



Rok i troškovi mehaniziranih radova za izvedbu i održavanje hidrotehničkih građevina

Term and costs of mechanized works for the construction and maintenance of hydrotechnical structures

D. Vidaković^{1,*}, V. Moser¹, K. Ćosić², E. Desnica³

¹Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek, Hrvatska

²Madeco d.o.o., Osijek, Hrvatska

³Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin, Srbija

*Autor za korespondenciju. E-mail: dvidak@gfos.hr

Sažetak

Na izvedbi i održavanju hidrotehničkih građevina mehanizirani radovi često su vremenski i troškovno značajne aktivnosti. Ključni parametar za njihovo planiranje je satni učinak strojeva koji će se koristiti. Na različitim projektima, u različitim uvjetima rada na gradilištima isti strojevi imaju velika odstupanja u učinku i znatnu razliku u troškovima rada. U članku je pokazana metoda određivanja planskog učinka uobičajenih građevinskih strojeva s odgovarajućim koeficijentima ispravke. Također, objašnjeni su elementi troška rada strojeva i pokazane su razlike troškova i trajanja strojnog rada u različitim uvjetima.

Ključne riječi: strojevi, utjecaji na produktivnost, koeficijenti ispravke, učinak, troškovi

Abstract

Mechanized works on the construction and maintenance of hydrotechnical structures are often time and cost significant activities. The key parameter for their planning is the hourly output of the machines to be used. On different projects, in different working conditions and on construction sites, the same machines have large deviations in productivity (output) and a significant difference in cost of work. The article shows a method of determining the planned productivity of common construction machines with appropriate correction coefficients. Also, the elements of the cost of machine operation are explained and the differences in the cost and duration of machine operation in different conditions are shown.

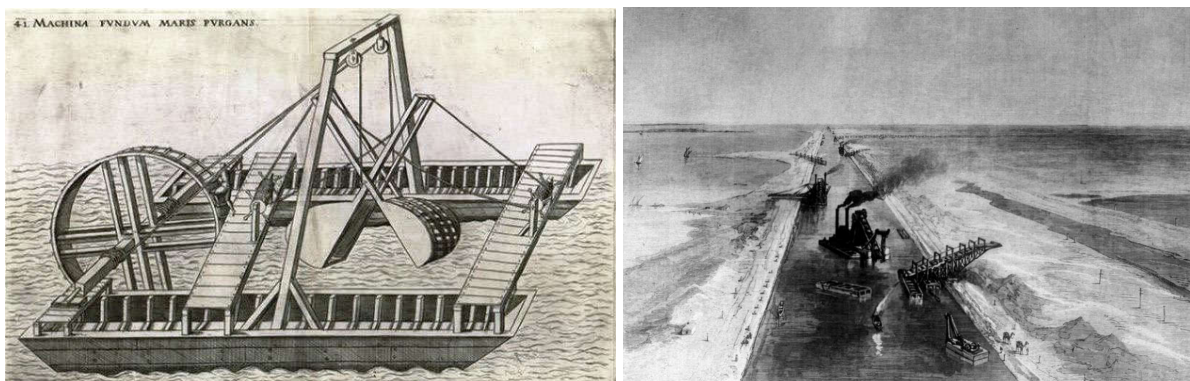
Key words: machinery, impacts on productivity, correction coefficients, output, costs

1. Uvod - primjena mehanizacije u vodogradnji

Građevinski i drugi radovi kojima se izvode hidrotehničke građevine, nazivane i vodogradnja (brane, akumulacijska jezera, luke, kanali, cjevovodi i dr.), odnosno zahvati koji omogućuju gospodarenje vodama, regulaciju vodotoka, melioraciju, vodoopskrbu, odvodnju itd.,

pretežito se izvode strojno. *Katalog – Opis radova u vodnom gospodarstvu* (2022) čak za blizu 90% opisanih radova čišćenja terena i ostalih pripremnih radova, zemljanih radova i prijevoza, radova na regulaciji vodotoka, betonskih radova i radova gospodarskog održavanja (redovno održavanje i obnova kanala) predviđa uporabu strojeva [1].

