





Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
prof. dr. Matjaž Mikoš
Jakob Presečnik
 MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
 FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**
 FG Maribor: **Milan Kuhta**
 ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojene 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
 SI56 0201 7001 5398 955

Gradbeni vestnik •

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE
UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
 Ljubljana, junij 2012, letnik 61, str. 121-144

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledkoma med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran **122**

Borut Skornšek, dipl. inž. grad.

CENE, CENIKI IN VPRAŠANJE PROSTEGA TRGA INŽENIRSKIH STORITEV V SLOVENIJI

PRICES, PRICE LISTS AND LIBERAL MARKET OF ENGINEERING
SERVICES IN SLOVENIA

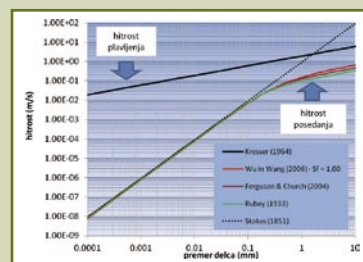
		Vrednost
Vrste gradnje 2009 (vrstni št.)		1.081 + 1.90 = 2.996 med €
Vrednost projektantskih storitev skupaj	3,5 %	104,87 mio €
Delež GRADBENEGA projektiranja STAVBE	25 %	16,75 mio €
Delež GRADBENEGA projektiranja GI objekti	75 %	28,39 mio €
Vrednost gradbenega projektiranja skupaj	28%	45,14 mio €
Člani MSG	2400	Letno na projektanta
Aktivni na področju projektiranja -75 % (ocena)	1800	25.080 €
		Mesečno na projektanta
		2.090 € (bruto)
Mesečna kvota ur	168	
		12.44 €/uro (bruto profinana vrednost/uro)

stran **129**

prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.

KALNOST V REKAH KOT DEL EROZIJSKO-SEDIMENTACIJSKEGA KROGA

SUSPENDED LOADS IN RIVERS AS A PART OF THE EROSION AND
SEDIMENTATION CYCLE



stran **137**

Đorđe Obradović, univ. dipl. inž. grad.

HIŠE IZ ILOVICE CLAY HOUSES



Odmev

stran **143**

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.

ODGOVOR AVTORJA

na pripombe prof. dr. Mitja Brillyja in doc. dr. Andreja Kryžanowskega
na članek Interdisciplinarnost in integralno upravljanje in načrtovanje
vodnih sistemov v Gradbenem vestniku (februar 2012),
objavljene v majski številki

Novi diplomanti

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Gradnja nove Medicinske fakultete v Mariboru,
foto arhiv izvajalcev Begrad, d.d. Novo mesto in Granit, d.d., Slovenska Bistrica

CENE, CENIKI IN VPRAŠANJE PROSTEGA TRGA INŽENIRSKIH STORITEV V SLOVENIJI

PRICES, PRICE LISTS AND LIBERAL MARKET OF ENGINEERING SERVICES IN SLOVENIA

Borut Skornšek, dipl. inž. grad.

Koroška 48 a, 3320 Velenje
borut@brp.si

Strokovni članek

UDK 624.003.2:69.003.2(497.12)

Povzetek | Gradbeništvo predstavlja pomemben delež v obsegu vsake sodobne ekonomije. V okviru držav EU se ta delež vrti okrog 5 % BDP, upošteva vse spremljajoče dejavnosti, pa dosega delež gradbeništva med 20 in 30 % BDP. Na osnovi javno dostopnih podatkov sem skušal določiti dejansko vrednost povprečne bruto inženirske ure. Posebej me je k raziskavi spodbudil od IZS sprejeti dokument Indikativna merila za vrednotenje inženirskih storitev (IMVIS), ki ga od aprila 2012 nadomeščajo Merila za vrednotenje inženirskih storitev (MVIS). Ta so mnogo bliže načinu določanja vrednosti sklopov projektne dokumentacije, kot ga poznamo iz preteklosti (UCIN) in kot ga poznajo drugje. Skupaj z Navodilom o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije (Navodila) in priporočilom IZS glede višine prodajne ure inženirskih storitev predstavlja vse navedeno osnovo za potrebno ureditev področja dela inženirjev. MVIS sicer višino honorarja določa v evrih in ne več kot zmnožek NU in vrednosti NU (kot pred tem IMVIS). Kljub temu pa tudi vrednost NU ni nepomembna, saj na podlagi njene vrednosti zdaj določamo kvoto ur, potrebnih ali predvidenih za izdelavo posameznega načrta. Zbral in primerjal sem podatke iz različnih neodvisnih virov. Na podlagi analize javno dostopnih podatkov ugotavljam, da se cene projektantskih storitev gibljejo okrog 3,5 % investicijske vrednosti. Prodajna vrednost norma ure je ovrednotena med 12 in 25 evri bruto. Ker gre za povprečno prodajno vrednost ure v panogi, je ugotovljena vrednost presenetljivo nizka. V Sloveniji cene inženirskih storitev niso urejene, zato v članku iščem tudi možnosti in razloge za ureditev trga v zakonodaji.

Ključne besede: dejanska vrednost inženirskih storitev, bruto ura, MVIS, IZS, zakonodaja, cenik

Summary | Civil engineering represents an important share of each economy's gross domestic product (GDP). Inside the EU this share is around 5 %. Based on this information it is not possible to neglect the importance of the sector and engineering profession, both as an important generator of construction field progress and development. Based on the public data, the aim of this paper is to determine the actual and real value of the engineering working hour. What triggered this paper is the fact that IZS (Slovenian Chamber of Engineers) accepted a new set of internal regulations, which will have a significant impact on engineering work. Information from different and independent sources have been collected and analysed. It is clear that the price of the construction design is around 3,5 % of the total investment cost. The final working hour price, as sold to the investor, is between 12 and 25 EUR/h gross. Since this is the average hour value inside the branch, it is surprisingly low. Engineering services in Slovenia are not regulated by law, so the purpose of this paper is also to present some legislation options to regulate the market based on the exiting legislation.

Key words: actual and real value of the engineering working hour, NVIS, IZS, legislation, price list

1 • UVOD

Gradbeništvo predstavlja pomemben delež v obsegu vsake sodobne ekonomije. V okviru držav EU se ta delež vrti okrog 5 % BDP, upoštevaje vse spremljajoče dejavnosti, pa dosega delež gradbeništva med 20 in 30 % BDP. Gradbeni projekti zahtevajo velika finančna sredstva. V primeru neracionalnih, nepremišljenih ali celo slabih projektnih rešitev so lahko stroški odprave napak večji od stroškov gradnje. Nezanemarljivi so tudi stroški vzdrževanja, ki v dobi trajanja objekta njegovo investicijsko vrednost pogosto presežejo. Da se država zaveda posebnega pomena gradbeništva, dokazuje dejstvo, da je področje graditve objektov že dolgo urejeno s posebnim Zakonom o graditvi objektov (ZGO). ZGO podrobno ureja področje graditve in določa, kdo in na kakšen način sme pri gradnji objektov sodelovati. ZGO prav tako določa, katere pogoje morajo izpolnjevati posameznik, odgovorni projektant (OP) in projektivno podjetje. Udeleženci pri gradnji morajo biti ustrezno izobraženi, izkušeni, opraviti morajo ustrezne strokovne izpite. Navedeno je podlaga za vpis v ustrezne imenike pri Inženirski zbornici Slovenije (IZS), brez tega dejavnosti v praksi ni mogoče opravljati. Kljub v ZGO predvideni solidarni odgovornosti udeležencev je izjema predstavnik investitorja, za katerega veljavni ZGO ne določa posebnega kriterija izobrazbe ali drugih osnov. Navedeno seveda ne pomeni, da predstavniki investitorjev niso sposobni vodenja projektov, pogosto pa ta razlika med udeleženci povzroča težave pri razumevanju pomena kvalitativno izdelane projektne dokumentacije in njene vrednosti. Veljavni ZGO pa v nobenem delu (več) ne ureja in ne predpisuje cenikov za opravljanje inženirskih storitev. To je prepuščeno IZS, ki v skladu s svojim statutom pošilja predloge cenikov (minimalne tarifne pogoje) pristoj-

nemu ministrstvu. To jih po nobenem zakonu ni dolžno sprejeti, potrditi ali kako drugače predpisati kot zavezujoče. Tako je vprašanje cen inženirskih storitev prepuščeno prostemu, liberalno urejenemu trgu.

Z namenom ureditve vprašanja obsega in tudi cene projektne dokumentacije je IZS sprejela Navodilo o vsebini projektne dokumentacije (Navodilo) (IZS, 2011). Avtorji so pripravili zgledno urejen dokument, ki razjasni marsikatero obstoječo dilemo, njegova dosledna uporaba pa bi preprečila mnoge nepotrebne nesporazume. Mogoče bi Navodilo v nadaljevanju kazalo dopolniti s priporočeno kodifikacijo načrtov tako, da bi imeli vsi projekti enako označene vsebine, ter ga razširiti na vsa področja inženirskega dela (gradbene in sorodnih strok).

Zagotovo se bodo tudi investitorji zavedeli vseh prednosti, ki jih prinaša navedeno Navodilo. S preprostim sklicevanjem na Navodilo bo že v določilih Projektne naloge ali v razpisu jasno, kaj je dejanski obseg dela oziroma naročila. Hkrati z objavo Navodila so bila izdana tudi Indikativna merila za vrednotenje inženirskih storitev (IMVIS) in Poenostavljena merila za vrednotenje projektantskih storitev za stavbe (PMVPS), ki pa ju od aprila 2012 nadomešča dokument z nazivom Merila za vrednotenje inženirskih storitev (MVIS) (IZS, 2012). Uporaba obeh navedenih dokumentov je za člane IZS zavezujoča in k vsaki ponudbi za izdelavo projektne dokumentacije je treba priložiti oceno ur ter navesti vrednost norma ure (NU). MVIS ne določa več načina priprave z obvezno specifikacijo norma ur (NU), določljivijo vrednosti NU in zmnožka teh dveh vrednosti. MVIS honorar za delo inženirjev določa kot ceno, izraženo v evrih, določeno na osnovi MVIS (investicijska vrednost, razred zahtevnosti ...).

Merila vrednotenja inženirskih storitev (MVIS) so bila sprejeta na seji skupščine IZS 10. aprila 2012 in so odslej veljavna in obvezna za člane IZS (glej zapisnik 29. redne seje skupščine IZS). V njih so cene izražene v evrih. V sklepih skupščine IZS (ne v MVIS) so tri ključna določila:

- MVIS veljajo za investicijske projekte, projektirane in izvajane v Sloveniji.
- Ponudbene cene za inženirske storitve, ki so za več kot 50 % nižje od cen, izračunanih po MVIS, to je od cen po nemški uredbi o HOAI, se obravnava kot neobičajno nizke cene in predstavljajo kršitev po Disciplinskem pravilniku IZS.
- Vrednosti inženirskih storitev za slovenski trg inženirskih storitev se izračuna tako, da se cene, izračunane po MVIS (to je po HOAI), pomnoži s primerjalnim razmerjem (BDP/preb. RS)/(BDP/preb. ZRN), ki je trenutno 0,72. Drugače povedano, cene IS v Sloveniji znašajo 72 % cen v ZRN.

Glede na izkušnje in večno polemiko o tem, ali smo inženirji za svoje delo primerno plačani, sem pregledal javno dostopne podatke in z njihovo analizo poskušal določiti dejansko vrednost prodajne ure inženirskih storitev. Izdelal sem tudi primer izračuna vrednosti prodajne ure realnega delujočega projektivnega podjetja. Vse podatke sem primerjal z vrednostjo prodajne ure, priporočene od IZS.

Že več let cene na trgu inženirskih storitev upadajo, posebno pa se to kaže v času, ko je obseg naročil manjši. S ceno pada tudi kvaliteta storitev, saj obseg sredstev ne dopušča nobenega vlaganja v razvoj novih rešitev in spremljanja zadnjega stanja tehnike, kar pa je za kvalitativno delo inženirjev nujno. Menim, da bi bilo takšno stanje treba čim prej urediti, zato na koncu navajam nekatere predloge, ki bi lahko bili podlaga za zakonsko uveljavitev ustreznih cenikov za inženirske storitve, tako kot jih pozna večina drugih evropskih in sodobnih ekonomij.

glednice in izračuni so na zahtevo dosegljivi pri avtorju. Zaradi pomanjkanja prostora so objavljeni le povzetki izračunov in preglednic z relevantnimi podatki.

Za potrebe izračuna dejanske vrednosti NU sem upošteval podatke realnega podjetja povprečne velikosti. Verjetno podatki ne morejo bistveno odstopati od večine drugih projektantskih podjetij, vsekakor pa so komentarji na to temo dobrodošli in bodo verjetno zanimali marsikoga.

2 • OPIS METOD IN PREDPOSTAVKE

Za izračune v točkah 3.1, 3.2 in 3.3 sem uporabil javno dostopne podatke Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) za leto 2009 in javno dostopne podatke portala Bizi.si. V letu 2009 so se gradbena dela večinoma opravljal še v skladu s pogodbami iz leta 2008 in splošna kriza na njihov

obseg ni vplivala prav posebno. Storitve projektiranja so se prav tako opravljalne na podlagi večinoma že sklenjenih pogodb. Obseg del se je bistveno zmanjšal šele v letu 2010. Podatkov za daljše obdobje nisem primerjal, ker me zanima predvsem trenutno stanje. Vsi podatki so javno dostopni, pre-

Pregledal sem priporočila IZS v zvezi z vrednostjo bruto plače inženirja in priporočeno ceno projektantske ure (za projektante, OP in OVP).

