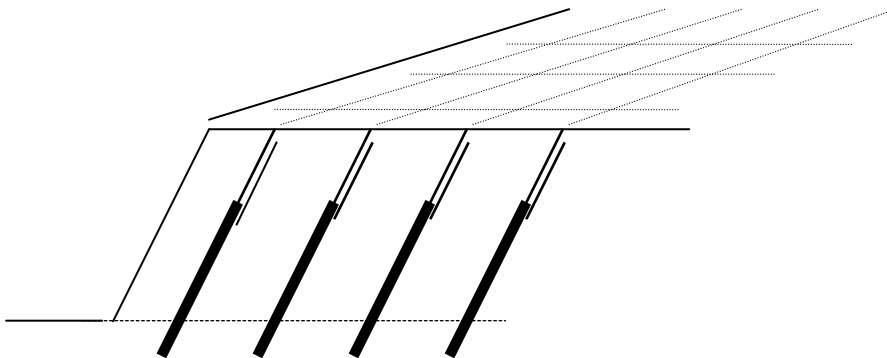
Miniranje je razaranje ili razbijanje ili usitnjavanje neke, uvjetno rečeno, čvrste ili tvrde građe (primjerice stijene) djelovanjem eksplozivne tvari odnosno njezinom eksplozijom.

Miniranje se u građenju najčešće rabi za razaranje stijene. Miniranjem stijene prilikom građenja omogućava se provedba daljnjeg iskopa, kao i pridobivanje tehničkog i ukrasnog kamena.

Radovi na bušenju i miniranju obuhvaćaju izvedbu -

- **bušotine** (šupljina u stijeni određene duljine, nagiba i promjera)
- u koju se stavlja
- **ekspoziv** (tvar koja pod djelovanjem topline ili udara u vrlo kratkom vremenu oslobađa vrlo veliku energiju)
- i tako se dobiva
- **mina** (bušotina napunjena eksplozivom i opskrbljena *inicijalnim sredstvom za aktiviranje eksploziva udarom i toplinom*).

Određeni broj mina raspoređen po nekom pravilu u stijenskoj masi daje **minsko polje**. *Eksplozija minskog polja je kontrolirano aktiviranje mina (eksplozivnog punjenja bušotina) koje to polje obuhvaća.*



Prema tomu **ukupni minerski radovi** sastoje se od radova na **bušenju** i **miniranju** u užem smislu (rukovanje i korištenje eksplozivne tvari te djelovanje eksplozivne tvari odnosno eksploziva).

6.2. Učinak bušilica

Na ukupnu uspješnost odnosno učinkovitost bušenja za potrebe miniranja nekog stijenskog masiva utječu -

- **ukupna (mikro, makro) strukturalna i fizičko mehanička obilježja stijene i kamena u njoj,**
- **odabrane, planirane ili zadane veličine osnovnih parametara bušenja odnosno bušotina** (promjer, dužina, nagib, razmak, raspored),
- **tehnička i tehnološka obilježja opreme i pribora za bušenje,**
- **izvježbanost (školovanost, vještina) bušača.**

Na trošenje alata za bušenje najviše utječu **petrografska mikrostrukturalna obilježja** stijene i kamena u njoj:

- **vrsta (sastav, sadržaj) zrna minerala,**
- **veličina zrna (zrnatost) minerala,**
- **oblik zrna minerala,**
- **uzajamna veza minerala,**
- **uzajamni odnos minerala.**

Na trošenje pribora (alata) za bušenja najveći utjecaj ima sadržaj **kvarca (kremena)** u stijeni koji kao takav daje stijeni obilježja težine bušivosti. Također gusta ili fina zrnatost bilo kojeg minerala kamena u stijeni koja se buši izaziva veće trošenje (habanje, brušenje) bušača pribora (alata za bušenje) nego gruba zrnatost.

Na radove (posebice smjer) bušenja utjecaj ima geološka i **makrostrukturalna obilježja stijenskog masiva:**

- **slojevitost (posebice sedimentnih stijena),**
- **škrljavost (posebice metamorfnih stijena),**
- **masivnost (posebice eruptivnih stijena),**
- **lučenje (posebice eruptivnih stijena),**

- **raspucalost (svih stijena).**

Slojevitost i raspucalost imaju veliki utjecaj na bušenje tj. ovisno o ukupnim obilježjima slojevitosti (veličina i raspored odnosno prostorna usmjerenost slojeva, stupanj raspucalosti) ovisi brzina pridiranja alata u stijenu. *Masivnost i lučenje* (kao odlika ravnomjernosti pružanja tj. jednolikosti ukupnih obilježja posebice eruptivnih stijena) povećava utroške pribora za bušenje.

Na bušenje posebice imaju utjecaj neka **fizičko-mehanička svojstva stijena i kamena u njoj** kao **tvrdća, čvrstoća i žilavost**. Tvrdća je otpor stijene ili kamena na prodiranje alata. Čvrstoća je otpor stijene ili kamena na statičko djelovanje alata. Žilavost je otpor stijene ili kamena na dinamičko djelovanje alata. **Otpor stijene na bušenje** kao ukupno obilježje koje ima utjecaj na bušačke radove prvenstveno ovisi o -

- **tvrdći, čvrstoći i žilavosti stijene odnosno kamena,**
- **zrnatosti (veličini i uzajamnoj vezi minerala) stijeneodnosno kamena,**
- **sadržaju kvarcau stijeni ili nkamenu te**
- **slojevitosti i raspucalosti stijenskog masiva.**

Bušenje stijene (u smislu načina neposrednog djelovanja samog alata na stijenu) može biti **dinamičko** (drobljenje stijene udarom alata) i **statičko** (mrvljenje ili rezanje stijene okretanjem pritiskom alata). U minerskim radovima za potrebe građenja u stijeni uglavnom se primjenjuje **udarno (perkusivno) bušenje stijene** koje obuhvaća istovremeni ili usporedni **udar** na alat za bušenje sa djelomičnim **zakretanjem** alata za bušenje. Kao oprema za udarno bušenje u svrhu minerskih radova za potrebe građenja rabe se uglavnom **vanjski udarni bušači čekići** (pretvaraju svoju pogonsku energiju u radnu bušenja) sa odgovarajućim **priborom (alatom) za bušenje** koji neposredno razaraju stijenu. Vanjski udarni bušači čekići mogu biti -

- **ručni bušači** (udarni) **čekići** mase do 30 kg uglavnom na **pogon stlačenim (komprimiranim) zrakom,**
- **lafetirani teški bušači (vibro-) čekići** mase preko 30 kg pa do 300 (500) kg danas većinom na **hidraulični pogon** a koji opet mogu biti -
 - o **lafetirani bušači čekići** na nepokretnom ili polupokretnom ili pokretnom postolju (samohodni lafetirani bušači čekići),
 - o **samohodne lafetirane bušilice ili bušača kola** s jednim ili više krakova koji nose lafetirane bušače čekiće (za podzemne radove zovu se *jumbo*).

Laki vanjski ručni udarni bušači čekići uglavnom na zračni pogon:

- omogućavaju izvedbu bušotina promjera do oko 40 mm,
- primjenjuju se za dubine bušenja do oko 4 m,
- imaju brzinu prodiranja " v_p " u stijenu oko 20 cm/min,
- omogućavaju praktički učinak bušenja sa premještanjem opreme i pribora " v_b " oko 6m/sat,
- troše do oko 6 m³/min stlačenog zraka (prtiska oko 7 bara).