Faust Vrančić je u *Machinae Novae* (1595), svom djelu o novim tehničkim konstrukcijama, prikazao i opisao preteču plovnog bagera sa zahvatnom lopatom (pod nazivom “naprava za čišćenje morskog dna” i s napomenom da je upotrebljiva i na rijekama, ali da se tamo mogu koristiti drugi uređaji jer nisu tako duboke) te brod s otvorenim dnom, koji s posebnim alatom nalik kliještima grabi blato s morskog dna. Upravo kod izgradnje velikih hidrotehničkih građevina, kao što su Sueski kanal (1859. - 1869.) i Hooverova brana (1931. - 1935.), u primjenu ulaze neke nove vrste strojeva i građevinske opreme (slika 1).



Slika 1. Plovni bager na ljudski pogon iz *Machinae Novae* (lijevo) i parni bageri vjedričari na iskupu Sueskog kanala [2] (desno)

Radovi održavanja hidrotehničkih građevina isto se uvelike obavljaju strojno. Npr. *Pravilnik o tehničkim, gospodarskim i drugim uvjetima za uređenje sustava melioracijske odvodnje, te osnovama za tehničko i gospodarsko održavanje sustava* (1998) nalaže da se iskop zemlje (izmuljivanje) u dnu i donjem dijelu pokosa korita vodotoka (kanala) s privremenim odlaganjem zemlje uz rub korita obavlja s bagerima gusjeničarima s povlačnom košarom i bagerima s krutim ili teleskopskim kranom i prikladno konstruiranom dubinskom košarom, razastiranje i poravnavanje prethodno odložene zemlje s buldozerima odgovarajuće snage, vađenje i uklanjanje panjeva s odvozom na deponiju ili zakapanjem na odgovarajuću dubinu sa strojevima odgovarajuće snage, a da se za sabirne ili grupne kanale uz uobičajene strojeve za iskop koriste i specijalni bageri kanaločistači i strojevi za neprekinuti iskop i razastiranje zemlje [3]. Osim toga, u vodogradnji se primjenjuju i utovarivači, skrejperi, grejderi i valjci za zemljane radove, kiperi i druga transportna vozila, više vrsta dizalica te mehanizacija za betonske radove, a i različiti specijalizirani strojevi. Detaljniji popis strojeva za ove radove sadrži *Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu* (2022).

U dokumentaciji za nadmetanje, kao uvjet sposobnosti izvođača – ponuđača za ovakve radove, uobičajeno se definira posjedovanje ili imanje u zakupu određene mehanizirane opreme. Primjenu različite mehanizacije na hidrotehničkim građevinama pokazuje slika 2.



Slika 2. Rad strojeva na izvedbi i održavanju hidrotehničkih građevina [4] [5]

Strojevima izvođeni radovi danas su često na kritičnom putu realizacije i imaju veliki udio u troškovima hidrotehničkih projekata, kao i kod izgradnje plinskih i drugih podzemnih instalacija. Prekoračenja rokova i troškova realizacije puno se više događa nego kada je sve u okviru prvobitno planiranih parametara. Kašnjenje, ali i ranije završavanje pojedinih radova utječe na druge, s njima povezane aktivnosti, mijenja dinamiku ugradbe materijala i korištenja strojeva i radnika. Tako može uzrokovati nedovoljnu ili pogrešnu dodjelu resursa i s tim dodatno produbiti probleme izvedbe. Promjene jednom planiranih / ugovorenih parametara mogu biti problematične jer treba utvrditi odgovornost i opravdati ih, a u nekim slučajevima snositi ugovorom i zakonskim propisima predviđene sankcije.

2. Utjecaji na produktivnost i planiranje učinka i trajanja strojnih radova

2.1. Utjecaji na produktivnost strojeva

Vjerodostojnost planiranog roka i troškova pojedinih radova i cijelog plana ovisi o realnosti unešenih podataka na razini radnih procesa i operacija, odnosno aktivnosti i troškovničkih stavaka. Zato bi izvođač u projektu organizacije građenja sve troškovno i vremenski značajne aktivnosti (na kritičnom putu) trebao dobro analizirati s obzirom na uvjete rada, predviđene resurse za izvedbu, rok i troškove. Ključni parametar za određivanje trajanja i troškova mehaniziranih radova je satni učinak raspoloživih, planiranih strojeva. Učinak strojeva ovisi o njihovim tehničkim karakteristikama, ali uvelike i o uvjetima i organizaciji radova i drugim utjecajima. To je detaljnije pokazano na slici 3.