Pri izračunu povprečne vrednosti urne postavke sem upošteval naslednje predpostavke:

- V državi pri projektiranju deluje le članstvo IZS, trenutno okrog 6000 članov. Omejil sem se na članstvo Matične sekcije gradbenih inženirjev (MSG), ki ima približno 2500 članov (vir IZS; predstavitev MSG).
- Domnevam, da pri projektiranju aktivno deluje 75 % članstva MSG. Nekaj je takšnih, ki

se ukvarjajo le z vodenjem del in nadzorom, nekaj je upokojenih inženirjev, ki verjetno delajo zgolj občasno in v manjšem obsegu. Po drugi strani vrednost izračuna iz točke 3 predstavlja vrednost, ki je s svojim delom ne ustvarijo le pooblaščenim inženirjem, temveč tudi projektanti, obdelovalci, administrativno osebje (torej tudi nečlani IZS).

- Glede na obseg vseh registriranih investicij sem iz baze SURS upošteval podatke o vseh novogradnjah, rekonstrukcijah in spremembah namembnosti, izpustil pa sem vrednosti del, opredeljenih kot vzdrževanje ali investi-

cijsko vzdrževanje. Verjetno je bilo tudi v tem obsegu opravljenega nekaj projektantskega dela. Iz izkušnje vem, da se investitorji »nepotrebnim« stroškom raje izognejo. Obseg teh del je majhen in ne bi pomenil odstopanja pri dobljenih rezultatih.

- Po pogovoru s kolegi sem se odločil, da je primerna vrednost povprečne dosežene cene za izdelavo projektne dokumentacije med 3 in 4 %. Izbral sem 3,5 %, kar glede na vse dosegljive in preverljive podatke predstavlja vrednost, ki so jo za naše delo trenutno pripravljene plačati investitorji.

3 • PREDSTAVITEV PODATKOV IN IZRAČUNOV

3.1 Določitev vrednosti bruto ure iz obsega gradbenih del v letu 2009

V obsegu BDP Slovenije znaša vrednost gradbenih del v zadnjih desetih letih okrog 5 %. Primerljivo z večino držav EU, če izvzamemo nečipično skokovito rast sektorja v letih od 2004 do 2008 (vrednost do 7 %).

V letu 2009 je bilo v RS opravljenih gradbenih del za skupaj 2.996.321.483,00 EUR (Vir; SURS – preglednica 1). V strukturi del je bilo največ gradbeno inženirskih objektov, in sicer skoraj toliko, kot znaša vrednost vseh preostalih objektov skupaj. Ker je delež gradbene stroke pri načrtovanju le-teh največji, je to za natančnost izračunov dobra osnova. Upošteval sem, da je vrednost izdelave projektne dokumentacije znašala povprečno 3,5 % investicijske vrednosti. Glede na vrsto del sem za načrte gradbene stroke (račun konstrukcije, armaturni in delavniški načrti, zunanja ureditev) izbral četrtinski delež. Pri načrtovanju gradbenoinženirskih objektov je ta delež večji in zavzema dve tretjini obsega celotnega inženirskega dela. Na podlagi navedenega bi ocenjena vrednost inženirskih storitev gradbenih strok v letu 2009 torej znašala 45 milijonov evrov.

Kot je razvidno iz preglednice 1, je v skladu s predpostavkami ocenjeni obseg dela opravilo 75 % članov MSG. Po izračunu bi projektivna podjetja za tako opravljeno delo prejela povprečno plačilo v višini 2090,08 evra bruto/mesec na projektanta ali 12,44 evra bruto na uro. Pri določitvi vrednosti pa gre **za prodajno** vrednost inženirske ure projektivnega podjetja. Tako izračunana vrednost bi morala vsebovati še materialne in druge režijske stroške, kot

		Vrednost
Vrste gradnje 2009 (Vir SURS)		1.081 + 1.90 = 2.996 mrd €
Vrednost projektantskih storitev skupaj		3,5 % 104.87 mio €
Delež GRADBENEGA projektiranja	STAVBE	25 % 16.75 mio €
Delež GRADBENEGA projektiranja	GI objekti	75 % 28.39 mio €
Vrednost gradbenega projektiranja skupaj		28% 45.14 mio €
Člani MSG	2400	Letno na projektanta
Aktivni na področju projektiranja -75 % (ocena)	1800	25.080 €
		Mesečno na projektanta
		2.090 € (bruto)
Mesečna kvota ur	168	
		12.44 €/uro
		(bruto prodajna vrednost ure)

Preglednica 1 • Vrednost gradbenih storitev 2009 in ocena števila aktivnih OP MSG IZS

so stroški zavarovanj, izobraževanj, nakupa opreme, razvoja in drugo. Dobljena vrednost 12,44 evra na uro je torej presenetljivo nizka. Upošteval sem možnost, da so napačno upoštewane spremenljivke robnih pogojev, zato sem izračun ponovil. Ob drugače postavljenih pogojih sem dobil vrednosti, kot so prikazane v preglednici 2.

Če bi vrednost projektantskih storitev znašala 10 % vrednosti gradbenih del, celoten obseg dela pa bi namesto 75 % opravilo 60 % članov MSG, bi bilo povprečno mesečno plačilo za delo inženirja 7464,00 evrov na mesec ali 44,43 evra na uro. Rezultat ob spremenjenih predpostavkah je blizu od IZS priporočenim vrednostim ure.

Glede na izbrani pristop k izdelavi ocene vrednosti inženirske ure je rezultat povezan s preveč spremenljivkami, da bi bil zanesljiv.

3.2 Pregled povprečnih mesečnih plač po dejavnostih SKD¹, kot jih objavlja SURS

SURS objavlja tudi podatke o povprečnih mesečnih plačah po dejavnostih, razvrščenih v SKD-klasifikaciji dejavnosti. V njej pod K74.203 najdemo arhitekturno in gradbeno projektiranje in z njim povezano tehnično svetovanje, pod K74.204 pa drugo projektiranje in tehnično svetovanje. Podatki so navedeni

¹ SKD – Standardna klasifikacija dejavnosti, v katero so razvrščena podjetja glede na predmet poslovanja.

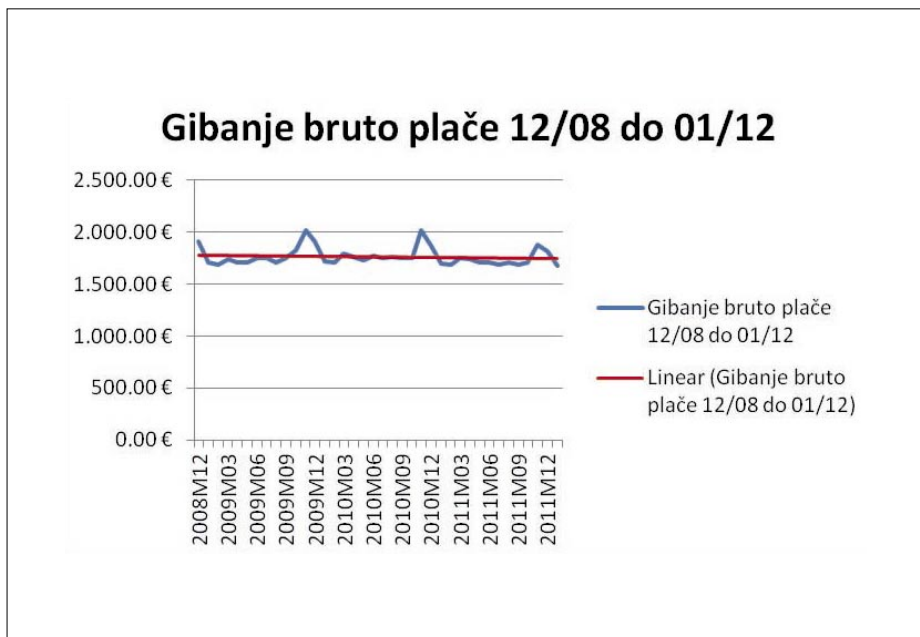
Vrste gradnje 2009 (Vir SURS)		Vrednost
Stavbe + Inženirski objekti – skupaj investicijska vrednost		1.081 + 1.90 = 2.996 mrd €
Vrednost projektantskih storitev skupaj	10 %	299.63 mio €
Delež GRADBENEGA projektiranja STAVBE	25 %	119.74 mio €
Delež GRADBENEGA projektiranja GI objekti	75 %	108.16mio €
Člani MSG	2400	Letno na projektanta
Aktivni na področju projektiranja -60 % (ocena)	1440	89.574 €
		Mesečno na projektanta
		7.464 € (bruto)
Mesečna kvota ur	168	
44.43 €/uro		
(okvirno priporočena vrednost prodajne ure IZS)		

Preglednica 2 • Vrednost gradbenih storitev 2009 in ocena števila aktivnih OP MSG IZS – simulacija 1

SKD	Bruto mesečna plača		Bruto mesečna plača - ura		Index
	03/2009	02/2012	12/2008	01/2012	
K 74.203	1.741	1.674	10.17	9,92	0.975
K 74.204	1.717	1.666	10.04	9.88	0.982

Vrednosti v EUR
 K 74.203 Arhitekturno in gradbeno projektiranje...
 K 74.204 Drugo projektiranje in tehnično svetovanje
 Vir: SURS

Preglednica 3 • Plače v dejavnosti glede na SKD (Vir: SURS)



Slika 1 • Gibanje bruto plače s trendom

za obdobje od 12/2008 do 01/2012. S slike 1 je razvidno, da se bruto plača v decembru vsako leto poveča za okrog 20 %, zato teh podatkov nisem upošteval. Za izračun sem kot merodajne uporabil podatke za 03/2009, hkrati pa naredil primerjavo s podatkom za 01/2012.

SURS navaja, da je povprečna vrednost bruto ure v dejavnosti K74.203 10,17 evra na uro. Plača v dejavnosti s klasifikacijo K74.204 je po podatku SURS le malenkost nižja in znaša 10,34 evra na uro bruto.

Upoštevati je treba, da SURS objavlja podatke za mesečno bruto plačo, ne za prodajno ceno ure inženirja. To predstavlja urna postavka, pomnožena z ustreznim faktorjem. Če bi želeli, da vrednost, ki jo je objavil SURS, ustreza priporočilom IZS iz točke 3.5, bi morali vrednosti množiti s **F = 4,62, če bi upoštevali le vrednost ure, brez drugih stroškov.** Več o določilni faktorja je navedeno v točki 3.4.

Iz preglednice 3 je razvidno, da so se urne postavke v obravnavani dejavnosti in v obravnavanem obdobju znižale za približno 2 %. Plače ne sledijo inflaciji in se celo nekoliko znižujejo (slika 1).

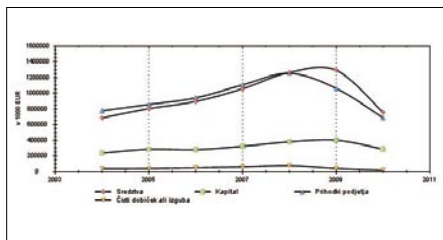
3.3 Pregled stroškov dela iz objavljenih bilanc podjetij SKD K74.204

V bazi podatkov (Vir: BIZI.si) sem pregledal dostopne podatke o podjetjih znotraj navedene SKD-dejavnosti. Ta se po opisu nekoliko razlikuje od dejavnosti, navedene zgoraj, vsebinsko pa ustreza kriteriju. Izbrana so podjetja z najmanj tremi in največ devetindevetdesetimi zaposlenimi. Za izbrana podjetja sem opravil analizo stroškov dela, kot izhaja iz agregatnih podatkov vseh njihovih bilanc.

Iz podatkov je razvidno, da je bilo v vseh izbranih podjetjih v letu 2009 zaposlenih 8046 ljudi, stroški dela pa so znašali skupaj 229,136,246,00 evrov². Vrednosti ne moremo primerjati neposredno s podatki iz 3.1 in 3.2, saj je treba upoštevati, da se vsi stroški dela ne nanašajo na storitve projektiranja, dejansko izvedene v letu 2009. Podatek tudi sicer zajema vrednost bruto plač in ne prodajne vrednosti ure.

Pri izračunu vrednosti sem upošteval podatke, prikazane v preglednici 4. Obseg vseh storitev projektiranja v obsegu dela obravnavanih podjetij ocenjujem na 75 %. Od tega je delež gradbenega projektiranja ocenjen na 28 %. Upoštevajoč dobljene vrednosti, znaša mesečni strošek dela na zaposlenega

² Gre za vrednost del vseh zaposlenih po vseh strokah (tudi arhitektura, elektro-, strojni inženir ...)