Teški vanjski lafetirani bušači (vibro-) čekići uglavnom na

hidraulični pogon:

- omogućavaju izvedbu bušotine za potrebe miniranja u građenju promjera do oko 100 mm,
- primjenjuju se do dubine bušenja oko 25 m,
- imaju brzinu prodiranja " v_p " oko 150 cm/min,
- omogućavaju praktični učinak bušenja " v_b " preko 20 m/sat.
- izvode danas uz **visokofrekventn udarno (perkusivno) bušenje (vibrobušenje) po potrebi također kružno bušenje pritiskom bez udara,**

Planirani radni učinak bušenja prethodno opisanih bušačkih čekića računa se pojednostavljeno na slijedeći način:

$$U_p(\text{bušenja}) = k \times U_t(\text{bušenja})$$

pri čemu se za praktički učinak bušenja sa premještanjem opreme i pribora $U_p(\text{bušenja})$ ovdje uvodi pojam i oznaka **brzine bušenja** " v_b " a za "teorijski" učinak bušenja $U_t(\text{bušenja})$ uvodi pojam i oznaka brzine **brzine prodiranja** " v_p " (a to je neposredna brzina prodiranja alata ili pribora za bušenje – dljeta ili krunice - u stijenu ili "čista brzina bušenja" bez ikakvih smetnji i zastoja ili brzina bušenja u nekom vremenskom razdoblju bez bilo kakvog prekida u bušenju) pa se piše

$$v_b = k \times v_p$$

$$k = k_o \times k_{pb}$$

$$k_o = k_{og} \times k_{rv} \times k_{ds}$$

Opći koeficijent korekcije brzine prodiranja uzima se isto kao kod ostalih (dosada razmatranih) građevinskih strojeva. Posebni koeficijent korekcije brzine prodiranja, posebice kod ručnih i lafetiranih bušačkih čekića, računa se na slijedeći način:

$$k_{pb} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5$$

gdje je

k_1 - koeficijent prostora

- široki iskop 0,9 do 1,0
- iskop kanala i rovova 0,7 do 0,9
- iskop tunela i potkopa 0,5 do 0,7

k_2 - koeficijent premještanja i namještanja bušačkog čekića

- lafetirani bušački čekić 0,75 do 0,95
- ručni bušački čekić 0,60 do 0,75
- ručni čekić s potporom 0,45 do 0,55

k_3 - koeficijent izmjene šipki ili svrdla (0,95 do 0,98)

k_4 - koeficijent odmora

- 0,9 radi samo jedan bušać
- 1,0 rade dva bušača

k_5 - koeficijent uvježbanosti bušača (0,5 do 0,9)

Bušaći pribor ili alat za bušenje može biti u obliku **monoblok svrdla** (usadnik u klip čekića, granični prsten, šipka i glava svrdla čine jedno tijelo; nakon potpunog trošenja glave svrdla nemoguća je daljnja uporaba čitavog svrdla) i u obliku **monoblok svrdla sa promjenjivim krunicama** (usadnik, granični prsten i šipka čine jedno tijelo, glava svrdla su krunice koje se posebno navijaju i nabijaju na šipku svrdala tako da se mogu mijenjati).

Monoblok svrdla (sve su rijeđe u uporabi posebice kod lafetiranih bušačkih čekića i bušilica) služe za izvedbu bušotina kraćih duljina ručnim bušačim čekićima te kod tunelskih "jumbo" bušilica i to u uglavnom mekšim i manje abrazivnim stijenama (napr. vapnenci) za bušenje do dubine (duljine) oko 4 (6) m.

Šipke s krunicama (usadnik u čekić sa graničnikom, šipke i krunice se međosobno spajaju ili sastavljaju preko navoja ili spojnicama sa navojima) se rabe za veće dubine (duljine) bušenja.

Glave monoblok svrdla ili promjenjive krunice mogu biti sa **jednobračnim sječivom (dlijetom)** za bušenje u mekoj stijeni sa malim sadržajem kvarca, sa **četverobračnim (X ili križnim) sječivom** za bušenje u srednje tvrdoj stijeni sa srednjim sadržajem kvarca ili sa **bradavicama** za bušenje u tvrdoj do jako tvrdoj (čvrstoj, žilavoj) stijeni sa velikim sadržajem kvarca. Križna krunica promjera su od 38 mm do 102 mm a bradavičaste krunice promjera i do 127 mm. Trajnost krunica od 300 pa do 1800 m.

6.3. Učink kompresora

Kompresori između ostalog proizvode **stlačeni (komprimirani) zrak** za potrebe bušačkih čekića ili lafetiranih bušilica na zračni pogona. Uobičajeni radni pritisci ukupne građevinske opreme na zračni pogon su 7 bara. U smislu pokretljivosti kompresori se dijele na **nepokretne** (uglavnom) **klipne kompresore** (stalno postavljeni u kompresorskim postajama) gdje se tlačenje zraka postiže se klipom unutar komore i na **pokretne** (uglavnom) **vijčane kompresore** (vučeni na kotačima) gdje se tlačenje zraka postiže se u međuprostoru dvaju (helikoidnih) vijaka. Ostala oprema osim samog dijela kompresora gdje se tlači zrak u okviru kompresorskih postaja ili pokretnih kompresora su (jedan ili više) zračni kotlovi, hladnjaci, kondenzacijski lonci i zrakovodi (cjevovodi) s priborom.



Potrebni proizvodni učinak odnosno ukupna količina proizvodnje stlačenog (komprimiranog) zraka Q_u kompresora može se proračunati na slijedeći način:

$$Q_u = (Q_p + Q_g) * k_{nv} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

gdje je -

► Q_p - potrošnja opreme pogonjene stlačenim zrakom:

$$Q_p = k_{ds} * \sum(n_i * q_i * k_i) \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

k_{ds} - koeficijent dotrajalosti opreme pogonjene zrakom

- novi bušači čekići i bušilice $k_{ds} = 1,00$
- očuvani bušači čekići i bušilice $k_{ds} = 1,10$
- dotrajali bušači čekići i bušilice $k_{ds} = 1,25$

n_i - broj istovrsnih bušačkih čekića ili bušilica

q_i - potrošnja pojedinog istovrsnog bušačkog čekića ili bušilice

k_i - koeficijent istovremenosti koji uzima u obzir istovremenost u radu većeg broja čekića:

n_i	2	3	4	6	8
k_i	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75

► Q_g - gubici u zrakovodima odnosno cjevovodima zraka

$$Q_g = q_{gz} * l_z \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

q_{gz} - srednja količina gubitaka po jednom metru cjevovoda (uzima se 0,002 m³/min/m)

l_z - duljina cjevovoda (m)

► k_{nv} - koeficijent nadmorske visine koji uzima u obzir nepovoljni utjecaj apsolutne nadmorske visine na proizvodnju stlačenog zraka

<i>nadmorska visina m n.m.</i>	1.000	2.000	3.000	4.000
<i>knv</i>	1,15	1,30	1,45	1,60

Potrebna veličina kotla (rezervoara) za zrak u slučaju kada se primjenjuju stalni (stabilni) kompresori u kompresorskim postajama (zgrade ili sl. sa kompresorima i ostalom opremom):

$$Q_k = 1,6 * \sqrt{Q_u} \quad (\text{m}^3)$$



7. Učinak transportnih sredstava za potrebe građenja

7.1. Učinak vozila

7.1.1. Vozila autoprijevoza

Autoprijevoz zemljanih i kamenih materijala obavlja se uglavnom na veće udaljinosti nego što je to tehnički moguće i troškovno isplativo guranjem pomoću dozera ili prijenosom pomoću utovarivača ili radom skrepera. Optimalne duljine transporta zemljanih i kamenih gradiva (prema jednom priručniku) općenito su za dozere (guranje) do 100 m, utovarivača na kotačima (prijenos) od 50 do 120 m a skrepera (iskop, samoutovar, prijevoz, smoistovar sa razastiranjem) od 130 do 1.300 m.

Kamioni kiperi su najviše odnosno najčešće rabljena sredstva unutarnjeg i vanjskog autoprijevoza zemljanih i razmjerno usitnjenih kamenih gradiva na kraćim razmjerno uređenim gradilištima prometnicama ili većim (duljim) razdaljinama po javnim prometnicama. Uglavnom su snage preko 200 kW (čak do 370 kW) a nosivosti od oko 25 t do 45 t korisna tereta.



