

Metodološki pristup proračuna troškova strojnog rada pri građenju

Stjepan Bezak, Zdravko Linarić

Ključne riječi

građevinski stroj,
strojni rad,
zemljani radovi,
cijena radnog sata stroja,
vodnogospodarske
građevine,
metodologija

Key words

construction machine,
machine work,
earth works,
machine hourly rate,
water management
facilities,
methodology

Mots clés

engin de construction,
travail mécanique,
travaux de terrassement,
coût horaire d'engin,
installations hydrauliques,
méthodologie

Ключевые слова

строительная машина,
машинная работа,
земляные работы,
стоимость рабочего
часа машины,
водохозяйственные
объекты,
методология

Schlüsselworte

Baumaschine,
Maschinenarbeit,
Erdarbeiten,
Preis einer Arbeitsstunde
der Maschine,
Wasserwirtschaftsbauwerke,
Methodologie

S. Bezak, Z. Linarić

Stručni rad

Metodološki pristup proračunu troškova strojnog rada pri građenju

U radu se uvodno tvrdi da je izbor strojeva i planiranje strojnog rada vrlo važan element u pristupu građenja. Opisuje se metodološki pristup izračuna cijene koštanja radnog sata strojeva za zemljane radove u građevinarstvu. Metodologija je primjerena za strojni rad posebno u području izgradnje vodnogospodarskih građevina. Izračun se odnosi na zemljane radove. Rezultati primjene prikazane metodologije obrađeni su statistički i uspoređeni s rezultatima postojećih metodologija.

S. Bezak, Z. Linarić

Professional paper

Methodological approach to the calculation of machine work cost in civil engineering

In introduction, it is claimed that the choice of machinery, and the mechanical work planning, are of high significance when defining approach to construction work. A methodological approach for calculating the hourly rate of earth-moving machines in construction industry is described. The methodology is especially well suited for analysis of mechanical work in the construction of water management facilities. The calculation is related to earth works. The results obtained in the use of this methodology have been statistically analysed and compared with the results based on the existing methodologies.

S. Bezak, Z. Linarić

Ouvrage professionnel

L'approche méthodologique au calcul du coût de travail mécanique en génie civil

Dans l'introduction, il est déclaré que le choix du matériel et la planification du travail mécanique sont d'une grande importance pour la définition d'approche au travail de construction. Une approche méthodologique au calcul du coût horaire des engins de terrassement utilisés en génie civil est décrite. La méthode est très convenable pour l'analyse du travail mécanique dans la construction des installations hydrotechniques. Le calcul a été développé pour les travaux de terrassement. Les résultats obtenus dans l'emploi de la méthodologie ont été analysés de manière statistique et comparés avec les résultats basés sur les méthodes existantes.

С. Безак, З. Линарич

Отраслевая работа

Методологический подход к расчёту расходов по машинной работе при строительстве

В работе в введении утверждается, что выбор механизации и планирование работы с выбранным оборудованием является очень важным элементом при подходе к строительству. Описывается методологический подход к расчёту стоимости рабочего часа машин по земляным работам в строительстве. Методология соответствует машинной работе, особенно, в области строительства водохозяйственных объектов. Посчёт относится к земляным работам. Результаты применения показанной методологии обработаны статистически и сравнены с результатами существующих методологий.

S. Bezak, Z. Linarić

Fachbericht

Methodologischer Zutritt zur Errechnung der Kosten der Maschinenarbeit beim Bauen

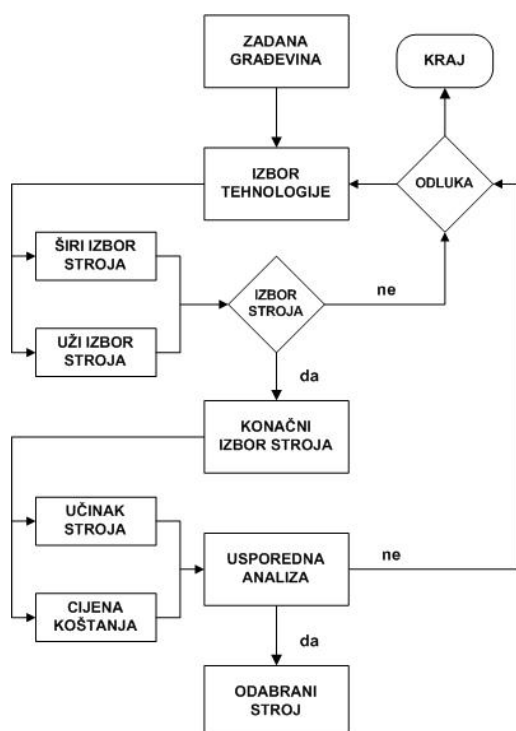
Im Artikel behauptet man einleitend dass die Auswahl der Maschinen und die Planung der Maschinenarbeit ein sehr wichtiges Element beim Zutritt zum Bauen ist. Man beschreibt den methodologischen Zutritt zur Errechnung des Arbeitsstundenpreises der Maschinen für Erdarbeiten im Bauwesen. Die Methodologie ist besonders für Maschinenarbeit im Gebiet des Ausbaus von Wasserwirtschaftsbauwerken angemessen. Die Errechnung bezieht sich auf Erdarbeiten. Die Ergebnisse der Anwendung der dargestellten Methodologie sind statistisch bearbeitet und mit Ergebnissen der bestehenden Methodologien verglichen.