Slika 2 • Grafična analiza trga

Naziv SKD	Število zaposlenih 2009	Število zaposlenih 2010
K 74.203 Arhitekturno in gradbeno projektiranje...	8046	6746
Stroški dela skupaj – vse storitve	229.14 mio €	
Storitve projektiranja – 75 %	171.85 mio €	
Gradbeno projektiranje – 28 %	48 mio €	
Povprečna vrednost gradbenega projektiranja po Statistika 1		
Stroški dela na zaposlenega (2009)	mesec	ura
	2.373 €	13.63 €

Preglednica 4 • Pregled podatkov znotraj dejavnosti K 74.203 – Bizi.si

	OVP	OP	PROJ
Število zaposlenih	1	3	4
Bruto plača	3.691	3.013	1.971
Stroški dela skupaj	20.019 €/mesečno	15.00 €/h <small>Upoštevan: 80 izkoristek ur</small>	
Režija	9.00 €/h		
Stroški dela na zaposlenega		Bruto ura	24.00 €
Cena prodajne ure – minimalno F= 1.5		Bruto ura	36.00 €
Primerna vrednost ure F= 2.0		Bruto ura	48.00 €

Preglednica 5 • Primer izračuna vrednosti bruto in prodajne ure inženirskih storitev

2373,00 evrov bruto ali 14,13 evra na uro. Ker so v stroških upoštevani tudi materialni stroški, stroški potovanja na delo in podobno, je iz preglednice mogoče sklepati, da se višina projektantske ure v resnici giblje blizu vrednosti, izračunane v točki 3.2, torej okrog 12,00 evrov na uro bruto ali manj.

Tudi v tem primeru obravnavamo bruto vrednost ure zaposlenega, ki jo je treba pomnožiti z ustreznim faktorjem, kot je opisano v 3.2, da dobimo prodajno vrednost NU.

Pri pregledu podatkov na Bizi.si opazimo še, da se je število podjetij v tej dejavnosti v letu 2010 zmanjšalo za 5 %, število zaposlenih v teh podjetjih pa upadlo za dobrih 16 %, z 8046 na 6746. Podatki za leto 2011 še niso na voljo.

Urna postavka v letu je s 14,13 evra (2009) padla na 13,38 evra (-6 % v 2010).

Vrednost bruto ure sem preveril še na realnih podatkih in primeru izračuna vrednosti bruto ure.

3.4 Izračun vrednosti bruto ure iz primera

Preglednica za izračun bruto vrednosti ure in prodajne vrednosti ure projektanta je narejena za realno delujoče podjetje iz okvira SKD K74.203. V izračunu vrednosti ure so

upoštevane vrednosti bruto plač, glede na število delovnih dni v letu je določen odstotek dopustov, praznikov in drugih odsotnosti. Režijski stroški so seštetni na podlagi podatkov preteklih let in razdeljeni na aktivne (prodane) ure. Vrednosti so navedene v preglednici 5. Vrednosti bruto ure je treba prišteti režijske stroške in vse skupaj množiti s faktorjem, da dobimo dejansko prodajno ceno ure. Faktor določa podjetje samo, načeloma pa s faktorjem, nižjim od 2, projektivno podjetje ne more poslovati (Mayr, 2012). Glede na specifičnost inženirskega dela, kje je treba vzdrževati ustrezen nivo razvoja, izobraževanja in spremljanja zadnjega stanja tehnike, ob zadovoljevanju minimalnih socialnih kriterijev in poklicne varnosti odgovornih projektantov, mora biti faktor cene med 3 in 5. (Odvisno tudi od načina določanja vrednosti prodajne ali NU.)

3.5 Priporočila IZS

IZS objavlja vrednost priporočene cene projektantske ure in izhodiščne minimalne bruto plače pooblaščenega inženirja.

Ob podatku, ki ga objavlja IZS, bi bilo smiselno navesti tudi podlago ali izračun za določitev minimalne priporočene bruto plače. Ker na objavljenem dokumentu ni navedeno

obdobje, za katero priporočilo velja, predvidevam, da gre za leto 2010, ko so bili podatki objavljeni. Vrednosti iz preglednice so naslednje:

Če naj bi bila v praksi minimalna bruto plača po kriteriju IZS pomnožena za faktor 2 ali več, potem so zgoraj določene vrednosti ur ocenjene prenizko. Že z upoštevanjem $F = 1,5$ vrednost minimalne urne postavke presežemo. V resnici pa se tudi zgoraj določene vrednosti v praksi težko dosejajo. IZS je v februarju 2012 priporočene vrednosti ure inženirskih storitev znižala za 20 %, kar je razmerje sicer nekoliko približalo realnemu stanju. Ob upoštevanju navedb o višini faktorja med bruto ceno inženirske ure in njeno prodajno ceno pa je zgornja preglednica v neskladju. Predvsem bi morala biti navedena višina bruto plače in ne neto. Če znesek priporočene neto plače preračunamo v bruto znesek plače (glej <http://www.racunovodja.com/izracuni/place2010/>), dobimo pri vrednosti 1500 evrov neto približno 2500 evrov bruto plače. Ob upoštevanju vrednosti 2500 evrov bruto ter fondu 168 ur na mesec znaša vrednost bruto ure 14,88 evra. Upošteva faktor $F = 1,5$, znaša vrednost prodajne ure 22,32 evra, upošteva faktor $F = 2,0$, pa bi vrednost prodajne ure za projektanta znašala 29,76 evra. Faktor med predlogom IZS in izračunano vrednostjo prodajne ure je 3,15.

Razmerje je sicer ugodnejše pri odgovornem vodji projekta, vendar predvsem zaradi dejstva, da bi ob mesečni neto plači 2500 evrov bruto plača znašala 4600 evrov ali 27,38 evra na uro. Faktor na bruto uro je v tem primeru 2,6, vendar večino razlike pobere država z obremenitvijo neto plač. Vsekakor pa so glede na podatke SURS plače bistveno nižje od priporočil. S sprejemom MVIS sicer podatki o priporočeni prodajni vrednosti projektantske ure nima več posebnega pomena, saj se vrednost honorarja določa v evrih. Vseeno pa je za projektante pomemben podatek o številu razpoložljivih ur za izdelavo projekta.

	Projektant ³	Odgovorni projektant	Odgovorni vodja projekta
Priporočena mesečna bruto plača	2500 EUR	3590 EUR	4680 EUR
Mesečna neto plača	1500 EUR	2000 EUR	2500 EUR
Cena projektantske ure (brez DDV)	47 EUR	60 EUR	72 EUR
Znižana vrednost (februar 2012)	38 EUR	48 EUR	58 EUR

Preglednica 6: Priporočila IZS glede višine plače in vrednosti projektantske ure

³ Velja opozoriti, da izrazi v preglednici niso v skladu z določili ZGO.

4 • KOMENTAR REZULTATOV

Po analizi zgoraj navedenih podatkov je povprečna vrednost prodajne ure inženirskih storitev okrog 25 evrov. Odvisno od vrste del, projekta, investitorja in vrste drugih okoliščin. Vrednosti iz točke 3.1 so verjetno ocenjene pre nizko ali pa se v predpostavkah skriva kakšna druga napaka. Težko pa je verjeti, da so vrednosti iz 3.2 in 3.3, kjer gre za realne in uradno objavljene podatke, pomnožene s faktorjem, večjim od 2. Glede na podatke se torej od IZS priporočenih vrednosti na trgu trenutno ne dosega. Trg ni urejen, zato so tako velike razlike med vrednostmi mogoče. Vrednost najnižje norma ure, ob upoštevanju normalnih plač in zagotavljanja materialne podlage, potrebne za normalno delo projektivnega podjetja, se giblje med 40 in 45 evri. Če bi želeli zagotavljati tudi potreben napredek in razvoj stroke, bi morala biti višina najnižje norma ure okrog 65 evrov. Od vseh analiziranih podatkov sta najbližje izračun urne postavke delujočega podjetja in priporočene vrednosti IZS, ki pa niso v skladu z višino priporočenih neto plač.

Zato je verjetno na mestu vprašanje uporabljene metodologije določanja višine prodajne vrednosti inženirskih ur. Prav bi bilo, da IZS metodologijo predstavi članom skupaj z objavo priporočil. Ne glede na način določanja so od IZS priporočene vrednosti primerne, ker pa ni vzpostavljenega primerne mehanizma za njihovo doseganje, so cene na trgu bistveno nižje. Opaziti je izrazito neskladje med podatki iz 3.1, 3.2 in 3.3 ter podatki iz 3.4 in 3.5. Glede vrednosti, dobljene v 3.1, obstaja dvom v pravilnost predpostavk. Manj dvoma dopuščajo dejansko objavljeni podatki o višini plač po dejavnosti in analiza objavljenih uradnih bilanc podjetij znotraj dejavnosti. Očitno obstaja velika razlika med vrednostmi 3.1–3.3 glede na izračun v 3.4 in podatek v 3.5. Razlika lahko pomeni, da projektantska podjetja del stroškov, nastalih z izvedbo projektantskih storitev, nadomestijo z drugimi prihodki – dejansko torej sama poplačujejo izgube pri izdelavi projektne dokumentacije. Domnevo bi lahko potrjevali tudi

podatki, razvidni s slike 2, kjer projektantska podjetja izkazujejo presenetljivo nizke dobičke, kar praktično pomeni, da panoga že vsaj od leta 2003 posluje z izgubo.

Vrednosti, kot jih določa MVIS, so sicer primerne, jih je pa na slovenskem trgu pri storitvah projektiranja zelo težko dosegati. Za kaj takšnega ni prave volje ne na strani države, vsekakor pa ne na strani investitorjev, kjer bi moral biti interes za kvalitetno izdelano projektno dokumentacijo prevladujoč.

Zgovoren je tudi podatek o dobičku obravnavanih podjetij. Leta 2009 je bil povprečni dobiček panoge 1400 evrov, leta 2010 pa le še 911 evrov. Navedene številke dejansko pomenijo, da podjetja že vrsto let ustvarjajo izgubo in dobiček prikažejo bolj na podlagi računovodske interpretacije podatkov. Za dosledno uveljavitev Navodil in MVIS bi bilo nujno, da se projektanti začasno odrečejo delu naročil. Vsaj za čas, ki je potreben, da se na trgu vzpostavi normalne mehanizme povpraševanja in s tem možnosti za vzpostavitev primerne sistema cen. Tega, glede na to, da nihče ne razpolaga z dobičkom in rezervami iz preteklih let, projektanti sami ne zmoremo.

5 • SKLEP

IZS je v začetku leta 2012 znižala priporočene vrednosti inženirskih storitev za petino. Če je namen IZS z navedenim ukrepom zmanjšati število kršitev etičnega kodeksa, potem je enostavneje ukiniti kakršnokoli merilo za določanje nerazumno nizke cene. Iz analiz in vsakdanje prakse izhaja, da storitve opravljamo tudi za bistveno nižje cene od predpisanih, ker sicer ne dobimo nobenega naročila. Razliko pogosto poplačujemo z drugimi vrstami naročil. IZS je z znižanjem priporočenih vrednosti, po mojem mnenju, poslala investitorjem jasen signal, da so vrednosti naših storitev »precejnjene«. Investitorji v zaostrenih razmerah od nas zahtevajo tudi do 50-odstotne popuste na dane ponudbe oziroma na cene preteklih let, čeprav smo vrednosti za omenjenih 20 % in več prilagodili že sami. V večini primerov jih tudi dobijo. Po logiki naročnika je tako tudi 50 % nižja cena primerna, če zanjo dobijo še sprejemljivo izdelano projektno dokumentacijo. Je s stališča naročnika torej pričakovati, da bo naslednjič ponudnik kot primerno sprejel tudi za 60 % nižjo ceno? S tem ko sprejemamo takšne pogoje, pa inženirji sami

vzpostavljamo nove tržne razmere. Vrednosti posameznih segmentov del v prihodnosti ne bo mogoče korigirati na primerno raven ali pa bo to vsaj zelo težko. Inženirji tega sami, brez podpore države in aktivne vloge IZS, ne bomo zmogli.

IZS je februarja 2012 verjetno že vedela, da bo sprejela MVIS kot nadomestilo za IMVIS. Zakaj je torej sploh bilo treba nižati cene pred objavo in sprejemom MVIS? Sicer pa zdaj tudi iz sklepov 29. redne seje skupščine IZS izhaja, da je ustrezna tudi polovična vrednost glede na MVIS.

Glede na navedeni delež gradbeništva v obsegu BDP ter dejstvo, da gradbeni in infrastrukturni objekti z vsemi napakami vred predstavljajo bistveno postavko vrednosti celotnega premoženja družbe, je nerazumljivo, da nikakor ne moremo urediti vprašanja kvalitete in vrednosti inženirskih storitev.