Damperi su sredstva autoprijevoza posebice krupno miniranih kamenih i sličnih gradiva. Korisna nosivost ide od tridesetak pa do par stotina tona. U graditeljstvu se uglavnom rabe korisne nosivosti do oko stotinu tona. To su vozila unutarnjeg transporta za teške uvjete rada po neuređenim gradilišnim prometnicama slijedećih tehničkih obilježja:

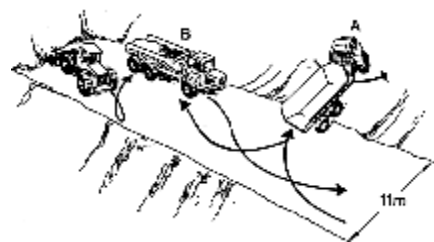
- snažna i robusna vozila posebnih velikih mjera te široke i razmjerno niske konstrukcije sanduka što omogućava prihvat velikih količina gradiva u uvjetima snažnog udara prilikom utovara zbog slobodnog pada iz lopate utovarnog sredstva,
- vozila koja omogućavaju velike brzine njihova utovara i samoistovara (samo unazad) zbog posebno oblikovane konstrukcije sanduka,
- sanduk dampera može biti dodatno ojačan te obložen gumom s unutrašnje strane (za prijevoz abrazivnih kamenih gradiva),
- sanduk može biti također zagrijavan pomoću ispušnih plinova iz motora što je pogodno zimi kod transporta zamrznutih zemljanih i kamenih gradiva,
- vozila kod kojih je odnos mase korisnog tereta i mase samog vozila od oko 1,05 do oko 1,53;
- uglavnom dvoosovinska vozila,
- vozila malog promjera okretanja,
- vozila razmjerno jednostavna za upravljanje zbog primjene hidrauličkog sustava (tzv. servo upravljanje) zatim povoljnih ergonomskih obilježja sjedišta vozača, ergonomske opreme za upravljanje vozilom te ostale opreme udobnosti u kabini (klimatizacija, prigušivači zvuka, pročistači zraka od prašine itd.),
- vozila koja imaju jednolike ali razmjerno manje (prema kiperima) brzina kretanja (koje se kreću najviše kad su prazni između 50 i 70 km/sat uz napomenu da damperi koriste i desetak brzina kretanja što direktnih što pomoćnih uz mogućnost njihova automatskog mijenjanja).
- vozila koja traže primjerenu ali *unaprijed razrađenu i planiranu organizaciju njihova rada ili učesća u nekom tehnološkom postupku građenja* a zbog čega je potrebno proračunavati njihov učinak kod programiranja tehnoloških postupaka građenja koji obuhvaćaju masovni transport zemljanih posebice krupnijih kamenih gradiva.



Zglobni damperi su vozila koja objedinjuju obilježja kamiona kiperera i dampera odnosno imaju konstruktivna te radna obilježja dampera a mjere, brzinu i (puno bolje) manevarske sposobnosti kamiona kiperera. To su vozila kod kojih je prednji vučni dio (kabina sa motrom na postolju koje je oslonjeno na jednu uglavnom pogonjenu osvinu prednjih kotača) zglobno vezan sa zadnjim dijelom (odnosno sandukom vozila oslonjenog na postolje sa jednom ili dvije pogonske osovine stražnjih kotača uz mogućnost prolaza pogonske osovine kroz cijevni dio zglobne veze). Kotači na pojedinim osovinama se međusobno (a također i prema onima na drugoj osovini) neovisno gibaju tako da to omogućava kretanje zglobnog dampera po jako neravnom odnosno grbavom terenu te također po blatu, glibu i sl. Obilježja



(mjere i osovinski pritisak) kao kod kamiona kipera omogućavaju većini zglobnih dampera da uz teški gradilišni transport obavljaju također prijevoz po javnim prometnicama. Sve se više rabe u masovnim transportima teških sipkih materijala posebice u slučaju kombinacije vanjskog transporta (po javnim prometnicama) i unutrašnjeg na neki način otežanog gradilišnog transporta (primjerice doprema zemljanih, kamenih ili sličnih gradiva po javnim prometnicama iz udaljenih pozajmišta na ugradnju u trup neke buduće prometnice ili nasipa ili brane). Posjeduju neovisni pogon na sve osovine koje nose kotače. Mogu biti izvedeni sa dvije ili tri osovine ovisno koliko osovina sa kotačima imaju ispod samog sanduka (jedna ili dvije). Pogon je uglavnom na sve prednje i zadnje osovine kotača. Pogon zadnjih osovina kotača ostvaruje se preko uzdužne pogonske osovine koja prolazi kroz zglobnu vezu stražnjeg postolja sanduka i prednjeg vučnog dijela vozila.



Samo sagledavanje pojedinačnih radnih učinaka kamiona kipera i dampera u okviru radova nekog gradilišta temelji se na pretpostavci njihova ciklička rada u nekom tehnološkom postupku građenja. *Ciklički rad primjerice nekog zglobnog dampera u zemljanim radovima obuhvaća utovar vozila, manevar i kretanje punog vozila, zatim njegovo manevriranje prije istresanja gradiva, samo istresanje, manevar i povratak praznog vozila, menvre prije utovara te ponovo utovar vozila itd.* Međutim, valja istaći, da posebice kiperi mogu izvoditi manje više kontinuirani način transporta na duljim razdaljinama u duljim vremenskim razdobljima po javnim prometnicama. To je slučaj za sebe u kome sagledavanje učinka kamiona kipera ima sasvim drugačiji pristup - ne kao učinka građevinskog stroja nego kao sredstva prometovanja ili prometa roba na duljim relacijama.

Učinak kamiona kipera i dampera kao vozila koja ciklički rade uglavnom proizlazi iz njihove **brzine kretanja** ali u odnosu na **masu korisnog tereta** koji prevoze. Brzina kretanja i masa korisnog tereta vozila ovisni su o njegovoj **vučnoj snazi** odnosno snazi njegovog pogonskog motora. Samo po sebi je razumljivo da je snaga motora u međusobno uvjetovanoj vezi ili odnosu sa korisnom nosivosti vozila te s ostalim njegovim konstruktivnim obilježjima koja omogućavaju tu nosivost. Veće i jače i masivnije vozilo vozi više tereta ali ima i snažniji motor. Na vučnu snagu vozila koja prizlazi iz snage motora vozila prvenstveno između ostalog utječe-

- nadmorska visina (razrijeđeni zrak),
- toplina zraka,
- stanje odnosno istrošenost (dotrajalost) dijelova pogonskog motora,
- unutrašnji otpori prenosnih mehanizama (otpori transmisije)

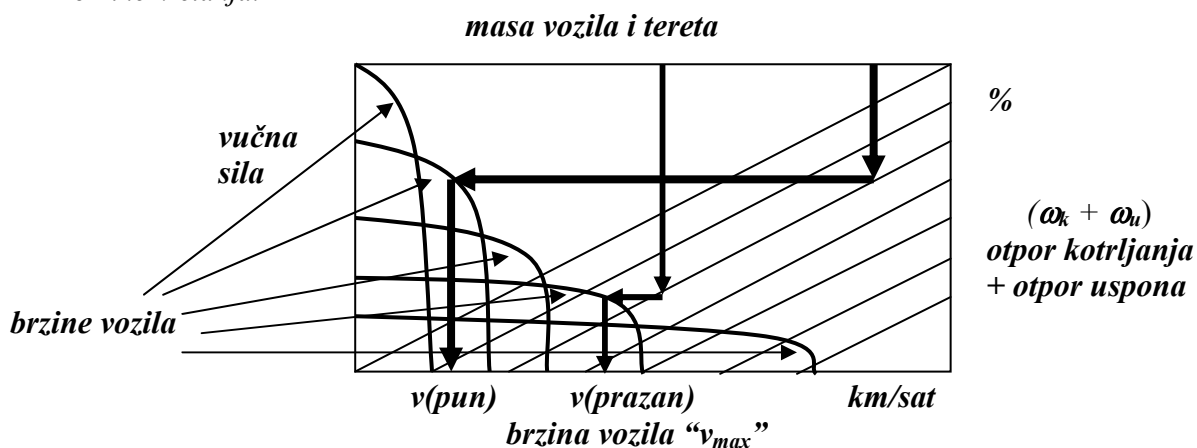
Na **vučnu silu** vozila koja prizlazi iz vučne snage vozila utječu razni otpori kao primjerice -

- otpor kotrljanja (stanje prometnice: hrapavost, neravnine, vlažnost),
- otpori uspona, zraka, tromosti vozila, klizanja (proklizavanja)