Slika 3. Čimbenici učinka strojeva na radilištu (prema [6])

Najvažniji utjecaji prema rezultatima sedam istraživanja (anketiranjem i intervjuiranjem stručnih osoba) u inozemstvu 2016. - 2020. godine su [6]:

- nedostatak sposobnosti / iskustva rukovatelja strojevima,
- slabo planiranje rada,
- nedostatak / nepravovremenost nadzora radova,
- problemi s održavanjem / kvarovima i njihovim otklanjanjem,
- uvjeti na gradilištu (vremenski utjecaji, sastav tla i dr.),
- nedostatak koordinacije,
- popravljane prije izvedenih radova (iz različitih razloga),
- neraspoloživost potrebne opreme,
- problemi s opskrbom materijalima i gorivom (uslijed promjena cijena i drugog).

Vidi se kako dio ovih utjecaja nije pod kontrolom izvođača radova (vanjski čimbenici), ali treba ih uzeti u obzir kao rizik i predvidjeti odgovarajuću rezervu za amortizaciju njihovog djelovanja. Negativno djelovanje većine utjecaja izvođači mogu izbjeći ili umanjiti kroz bolje upravljanje (planiranje, organizaciju i dr.), te tako smanjiti trajanje i troškove radova.

2.2. Određivanje satnog učinka strojeva na planiranim radovima

Javni normativi, priručnici i drugi izvori pružaju podatke o satnim učincima i cijenama sata rada samo dijela strojeva koji se danas koriste. Te vrijednosti nisu aktualne, vrlo su općenite i često je njihovo dobivanje netransparentno. Prosječni učinak određen iz širokog spektra mogućih veličina može višestruko odstupati od onoga koji je realno ostvariv. Učinak strojeva za planiranje trajanja radova i određivanje troškova može biti iz interne baze podataka ostvarenog učinka (s definiranim uvjetima rada) ili dobiven izračunom. Može se koristiti neka publicirana metoda, prilagođena vlastitim uvjetima i konkretnom slučaju, a najbolja je primjena više načina, poglavito za najznačajnije aktivnosti.

Teorijski ili tehnički učinak (U_t) temelji se na osnovnim tehničkim karakteristikama stroja, te ima veličinu koja uglavnom odgovara idealnim uvjetima rada. Za neke strojeve ta veličina je dostupna od proizvođača, ali uvijek se može i izračunati. Teorijski učinak proporcionalan je

veličini radnog alata (q) (zapremnini lopate, sanduka, bubnja i dr.), tj. količini rada koju izvodi u jednom ciklusu, i broju ciklusa (n_c) koje obavi u vremenskoj jedinici (satu) kod strojeva s cikličnim radom, a kod onih koji rade kontinuirano prosječnoj radnoj brzini (kretanja) stroja (v). Strojovima koji rad izvode kontinuiranim kretanjem učinak je proporcionalan površini koju pokrivaju u jednom prolazu (l), što odgovara širini radnog alata, a obrnuto proporcionalan potrebnom broju prolaza da se obavi posao (n_p). U tablici 1 su formule za izračun U_t strojeva koji se često koriste za radove na hidrotehničkim građevinama.

Tablica 1. Izračun teorijskog učinka

Strojevi	Teorijski učinak	Trajanje ciklusa
Bageri i utovarivači s cikličnim radom	$q \times n_c / \text{sat}$	Prema veličini lopate i vrsti zemlje
Dozeri, skrejperi, transp. vozila, dizalice	$q \times n_c / \text{sat}$	Zbrajanjem trajanja elemenata ciklusa (utovar, guranje ili prijevoz / prijenos, istovar, povrat na početak ciklusa, manevriranje i sl.)
Valjci i grejderi	$v \times l / n_p$	- (kontinuirani rad)

Planski učinak (U_p) uzima u obzir stvarne, zapravo planirane uvjete rada (organizacijske, terenske i dr.) i zato je uvijek manji od teorijskog. Izračunava se množenjem teorijskog učinka s nizom odgovarajućih koeficijenata ispravke (k_i): $U_p = U_t \times k_i$ ($k_i = k_1 \times k_2 \times \dots \times k_n$). Koeficijenti koji se najčešće primjenjuju za učinak strojeva za zemljane i betonske radove i Transporte dani su u tablici 2, a satni učinak strojeva još bi dodatno trebalo umanjiti kada se planiraju dugotrajniji radovi (za cjelodnevni rad satni učinak umanjiti 15 %, za cijeli tjedan 15 % umanjiti u odnosu na dnevni, a za mjesec dana još 10 % u odnosu na tjedni).