IZS je bila ustanovljena z namenom zaščite stroke in dviga kvalitete projektantskih storitev kot tudi socialne varnosti njenih članov – odgovornih projektantov. Statut IZS v preambuli navaja, da IZS skrbi za strokovni

razvoj strok in storitev ter zastopa poklicne in socialne interese svojih članov. V 22. točki 18. člena Statuta IZS je med nalogami navedeno, da IZS pripravi predlog minimalnih tarifnih pogojev in ga pošlje ministru, pristojnemu za prostorske in gradbene zadeve. Kar je IZS v resnici tudi storila in v odgovor prejela spremembo ZGO, ki je uporabo minimalnih tarifnih pogojev kot zakonsko obveznih ukinitil in umaknil iz prve naslednje novele ZGO. Z razlago, da na liberalno urejenem trgu »kartelno« dogovarjanje in urejanje cen ni dovoljeno, je bila razprava zaključena. IZS je takšno razlago očitno sprejela, njeni člani pa so prepuščeni sami sebi. Ali bi sprejem in uzakonitev cenika inženirskih storitev hkrati z že sprejetim Navodilom o vsebini projektne dokumentacije v resnici pomenil omejevanje prostega trga in t. i. kartelno dogovarjanje? IZS sicer v zadnjih pozivih vladi ugotavlja, da direktive EU omogočajo naročanje inženirskih storitev do višine 130.000 evrov brez javnega razpisa, torej zgolj na podlagi ustreznih referenc in drugih kriterijev. Verjetno je to korak v pravo smer, potrebnega pa bo verjetno precej (lobističnega) napora za takšne spremembe. Direktiva EU ni novost in nerazumljivo je, da se nanjo nismo mogli sklicevati tudi prej.

Po naravi dela so inženirske storitve še najbolj primerljive s storitvami pravnikov. Kljub pravni ali strokovni opredelitvi problema je vsak primer edinstven in se praviloma ne ponavlja. Medtem ko se pravni primeri obravnavajo znotraj zakonodaje, napisane z namenom vzpostavitve reda in vzdrževanja zastavljenih pravnih norm neke družbe, se inženirske rešitve obravnavajo v okviru zakonov naravnoslovnih znanosti, ki temeljijo na aksiomih, katerih veljavnosti je sicer mogoče dokazati. Odvetniki imajo za svoje delo predpisano tarifo. Verjamem, da se z njo vedno ne strinjajo, a obstaja. Zakaj torej ne bi mogla biti z zavezujočim predpisom, ustreznim zakonom ali uredbo definirana tudi tarifa za delo inženirjev?

Vsak odgovorni projektant (OP) se zaveda svoje osebne odgovornosti in posledic, ki lahko v skrajnih primerih privedejo do poškodb objektov, velikih gmotnih škod na objektih, lahko pa tudi do poškodb ali smrti ljudi. Te odgovornosti in možnih posledic slabega dela ali napak OP se očitno zelo dobro zaveda tudi država. Graditve objektov ne bi urejala s posebnim zakonom in vrsto podzakonskih predpisov, če ne bi obstajala realna možnost nastanka škode ali, boljše, oškodovanja družbe kot celote. Področje graditve objektov država ureja s posebnim zakonom (Zakon o graditvi objektov – ZGO), ki določa tudi natančna in relativno stroga merila, kriterije in načine opravljanja poklica OP. Pravni predpisi se sprejemajo vedno, kadar je področje treba urediti, kadar obstaja nevarnost njihovega pogostega kršenja, saj drugače niso niti potrebni. Področje dela OP pa ni urejeno samo v ZGO. Posebej je omenjeno tudi v Kazenskem

zakoniku Republike Slovenije (KZ), kjer 318. člen KZ določa:

»(1) Oseba, ki je odgovorna za načrtovanje ali nadzor načrtov za pripravo ali vodenje zidave ali gradbenih del, pa pri tem ravna v nasprotju s predpisi ali splošno priznanimi tehničnimi pravili in tako povzroči nevarnost za življenje ljudi ali za premoženje velike vrednosti, se kaznuje z zaporom do treh let.

(2) Če je dejanje iz prejšnjega odstavka storjeno iz malomarnosti, se storilec kaznuje z denarno kaznijo ali z zaporom do enega leta.

(3) Če ima dejanje iz prvega ali drugega odstavka tega člena za posledico hudo telesno poškodbo ene ali več oseb ali veliko premoženjsko škodo, se storilec za dejanje iz prvega odstavka kaznuje z zaporom od enega do petih let, za dejanje iz drugega odstavka pa z zaporom do treh let.

(4) Če ima dejanje iz prvega ali drugega odstavka tega člena za posledico smrt ene ali več oseb, se storilec za dejanje iz prvega odstavka kaznuje z zaporom od enega do dvanajstih let, za dejanje iz drugega odstavka pa z zaporom do osmih let.«

V primeru obtožbe tožilca verjetno ne bo zanimalo, ali je bilo delo OP plačano tako, da je inženirju omogočilo opraviti delo kvalitetno, v skladu z vsemi pravili in predpisi, da je bila poleg splošne varnosti zagotovljena tudi njegova socialna varnost. Še težje je oporekati vsebini Ustave Republike Slovenije. Kdor jo je vsaj na hitro kdaj preletel, ve, da je po Ustavi Republika Slovenija (RS) demokratična republika ter pravna in socialna država. Vsakdo ima pravico do osebnega dostojanstva in varnosti. Izobraževanje je svobodno, država pa zagotavlja možnosti za zaposlovanje in zagotavlja

nujno zakonsko varstvo. 74. člen Ustave RS določa, da je gospodarska pobuda svobodna, da pa se gospodarskih dejavnosti **ne sme izvajati v nasprotju z javno koristjo.** 49. člen Ustave RS posebej določa, da je državljanom zagotovljena svoboda dela. Vsakdo prosto izbira zaposlitev, vsakomur je pod enakimi pogoji dostopno vsako delovno mesto. Prisilno delo je prepovedano.

IZS ali druga civilna iniciativa bi v okviru zakonodaje mogla in morala doseči ureditev trga inženirskih storitev. Predvsem zato, da se inženirske storitve ne bi opravljale v nasprotju z javno koristjo, vsekakor pa tudi zato, da bi bila inženirjem omogočena socialna varnost ter da bi lahko svoj poklic opravljali svobodno, brez strahu pred zapornimi kaznimi in sankcijami, opredeljenimi v disciplinskem pravilniku IZS. Dokler država in tudi IZS inženirjem narekujejo dokaj ostro regulacijo opravljanja dela in država predpisuje kazensko odgovornost za storjene napake (tudi za napake iz malomarnosti, ki je po definiciji izredno širok pojem), hkrati pa za reguliran poklic ne sprejme ustreznih cenikov, pravna varnost inženirjem ni zagotovljena. Le tako bi lahko bili izpolnjeni pogoji tudi proste izbire zaposlitve za inženirje, predvsem za odgovorne projektante. Ali študente ob vpisu na gradbeno fakulteto kdo opozarja, da jim pri morebitnih napakah, storjenih pri opravljanju bodočega poklica, grozi zaporna kazen?

Glede na ekonomski položaj v državi pa je mogoče zdaj čas, ko se lahko država zave tudi, da bi se ob domišljenih inženirskih rešitvah in kvalitetno izdelani projektne dokumentaciji lahko izognila prenekaterim stroškom, dodatnim delom in aneksom.

6 • LITERATURA

IZS, Navodila o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije, povzeto po: http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/publikacije-IZS/Smernica-javne-gradnje_priloge/priloga-19-revizija-B-navodila_o_podrobnejši_vsebini_projektne_dokumentacije-uvodni_del-IZS_in_ZAPS-dec-2011-www.pdf, 2011.

IZS, Merila za vrednotenje inženirskih storitev, povzeto po: <http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/pravilniki/MVIS-marec-2012-potrjen-29-skupscina-objava-www.pdf>, 2012.

Mayr, B., osebni razgovor, 2012.

KALNOST V REKAH KOT DEL EROZIJSKO- SEDIMENTACIJSKEGA KROGA

SUSPENDED LOADS IN RIVERS AS A PART OF THE EROSION AND SEDIMENTATION CYCLE

prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.,

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana,
matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

Znanstveni članek

UDK 551.3:556.023:556.536

Povzetek | Kalnost v rekah je odvisna od dotoka erodiranih zemljin iz povirnih delov, stranskega dotoka iz hudourniških pritokov in rečnega erozijskega delovanja. Za naravno kalnost kot del erozijsko-sedimentacijskega kroga je značilna velika prostorska in časovna spremenljivost, ki jo določajo trenutne lokalne hidravlične razmere v reki. Za razumevanje procesov premeščanja rečnih sedimentov je nujno dobro poznavanje glavnih hidravličnih parametrov rečnega toka in parametrov rečnih plavin. V članku se omejujemo na lebdeče plavine, ki se v rekah premeščajo z vodnim tokom, in pregledno prikazemo izbrane parametre, ki so nujni za analizo njihovega premeščanja. Najprej obravnavamo različne enačbe za določitev hitrosti posedanja sedimentnih delcev, s katero lahko ocenimo verjetnost, da je sedimentni delec znane velikosti, gostote in oblike v lebdečem (suspendiranem) stanju. V drugem delu članka na osnovi znane hitrosti posedanja sedimentnih delcev izpeljemo teoretično vertikalno porazdelitev njihove koncentracije v turbulentnem toku. Ta porazdelitev je nujna teoretična osnova za terensko vzorčenje suspendiranega sedimenta v rečnem toku. Hidravlične osnove, prikazane v tem članku, so teoretična podlaga za razumevanje različnih metod terenskega vzorčenja suspendiranih rečnih sedimentov.

Ključne besede: eksperimentalna hidravlika, erozija, hidrologija, laboratorijske raziskave, lebdeče plavine, rečna hidravlika, rečni sedimenti, sedimentacija

Summary | Natural turbidity in rivers is a function of the inflow of eroded soils from the rivers' headwaters, of the lateral inflow from torrential affluents and of fluvial erosion action. For natural turbidity as a part of erosion and sedimentation cycle, large spatial and temporal variability is characteristic, which is determined by momentary local hydraulic conditions in a river. For understanding of suspended sediment transport processes good knowledge of main hydraulic parameters of the river flow and of main parameters of fluvial sediments is essential. This paper limits the treatment to suspended sediments only; to the part of fluvial sediments that are transported within the river flow (without a contact with the riverbed), and reviews selected parameters, which are essential for the analysis of suspended sediment transport. Firstly, different equations for settling velocity of sediment particles are treated, which is used to assess the probability that a sediment particle of known size, density, and form is in a suspended state. In the second part of the paper, theoretical vertical concentration profile of suspended particles in a turbulent flow is derived on the basis of known particles' settling velocity. This profile is a theoretical basis for field sampling of suspended sediments in a river flow. The hydraulic bases, shown in this paper, are theoretical foundation for the understanding of different field sampling methods for suspended river sediments.

Key words: erosion, experimental hydraulics, fluvial hydraulics, fluvial sediments, hydrology, laboratory experiments, sedimentation, suspended sediments

1 • UVOD

Prvi korak v erozijskem krogu nižanja zemeljskega površja je premeščanje v glavnem drobnozrnatih zemljin z zemeljske površine in v glavnem bolj grobozrnatega erozijskega drobirja iz izvorov plavin (angleško *sediment sources*; nemško *Geschiebeherden*) v hudourniških območjih po erozijskih jarkih in hudournikih v rečno mrežo. Erozijska (odnašanje, odplavljanje; angl. *erosion*) in sedimentacija (odlaganje, nanašanje; angl. *sedimentation*) se prepletata na poti rečnih sedimentov skozi celotno porečje (angleško *river basin*, nemško *Flußgebiet*) od mest nastanka do mest končne sedimentacije (za podrobno obravnavo problema glej npr. (Rusjan in Mikoš, 2006)). Rečne sedimente (angleško *fluvial sediments*; *river sediments*; nemško *Flußsedimente*), ki se premeščajo z rečnim tokom, imenujemo v slovenščini strokovno plavine (nemško *Feststoffe*). Posledica premeščanja plavin sta kalnost (angleško *suspended load*) in prodonosnost (angleško *bed load*) rek. V slovenščini imata ta dva izraza dvojni pomen, in sicer na eni strani izražata masni ali prostorninski tok na časovno enoto (npr. kg/s; t/leto; m³/leto), na drugi pa označujeta rečni material, ki se premešča in povzroča kalnost in prodonosnost kot dve vrsti med seboj tesno povezanih naravnih pojavov (Mikoš, 2002). Prodonosnost je tako na eni strani izraz za pojav in na drugi strani za dejanski pretok rinjenih plavin (angleško *bed material*; nemško *Geschiebe*), ki se premeščajo po dnu ali poskakujejo v rečni tok (angleško *saltation load*), a ostajajo v bližini rečnega dna. Kalnost v reki (in posledično motnost, da ne vidimo rečnega dna) povzročajo kalni delci (angleško *wash load*), načeloma drobni sedimenti velikosti gline in melja, ki v reko pritekajo zaradi površinskega spiranja zemljin in se skozi rečni sistem premeščajo v suspenziji tudi ob normalnih pretokih skoraj neovirano, to je brez posebnega odlaganja in s tem izmenjave z rečnimi sedimenti v dnu (Mikoš, 2005). Poleg tega dela kalnosti, ki bi jo lahko imenovali tudi naravna kalnost (ali sprane plavine; gre za dobesedni prevod angleškega izraza *wash load*), v času povišanih pretokov v rekah (tj. predvsem v času poplavnih valov) h kalnosti prispevajo pomemben del tudi lebdeče plavine oziroma suspendirane snovi (angl. *suspended matter*; nem. *Schwefstoffe*). Gre za bolj grob sediment s pomembnim deležem peskov (0,06 do 2 mm), ki so v suspenziji le ob povišanih pretokih; lahko bi jih poimenovali tudi poplavna kalnost, saj se ob spremenjenih hidravličnih pogojih lahko ponovno posedejo in odložijo na dnu reke (ASCE, 2008).