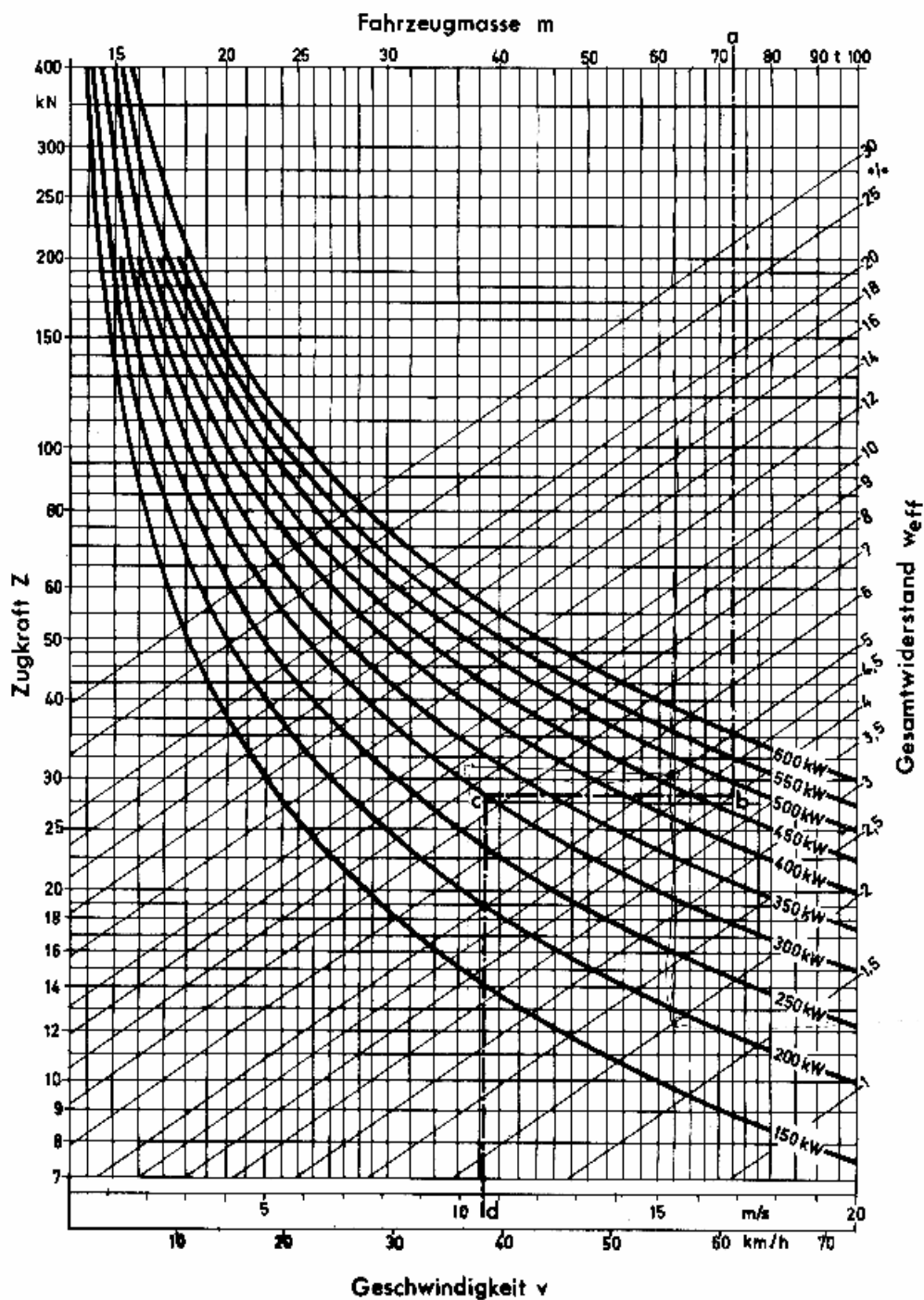
Vučna sila vozila koja proizlazi iz njegove vučne snage mora biti veća od svih navedenih otpora zajedno. *Vučna sila vozila je upravo razmjerna snazi motora vozila a obrnuto razmjerna brzini kretanja vozila.* Što je niža brzina kretanja vozila to ono može savladavati sve veće ukupne otpore u njegovu kretanju.

Vučna sila se može ili *proračunati* (što za praktične svrhe nije baš najprihvatljivije) ili *očitati iz vučnog pasosa* (ili iz *krivulje radnih performansi vozila* ili iz *krivulje vozne dinamike vozila*) koji u obliku dijagrama odnosno nomograma daje za neko vozilo odnos između-

- mase vozila
- ukupnog otpora kotrljanja i uspona zajedno
- vučne sile vozila
- brzine kretanja.



Slika 7.1.1.1. Krivulja radnih performansi (travel performance curve) ili vučni pasoš vozila



Slika 7.1.1.2. Uopćene krivulje radnih performanci (travel performance curve) ili vućni pasoš vozila snage od 150kW do 500 kW prema knjizi *Handbuch BML, Daten fuer Berechnung von Baumaschinen-Leistungen, Erdbaumaschinen* pri čemu određivanje brzine kretanja vozila "v" ode linijom *a-b-c-d* od mase vozila sa teretom "m" preko (do i od) linija ukupnih otpora "weff", zatim preko (od i do) krivulja pojedne vrijednosti odabrane snage vozila (tj. vućne sile "z" vozila— očitavanje vrijednosti na lijevoj uspravnoj skali) pa do skale vrijednosti "v" brzine vozila (primjerice vozilo snage 300 kW ukupne mase sa teretom od 72,5 tone kod ukupnog otpora kotrljanja i uspona od 4% ide brzinom oko 11m/sekundi ili oko 38 km/sat)

7.1.2. Učinak dampera

Korištenjem konkretne krivulje performansi (ako je dostupna) nekog razmatranog dampera ili uopćenih radnih krivulja prikazanih na slicu 6.1.2. moguće je proračunati njegov pojedinačni *planski učinak* (U_p) u tipičnom cikličkom autoprijevozu. Pri tomu se ukupna duljina transportnog puta dijeli na dionice koje se međusobno razlikuju po pojedinim obilježjima što se tiče stanja podloge prometnice (*otpora kotrljanja*) i nagiba (*otpor uspona*). Vrijednost *otpora uspona* može biti pozitivna (za kretanje vozila po istoj dionici uzbrdo) ili negativna (za kretanje vozila po istoj dionici nizbrdo) odnosno ukupna vrijednost otpora uspona i kotrljanja pozitivna, nula ili negativna. U slučaju negativne vrijednosti ukupnih otpora uspona i kotrljanja ne mogu se u vučnom pasošu ili uopćenim krivuljama radnih performansi vozila očitati brzine kretanja vozila. U tom se slučaju za kretanja vozila nizbrdo njegova brzina pretpostavi ili bolje rečeno ograniči primjerice na 15 km/sat do 20 km/sat kada je vozilo puno odnosno na 30 km/sat do 40 km/sat kada je vozilo prazno. Sam proračun razmatrana učinka slijedi dalje navedene izraze.

$$U_p = k_i * U_t \quad (\text{m}^3/\text{sat ili tona/sat } \underline{\text{rastresito}})$$

$$k_i = k_o = k_{og} * k_{rv}$$

$$U_t = n_c * Q_c$$

$$n_c = 60 / t_c$$

$$Q_c = q * k_{pu}$$

gdje q konstruktivna obujam sanduka dampera. Valja napomenuti, kako se kod vozila k_{ds} ne uzima u račun odnosno pretpostavlja se da vozila ne mogu ići u promet a da su na bilo koji način dotrajala.

Obujam ili količina učinka po jednom ciklusu (Q_c) dobije se tako da se konstruktivna obujam (q) sanduk vozila ispravi sa koeficijentom punjenja (k_{pu}) koji može biti ili veći od jedan (tada je to punjenje "povrh") ili jedan ("normalno" punjenje) ili manji od jedan (punjenje ispod "normale"). Za gradilišne uvjete transporta punjenje vozila "povrh" uzima se najviše do oko 20%.

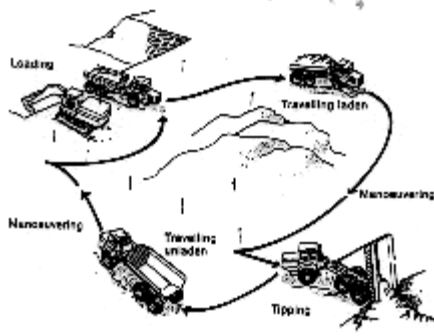
Količina punjenja "povrh" konstruktivna obujma sanduka vozila ustvari dobije iz odnosa najveće moguće nosivosti vozila i gustoće rastresitog gradiva koje to vozilo transportira. Primjerice, ako je obujam sanduka nekog vozila 12 m³ a najveća nosivost odnosno dozvoljeno opterećenje 24 t tada je moguće za neki gradivo gustoće 1,8 t/m³ u rastresitom puniti vozilo "povrh" oko 11 %. Za prijevoz po javnim prometnicama mora se uzeti punjenje $k_p=1,00$ ili manje od jedan jer je zakonom propisano da se sanduk vozila ne može praktički puniti iznad konstruktivna obujma sanduka vozila.