Tablica 2. Veličina i primjena koeficijenata ispravke učinka strojeva (prema [7])

Koeficijent	Za strojeve	Raspon vrijednosti	Prosječna veličina
- iskorištenja radnog vremena	svi	od 0,75 (slabo) do 0,92 (odlično)	0,84 (dobro korištenje vremena)
- organizacija rada strojeva na gradilištu	svi na gradilištu	za zemljane radove od 0,50 (nezadovoljav.) do 0,83 (dobro)	od 0,70 do 0,80 (prosječni uvjeti rada)
- dotrajlosti (stanja) stroja	svi osim vozila u javn. prometu i dizalice	od 0,80 (dotrajali) do 1,00 (novi, tj. do 2000 sati rada)	0,91 (očuvani stroj 2000 - 4000 sati rad.)
- radnog prostora	koji manevriraju pri radu	0,95 (skućeni prostor) ili 1,00 (širok, pregledan prostor)	-
- vlažnosti materijala	koji rade s vlažnom zemljom	od 0,30 (mokra ljepljiva troš. stijena i glina) do 0,95 (čisti kam.)	od 0,67 do 0,91 (za mokru zemlju)
- kuta okretanja i visina radnog čela	bageri	od 0,59 - 0,71 (za okret od 180°) do 0,93 - 1,26 (za 45°)	od 0,80 do 1,00 (kod okreta za 90°)
- utovara (u transportno vozilo)	bageri i utovarivači	od 0,83 (nepogod. vozilo) do 1,00 (odlaganje uz stroj)	0,91 (utovar u pogod. transport. vozilo)
- punjenja (radnog alata)	s lopatom, korpom, bubnjem, sandukom, nožem (uzima u obzir gubitak materijala 0,5 % / m guranja)	od 0,40 (za bagere i dozere na tvrdom iskupu) - 0,65 (skrejperi) do >1,00 (laki iskup), a sanduk vozila na javnim cestama maks. 1,00 i na gradilištu maks. 1,20	od 0,80 do 0,90 (srednje težak iskup)
- nagiba terena	dozeri, skrejperi	ovisi o terenu	1,00 za ravni teren

Veličine koeficijenta ispravke, ako se računa s njihovim najmanjim i najvećim mogućim vrijednostima (mogu biti veće od onog što se smatra dobrim i manje od slabog, tj. nezadovoljavajućeg), uz utjecaj trajanja radova na učinak, ukazuju da ostvarivi učinak nekih konstruktivno istih strojeva može varirati čak i stostruko [8].

Izračunati učinak bagera s lopatom zapremnine 1 m³ za iskop zemlje i utovar u vozila napravljen na pokazani način i po sličnim ili istim metodologijama drugih autora i priručnika proizvođača strojeva, gdje su razlike jedino u nekim pretpostavkama vrijednosti pojedinih parametara, pokazuje odstupanja rezultata od 11 % manje (*Handbuch BML*) do 53 % više (proizvođač strojeva *Liebherr*) [7].

Planirani učinak trebao bi biti što bliži ostvarenom, ali u praksi često nije. Kako bi znali koliko je odstupanje, treba na odgovarajući način mjeriti ostvareni učinak uz bilježenje uvjeta rada. Tako se može pravovremeno uočiti negativno odstupanje od planiranog i utvrditi uzroke toga, pa poduzeti primjerene korektivne mjere. Također, s tim se stvaraju i ažuriraju interne baze podataka, koje su korisne za unaprjeđenje planiranja, i na tekućem i na budućim projektima. U skladu s njima, po potrebi se mijenjaju koeficijenti ispravke i drugi ulazni podaci za izračun učinka.