Autori: Doc. dr. sc. **Stjepan Bezak**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb;
prof. dr. sc. **Zdravko Linarić**, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb

1 Uvod

Vrlo važan element pri izboru strojeva i planiranju strojnog rada, utvrđivanju ekonomičnosti odabrane tehnike i tehnologije radova svakako je primjereno određivanje cijene koštanja radnog sata stroja. Naime, u kalkulaciji troškova građevinskih radova, taj se čimbenik jedinične cijene direktnog troška strojnog rada uzima jednak bez obzira koja je vrsta građevinskih radova te koja je primijenjena tehnika, tehnologija i učinak izvedbe tih radova. Iz tih razloga vrlo je važan i metodološki pristup određivanju cijene radnog sata stroja kako bi određivanje troškova strojnog rada bilo što prihvatljivije i bliže realnosti. Prema metodologiji, postupak izbora odabrane tehnike i tehnologije građevinskih radova provodi se kroz tri dijela, i to: *širi, uži i konačni izbor*.

1. Širi izbor podrazumijeva okvirni odabir vrste građevinske mehanizacije za realizaciju odabrane tehnike i tehnologije razmatranih vodnogospodarskih radova.
2. Uži izbor podrazumijeva određenje tipa, veličine te broja strojeva u okviru odabira pojedinih vrsta građevinske mehanizacije i ostale pripadne strojno-tehnološke opreme.
3. Konačni izbor podrazumijeva određenje veličine, količine i vrijednosti učinaka odabranih tipova, veličine i broja pojedinih vrsta građevinske mehanizacije.



Slika 1. Dijagram toka izbora stroja

Izbor je pretežito interakcijski postupak, a ponavlja se dok se ne dobije "optimalno", rješenje tehnike, tehnologije i organizacije tehnoloških postupaka izvedbe razmat-

ranih radova. Sam izbor strojeva provodi se kao na dijagramu toka izbora strojeva koji je prikazan na slici 1.

Iz dijagrama toka vidi se da izbor obuhvaća dokazivanje produktivnosti odnosno ekonomičnosti tehnike i tehnologije radova širim i užim izborom odabrane građevinske mehanizacije i konačni izbor gdje su mjerilo ekonomičnost (učinak stroja) i vrijednost (cijena koštanja) razmatranih radova dobivene na osnovi usporedne analize troškova iskorištavanja izabrane tehnike i tehnologije te njihove izvedbe.

2 Metodološki pristup proračunu troškova strojnog rada

Kalkulacija troškova proizvodnje općenito je oblik proračuna troškova, odnosno utvrđivanja cijene koštanja i na temelju toga prodajne cijene proizvoda ili radova. Kako smo već u uvodu napomenuli, vrlo važan element prodajne cijene proizvoda ili radova jest *cijena radnog sata stroja (css)*.

Metoda proračuna cijene radnog sata stroja osim općih podataka o stroju obuhvaća i četiri vrste troškova:

- obveze (css_o)
- troškove održavanja stroja (css_{od})
- troškove pogona stroja (css_{pr}),
- troškove rada strojem (css_r).