Količina učinka po ciklusu (Q_c) i vrijeme jednog ciklusa (t_c) daju temeljni tehnički ("teorijski") učinak vozila (U_t). Vrijeme jednog ciklusa velikog kamiona kiperu ili posebice dampera bilo bi-

$$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + (\Sigma t_m) \quad (\text{sati ili minute})$$

gdje je

$t_u = (Q_c / U_o)$	vrijeme utovara
$t_{vo} = \Sigma (l_{do} / v_{po})$	vrijeme vožnje punog vozila u odlasku
$t_{vp} = \Sigma (l_{dp} / v_{pp})$	vrijeme vožnje praznog vozila u povratku
t_i	vrijeme istovara
Σt_m	vrijeme manevara i izmjene vozila
$U_o = k_p * U_t$	djelomice ispravljeni temeljni tehnički (teorijski) učinak utovarivača ili bagera ili nekog drugog utovarnog sredstva
l_{do}	duljina pojedinih dionica vožnje u odlasku
l_{dp}	duljina pojedinih dionica vožnje u povratku
$v_{po} = v_{pmax} * f_b$	prosječna brzina u pojedinim dionicama odlaska, ili
$v_{pp} = v_{ppmax} * f_b$	prosječna brzina u pojedinim dionicama povratka, ili
$v_p = v_{vmax} * f_b$	



Vrijeme istovara uzima se od 0,5 do 0,7 min najviše 3 min.
 Vrijeme manevara i izmjene vozila uzima se od 0,3 do 0,5 min najviše 5 min.

Vrijeme vožnje proizlazi iz prosječne odnosno najveće moguće brzine kretanja u pojedinoj dionici (v_{max}). Najveća moguća brzina kretanja vozila najlakše se dobije, kod proračuna učinaka vozila u praktične svrhe, iz (u uvodnom dijelu) opisane *krivulje radnih performansi* vozila (slika na str. 36) a ovisi o masi vozila i treta (Q_c) izraženo u masenim mjerama tj. tonama), ukupnom otporu kotrljanja i uspona ($\omega_k + \omega_u$) te o vučnoj sili (snazi) vozila. Otpor uspona (ω_u) izražava se u (%). Otpor kotrljanja

(ω_k) izražava se također u (%) kao jednakovrijedna mjera otporu uspona iako je otpor kotrljanja ustvari sila koja djeluje na vozilo (uz napomenu daje i otpor uspona ustvari sila odnosno gravitacijska komponenta težine vozila u njegovu kretanju po usponu).

Kao mjera ili parametar prenosa vučne sile između kotača i podloge služi *koeficijent trakcije* (bezimena broj). Naime raspoloživi zakretni moment vozila se preko kotača prenaša na podlogu po kojoj se kreće. Kolika će sila zakretnog momenta biti prenesena na podlogu ovisi posebice stanju podloge, vrst guma, tlaku zraka u zračnicama i osovinskom pritisku odnosno pritisku po pojedinom kotaču. Kotači moraju prenijeti najveću moguću vučnu silu na podlogu ali uz najmanji moguće otpor kotrljanja između njih i podloge. Površina nalijezanja zračnica je u tom smislu značajana - što je veća to je i veća vučna sila koje kotači prenose na podlogu. Kod meke i vlažne podloge nastaju ugibanja tla i dolazi do proklizavanja kotača. Koeficijent trakcije kao parametar u proračunu brzine vozila nadomještava *otpor kotrljanja* koji ustvari uzima u obzir *stanje puta* (pojedinih dionica puta ili cjelokupnog puta) po kojemu se vozilo kreće. U raznim priručnicima se mogu naći vrijednosti ovog parametra.

Ovdje se u **Tablici 7.1.2.1.** daju neke vrijednosti koeficijenta trakcije i *otpora kotrljanja* (ω_k) u (%) prema priručniku (Handbuch Grundlagen der Erdbewegung) glede vrste i stanja kolovoza odnosno prometnice po kojoj se vozilo kreće.

Tablica 7.1.2.1.

Podloga prometnice	koeficijent trakcije	otpor kotrljanja
suha betonska	0,8 - 1,0	2
suha asfaltna	0,7 - 0,9	2
zbijeni šljunak	0,5 - 0,7	3
drobina	0,5 - 0,7	3
zbijena zemlja	0,4 - 0,6	3
čvrsta izbrazdana zemlja	0,3 - 0,6	5
suho čvrsto otkopano tlo	0,6 - 0,8	6
meko temeljno tlo	0,4 - 0,5	8
rahlo otkopano tlo	0,4 - 0,5	12
livada, travnato tlo	0,6 - 0,7	12 - 15
rahli pijesak ili šljunak	0,2 - 0,4	15 - 30
mokro ljepljivo otkopano tlo	0,1 - 0,4	10 - 20
kamenito šumsko tlo	0,2 - 0,4	
čvrsti snijeg	0,2 - 0,3	
led	0,3 - 0,2	2

Vozilo se ne kreće po pojedinoj dionici (l_{do} ili l_{po}) stalno jednom te istom najvećom mogućom brzinom (v_{max}) nego promjenjivim brzinama koje za potrebe razmatrana proračuna uprosječujemo na ($v_p = v_{max} * f_b$). Naime, brzina kretanja vozila je na početku dionice nula (kod početne dionice) ili je manja odnosno veća (ukoliko je najveća brzina u slijedećoj dionici manja od prethodne dionice!) od najveće moguće brzine te se tijekom kretanja vozila po dionici sve više povećava (odnosno samnjuje) i približava najvećoj mogućoj brzini. Što je dionica dulja to je za očekivati da će se brzina kretanja vozila približiti, dostići i imati vrijednost njegove najveće moguće brzine kretanja na toj dionici. Ovo uprosječenje brzine

kretanja za praktične potrebe planiranja radnih učinaka razmatranih vozila radi se pomoću tzv. faktor brzine (f_b) koji umanjuje najveću moguću brzinu (v_{max}) ovisno o -

- duljini pojedine dionice (l_{do} ili l_{po}) i tome
- da li vozilo u dionicu ulazi sa mjesta ili kretanjem.

U **Tablici 7.1.2.2.** daju se okvirne vrijednosti za razmatrani faktor brzine (f_b). Vrijednost za pojedine duljine između u tablici navedenih dobije se lineranom interpolacijom.

Tablica 7.1.2.2.

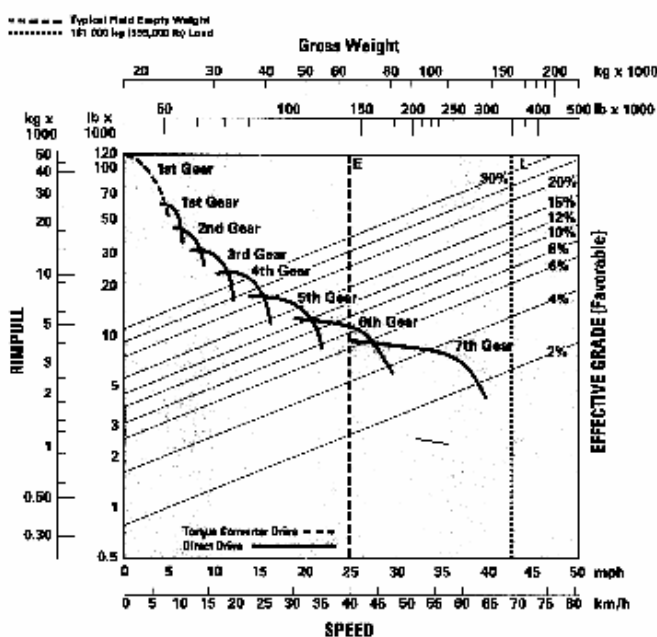
Duljina dionice km	Vozilo kreće sa mjesta f_b	Vozilo u pokretu f_b
0,1 - 1 km	0,35 - 0,75	0,7 - 0,85
preko 1 km	0,70 - 0,85	0,8 - 0,9

U knjizi (Jurecka,1975) daju se u vidu dijagrama krivulja, između ostalog, vrijednosti (f_b) za duljine dionica do 700 m ukoliko vozilo o njih ulazi sa mjesta stajanja (primjerice mjesta utovara ili istovara). Na ovdje prikazanoj **Tablici 7.1.2.3.** daju se pet vrijednosti, prva za snagu vozila od 3 kW/t, srednja za snagu vozila od oko 5 kW/t a zadnja za snagu vozila od oko 6 kW/t.