2.3. Određivanje trajanja strojnih radova

Ako ugovorom nije određen rok u kojem izvođač mora izgraditi građevinu ili izvesti druge radove prema *Zakonu o obveznim odnosima* (2005) dužan je to obaviti za vrijeme koje je razumno potrebno za takve poslove [9]. Određivanje trajanja aktivnosti može biti probabilistički (stohastički) ili deterministički. Probabilistički se određuje očekivano trajanje na temelju pretpostavke optimističnog (a), pesimističnog (b) i normalnog trajanja (n) [10]:

$$\text{Očekivano trajanje aktivnosti} = \frac{a + 4xn + b}{6}$$

Deterministički se trajanje određuje na temelju normativa vremena ili učinka (obrnuto proporcionalan normativ satima) planiranih strojeva:

$$\text{Trajanje aktivnosti} = \frac{\text{Količina rada}}{\text{Ukupni učinak svih planiranih strojeva}}$$

Za zahtjevano trajanje aktivnosti može se odrediti koliki je potrebnii učinak i prema tome izabrati strojeve. Zbog veće sigurnosti da će posao biti obavljen u planiranom roku, zahtjevani učinak se uvećava za rezervu određenu ovisno o uvjetima rada (kod povoljnih uvjeta 10 %, u prosječnim uvjetima 15 %, a kada su predviđeni nepovoljni uvjeti 25 %).

Iz tablice 2 vidi se kako učinak istog stroja može biti višestruko različit u različitim uvjetima rada, pogotovo kod zemljanih radova kod kojih se teorijski učinak korigira s najvećim brojem koeficijenta. Sljedeći primjer pokazuje kako se to održava na trajanje radova ako je razlika učinka samo 2,5 puta, tj. varira od 30 do 75 m³ / sat. U slučaju iskopa i guranja 15.000 m³ zemljanog materijala s minimalnim i maksimalnim učinkom trajanje rada je:

$$15.000 \text{ m}^3 : 30 \text{ m}^3 / \text{sat} = 500 \text{ sati} \quad \text{ili} \quad 15.000 \text{ m}^3 : 75 \text{ m}^3 / \text{sat} = 200 \text{ sati}$$

Prema tome, razlika je 300 radnih sati, a to je npr. 30 radnih dana sa smjenama od 10 sati / dan ili 1,5 mjesec rada s 25 radnih dana mjesečno i s 8 sati / dan.

3. Troškovi sata rada strojeva i moguće razlike

Osim što troškove i cijenu radova treba odrediti za davanje ponude na natječaj za izbor izvođača, treba ih odrediti i za nepredviđene i naknadne radove tijekom izvedbe te u slučaju zahtjeva za promjenu ugovorene cijene. Tada se jedinični trošak rada stroja množi s količinom rada troškovničke stavke za koju je stroj potreban.

Kod izračuna jediničnih troškova rada stroja opet je potrebno poznavanje satnog učinka angažiranih strojeva:

$$\text{Jedinični troškovi rada (€ / 1 mjer. jedin.)} = \frac{\text{Koštanje sata rada stroja (eura/sat)}}{\text{Satni učinak stroja (mjer. jedin./sat)}}$$

Za prethodno izneseni primjer, ako je neposredni trošak rada stroja 150 € / sat, jedinični trošak može biti 2 € / m³ u slučaju kada je učinak maksimalan (150 / 75), ali i 5 € / m³ kada je učinak istog stroja minimalan (150 / 30). (Zanemareni su nešto veći uporabni troškovi, kao npr. za habajuće dijelove, do kojih bi došlo kada stroj radi s većim učinkom, odnosno intenzivnije.) Tada je razlika troška iskopa i guranja 15.000 m³ zemlje zbog razlike u učinku: 300 sati x 150 € / sat = 3 € / m³ x 15.000 m³ = 45.000 € (150 % više s najmanjim u odnosu na neposredni trošak rada s najvećim učinkom).

Za određivanje neposrednog troška rada stroja treba definirati ekonomski (amortizacijski) vijek stroja i prosječni broj sati rada godišnje te obračunati tri grupe troškova navedene u tablici 3.

Tablica 3. Osnovni troškovi koji se obračunavaju za koštanje sata rada strojeva

Jednokratni troškovi (Tr _{jedn})	Troškovi stroja kao osnov. sredstva rada (Tr _{osnov})	Uporabni troškovi (Tr _{uporab})
Jednom tijekom korištenja na određenom projektu: - troškovi transporta na gradilište i s gradilišta, montaže i demontaže, probe, uključenja u rad i sl., prema potrebi (Za izračun ukupnog koštanja sata rada zbrojeni svi jednokratni troškovi dijele se s vremenom koje stroj treba raditi na projektu.)	Ne ovise o tome koliko će stroj na projektu biti u upotrebi: - troškovi vlasništva: vremenska amortizacija, kamate, osiguranje, registracija; - investicijsko održavanje (generalni zahvati, godišnji)	Proporcionalni su s vremenom aktivnog rada stroja i uvjetima u kojima djeluje (npr. vrsta zemlje): - troškovi tekućeg održavanja i servisiranja (svakodnevne intervencije, kao što su manji popravci, podmazivanje i čišćenje); - troškovi habajućih dijelova (gume, sječiva, užad, obloge itd.); - troškovi pogonske energije / goriva i maziva te pomoćnih materijala; - bruto plaća (satnica) rukovatelja stroja i svih radnika koji opslužuju stroj