Podrobnejše poznavanje dinamike rečnih sedimentov je zelo pomembno za razlago spreminjanja zrnavostne sestave rečnih sedimentov vzdolž rečne mreže, ker se večinoma povprečna velikost rečnih sedimentov zmanjšuje, ta pojav običajno imenujemo dolvodna drobnitev (angl. *downstream fining*). Glavna procesa, ki delujeta, sta rečni obrus (angl. *fluvial abrasion*; nem. *Geschiebeabrieb*), ki opisuje procese drobljenja, krhanja, krušenja, brušenja in glajenja rečnih sedimentov (npr. (Mikoš, 1993, 1994)), in rečno sortiranje (angl. *fluvial sorting*, nem. *Flußsortierung*), ki je lahko prečno (oblikovanje prodišč na notranjih rečnih zavojih), vzdolžno (izločanje in zastajanje bolj grobih rečnih sedimentov zaradi manjše moči rečnega toka v dolvodni smeri ob zmanjševanju padca rečne struge) ali navpično (posedanje sedimentnih delcev iz vodnega toka). Kalnost in procesi posedanja sedimentnih delcev so torej pomemben del fluvialnega sortiranja in zato vredni podrobnejšega preučevanja.

Za popolnost obravnave še povejmo, da rečna voda premešča tudi raztopljene snovi (angleško *dissolved matter*; nemško *gelöstes Material*), ki so prav tako del erozijsko-sedimentacijskega kroženja snovi na Zemlji. Pogosto rečna voda plavi s seboj tudi razno plavje, predvsem prevladuje lesno plavje (angleško *floating wooden debris*; nemško *Schwemmholz*) organskega izvora – drevesna debela, panji, vejevje in listje. Na vodni površini se premeščajo tudi druge vrste anorganskega plavja, v glavnem gre za odpadke (smeti).

V slovenskih rekah z izrazito hudourniško naravo je kalnost izrazita predvsem v času poplav, saj so ob nizkih pretokih reke večinoma zelo bistre, kalnost je majhna in prevladuje poplavna kalnost (lebdeče plavine, torej drobni del rinjenih plavin, ki je zaradi hidravličnih razmer ob poplavi prešel v suspendirano stanje). Kalnost je bila v slovenskih rekah v preteklosti večja zaradi vnosa antropogenih snovi (separacije premoga, spiranje odlagališč različnih industrijskih odpadkov oziroma jalovišč, premajhno čiščenje industrijskih in komunalnih odpadnih voda; za prikaz razmer na reki Savi glej npr. (Mikoš, 2000)). Z višanjem okoljskih standardov, vpeljavo evropskega načela iz Direktive o okoljski odgovornosti (Direktiva, 2004), da za onesnaženje plača onesnaževalec, smo bistveno zmanjšali vnos antropogenih snovi v rečni sistem. Posledično se je izboljšala kakovost slovenskih rek in ob tem tudi zmanjšala antropogeno povzročena kalnost.

2 • PREGLED ENAČB ZA OCENO HITROSTI POSEDANJA SUSPENDIRANIH DELCEV

Obravnavo kalnosti v rečnih tokovih začnemo s prikazom zakonitosti posedanja suspendiranih mineralnih delcev v mirujoči tekočini, ob predpostavki, da je koncentracija suspenzije dovolj nizka, da se delci posedajo neovirano, torej pri obravnavi ne upoštevamo medsebojnih vplivov med delci. V teoriji sedimentacije nevezanih (nekohezivnih) delcev (velikosti melja in peska) namreč lahko ločimo med posedanjem (Sansalone, 2009):

– vrste I: ločeno posedanje (angl. *discrete settling*) v razredčeni suspenziji z minimalno interakcijo med delci;

– vrste II: posedanje kosmičev (angl. *flocculant settling*; angl. *non-discrete settling*) v koncentrirani suspenziji z vplivom koncentracije suspenzije in medsebojnega delovanja delcev enega na drugega na njihovo hitrost posedanja;

– vrste III: oteženo posedanje (angl. *hindered settling*) v visoko koncentrirani suspenziji.

V nadaljnji razpravi o rečni kalnosti se bomo torej omejili na neovirano ločeno posedanje vrste I. Model za enakomerno sedimentacijo

posameznega delca v newtonski tekočini je ravnovesje sil, ki delujejo nanj. V ravnovesju sta težnostna sila, zmanjšana za vzgon (teža izpodrinjene tekočine = statični vzgon), in dinamična sila upora zaradi trenja med delcem in tekočino, kar zapišemo brez upoštevanja popravkov zaradi oblike delca (predpostavimo sferično obliko) kot:

$$(s - 1)\rho g \frac{\pi}{6} d^3 = \frac{1}{2}\rho C_D \frac{\pi}{4} d^2 w_s^2 \quad (1)$$

kjer je s (-) relativna gostota sedimentnih delcev, določena kot $s = \rho_s / \rho$; ρ_s (kg/m³) in ρ (kg/m³) sta gostota sedimentnih delcev in gostota tekočine, g (= 9,81 m/s²) je pospešek sile teže, d (m) je premer sedimentnih delcev, C_D (-) je koeficient upora in w_s (m/s) je hitrost posedanja (angl. *settling velocity*). Iz enačbe (1) lahko izrazimo brezdimenzijsko hitrost posedanja kot:

$$w_* = \frac{w_s}{\sqrt{(s-1)gd}} = \sqrt{\frac{4}{3C_D}} \quad (2)$$

V enačbi (2) je koeficient upora C_D odvisen od zrnovostnega Reynoldsovega števila Re_d , ki je določeno z razmerjem med vztrajnostnimi in viskozni silami na delec v tekočini oziroma določa razmerje med viskozni (linearni) uporom pri laminarnem toku tekočine in dinamičnim (kvadratnim) uporom pri turbulentnem toku tekočine:

$$Re_d = \frac{w_s d}{\nu} = 4 w_* S_* \quad (3)$$

kjer je ν ($\approx 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$) kinematična viskoznost tekočine, v splošnem odvisna od temperature tekočine, in S_* (-) je brezdimenzijski sedimentacijski parameter, ki sta ga vpeljala Madsen in Grant (1976) kot:

$$S_* = \frac{d}{4\nu} \sqrt{(s-1)gd} \quad (4)$$

Ko je Stokes (1851) rešil Navier-Stokesovo enačbo za tok tekočine, je tudi teoretično določil koeficient upora za sferične delce v viskozni tekočini ($Re_d < 1$) v odvisnosti od zrnovostnega Reynoldsovega števila Re_d :

$$C_D = \frac{24}{Re_d} \quad (5)$$

in tako za viskozni (linearni) upor določil svoj, tj. Stokesov zakon za določitev končne hitrosti posedanja (angleško *terminal settling velocity*) v viskozni tekočini:

$$w_s = \sqrt{(s-1)gd} \sqrt{\frac{4}{3C_D}} = \sqrt{(s-1)gd} \sqrt{\frac{4 Re_d}{3 \cdot 24}} = \sqrt{(s-1)gd} \sqrt{\frac{w_s d}{18\nu}}$$

$$\text{in } w_s = \frac{(s-1)gd^2}{18\nu} \quad (6)$$

Za primer uporabe Stokesovega zakona določimo najmanjšo velikost mineralnih delcev kremenca relativne gostote $s = 2,65$, ki se posedejo v 30 minutah na dno 5 m globoke mirujoče vode (predpostavimo kinematično viskoznost vode $10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$):

$$w_s = \frac{(s-1)gd^2}{18\nu} = \frac{5 \text{ m}}{30 \cdot 60 \text{ s}} = 2,78 \text{ mm s}^{-1} \quad (7)$$

$$d = \sqrt{\frac{18\nu w_s}{(s-1)g}} = \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 2,78 \cdot 10^{-3}}{(2,65-1) \cdot 9,81}} = 0,056 \text{ mm} \quad (8)$$

Preverimo še zrnovostno Reynoldsovo število:

$$Re_d = \frac{w_s d}{\nu} = \frac{2,78 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1} \cdot 0,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}} = 0,156 \quad (9)$$

in pogoj veljavnosti Stokesovega zakona je izpolnjen ($Re_d < 1,0$). Izračunajmo še brezdimenzijski sedimentacijski parameter:

$$S_* = \frac{d}{4\nu} \sqrt{(s-1)gd} = \frac{0,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}} \sqrt{(2,65-1) \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot 0,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 0,4215 \quad (10)$$

in brezdimenzijsko hitrost posedanja:

$$w_* = \frac{w_s}{\sqrt{(s-1)gd}} = \frac{2,78 \cdot 10^{-3} \text{ ms}^{-1}}{\sqrt{(2,65-1) \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot 0,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}}} = 0,0923$$

$$\text{ali } w_s = \frac{S_*}{4,5} = 0,0937 \quad (11)$$

Stokesova enačba je torej dober približek le za drobne sedimente (območje glin in melja, torej do velikosti 0,06 mm), pri večjih sedimentnih delcih pa daje previsoke vrednosti, zato se v praksi pogosto uporablja korekcija v obliki Heywoodovih preglednic (glej npr. (F&S. com, 2012)), ki je bila razvita za delce kroglaste oblike in temelji na empirični povezavi med zrnovostnim Reynoldsovim številom Re_d in oblikovnim uporom delca C_D ter velja za vsa zrnovostna Reynoldsova števila. Stokesov zakon daje previsoke vrednosti tudi za zelo majhne delce (manjše od 0,002 mm), ker se začnejo gibati v suspenziji kot Brownovo gibanje – v praksi se delci velikosti 0,001 mm zelo težko posedajo, razen če pride do kosmičenja posedanja kosmičev. Gre za problematiko kakovosti rečne vode (smo v območju velikosti mikrobov) in ne za analizo kalnosti, saj tako majhni delci ne prispevajo veliko h koncentracijam suspendiranih snovi v rečni vodi in s tem k masnemu toku.

Izmed starejših empiričnih enačb navedimo tukaj še Rubeyjevo enačbo (1933), ki je hitrost posedanja suspendiranih delcev (v mm/s) določil eksperimentalno kot:

$$w_s = \frac{6,6}{d} [(247,47 d^3 + 1)^{0,5} - 1] \quad (\text{mm/s}) \quad (12)$$

kjer je d (v mm) premer suspendiranih delcev. Primerjavo med Rubeyjevo in Stokesovo enačbo podajamo v preglednici 1. Na območju peska daje Rubeyjeva enačba mnogo nižje hitrosti posedanja kot Stokesova enačba in je bližje korekciji po Heywoodu.

Frakcija lebdečih plavin	Srednji premer frakcije (mm)	Hitrost posedanja po Stokesu (6) (mm/s)	Hitrost posedanja po Rubeyju (12) (mm/s)	Hitrost plavljenja po Kresserju (14) (m/s)
grobi pesek (0,6–2 mm)	1,3	(1520; + 667 %) 198*	113	2,66
srednji pesek (0,2–0,6 mm)	0,4	(144; + 142 %) 59,4*	51,2	1,46
drobni pesek (0,06–0,2 mm)	0,13	(15,2; + 20,2 %) 12,6*	12,3	0,84
grobi melj (0,02–0,06 mm)	0,04	1,44	1,30	0,46
srednji melj (0,006–0,02 mm)	0,013	0,152	0,138	0,27
drobni melj (0,002–0,006 mm)	0,004	0,0144	0,0131	0,15

* Vrednosti so izračunane z uporabo Heywoodovih preglednic (vrednosti v oklepajih so rezultati po Stokesovi enačbi).

Preglednica 1 • Hitrosti posedanja po Stokesovi enačbi (6) s korekcijo po Heywoodovih tablicah za peščene frakcije (F&S.com, 2012) in odvisnost hitrosti plavljenja po enačbi Kresserja (14) (za plavljenje je upoštevan maksimalni premer frakcije in za posedanje srednji premer frakcije, viskoznost vode je privzeta pri 20 °C, in sicer $1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ in relativna gostota plavin $s = 2,65$)

Pri majhnih vrednostih zrnastostnega Reynoldsovega števila je gibanje tekočine okoli sedimentnega delca laminarno ($Re_d < 1$) in tekočina popolnoma obleplja delec. Pri višanju vrednosti Re_d pa se začne za delcem oblikovati vse večji vrtnec, ki povzroča dodatni turbulentni upor tekočine med gibanjem (posedanjem) delca. Za visoke vrednosti zrnastostnega Reynoldsovega števila ($Re_d > 1000$) je gibanje povsem turbulentno in viskozni upor zanemarljiv (npr. (Kladnik, 1979)). V tem območju ($10^3 < Re_d < 3 \cdot 10^5$) upor tekočine, ki ga občuti delec med posedanjem, izrazimo s kvadratnim zakonom upora, kjer je koeficient upora C_D približno konstanten ($\approx 0,4$). V vmesnem prehodnem območju med laminarnim in turbulentnim tokom je koeficient upora teoretično nedoločljiv, sestavljen je iz viskoznega in dinamičnega upora ter se zato običajno določi eksperimentalno v obliki odvisnosti $C_D = f(Re_d)$. Na hitrost posedanja ne vplivajo le velikost delca, njegova gostota in fizikalne lastnosti tekočine, temveč tudi oblika delca in vpliv površinske hrapavosti delca. Zato so se po Stokesovi enačbi številni raziskovalci lotili eksperimentalnega določanja odvisnosti koeficienta upora C_D od zrnastostnega Reynoldsovega števila Re_d .