Tablica 7.1.2.3.

$f_b \Rightarrow \downarrow$	vozila snage 3 kW/toni	vozila snage 5 kW/toni	vozila snage 6 kW/toni
do 0,1km	0,20	0,40	0,46
do 0,2km	0,32	0,54	0,60
do 0,3km	0,40	0,60	0,66
do 0,4km	0,44	0,62	0,68
do 0,5km	0,48	0,64	0,70
do 0,6km	0,52	0,66	0,70
do 0,7km	0,54	0,66	0,70

Kod uvjetno rečeno teških zemljanih radova odnosno prijevoza zemljanih i kamenih gradiva po neuređenim gradilišnim prometnicama (po pozajmištu, po kamenolomu, po građevini koja se kopa ili nasipava) posebice damperima preporuča se kao prihvatljive ili očekivane ili prosječne brzine kretanja uzeti za puna vozila 10 km/sat do 15 km/sat a za prazna vozila 15 km/sat do 25 km/sat.



Slika 7.1.2.1. Krivulja radnih performanci (travel performance curve) dampera Cat 777D

7.1.3. Učink kamiona kiperera

Pojednostavljenije proračuna učinka posebice kod kamiona kiperera i donekle zglobnih dampera koji voze na veće razdaljine u odnosu na proračun učinka dampera provodi se na taj način da se transportni put ne dijeli u pojedine dionice nego se uzima transportni put kao cjelina u odlasku i povratku vozila i na tim razdaljinama se uzima neka prosječna brzina kretanja. Dakle u ovom slučaju proračun se razlikuje, od prethodnog proračun učinka dampera na kraćim razdaljinama tipično gradilišnog transporta, samo u sagledavanju odnosno pojednostavljenju proračuna vremena ciklusa (u minutama):

$$U_p = k_i * U_t \quad (\text{m}^3/\text{sat ili tona/sat } \underline{\text{rastresito}})$$

$$k_i = k_o = k_{og} * k_{rv}$$

$$U_t = n_c * Q_c$$

$$n_c = 60 / t_c$$

$$Q_c = q * k_{pu}$$

gdje q konstruktivna obujam sanduka kamiona kiperera. Vremensko trajanje radnog ciklusa je:

$$t_c = t_u + t_{vo} + t_{vp} + t_i + t_m$$

gdje je:

$t_u = (Q_c / U_o)$	vrijeme utovara
$t_{vo} = L_{do} / v_{po}$	vrijeme vožnje punog vozila u odlasku
$t_{vp} = L_{dp} / v_{pp}$	vrijeme vožnje praznog vozila u povratku
t_i	vrijeme istovara
t_m	vrijeme svih manevara i izmjene vozila
$U_o = k_p * U_t$	djelomice ispravljeni temeljni tehnički (teorijski) učinak utovarivača ili bagera ili nekog drugog sredstva
L_{do}	ukupna duljina vožnje punog vozila u odlasku
L_{vp}	ukupna duljina praznog vozila u povratku
v_{po}	prosječna brzina na čitavom putu u odlasku punog vozila
v_{pp}	prosječna brzina na čitavom putu u povratku praznog vozila

Prilikom planiranja odnosno proračuna radnog učinka posebice kamiona kiperera i zglobnih dampera pretpostavlja se slijedeće očekivane ili prosječne brzina u slučaju vožnje -

- punog vozila
 - o razmjerno vodoravnim putem do 30 km/sat
 - o uzbrdo do 20 km/sat
 - o nizbrdo do 20 km/sat
- praznog vozila
 - o razmjerno vodoravnim putem do 60 km/sat
 - o uzbrdo do 40 km/sat
 - o nizbrdo do 40 km/sat

Valja pripomenuti da se naprijed navedene prosječne brzine uzimaju aproksimativno. Za stvarne uvijete prijevoza valjalo bi izvršiti neposrednu provjeru temeljem snimanja vremenskih uzoraka na radilištu jer iste ovise o brojnim čimbenicima i stvarnim lokacijskim i prometnim uvjetima.

7.2. Učinak dizalica

7.2.1. Toranjske dizale

Toranjske dizalice su zbog svoje tehničke konstrukcije i logistike rada ključna transportna sredstva unutrašnjeg tehnološkog ili gradilišnog transporta u visokogradnji, industrogradnji te gradnji ostalih betonskih i armiranobetonskih građevina za prijenos oplata, betonskog željeza, svježeg betona te ostalih resursa za građenje. Zbog toga proračun učinka toranjskih dizalica traži poznavanje nekih temeljnih obilježja ovih transportnih sredstava. Uglavnom se rabe tri vrste toranjskih dizalica:

- za veće nosivosti i dohvate rabe se **toranjske dizalice vodoravnom granom** (po kojoj se kreće mačka sa opremom za prihvat i premještanje tereta) a koja grana je *okretna oko vrha "neokretnog" tornja*.
- kao dizalice manje i srednje nosivosti rabe se *toranjske dizalice sa vodoravnom granom na okretnom tornju* te
- **toranjske dizalice sa kosom (u uspravnom smislu) okretnom strijelom** na okretnom tornju manje i srednje nosivosti.

Temeljna povoljna tehnička obilježja **toranjskih dizalica sa kosom strijelom** bila bi:

- jednostavna konstrukcija,
- visina dohvata iznad vrha tornja,
- prilagodljiva za rad u skućenim prostorima oko građevina,
- mogući prenos dizalice u većim cjelinama,
- nisko položeno težište (balast i vitla se nalaze u dolje na postolju) koje daje dizalici veću stabilnost,
- lakše održavanje navedenih nisko smještenih strojnih sklopova,

a razmjerno nepovoljna obilježja ili nedostaci ovih dizalica bili bi:

- vodoravno premještanje tereta vezano je uz uspravno okretanje kose strijele,
- zbog gore navedenog potrebna veća snaga motora kod vitala za užad,
- također smanjena točnost namještanja tereta,
- nemogućnost jako blizog položaja tereta uz toranj,
- ograničena visina dizanja,
- kod višeg dizanja smanjeno opažanje tereta od strane dizaličara,
- zbog svega navedenog manja sigurnost u rukovanju teretom,
- manji učinak od dizalice sa vodoravnom granom.

Prednosti **toranjskih dizalica sa vodoravnom granom** u odnosu na dizalice sa kosom strijelom u tehničkom i tehnološkom smislu bile bi:

- vodoravno kretanje tereta nije vezano uz okretanje grane,
- zbog gore navedenog potrebna manja snaga motora vitala za užad,
- također veća točnost u namještanju tereta,
- može stajati bliže ili se vezati uz građevinu,
- zbog prije navedenog primjenjiva je za jako visoke građevine,
- kod visokog dizanja i položaja bolje opažanje tereta od strane dizaličara,
- zbog svega navedenog veća sigurnost u rukovanju teretom,
- veći učinak do 30% od dizalice sa kosom granom,

a nedostaci ovih dizalica bili bi:

- složena konstrukcija,
- visina dohvata ispod vodoravne grane,
- otežan rad u skućenim prostorima oko viših građevina,

Dizalice male nosivosti ili **male toranjske dizalice** slijedećih su obilježja:

- dohvat 15 m do 25 m
- visina dizanja 20 m do 30 m
- nosivi moment do 30 tm



- nosivost do 2 t (tona¹)

Dizalice srednje nosivosti ili **srednje toranjske dizalice** slijedećih su obilježja:

- dohvat 20 m do 45 m
- visina dizanja 30 m do 50 m
- nosivi moment do 60 tm
- nosivost od 3 t do 5 t