Ako bismo navedene elemente prikazali formulom dobili bismo sljedeći matematički izraz:

$$css = css_o + css_{od} + css_{pr} + css_r \quad (1)$$

2.1 Obveze

Obveze (css_o) obuhvaćaju troškove *amortizacije* (tr_A), *osiguranja* (tr_o) i *godišnje registracije* (tr_R) (samo za samohodne strojeve i vozila). Amortizacija se izračunava u postotku od kalkulativne vrijednosti stroja (KVS) prema ekonomskom fondu radnih sati stroja, a osiguranje (%) i godišnja registracija (%) od srednje kalkulativne vrijednosti stroja (sKVS) prema godišnjem fondu sati. Ako bismo navedene elemente prikazali formulom, dobili bismo sljedeći matematički izraz:

$$css_o = tr_A + tr_o + tr_R \quad (2)$$

Izraz *kalkulativna vrijednost stroja (KVS)* osnovica je za proračun amortizacije i sadrži troškove osnovne nabavne cijene stroja, kamate na kredit pri nabavi stroja, troškove prijevoznika i jednokratne troškove dopreme i montaže stroja.

Srednja kalkulativna vrijednost stroja jest osnovica za proračun osiguranja stroja i registraciju vozila i samohodnih strojeva, a proračunamo ju prema sljedećem matematičkom izrazu;

$$sKVS = \left(\frac{n_g + 1}{2n_g} \right) \cdot KVS \quad (3)$$

gdje je

n_g - broj godina (ekonomični vijeka trajanja stroja)

KVS - kalkulatívna vrijednost stroja.

2.2 Troškovi održavanja stroja

Troškovi održavanja (css_{OD}) stroja obuhvaćaju troškove popravka stroja u servisnoj radionici (tr_{SR}) i troškove servisiranja stroja na gradilištu (tr_{SG}). Servisiranje stroja u radionici proračunava se u postotku (%) od osnovne nabavne cijene stroja (ONCS), a servisiranje na gradilištu u postotku (%) od osnovne nabavne cijene stroja (ONCS). Ako bismo navedene elemente prikazali formulom, dobili bismo matematički izraz:

$$css_{OD} = tr_{SR} + tr_{SG} \quad (4)$$

Izraz osnovna nabavna cijena stroja sadrži osnovnu nabavnu cijenu stroja fco utovarena u tvornici.

2.3 Troškovi pogona stroja

Troškovi pogona stroja (css_{PR}) obuhvaćaju troškove za gorivo (tr_{GO}), maziva (tr_{MA}), habajuće dijelove (svrdla, gusjenice, itd.) (tr_{HD}) i troškove guma (tr_{GU}) za neke strojeve i vozila. Troškovi goriva proračunaju se koeficijentom u litrama prema snazi stroja (kW) na sat rada stroja, a troškovi maziva, habajućih dijelova i guma proračunaju se u postotku (%) od ukupnih troškova goriva (energije). Ako bismo navedene elemente prikazali formulom dobili bismo matematički izraz:

$$css_{PR} = tr_{GO} + tr_{MA} + tr_{HD} + tr_{GU} \quad (5)$$

2.4 Troškovi rada strojem

Troškovi rada strojem (css_R) obuhvaćaju troškove rukovanja ili upravljanja (tr_{RS}) strojevima, vozilima i postrojenjima. Proračunaju se po satu rada vozača, strojara, posade postrojenja ili broda, itd. Troškovi rada strojara ili vozača, osim neto cijene rada ili direktnog troška, opterećeni su i indirektnim ili posrednim troškovima koji čine bruto satnicu rada. Dodavanje ili raspodjela indirektnih troškova radi se u dodatnoj kalkulaciji putem tzv. ključa raspodjele indirektnih troškova na direktne troškove (F_1) koji se u praksi naziva "faktor". Ako bismo navedene elemente prikazali formulom dobili bismo matematički izraz:

$$css_R = tr_{RS} \cdot F_1 \quad (6)$$

Dobit se proračuna u postotku (%) od zbroja troškova obveza, održavanja te troškova pogona i rada stroja.

$$d = (css_O + css_{OD} + css_{PR}) \% \quad (7)$$

Kada cijeni radnog sata stroja (Css) dodamo dobit (d) kao poseban element tržišnog gospodarstva, tada dobijemo prodajnu cijenu radnog sata stroja ($pcss$). Ako bismo navedene elemente prikazali formulom dobili bismo matematički izraz:

$$pcss = (css_O + css_{OD} + css_{PR} + css_R) + d \quad (8)$$

Pregledom ostalih metoda iz literature, može se konstatirati da većina metoda obuhvaća iste ili slične elemente. Najčešće područje u kojem se većina proizvođača i korisnika neće složiti jest ekonomski i godišnji fond sati rada stroja, a kako vidimo iz prethodnog obrazloženja svi proračuni počivaju na ekonomskom fondu sati rada stroja.