Jimenez in Madsen (2003) sta za to prehodno območje določila mejne hitrosti posedanja sferičnih delcev kot:

$$w_* = \begin{cases} S_*/4,5 & S_* < 1 \\ 1,83 & 150 < S_* < 4 \cdot 10^5 \end{cases} \quad (13)$$

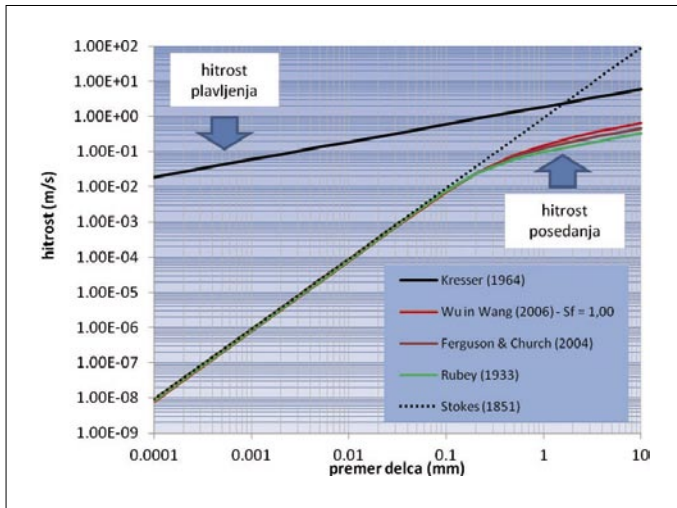
Če zapišemo ti dve območji za sferične sedimentne delce iz kremena ($s = 2,65$), dobimo izraza:

- za veljavnost Stokesovega zakona ($S_* < 1$) izraz $d \leq \approx 0,1 \text{ mm}$;
- za veljavnost konstantnega oblikovnega koeficienta upora $C_D \approx 0,4$ ($150 < S_* < 4 \cdot 10^5$) izraz $\approx 3 \text{ mm} < d < \approx 120 \text{ mm}$.

Z enačbo (13) smo zapisali, da za sedimentne delce od $\approx 3 \text{ mm}$ do $\approx 120 \text{ mm}$ poznamo koeficient upora $C_D (\approx 0,4)$ in tudi brezdimenzijsko hitrost posedanja teh delcev ($w_* = 1,83$). Tako se pred nas postavi vprašanje, ali je v rečnem okolju sploh mogoče pričakovati, da bodo sedimentni delci intervala 3–120 mm v suspendiranem stanju in bo za nas poznavanje njihove hitrosti posedanja sploh nujno. Zato si moramo zdaj pogledati naslednji pomemben inženirski parameter kalnosti, to je mejna hitrost rečne vode, pri kateri prehajajo mineralni delci iz rečnega dna v suspenzijo (prehod iz rinjenega v lebdeče gibanje). Gre torej za vprašanje največje velikosti delcev, ki pri znani srednji pretočni hitrosti rečne vode še tvorijo poplavno kalnost. Za obravnavo naj zadošča pogosto uporabljena enačba iz inženirske prakse, tj. Kresserjeva enačba (1964), razvito na osnovi njegovih raziskav na avstrijskih rekah:

$$\frac{v_m^2}{g d_m} = 360 \quad (-) \quad (14)$$

kjer je v_m (m/s) srednja hitrost rečne vode v prečnem prerezu reke, kjer določamo maksimalno velikost plavljenih delcev, g ($\approx 9,81 \text{ m/s}^2$) je zemeljski pospešek in d_m (m) je mejni premer suspendiranega delca, ki je še v suspenziji, večji delci potonejo na dno in se premeščajo kot rinjene plavine. Hitrosti plavljenja po Kresserjevi enačbi za izbrane frakcije suspendiranih sedimentov (lebdečih plavin) prikazujemo v preglednici 1 in grafično na sliki 1. Iz izračunanih vrednosti sledi, da lahko ob povišanih pretokih (ob poplavah), ko so značilne srednje pretočne hitrosti v rekah tudi višje od 3 m/s, v suspendiranem stanju tudi sedimenti velikosti 2–3 mm (grobi pesek-drobni gramoz). Ta meja pa ustreza začetku veljavnosti dinamičnega (kvadratnega) zakona uporu, kjer je vrednost koeficienta upora C_D znana ($\approx 0,4$). V naravnem rečnem (fluvialnem) okolju se torej celotna peščena frakcija sedimentnih delcev (0,06 mm–2 mm) niti ne obnaša po Stokesovem zakonu (upoštevamo samo viskozni upor) niti ni upor toku konstanten (upoštevamo le turbulentni upor). Peščena frakcija, ki je podvržena sedimentaciji v rečnem toku v prehodnem režimu med viskoznim in turbulentnim tokom, je posebno pomembna za rečno morfologijo, saj je lahko nenadno izločanje peščene frakcije iz suspenzije vzrok za prehod iz prodonosne v peskonosno reko – prevladujoča frakcija rečnega sedimenta postane pesek in ne več prod: 2–60 mm (Sambrook Smith, 1995). Tak prehod se zgodi recimo na reki Savi na odseku pod Zagrebom, ko se srednje aritmetično zrno nenadoma iz območja 10–40 mm, ki ga ima reka Sava na skoraj celotnem toku od izvira v Sloveniji do Zagreba, zniža na območje nekaj mm.



Slika 1 • Hitrost plavljenja po Kresserju (1964) in odvisnost hitrosti posedanja sedimentnih delcev od velikosti delcev po izbranih 4 metodah

Tako so se v zadnjih desetletjih in letih za prehodno območje med laminarnim in turbulentnim tokom ($1 < Re_d < 1000$) razvile številne nove metode določanja hitrosti posedanja mineralnih delcev, obsežni pregled klasičnih pristopov je mogoče najti v klasičnih delih s področja rečne mehanike in dinamike (npr. (Yalin, 1977), (van Rijn, 1989), (Raudkivi, 1990)). Različne oblike predlaganih odvisnosti koeficienta upora C_D od Reynoldsovega števila Red je posplošil Cheng (1997) v naslednji obliki:

$$C_d = \left[\left(\frac{M}{Re_d} \right)^{1/n} + N^{1/n} \right]^n \quad (15)$$

kjer so M , N in n brezdimenzijski koeficienti. Vrednosti treh koeficientov v enačbi (15) za sedimentne delce, obrušene v naravnem rečnem (fluvialnem) okolju, sta za različne raziskovalce zbrala in prikazal Wu in Wang (2006; glej preglednico 2).

Enačba in parameter	Rubey (1933)	van Rijn (1989)	Raudkivi (1990)	Julien (1995)	Cheng (1997)
M	24	24	32	24	32
N	2,1	1,1	1,2	1,5	1
n	1	1	1	1	1,5

Preglednica 2 • Vrednosti eksperimentalnih koeficientov M , N in n iz enačbe (15) – povzeto po Wu in Wang, 2006

Razlike med vrednostmi koeficientov, prikazane v preglednici 2, v določeni meri sledijo iz različne oblike (angl. *shape*) naravnih sedimentnih delcev, ki so bili uporabljeni v eksperimentih. Zato moramo pri odvisnosti koeficienta upora C_D od zrnovostnega Reynoldsovega števila Re_d za naravne sedimente upoštevati dejstvo, da v splošnem delci niso kroglaste oblike, in zato kot dodatni parameter upoštevati obliko delcev. Če predpostavimo kot najbolj primerno obliko delcev elipsoidasto obliko, se pogosto uporablja Coreyjev (1949) oblikovni koeficient:

$$S_f = \frac{c}{\sqrt{ab}} \quad (16)$$

kjer so c , b in a najdaljša, srednja in najkrajša os elipsoida. Za kroglo je $S_f = 1$ in teoretično za dvodimenzijsko ploščico poljubne oblike velja $S_f = 0$. Nadalje se pri eksperimentalnem odnosu $C_d = f(Re)$ poleg koeficienta oblike S_f uporablja še zaobljenost delcev P , ki ga običajno ocenjujemo iz maksimalnega obrisa delca, projiciranega v ravnino maksimalne osi delca (ravnina, ki je pravokotna na najkrajšo os delca), in vrisane krožnice v ta obris. Vidimo, da je za zelo natančno oceno hitrosti posedanja mineralnih sedimentnih delcev nujno poznati ne le njihovo zrnovostno sestavo (velikost), temveč tudi obliko delcev. Jiménez in Madsen (2003) sta na osnovi eksperimentalnih poskusov z znanimi vrednostmi za obliko delcev predlagala odvisnost:

$$w_* = \frac{w_s}{\sqrt{(s-1)gd_N}} = \left(A + \frac{B}{S_*} \right)^{-1} \quad (17)$$

$$S_* = \frac{d_N}{4v} \sqrt{(s-1)gd_N} \quad (18)$$

kjer je d_N nominalni diameter delcev ($= d_s/0,9$, če so delci določeni s sejalno analizo in je d_s premer sita), koeficienta A in B pa sta avtorja podala grafično v odvisnosti od Coreyjevega oblikovnega koeficienta S_f in Powersovega koeficienta zaobljenosti P . Za primer kremenčevega peska ($s = 2,65$) z značilnimi vrednostmi $S_f = 0,7$ in $P = 3,5$, kar določijo vrednosti koeficientov $A = 0,954$ in $B = 5,12$.

Wu in Wang (2006) sta opravila obsežno analizo enačb za oceno hitrosti posedanja. Izhajala sta iz Changove splošne opredelitve odvisnosti med koeficientom upora C_D in zrnovostnim Reynoldsovim številom Re_d iz enačbe (15) in jo vnesla v enačbo (2) za brezdimenzijsko hitrost posedanja:

$$w_* = \frac{w_s}{\sqrt{(s-1)gd}} = \sqrt{\frac{4}{3C_D}} \quad (2)$$

ter predlagala splošno obliko za hitrost posedanja:

$$w_s = \frac{Mv}{Nd} \left[\sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{4N}{3M^2} D_*^3 \right)^{1/n}} - \frac{1}{2} \right]^n \quad (19)$$

in

$$D_* = d \left[\frac{(s-1)g}{v^2} \right]^{1/3} \quad (20)$$

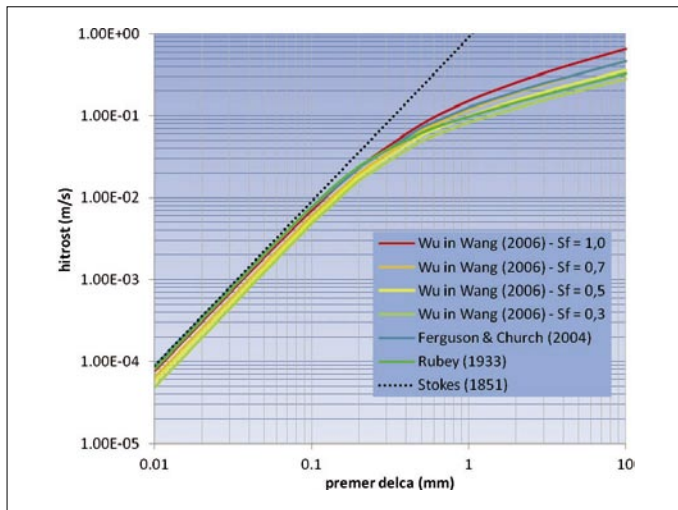
kjer je d nominalni premer sedimentnih delcev. Da bi olajšala uporabo in odpravila grafične prikaze pomembnih parametrov, sta analizirala razpoložljive eksperimentalne podatke iz literature in predlagala v skladu z enačbo Chang (15) za 3 parametre v enačbi (19) naslednje kalibrirane vrednosti (Wu in Wang, 2006):

$$M = 53,5 e^{-0,65 S_f} \quad (21)$$

$$N = 5,65 e^{-2,5 S_f} \quad (22)$$

$$n = 0,7 + 0,9 S_f \quad (23)$$

Predlagane enačbe (19) do (23) naj bi dajale boljše rezultate od drugih klasičnih pristopov (npr. (Interagency Committee, 1957)). Kadar podrobne vrednosti koeficientov oblike naravnih sedimentnih delcev niso znane (zamužno določanje), Wu in Wang predlagata, da se uporabijo njune enačbe ob predpostavki, da je Coreyjev oblikovni koeficient $S_f = 0,7$, in uporabi v njihovi enačbah vrednosti: $M = 33,9$, $N = 0,98$ in $n = 1,33$. Potek hitrosti posedanja po enačbah Wuja in Wang (2006) smo prikazali za sferične delce ($S_f = 1,0$) na sliki 1 in za peščeno frakcijo in 4 različne oblike delcev še posebej na sliki 2.