Dizalice velike nosivosti ili **velike toranjske dizalice** slijedećih su obilježja:

- dohvat veći do 50 m
- visina dizanja veća od 50 m
- nosivi moment veći od 100 tm
- nosivost veće od 5 t

Temeljna tehnička obilježja koje valja sagledavati kod pojedinih vrsta toranjskih dizalica jesu-

- visina dizanja (za nepokretno ili pokretno postavljenu dizalicu),
- duljina kraka ili grane, dohvat,
- nosivi moment dizalice,
- masa središnjeg balasta ovisno o visini dizanja,
- najveća nosivost (uz toranj) dizalice, nosivost dizalice na pojedinoj točki dohvata ili dijela duljine kraka dizalice, najmanja nosivost odnosno nosivost na najvećem dohvatu dizalice,
- pokretljivost dizalice kao cjeline (razmak kotača, razmak tračnica, najmanji promjer krivine unutarnje tračnice, masa pokretnog postolja dizalice),
- brzine okretanja tornja, kretanja mačke (opreme za prihvat tereta), kretanja dizalice po tračnicama, dizanja tereta (ovisno o masi tereta i visini dizanja) savladavanje krivina
- način polaganja tračnica te uz to vezano ukupni i specifični pritisak dizalice, podvozja i donjeg postroja (pragova, betonskih ploča itd) na tlo
- nosivosti i slijeganja tla ispod dizalice,
- njihanje dizalice za vrijeme rada
- preglednost dizanja unutar predviđenog područja rada i građevina u tom području koje se prilikom izvedbe namjerava u smislu unutarnjeg transporta posluživati ili koristiti dizalicom,
- način upravljanja dizanjem (na tornju ili daljinskim putem).

Toranjske dizalice male nosivosti koriste se za prijenos lakih tereta kod manjih građevina primjerice lakih oplata, manjih količina betonskog željeza, svježeg betona u posudama do 0,5 m³ i sl. Dizalice srednje nosivosti rabe se u visokogradnji, u građenju polumontažnim sustavima predfabriciranih elemenata ili u montažnom građenju sa lakših predfabriciranim elementima. Toranjske dizalice velike nosivosti rabe se u viskogradnji, industrogradnji, mostogradnji te hidrogradnji velikih i visokih građevinaa svih oblika i sustava građenja te također i u montiranju određenih vrsta opreme i sličnih resursa.

Sam izbor toranjske dizalice proizlazi iz slijedećih parametara:

- (prethodno navedena) tehnička obilježja dizalice,
- oblik i mjere građevine te obilježja prostora oko građevine
- masa najvećeg pojedinačnog tereta koju dizalica mora prenijeti
- veličina najvećeg momenta opterećenja dizalice.



¹ Iz praktičnih razloga se kod razmatranja toranjskih dizalica i njihova učinka daju količine i nosivost izraženi kao masa tereta ili opterećenje u "tonama" odnosno momenti nosivosti u "tonametrima". Naime, radi se o transportnom resursu koji se razmatra kao logistička a ne fizikalna veličina iako je teret ustvari sila koja djeluje na konstrukciju dizalice ili vozila i ona bi se morala izražavati u kN i sličnim mjerama. U ostaloj posebice svjetskoj literaturi prevladavaju masene tj. težinske jedinice mjere kod razmatranja i opisivanja transportnih sredstava, i njihovih radnih učinaka.

7.2.2. Učinak toranjske dizalice sa vodoravnom granom

Planirani ("praktički") satni učinak (U_p) toranjskih dizalica, koje rade ciklički (kako je već prethodno navedeno), proračunava se kako slijedi. Pri tome je kretanje tereta kod toranjskih dizalica je slijedeće -

- uspravno kretanje tereta ili dizanjem ili spuštanjem kad dizalica miruje,
- složeno kretanje tereta kad se dizalica kreće uz dizanje i spuštanje i to
 - o okretanjem grane dizalice oko tornja ili tornja oko postolja,
 - o kretanjem cjelokupne dizalice po tračnicama,
 - o kretanjem opreme za prihvat tereta po grani dizalice,
- kombinacija svih navedenih kretanja dizalice i djelova dizalice.

$$\begin{aligned}
 U_p &= k_i * U_t \quad (\text{tona/sat}) \\
 k_i &= k_o = k_{og} * k_{rv} \quad (\text{kao kod vozila}) \\
 U_t &= n_c * Q_c \quad (\text{tona/sat}) \\
 n_c &= 60 / t_c \quad (\text{ciklusa /sat}) \\
 t_c &= t_p + t_{dt} + t_{ot} + t_{kt} + t_{st} + t_i + t_{dp} + t_{op} + t_{kp} + t_{sp} \quad (\text{minute ili sekunde})
 \end{aligned}$$

pri čemu je -

$t_p \oplus$	vrijeme punjenja posude sa teretom ili hvatanja tereta
$t_{dt} \uparrow$	vrijeme uspravnog dizanja tereta
$t_{ot} \cap$	vrijeme okretanja tereta (okretanje grane ili tornja dizalice sa teretom ili pod opterećenjem)
$t_{kt} \Rightarrow$	vrijeme vodoravnog kretanja tereta (kretanje tereta po grani)
$t_{st} \downarrow$	vrijeme uspravnog spuštanja tereta
$t_i \emptyset$	vrijeme istovara ili otpuštanja tereta
$t_{dp} \uparrow$	vrijeme povratnog uspravnog dizanja opreme za prihvat tereta ali bez tereta
$t_{op} \cup$	vrijeme povratnog okretanja (okretanje grane ili tornja dizalice)
$t_{kp} \leftarrow$	vrijeme vodoravnog povratnog kretanja opreme za prihvat tereta ali bez tereta (kretanja po kraku)
$t_{sp} \downarrow$	vrijeme spuštanja opreme za prihvat tereta ali bez tereta

Vrijeme hvatanja (privezivanja) tereta (t_p) ide od 0,65 minute pa do 2 minute a otpuštanja (odvezivanja) od 0,5 minute pa do 1,0 minute. Vrijeme punjenja posude za beton je od oko 1 minute pa do 1,5 minute. Bočno pražnjenje posude za beton u skućeni prostor ide od 0,65 minute pa do 0,8 minuta a pražnjenje neposredno ispod posude na ravni široki prostor od 0,5 minute pa do 0,65 minuta.

(Q_c) je količina odnosno **masa korisnog tereta** dizanog ili premještanog (korištenjem nekog dijela kraka dizalice) po jednom radnom ciklusu (t_c)

$$\begin{aligned}
 Q_c &= (N / f_s) - P \quad (t) \\
 \text{ili } Q_{cmin} &= ((N_{min} / f_s) - P) \quad \text{ili } Q_{cmax} = ((N_{max} / f_s) - P)
 \end{aligned}$$

gdje je

N	nosivost dizalice na nekom dijelu njezina kraka (t)
f_s	sigurnost dizalice u radu glede njezina ukupna kretanja u radu sa teretom: $f_s = 1,05$ - dizalica se kao cjelina ne kreće u radu sa teretom po tračnicama. i sl. $f_s = 4,00$ - dizalica se kao cjelina kreće u radu sa teretom po tračnicama i sl.
P	masa opreme za prihvat tereta (t)
Q_{cmin}	najmanja moguća masa korisnog tereta na krajnjem dohvatu dizalice (t)
Q_{cmax}	najveća moguća masa korisnog tereta prihvaćenog uz toranj dizalice (t)
N_{min}	najmanja nosivost dizalice na krajnjem dohvatu grane ili strijele dizalice (t)
N_{max}	najveća nosivost dizalice uz toranj dizalice (t)