Koliko izvođača košta sat rad njegovog stroja na određenom projektu, što se u analizi cijene kalkulira kao neposredni trošak, formulom se može izraziti kao:

$$\text{Trošak sata rada} = \frac{Tr_{jedn} [eura]}{Vrijeme rada na gradil. [sati]} + \sum Tr_{osn} [eura/sat] + \sum Tr_{uporab} [eura/sat]$$

Trošak pogonske energije najčešće ima najveći udio u ukupnom trošku rada, a kod strojeva s motorom s unutarnjim izgaranjem to je umnožak cijena litre goriva i satne potrošnja goriva. Satna potrošnja goriva može se planirati prema izrazu [11]:

$$\text{Potrošnja goriva [l / sat]} = \frac{Snaga motora [kW] \times \text{Specifič. potroš. goriva [kg/kW / sat]} \times \text{Efektiv. rad motora}}{\text{Specifična masa goriva [kg/l]}}$$

Jednostavno je i svakako bi za svaki stroj trebalo provjeriti u praksi kolika su odstupanja od ovakve procjene potrošnje. U tablici 4. su udjeli pojedinih grupa troškova za bagere s različitom snagom motora, koja utječe i na nabavnu vrijednost i na potrošnju goriva.

Tablica 4. Izračunati udjeli grupa troškova u koštanju sata rada tri tipa bagera [12]

Osnovni troškovi	< 75 kW	75 - 120 kW	> 120 kW
Obveze vlasnika	29 %	31 %	31 %
Održavanje	9 %	10 %	10 %
Pogon (gorivo)	30 %	36 %	42 %
Rad (strojar)	32 %	23 %	17 %

Troškovi obveza vlasnika i održavanja ne ovise direktno o snazi stroja, dok se troškovi goriva povećavaju kako raste snaga motora stroja. Troškovi rada strojara ne mijenjaju se sa snagom motora, ali s povećanjem potrošnje goriva opada njihov udio u ukupnom trošku. Analiza Bezaka i Linarića (2009) nalazi kako razlika u iskorištenosti strojeva, odnosno njihovom godišnjem fondu sati rada, koji je u prosjeku u vodoprivredi nešto manji nego kod istovrsnih strojeva na drugim građevinskim projektima, dovodi do toga da je satni trošak bagera u vodoprivredi veći 2 % (s motorom < 75 kW) do 10 % (s motorom > 120 kW) [12]. Za bager gusjeničar *Komatsu PC220* (114 kW, 22 t) *Standardna kalkluacija radova u visokogradnji* (2021) daje prosječnu cijenu sata rada u Hrvatskoj 105,45 € (794,52 kn) [13], a *Standardna kalkluacija radova u vodnom gospodarstvu* (2022) predviđa 72,28 € (544,57 kn) [14]. Za taj bager može se izračunati satna potrošnja goriva: $114 \times 0,2 \times 0,75 / 0,84 = 20,4 \text{ l / sat}$.

U tablici 5. izračunati su satni troškovi rada tog stroja (bez pokriva posrednih troškova i dobiti koje cijena uobičajeno obuhvaća) za dva slučaja jednokratnih troškova, ako mu je:

- nabavna cijena (kupnja i sva potrebna davanja do upotrebe) 120.000 €,
- stopa amortizacije 10 % i ekonomski vijek 10 godina,
- prosječno 1.450 sati rada godišnje,
- kupnja bez kredita,
- godišnji trošak osiguranja 3 % srednje vrijednosti (66.000 €),
- godišnji trošak investicijskog održavanja 3,5 % od nabavne cijene,
- trošak tekućeg održavanja 35 % od nabavne cijene za cijeli vijek uporabe.