Slika 2 • Vpliv oblike sedimentnih delcev na hitrost posedanja po Wuju in Wangu (2006); za primerjavo so prikazane še Fergusonova in Churchova enačba (2004) za delno zaobljene delce ter Stokesova (1851) in Rubeyjeva (1933) enačba

Poenostavitev Dietrichove enačbe (1982) sta predlagala Ferguson in Church (2004):

$$w_s = \frac{(s-1)gd^2}{C_1 v + \sqrt{0,75 C_2 (s-1)gd^3}} \quad (24)$$

kjer parametra C_1 in C_2 opisujeta obliko in teksturo delcev (preglednica 3). Za naravna peščena zrna, ki jim premer d določimo s sejalno analizo, avtorja predlagata vrednosti $C_1 = 18$ in $C_2 = 1,0$, če dodamo še pogoj, da gre za kremenova zrna ($s = 2,65$), se enačba (24) poenostavi v:

$$w_s = \frac{1,65 gd^2}{18v + \sqrt{1,2375gd^3}} \quad (25)$$

opis delcev	C_1	C_2
popolnoma ostrorobi delci	24	1,2
delno zaobljeni delci (premer prostorninsko ekvivalentnega delca)	20	1,1
delno zaobljeni delci (premer delcev določen s sejalno analizo)	18	1,0
gladka krogla	18	0,4

Preglednica 3 • Vrednosti parametrov C_1 in C_2 v enačbi Fergusonova in Churcha (2004)

Predlagana enačba se približuje Stokesovi enačbi (1851) za zelo drobne sferične delce in konstantnemu koeficientu upora za zelo velike delce (slika 2). Kljub poenostavljenemu izrazu za glavne parametre delcev (velikost, gostota, oblika, zaobljenost, tekstura) omogoča v primeru heterogene sestave sedimentirajočih delcev dobre rezultate in obenem ne zahteva zamudnega in včasih zelo zahtevnega določanja zaobljenosti in hrapavosti posameznih delcev.

3 • VERTIKALNA PORAZDELITEV SUSPENDIRANIH SNOVI V TURBULENTNEM TOKU

Kakšne so možne oblike vertikalne porazdelitve koncentracij suspendiranih sedimentov v tipični vertikali reke?

Pri izpeljavi enačbe za vertikalno porazdelitev lebdečih plavin izhajamo iz splošne difuzijske enačbe. Zamislimo si ravninski element površine dF v globini z nad dnom ($z = 0$ označuje dno reke), skozi katero se v ravnovesnih razmerah dviguje in spušča enaka količina lebdečih plavin. Tako lahko za ravnovesne razmere za ta ravninski element zapišemo:

$$c w_s = -\varepsilon_s \frac{dc}{dz} \quad (m/s) \quad (26)$$

kjer je z (m) relativna višina nad dnom, c (-) je koncentracija lebdečih plavin, w_s (m/s) je hitrost usedanja suspendiranih delcev in ε_s (m^2/s) je difuzijski koeficient. Če predpostavimo porazdelitev strižnih napetosti v reki, kot sledi:

$$\tau(z) = \rho \varepsilon_m \frac{dv}{dz} = \tau_0 \left(1 - \frac{z}{h}\right) \quad (N/m^2) \quad (27)$$

$$\frac{dv}{dz} = \frac{v_*}{\kappa z} \quad (-/s) \quad (28)$$

kjer je ε_m (m^2/s) koeficient turbulentne izmenjave, v_* (m/s) je strižna hitrost, ρ (1000 kg/m^3) je gostota vode in κ (pogosto privzeta kot konstanta: $\kappa = 0,4$) je von Karmanova konstanta. Ob predpostavki, da sta koeficienta difuzije in turbulentne izmenjave enaka ($\varepsilon_s = \varepsilon_m$), se enačbe (26) do (28) zapišejo v obliki:

$$c w = -v_* \kappa z \left(1 - \frac{z}{h}\right) \frac{dc}{dz} \quad (m/s) \quad (29)$$

oziroma preoblikovano, da ločeno zapišemo spremenljivke:

$$\frac{dc}{c} = -\frac{w_s}{v_* \kappa z \left(1 - \frac{z}{h}\right)} dz \quad (-) \quad (30)$$

Nedoločni integral (30) lahko ob poznavanju koncentracije lebdečih plavin c_a v točki $z = a$ zapišemo v določni obliki:

$$\int_{c_a}^c \frac{dc}{c} = -\frac{w_s}{v_* \kappa} \int_a^z \frac{h}{z(z-h)} dz \quad (-) \quad (31)$$

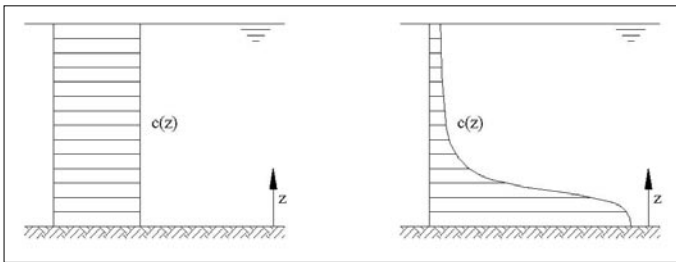
in ob upoštevanju robnih pogojev dobimo rešitev integralnega zapisa kot:

$$\ln \frac{c}{c_a} = \frac{w_s}{v_* \kappa} \ln \frac{h-z}{z} \frac{a}{h-a} \quad (-) \quad (32)$$

oziroma:

$$\frac{c}{c_a} = \left(\frac{h-z}{z} \frac{a}{h-a} \right)^{\frac{w_s}{v_* \kappa}} \quad (-) \quad (33)$$

Izraz (33) nato uporabimo tako, da integriramo zmnožek $c v$ in tako dobimo pretok lebdečih plavin Q_s . Koncentracija lebdečih plavin »blizu dna« c_a je pri tem odvisna od pretoka rinjenih plavin. Ob razviti prodonosnosti lahko pričakujemo, da je prehajanje drobnih rinjenih plavin v poskakovanje (saltacija) in v lebdeče (suspendirano) stanje najbolj intenzivno prav ob dnu reke. Koncentracija c in hitrost vode v se seveda spreminjata z relativno višino z : torej velja $c(z)$ in $v(z)$, kar je treba upoštevati pri izračunu pretoka lebdečih plavin. Koncentracija c_a je lahko tudi izmerjena vrednost, potem sloni ocena ali račun specifičnega pretoka lebdečih plavin q_s na teh merjenih vrednosti. Več izmerjenih vrednosti koncentracij lebdečih plavin blizu dna c_a omogoča kontrolo izračuna. Podrobnejša obravnava presega okvir tega prispevka in je odvisna od načina, kako določamo koncentracijo in zrnavost suspendiranih snovi v rečnem toku.



Slika 3 • Vertikalna porazdelitev koncentracije lebdečih plavin (levo za drobne in desno za grobe suspendirane sedimente) – konceptualni prikaz

Izraz v eksponentu na desni strani v enačbi (33) je brezdimenzijski Roussov parameter (1937):

$$P = \frac{w_s}{\kappa v_*} \quad (34)$$

ki je dejansko parameter načina premeščanja rečnih sedimentov (meje so približne):

- $P > 7,5$ delec miruje na rečnem dnu,
- $P = 7,5$ delec se začne premikati po dnu kot rinjena plavina,
- $2,5 < P < 7,5$ delec je rinjena plavina,
- $P = 2,5$ delec občasno poskakuje in prehaja v suspendirano stanje,
- $P < 1,2$ delec je lebdeča plavina.

Ob znani vrednosti Roussovega števila $< 1,2$ je oblika vertikalne porazdelitve koncentracije suspendiranih delcev v rečnem toku odvisna od razmerja med hitrostjo posedanja in strižno hitrostjo:

- hitrost posedanja lebdečih plavin w_s je precej manjša od strižne hitrosti v , Roussov parameter ima nizko vrednost ($P \ll 1$) in vertikalna porazdelitev koncentracije lebdečih plavin je približno enakomerna po celotni globini reke (slika 3 levo, tipično za naravno kalnost),
- hitrost posedanja lebdečih plavin w_s je približno enaka strižni hitrosti v ($w_s \sim v$), Roussov parameter P ima vrednost blizu 1,0 in vertikalna porazdelitev koncentracije lebdečih plavin je zelo neenakomerna – v spodnjih plasteh reke blizu dna je precej večja kot na vodni gladini (slika 3 desno, značilno za poplavno kalnost neenakomerne zrnivosti).

Omenjena vrednost $P < 1,2$ ustreza tudi Bagnoldovemu pogoju za prehod v suspendirano stanje (1966):

$$M = \frac{v_*}{w_s} \geq 1 \quad (35)$$

kjer je v (m/s) strižna hitrost in w_s (m/s) hitrost usedenja suspendiranih delcev.

4 • SKLEP

Podrobnejše poznavanje dinamike rečnih sedimentov je zelo pomembno za razlago spreminjanja zrnavostne sestave rečnih sedimentov vzdolž rečne mreže. Pomemben element rečne dinamike je kalnost, ki je bila osrednja tematika tega prispevka. Pri obravnavi rečne kalnosti smo se usmerili v prikaz enačb za oceno hitrosti posedanja posameznih sedimentnih delcev v pogojih ločenega posedanja. Prikazali smo nekatere klasične enačbe, predvsem Stokesovo enačbo, ki velja za viskozni upor in s tem za majhne sedimentne delce. Za rečno kalnost so pomembnejši delci meljaste in peščene frakcije, ki se posedajo v prehodnem režimu, kjer Stokesova enačba ne daje zadovoljivih rezultatov. Zato smo iz svetovne literature povzeli nekatere novejšje enačbe

za oceno hitrosti posedanja sedimentnih delcev, ki upoštevajo poleg velikosti in gostote delcev tudi njihovo obliko in teksturo (površinsko hrapavost). Za enačbo Jiménez in Madsna (2003) ter Wuja in Wang (2006) je nujno opraviti zamudne analize oblike sedimentnih delcev, pri enačbi Fergusona in Churcha (2004) pa lahko uporabimo predlagane vrednosti empirično določenih koeficientov. Omenjene enačbe smo nadgradili s prikazom enačbe za vertikalno porazdelitev koncentracije suspendiranih snovi (kalnosti) v poljubni vertikali v pretočnem prerezu reke. Prikazane teoretične osnove rečne kalnosti, predvsem vertikalne porazdelitve koncentracije, so nujne za uspešno načrtovanje terenskega vzorčevanja suspendiranih delcev v rečnem toku.

5 • ZAHVALA

Raziskave rečnih sedimentov potekajo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani v okviru dela pri raziskovalnem programu P2-0180 Hidrotehnika, hidravlika in geotehnika, ki ga finan-

cira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Avtor se za sofinanciranje zahvaljuje tudi HSE Investu, d. o. o., iz Maribora.

6 • LITERATURA

- ASCE, Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modeling, and Practice, Edited by Marcelo Garcia, American Society of Civil Engineers (ASCE) Manuals of Practice št. 110, 1132 str., 2008.
- Bagnold, R. A., An approach to the sediment transport problem from general physics, U. S. Geological Survey Professional Paper 422, Washington, D. C., 1966.
- Cheng, N. S., Simplified settling velocity formula for sediment particle, *Journal of Hydraulic Engineering*, letnik 123, št. 2, 149–152, 1997.
- Corey, A. T., Influence of shape on the fall velocity of sand grains, Master's thesis, Colorado A&M College, 1949.
- Dietrich, W. E., Settling velocity of natural particles, *Water Resources Research*, letnik 18, št. 6, 1615–1626, 1982.
- Direktiva, Direktiva 2004/35/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. aprila 2004 o okoljski odgovornosti v zvezi s preprečevanjem in sanacijo okoljske škode, 2004, povzeto po: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:08:32004L0035:SL:PDF>.
- F&S.com, Filtration and Separation.com, povzeto po: <http://www.filtration-and-separation.com/index.htm>, 2012.
- Ferguson, R. I., Church, M., A simple universal equation for grain settling velocity, *Journal of Sedimentary Geology*, letnik 74, št. 6, 933–937, 2004.
- Interagency Committee, Some fundamentals of particle size analysis: A study of methods used in measurement and analysis of sediment loads in streams, Report No. 12, Subcommittee on Sedimentation, Interagency Committee on Water Resources, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, Minneapolis, 1957.
- Jiménez, J. A., Madsen, O. S., A Simple Formula to Estimate Settling Velocity of Natural Sediments, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, letnik 129, št. 70, 70–78, 2003. doi:10.1061/(ASCE)0733-950X(2003)129:2(70).
- Julien, P. Y., Erosion and deposition, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1995.
- Kladnik, R., Osnove fizike – I. del, 3. izdaja, Državna založba Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 1979.
- Kresser, W., Gedanken zur Geschiebe – und Schwebstoffführung der Gewässer, *Österreichische Wasserwirtschaft*, letnik 16, št. 1–2, 6–11, 1964.
- Madsen O. S., Grant, W. D., Quantitative description of sediment transport for waves, Proceedings of the 15th Coastal Eng. Conf., ASCE, New York, 1093–1112, 1976.
- Mikoš, M., Fluvial abrasion of gravel sediments, *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*, št. 123, 322 str., 1993.
- Mikoš, M., Fluvialna abrazija v prodonosnih vodotokih. 1. del, Terensko raziskovanje procesov in njihov matematični opis. *Gradbeni vestnik*, letnik 43, št. 3/4/5, 68–76, 1994.
- Mikoš, M., Prodna bilanca reke Save od Jesenic do Mokric = Sediment budget of the Sava river from Jesenice to Mokrice. *Gradbeni vestnik*, letnik 49, št. 9, 208–219, 2000.
- Mikoš, M., Sediment transport. V: LEHR, J.H. (ur.). *Water encyclopedia*. John Wiley & Sons, 417–421, 2005.
- Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Veselič, M., Brilly, M., Hidrološko izrazje = Terminology in hydrology. *Acta hydrotechnica*, letnik 20, št. 32, 3–324, 2002.
- Raudkivi, A. J., Loose boundary hydraulics, 3rd Ed., Pergamon Press, Oxford, U.K., 533 str., 1990.
- Rouse, H., Modern conceptions of the mechanics of fluid turbulence, *Transactions ASCE*, letnik 102, Paper no. 1965, 463–543, 1937.
- Rubey, W. W., Settling velocity of gravel, sand, and silt particles, *American Journal of Science*, letnik 25, št. 148, 325–338, 1933.
- Rusjan, S., Mikoš, M., Dinamika premeščanja lebdečih plavin v porečjih = Suspended load transport dynamics in river basins, *Acta hydrotechnica*, letnik 24, št. 40, 1–20, 2006. <ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a40sr.pdf>
- Sambrook Smith, G. H., Ferguson, R. I., The gravel-sand transition along river channels, *Journal of Sedimentary Research*, letnik A65, 423–430.
- Sansalone, S., Lin, H., Ying, G., Experimental and field studies of type I settling for particulate matter transported by urban runoff, *Journal of Environmental Engineering*, letnik 135, št. 10, 953–963.
- Stokes, G. G., *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* 9 (Part II), 8, 1851.
- van Rijn, L.C., Handbook: Sediment transport by currents and waves, Report No. H461, Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands, 1989.
- Yalin, M.S., *Mechanics of sediment transport*, Pergamon Press, Oxford, U. K., 1977.
- Wu, W., Wang, S. S. Y., Formulas for sediment porosity and settling velocity, *Journal of Hydraulic Engineering*, letnik 132, št. 8, 858–862, 2006.