Nosivost (N) je ključno tehničko obilježje dizalice općenito a kod toranjskih dizalica proizlazi iz temeljnog tehničkog obilježja svih vrsta dizalica sa krakom, strijelom ili granom a to je da one sve imaju tzv. moment nosivosti (M_n) stalan i nepromjenjiv po čitavoj duljin grane ili dohvata strijele:

$$M_n = N \cdot l = const.$$

Proizalazi da je -

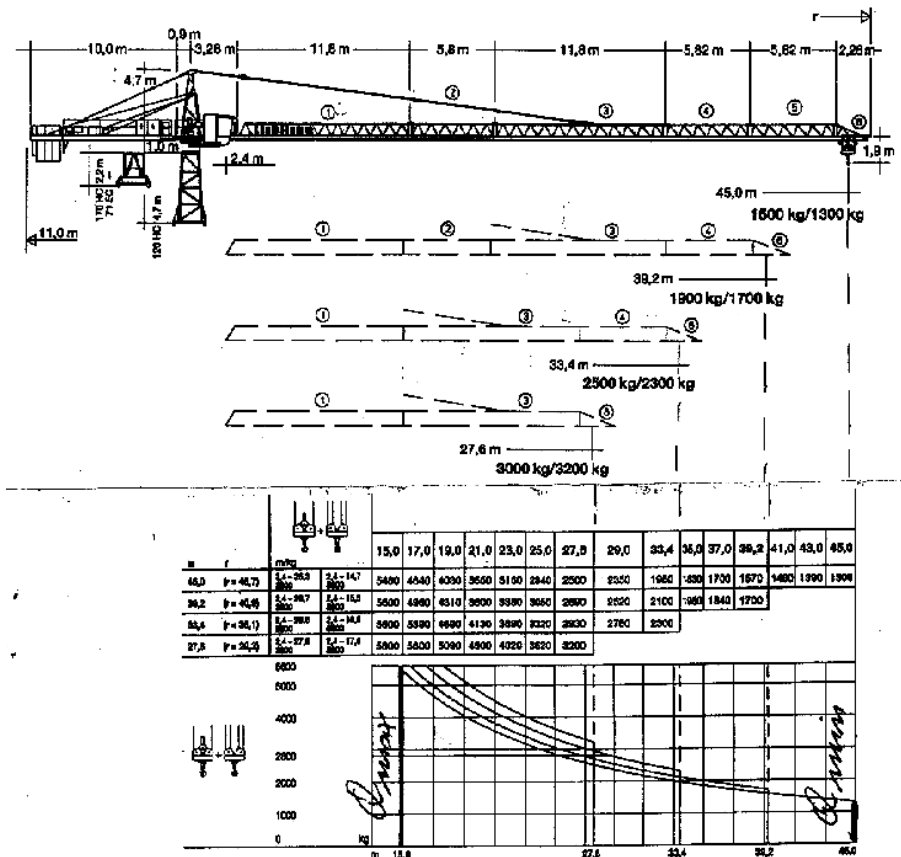
$$N = M_n / l \quad (t)$$

$$N_{min} = M_n / l_{max} \quad (t)$$

$$N_{max} = M_n / l_{min} \quad (t)$$

gdje je

M_n	nepromjenjivi moment nosivosti dizalice (tm)
l_{max}	najveća duljina dohvata kraka dizalice (m)
l_{min}	najmanja duljina dohvata kraka dizalice (m)



Slika 7.2.2.1. Dijagram nosivosti (najveća korisna masa tereta) toranjske dizalice (Q_{max} za l_{min} , Q_{min} za l_{max})

Prema tome najveća moguća dopuštena masa korisnog tereta (ujedno masa korisnog tereta po jednom radnom ciklusu (t_c)) ako dizalica koristi bez ograničenja najveći dohvat na njezinoj grani ili strijelu bila bi ($Q_{dop} = Q_{min} = ((M_n / l_{max} / f_s) - P)$) odnosno planirani satni učinak toranjske dizalice ako koristi bez ograničenja najveći dohvat na njezinoj grani ili strijeli bio bi-

$$U_p = k_{og} * k_{rv} * (60 / t_c) * ((M_n / l_{max} / f_s) - P) \quad (t/sat)$$

Proračun ukupnog vremena trajanja ciklusa dizalice (t_c) kao zbroja vremena trajanja pojedinih zahvata odnosno dionice kretanja tereta provodi se u načelu tako da se duljina putanje tereta (m) pojedinog zahvata odnosno pripadajućeg kretanja podijeli sa brzinom gibanja tereta (metara/minuti) na toj putanji pojedinog zahvata odnosno kretanja.

Kao primjer prosječnih brzina kretanja tereta po pojedinim zahvatima ili putanjama kretanja tereta navode brzine kretanja dizalica od tvrtke POTAIN (a slično je kod drugih proizvođača toranjskih dizalica).

Za manje i srednje velike samomontirajuće rešetkaste toranjske dizalice sa vodoravnim krakom na okretnom tornju (visina dizanja 12 m ... 36 m; dohvat 14 m ... 50 m, masa mogućeg nošenja na kraju dohvata 0,3 t ... 2 t) -

- brzina dizanja i spuštanja tereta (uspravno kretanje tereta gore dole) bila bi:

p ("puževa") 2,2 do 8 m/min

k ("kornjačina") 11,2 do 30 m/min

z ("zečeva") 22,5 do 60 m/min

- brzina kretanja mačke sa ili bez tereta po grani dizalice 7,5 do 60 m/min

- brzina okretanja tornja 0,12 do 1 o/min

- brzina kretanja dizalice po tračnicama 8,5 do 50 m/min

Za veće odnosno velike toranjske dizalice sa vodoravnim okretnim krakom (visina dizanja 32 m ... 136 m; krajnji dohvat 41 m ... 100 m, masa mogućeg nošenja na kraju dohvata 1,0 t ... 20 t) -

- brzina dizanja i spuštanja tereta (uspravno kretanje tereta gore dole) bila bi:

o p 2,7 do 11 m/min

o k 9,5 do 65 m/min

o z 13,5 do 130 m/min

- brzina gore dole bez tereta do 260 m/min

- brzina kretanja mačke sa ili bez tereta po grani dizalice 3,1 do 86 m/min

- brzina okretanja grane 0,65 do 1,2 o/min

- brzina kretanja dizalice po tračnicama 8,5 do 50 m/min

Za rešetkaste toranjske dizalice sa kosim u uspravnom smislu okretnim krakom na okretnom tornju (visina dizanja 32 m ... 55 m; krajnji dohvat 45 m ... 100 m, masa mogućeg nošenja na kraju dohvata 0,1 t ... 6 t) -

- brzina kosog dizanja i spuštanja tereta (kretanje tereta gore dole tj. napred natrag) bila bi:

o k 20 do 65 m/min

o z 40 do 130 m/min

- brzina okretanja kose grane na vrhu tornja do oko 0,7 do 0,8 o/min

- brzina kretanja dizalice po tračnicama 15 do 32 m/min

Prethodno naveden način proračuna pojedinačnog učinka neke toranjske dizalice prihvatljiv je u onim slučajevima kada se želi iz nekih posebnih razloga provesti takav račun glede određene posebnosti organizacije tehnološkog postupka u kojem ta dizalica sudjeluje. Međutim ukoliko se krene u takav proračun učinka mora se uzeti u obzir usporednost i istovremenost izvedbe nekih zahvata i kretanja tereta. Na taj način ukupni radni ciklus dizalice čine oni zahvati i kretanja koji su najdulji po trajanju. Ostali kraći zahvati dešavaju se istovremeno sa tim duljim zahvatima. Tako se primjerice u vremenu kretanja mačke sa teretom po vodoravnoj grani može provoditi istovremeno okretanje tornja ili grane dizalice te spuštanje tereta ili dizanje opreme za prihvat tereta ukoliko je trajanje tih zahvata odnosno kretanja kraće od kretanja tereta po grani. Istovremenost pojedinih zahvata ili kretanja mora također biti prostorno moguća odnosno na bilo koji način neograničena. Može biti i obrnuti slučaj primjerice da je kretanje tereta po grani kraće od okretanja tornja ili dizanja odnosno spuštanja tereta. U svakom slučaju dobivene rezultate proračuna učinka valja kritički sagledati i prihvatiti sa određenom rezervom.

U svrhu pojednostavljenja proračuna učinka toranjskih dizalica može se pretpostaviti očekivani broj ciklusa od oko 20 do oko 25 na sat odnosno između 10 do 30 ciklusa na sat a što pokazuje slijedeći podaci (Seling, 1981, daje se redom visina građevine iznad tla, očekivni mogući broj ciklusa, krajnji dohvat dizalice):

- na +/- 0,0 m oko 30 c/sat do 20 m
- na + 15,0 m oko 24 c/sat do 25 m
- na + 30,0 m oko 17 c/sat do 45 m
- na + 45,0 m oko 13 c/sat do 65 m
- na + 60,0 m oko 11 c/sat do 85 m.