Budući da ekonomski fond sati izravno ovisi o uvjetima u kojima strojevi rade, većina proizvođača se složila da se uvjeti rada moraju podijeliti barem u tri kategorije, i to: laki, srednji i teški. U sljedećem dijelu, osim usporedne analize, dana je i kratka analiza predloženih ekonomskih fondova radnih sati stroja i ekonomskog vijeka trajanja pojedinih proizvođača i korisnika strojeva.

3 Usporedna analiza

Kako je vidljivo iz dijagrama toka izbora stroja, usporedna analiza nam daje odgovor koji stroj odabrati ako zadovolji dva osnovna kriterija, a to su zadovoljavajući učinak i najmanja cijena izrade. Iz tih razloga potrebno je analizirati svaki od sastavnih elemenata cijene radnog sata stroja (css) da bi se utvrdio udio pojedinih elemenata u prodajnoj cijeni. Za te su potrebe upotrijebljeni podaci iz analize strojnog rada na zemljanim radovima promatranih vodnogospodarskih građevina na širem području Republike Hrvatske koji su u sustavu izgradnje i održavanja javne ustanove Hrvatske vode.

Prema rezultatima analize, na izvođenju zemljanih radova uglavnom se rabe bageri, dozeri, kamioni, utovarivači, valjci, te određena plovna mehanizacija, a najčešći je uporabni stroj bager. U daljnjoj obradi zadržat ćemo se na bagerima.

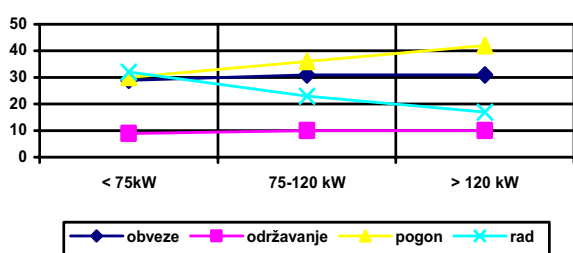
Obradom podataka bagere smo podijelili u tri grupe prema snazi motora: manji do 75 kW, srednji od 75-120 kW i veliki više od 120 kW. Osim toga, analizirani su osnovni podaci i elementi za proračun cijene sata rada bagera u vodoprivredi, te prosječni sat prema predloženoj metodi.

U tablici 1. prikazani su udjeli osnovnih elemenata za proračun obveza troškova održavanja stroja, troškova pogona i rada stroja, te troškova rada strojem u ukupnoj cijeni sata rada prema metodi za tri prosječna bagera i primjereni ekonomski i godišnji fond sati.

Tablica 1. Udio osnovnih elemenata iz analize u ukupnoj cijeni sata rada

Osnovni elementi	< 75 kW %	75-120 kW %	> 120 kW %
Obveze	29	31	31
Održavanje	9	10	10
Pogon	30	36	42
Rad	32	23	17
Ukupno	100	100	100

Radi jasnijeg uvida u udio pojedinog elementa proračuna cijene sata rada stroja iz metode, isto ćemo prikazati u obliku dijagrama na slici 2.



Slika 2. Udio osnovnih elemenata iz metode u ukupnoj cijeni sata rada

Iz prikazanog se dijagrama na slici 2. vidi da su troškovi vezani za obveze i održavanje stroja konstantna veličina bez obzira na snagu stroja, dok se troškovi pogona (gorivo) povećavaju kako raste snaga motora stroja, a troškovi rada (strojar) su u fiksnom iznosu, ali se smanjuju u odnosu na ukupne troškove. Iz tih razloga u nastavku ćemo analizirati utjecaj ekonomskog fonda sati na troškove obveza kao što smo već najavili na kraju točke 2.

Za proračun prema našoj metodi primijenjeni su ekonomski i godišnji fond sati primjereni za radove u vodoprivredi, što se vidi iz tablice 2.

Tablica 2. Primjereni ekonomski i godišnji fond sati bagera u vodoprivredi (A).

Fond sati	< 75 kW (manji)	75-120 kW (srednji)	> 120 kW (veliki)
ekonomski	9 800	10 500	12 000
godišnji	1 400	1 500	1 500
vijek trajanja	7	7	8

Analizom podataka iz literature, izradili smo prosječne ekonomske i godišnje fondove radnih sati hidrauličnih bagera prema veličini (manji, srednji, veliki) za prosječne uvjete rada koji su prikazani u tablici 3.