Tablica 5. Satni troškovi bagera *Komatsu PC220* na dva različita gradilišta

Jednokratni troškovi (ovise i o učinku stroja)	za transport bagera 2 x 30 km i 540 sati rada na gradilištu = 0,5 € / sat	za transport bagera 2 x 550 km i 90 sati rada na gradilištu = 26,7 € / sat
Vremenska amortizacija	$120.000 / 10 \times 1450 = 8,28 \text{ € / sat}$	8,28 € / sat
Osiguranje	$0,03 \times 66.000 / 1450 = 1,37 \text{ € / sat}$	1,37 € / sat
Investicijsko održavanje	$0,035 \times 120.000 / 1450 = 2,90 \text{ € / sat}$	2,90 € / sat
Tekuće održavanje i habajući dijelovi (+15 %)	$(0,35 \times 120.000 / 10 \times 1450) \times 1,15 = 3,33 \text{ € / sat}$	3,33 € / sat
Gorivo	$20,4 \text{ l / sat} \times 1,3 \text{ € / l} = 26,52 \text{ € / sat}$	26,52 € / sat
Mazivo (10 % od goriva)	$0,01 \times 26,52 = 2,65 \text{ € / sat}$	2,65 € / sat
Plaća strojara (bruto)	6,40 € / sat	6,40 € / sat
Ukupno	51,95 € / sat	(50,4 % više) 78,15 € / sat

Neke od navedenih elemenata troška rada stroja može se obračunati u cijeni radova i izdvojeno iz ovako određenog koštanja sata rada. Primjerice, trošak plaće radnika koji rade sa strojem može se umjesto u koštanje sata rada stroja ukalkulirati u trošak izvođača kao direktni trošak rada radnika, a trošak prijevoza i nekih pripremno-završnih radova potrebnih za rad strojeva (Tr_{jedn}) može se obračunati u posredne troškove izvođača. Sav trošak rada nekih strojeva koji sudjeluju u izvođenju više različitih vrsta radova (npr. toranjske dizalice), pa ih je nezgodno obračunati posebno za svaki od njih, u pravilu se uvrštava u posredne troškove i onda raspodjeljuje na sve troškovničke stavke. Naravno, treba paziti da se ništa ne izostavi u analizi cijena, ali ni da se ne obračuna više puta isto.

Posredni troškovi izvođača dijelom su na razini cijele tvrtke (uprava, zajedničke službe i dr.), a dijelom na razini svakog pojedinog projekta (troškovi pripremnih i završnih radova koji nisu obuhvaćeni troškovničkim stavkama, te režijski troškovi gradilišta). Režijski troškovi gradilišta rastu s trajanjem realizacije, a ona opet ovisi o učinku korištenih strojeva. U jediničnoj analizi cijene posredni troškovi mogu se obračunati s faktorom za pokriće koji se množi samo s jediničnim troškom rada radnika predmetne stavke ("tradicijski") ili množenjem druge vrste faktora (manje veličine) sa svim neposrednim troškovima, tj. troškovima radnika, strojeva i materijala po jednoj mjernoj jedinici rada. Za projekte na kojima prevladava strojno izvođenje radova preporučljiv je obračun posrednih troškova pomoću faktora koji se množi s neposrednim troškovima svake stavke troškovnika. Ipak, *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji* (2004) definirala je veličinu "tradicijskog" faktora za pokriće posrednih troškova za pojedine vrste poslova (npr. 2,6 za preventivnu obranu od poplava, 3,3 za izgradnju novih vodnih građevina, 3,5 za tehničko održavanje vodnih građevina i vodnog dobra, obnavljanje i dogradnju vodnih građevina) [15] i s tim faktorom trebala bi biti pokrivena i dobit izvođača. Novija izdanja, npr. *Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu* (2022), ne određuju faktor za pokriće posrednih troškova, nego daju bruto satnice radnika koje su već uvećane za posredne troškove, kao što su režijski troškovi gradilišta i cijele tvrtke izvođača, ali i troškove tekućeg i investicijskog održavanja i amortizacije mehanizacije i opreme, koji nisu obračunati u cijeni sata rada [14].

Radovi na hidrotehničkim građevinama predmet su javne nabave i kod takvih projekata ako je izvođač radove izveo u ugovorenom roku i u vremenu između davanja ponude i ispunjenja ugovora bez njegova utjecaja su se povećali troškovi pojedinih elemenata, temeljem kojih je određena cijena radova, u tolikoj mjeri da bi cijena trebala biti veća za više od 10 %, izvođač ima pravo tražiti isplatu razlike u cijeni koja je iznad 10 % [16]. U tom slučaju promjena cijena izvođenja ugovorenih radova mora se jasno dokazati i npr. kada je porasla cijena goriva treba odrediti trošak rada stroja za svaku stavku i udio cijene goriva u tome.