Iz tablice 3. vidi se da podaci iz literature pokazuju mogući veći ekonomski i godišnji fond sati s nešto manjim brojem godina kod manjih bagera, kod srednjih

isto, a kod velikih veći. Za potrebe ovog članka, podatke o ekonomskom i godišnjem fondu sati uvrstili smo u izračun cijene sata prosječnih bagera iz našeg primjera i dobili smo podatke koje smo prikazali u tablici 4.

Tablica 3. Prosječni ekonomski i godišnji fond sati bagera iz literature (B)

Fond sati	< 75 kW (manji)	75-120 kW (srednji)	> 120 kW (veliki)
ekonomski	10 200	11 900	15 300
godišnji	1 700	1 700	1 700
vijek trajanja	6	7	9

Tablica 4. Usporedba udjela osnovnih elemenata u ukupnoj cijeni sata rada prosječnih bagera u vodoprivredi (A) i literaturi (B).

Osnovni elementi	< 75 kW (manji)		75-120 kW (srednji)		> 120 kW (veliki)	
	A	B	A	B	A	B
Obveze	29	28	31	29	31	27
Održavanje	9	9	10	9	10	8
Pogon	30	31	36	38	42	47
Rad	32	32	23	24	17	18
Ukupno	100	100	100	100	100	100

Iz tablice 4. vidi se da su troškovi obveza i održavanja kod prosječnih bagera u vodoprivredi nešto veće u odnosu na bagere iz literature, što će vjerojatno za posljedicu imati i nešto veću cijenu sata rada. Razlog je svakako veći ekonomski i godišnji fond sati na osnovi kojeg se proračunavaju amortizacija i troškovi održavanja. Kada smo usporedili samo konačnu cijenu radnog sata pojedine grupe prosječnih bagera iz vodoprivrede i literature, potvrđeno je razmišljanje o podacima iz prethodne tablice o nešto nižoj cijeni za podatke iz literature, što se vidi na proračunu koji je prikazan u tablici 5.

Tablica 5. Cijena radnog sata prosječnog bagera u vodoprivredi (A) i literaturi (B).

Cijena radnog sata	< 75 kW (manji)		75-120 kW (srednji)		> 120 kW (veliki)	
	A	B	A	B	A	B
Jed./sat	293	288	395	376	560	512

Iz tablice 5. vidi se da su cijene radnog sata prosječnih bagera u vodoprivredi nešto veće u odnosu na one iz literature i to kod manjih za 2 %, kod srednjih za 5 % i kod velikih za 10 %. Razlog je veći prosječni ekonomski i godišnji fond sati kod prosječnih strojeva iz literature koji omogućava veću iskoristivost strojeva, a samim tim i nižu cijenu sata rada.

Rezultati ove analize nameću zaključak da je prilikom izbora strojeva potrebno voditi računa o četiri značajna elementa koji bitno utječu na cijenu sata rada stroja, a to su:

- količina radova koje stroj trebati napraviti
- uvjeti u kojima će stroj raditi
- troškovi koje će stroj svojim radom proizvesti i
- ekonomski vijek trajanja stroja.

LITERATURA

- [1] Bezak, S.: *Metodološki pristup načinu određivanja vremena izrade građevinskih radova*, Sabor hrvatskih graditelja 2000, "Graditelji u razvitku Republike Hrvatske", str. 491-499, Cavtat, 2000.
- [2] Bezak, S.; Linarić, Z.: *Methodology for determining cost of mechanical work during construction*, VII th International Conference Organization, Technology and Management in Construction, str. 491-499, Zadar, Croatia, 2006.
- [3] Bilten, *Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu*, Hrvatske vode, Zagreb, 2006.

4 Zaključak

Možemo zaključiti da je izbor tehnike i tehnologije izvedbe građevinskih radova vrlo zahtjevan posao. U postupku izbora potrebno je odabrati takvu metodologiju koja će uz zadane kriterije zadovoljiti osnovni cilj pri izboru i planiranju neke tehnike i tehnologije radova da odabrani strojevi odnosno strojno-tehnološka oprema i njima odgovarajući radni učinci daju najmanje troškove po jedinici proizvoda.

- [4] Girmscheid, G.: *Leistungsermittlungs-handbuch für Baumaschinen und Bauprozesse*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.
- [5] Linarić, Z.: *Troškovi strojnog rada u građenju*, (udžbenik u elektroničkom obliku), web-stranica Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 2004.
- [6] Slunjski, E.: *Strojevi u građevinarstvu*, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1995.