4. Zaključak

Specifičnosti svakog projekta (vrsta, veličina i dinamika radova, lokacija i dr.) i svakog izvođača te razni drugi utjecaji na produktivnost otežavaju planiranje izvedbe. Zato je u praksi nerijetko posezanje za brzim, ali nesigurnim rješenjima, koja uvećavaju rizik promjena planiranih troškova i vremena. Oslanjanje samo na iskustvo pojedinaca i paušalno preuzimanje podataka o prosječnim veličinama učinaka strojeva iz raznih izvora je

nepouzdan, rizično i netransparentno, ali ipak može biti prihvatljivo za manje važne aktivnosti i vrlo dobro poznate radove.

Pouzdanije planiranje troškova (cijene) i vremena pruža odgovarajuća analiza i transparentni izračun trajanja i troškova rada strojeva, što nisu komplicirani postupci i mogu se po potrebi prilagoditi te kombinirati više njih. Dinamički planovi trebaju biti fleksibilni, redovito praćeni u odnosu na realizirano i po potrebi ažurirani. Izrada baze učinaka strojeva iziskuje malo dodatnih napora, a može biti korisna za dokazivanje utjecaja i poboljšanje internih normativa te postupaka izračuna planskog učinka.

5. Literatura

- [1] Građevinski fakultet u Zagrebu. Katalog – Opis radova u vodnom gospodarstvu. Zagreb: Hrvatske vode, 2022.
- [2] The National, 2019. <https://www.thenationalnews.com/world/mena/the-suez-canal-a-stormy-150-year-history-in-pictures-1.938704>
- [3] Pravilnik o tehničkim, gospodarskim i drugim uvjetima za uređenje sustava melioracijske odvodnje, te osnovama za tehničko i gospodarsko održavanje sustava // *Narodne novine*, 4(1998). (ISSN 1333-9273)
- [4] Hidrotehnika d.o.o. Galerija slika, <https://www.hidrotehnika.hr/>
- [5] Hidrogradnja d.o.o. Uređenje desne obale rijeke Drave u Osijeku, <https://hidrogradnja.hr/uredenje-desne-obale-rijeke-drave-u-gradu-osijeku/>
- [6] Vidaković, Držislav; Lozančić, Silva; Završki, Petar. Određivanje realnog roka i troškova strojno izvođenih radova na građevinskim projektima // *Prezentacija izlaganja na 17. Danima Hrvatske komore inženjera građevinarstva* / Laktušić, Stjepan (ur.). Opatija : HKIG, 15.-17.06.2023.
- [7] Linarić, Zdravko. Učinak građevinskih strojeva. Građevinski fakultet u Zagrebu, 2005. https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/ucinakgradevinskihstrojeva.pdf
- [8] Vidaković, Držislav; Brana Petar. Planning Machinery Exploitation for the Realization of Construction Projects // *Proceedings of VII OTM Conference* / Radujković, Mladen i ostali (ur.). (ISBN 953-96245-7-6). Zadar : HOUG, 20.-22.09.2006. s. 439-446.
- [9] Zakon o obveznim odnosima // *Narodne novine*, 35(2005). (ISSN 1333-9273)
- [10] Varga, Mirko. Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala // *Journal of Information and Organizational Sciences - Zbornik radova*, 9-10(1986), s. 159-170. (ISSN 1846-3312)
- [11] Linarić, Zdravko. Troškovi strojnog rada u građenju. Građevinski fakultet u Zagrebu, 2005. https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/troskovistrojnograda.pdf
- [12] Bezak, Stjepan; Linarić. Zdravko. Metodološki pristup proračuna troškova strojnog rada pri građenju // *Građevinar*, 61(2009), 1, s. 23-27. (ISSN 1333-9095)
- [13] Standardna kalkulacija radova u visokogradnji. Bilten XII. Zagreb: IGH, 2021.
- [14] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu. Bilten III. Zagreb: Hrvatske vode, 2022.
- [15] Standardna kalkulacija radova u vodogradnji. Bilten V, Zagreb: Hrvatske vode, 2004.
- [16] Zakon o javnoj nabavi // *Narodne novine*, 120(2016). (ISSN 1333-9273)