HIŠE IZ ILOVICE

CLAY HOUSES

Dorđe Obradović, univ. dipl. inž. grad.
obradovic.dorde@gmail.com

Strokovni članek
UDK 504.03:624.012.8:691.41

Povzetek | Sodobna arhitektura in gradbeništvo sta skoraj popolnoma opustila ilovico kot gradivo, čeprav polovica svetovnega prebivalstva še vedno prebiva v hišah iz ilovice. Pri tem pa se pozablja, da je ilovica bila in ostala glavno gradivo v dolgi zgodovini človeštva. V mnogih državah so se arhitekti in gradbeni strokovnjaki ponovno začeli ukvarjati s hišami iz ilovice. V današnjem svetu ekonomske, ekološke in energijske krize to gradivo daje rešitve za veliko problemov pri gradnji malih, enodružinskih hiš. V dolgem časovnem obdobju je bilo v različnih okoljih razvitih več kot sto različnih metod gradnje. Kot primer sta prikazani banatski hiši starega tipa: hiša Centra za razširjanje načel o zemeljski arhitekturi v Mošorinu in hiša v Novi Crnji. Zaradi starosti in vremenskih vplivov sta zdaj obe v fazi obnavljanja. V svetu se pojavljajo gibanja z zahtevami po mirnem trajnostnem razvoju civilizacije. Prav tako so se vlade skoraj vseh držav v svetu opredelile za harmoničen razvoj, ki ne škoduje naravi – trajnostni razvoj. Te zahteve v veliki meri izpolnjujejo hiše iz ilovice. Velike prestižne javne in industrijske objekte in visoke stolpnice bomo tudi nadalje gradili iz sodobnih, bolj trdnih in bolj trajnih materialov. Metoda grajenja hiš iz ilovice ostaja primerna za najbolj razširjene stavbe: enodružinske hiše, hiše v vaškem okolju in podobno. Te so to, zgodovinsko gledano, tudi dokazale.

Ključne besede: hiše, trajnostna gradnja, ilovica

Summary | Modern architecture and civil engineering have almost completely abandoned clay as material for construction, even though a half of the world's population still lives in houses made of clay. In doing so, the fact that clay was and still is the main construction material in the long history of mankind has been disregarded. The paper provides information about the history of building constructions made of clay and the current tendencies in architecture. In many countries, architects and civile engineers recommenced designing clay houses. In today's world of economic, ecological and energy crisis, this material offers solutions for many problems in the construction of small, single-family houses. Over a long period, more than a hundred different methods of construction have been developed in different environments. The paper particularly covers the construction methods of clay houses in Vojvodina, Serbia. Two houses of the old Banat type are presented: a house of the Centre for the promotion of the principles of natural architecture in Mošorin, and a house in Nova Crnja. Both are now in the reconstruction phase. Globally, new movements are emerging supporting peaceful sustainable development of civilization. The governments of almost every country in the world are striving for harmonious development that does not harm nature. Clay houses fulfill these requirements to a large degree. Luxury and high-rise buildings will continue to be built using modern materials. The method of building houses of clay remains suitable for the most numerous buildings: single-family houses, village houses, and alike, for they have demonstrated their usefulness throughout the entire history of mankind.

Key words: houses, sustainable construction, clay.

1 • UVOD

Sodobni človek ima veliko predsodkov o objektih iz ilovice. Hiše iz ilovice povezujemo z zaostalostjo, siromaštvom, primitivizmom. Pri

tem pa pozabljamo, da je bila ilovica (poleg kamna) glavno gradivo v zgodovini človeštva. Poznamo veličastne stavbe templjev, trdnjav

in mest v svetu, ki nas navdušujejo s svojo lepoto in velikostjo. Kot najbolj ekonomičen lokalni material se je ilovica uporabljala od prazgodovine do danes. Polovica svetovnega prebivalstva še vedno prebiva v hišah iz ilovice. Izmed vseh objektov svetovne kulturne dediščine je vsak šesti zgrajen iz ilovice.

2 • RAZVOJ GRADNJE Z ILOVICO

Ilovico so ljudje uporabljali že v prazgodovini. Prvi objekti iz ilovice so bile peči, najdene v dolinah Tigrisa in Evfrata, Nila in Gangesa. Arheologi so prej menili, da v teh časih ilovica ni bila uporabljana za velike objekte (templje in trdnjave), nove raziskave pa so podale nove dokaze. Prva naselbina

iz čerpiča (nežgana opeka) je bila Jeriho (Izrael, zgrajena leta 8350 pr. n. št. Podobne naselbine so bile v Mezopotamiji, Babilonu, Perziji in Indiji. Deli Velikega kitajskega zidu so iz butane ilovice. V Afriki je nastalo več različnih stilov gradnje hiš iz ilovice. Na severu Nubijci uporabljajo nežgano opeko

za gradnjo obokanih hiš. Vzhodnoafriška plemena uporabljajo za gradnjo hiš pletež in ilovico. Poseben razvoj so dosegla islamska ljudstva Afrike in Arabskega polotoka. V Severni in Južni Ameriki je znanih več naselbin iz ilovice: Casa Grande (Arizona), Mesa Verde (Kolorado), Quito (Ekvador), Cuzco (Peru) in druge. Tudi v Evropi je veliko hiš zgrajenih iz ilovice, zlasti v Panonski nižini ter v Španiji in na Portugalskem.

3 • PREDNOSTI HIŠ IZ ILOVICE

Ilovica ima veliko prednosti pred sodobnimi materiali. Pridobivanje je enostavno, največkrat je na voljo kar na parceli, kjer bo hiša stala. Ni stroškov prevoza, ki sicer obremenjujejo industrijsko izdelana gradiva. Ne potrebujemo dragih in zapletenih orodij za to preprosto tehnologijo. Tudi visokokvalificiranih strokovnih delavcev ne potrebujemo.

Fizikalne lastnosti zidu iz ilovice so skoraj idealne: termoizolacija, termoregulacija, termoakumulacija. Dobro regulira vlažnost – iz zraka prevzema odvečno vodo in jo oddaja v vročih dneh. Stene so ognjevzdržne in imajo dobre akustične lastnosti. Ilovica ponuja neomejene možnosti arhitekturne ustvarjalnosti. V današnjem svetu ekonomske, ekološke in

energijske krize to gradivo nudi rešitve za veliko težav pri gradnji malih, enodružinskih hiš. Poceni priprava in obdelava teh materialov skoraj ne potrebuje energije, razen človeške. Zaradi minimalne potrebe za ogrevanje in klimatizacijo je taka gradnja energetsko varčna. Gradivo teh hiš lahko ponovno uporabimo, če ni stabilizirano z neorganskimi dodatki. Stroški za takšne hiše so neprimerljivi s ceno objektov iz sodobnih gradbenih materialov.

4 • SESTAVA IN LASTNOSTI ILOVICE

Ilovico sestavljajo peski, melji in gline. Mineralna zrna povezuje adhezija glinaste komponente. Pomembne lastnosti ilovice so:

- Zrnatost, ki določa teksturo ilovice. Ilovica mora imeti vse delce, od najmanjših do največjih.
- Plastičnost, ki omogoča gnetenje in oblikovanje.

– Stisljivost, ki jo omogoča zmanjšanje vsebnosti zračnih por.

Da bi to snov lahko stabilizirali, moramo poznati njene lastnosti. Ilovica sama po sebi ni duktilni material. Z izbiro dobrega sistema, s solidno izoliranimi temelji, kakovostno streho s primernimi detajli, dobro obdelanimi odprtinami in instalacijami lahko hiša iz ilovice

kljubuje slabim vremenskim vplivom. Posebno pozornost je treba posvečati končni obdelavi stenskih površin. Obstaja več načinov obdelave hiš in različnih vrst ometa za stene iz ilovice. Vrhnja plast ometa mora kljubovati skrajnim vplivom vremena (mraz in poletno sonce). Navadno uporabljajo apneno malto s fino jekleno mrežo ali ilovnat omet z zgornjo plastjo iz apnenega mleka.

5 • METODE GRADNJE HIŠ IZ ILOVICE

V dolgem časovnem obdobju v različnih okoljih je bilo razvitih več kot sto različnih

metod gradnje, od katerih so najbolj razširjene naslednje:

1. nežgana opeka (čerpič),
2. butana ilovica,
3. pleter.

Čerpič: zidaki iz nežgane ilovice (bogata z glino in z dodatkom nasekljane slame ali plev). V preteklosti so bili ročno izdelani zidaki

nepravilne oblike. Potem so jih izdelovali v obliki kvadra v lesenih kalupih. Hiše so zidane enako kot opečne stavbe, le da je uporabljena malta iz ilovice.

Na vseh kontinentih obstajajo imenitni templji in palače z oboki iz nežganih ilovnatih zidakov: Shibam, Sejun, Tarim (Jemen), Agades v Nigru, Timbuktu, Mopti in Djene (Mali), Cuzco (Peru) in tudi v Evropi (Španija in Portugalska).

Butana ilovica: ilovica z dodatkom plev ali narezane slame se vgrajuje – buta v plasteh od 20 do 30 cm z velikim lesenim kladivom (butom) v premičnem opažu. Med plastmi je položena trstika ali slama za ojačitev sten, ki so debele od 50 do 60 cm. Strop sloni na lesenih stropnikih. Izdelan je iz lat



Slika 1 • Trdnjava Bam (Iran) močno poškodovana po potresu 26. decembra 2003 (avtor Aleš Kocourek, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Bam>)

in obojestransko oblepljen z ilovico debeline od 20 do 30 cm. To metodo so uporabljali Kitajci že dve tisočletji pr. n. št. V svetu je veliko takšnih stavb: Fujian (Kitajska), Bam (Iran) – slika 1, Fez in Marakesh (Maroko).

Pleter: zmes glinaste zemlje in vode, plev ali nasekljane slame nalepimo na leseno ogrodje, spleteno iz šibja ali vej. Zgodovinska jedra mnogih starodavnih mest na vseh celinah so zgrajena na ta način.

6 • KDO SE UKVARJA Z GRADNJO HIŠ IZ GLINE

V zadnjih desetletjih lahko opazimo preporod ideje o ekoloških, ekonomičnih in energetsko varčnih stavbah – hišah iz ilovice. V mnogih državah so se arhitekti in gradbeni strokovnjaki začeli ukvarjati s študijem, projektiranjem

in gradnjo hiš iz ilovice. Tukaj bom navedel nekaj institucij in arhitektov, ki se ukvarjajo s promocijo zemeljske arhitekture: The School of Architecture, Design and the Built Environment Nottingham, Anglija,

The Rammed Earth Institute International, Colorado, ZDA, Earth Architecture Institute of Korea, Koreja, Ronald Rael, Professor of Architecture at The University of California, Berkeley, Chitra K. Vishwanath (Indija), Marcelo Cortes (Čile), Angus MacDonald in David Easton (ZDA) in veliko drugih.

7 • CENTER ZA RAZŠIRITEV IDEJ O HIŠAH IZ ILOVICE V MOŠORINU (SRBIJA)

Tudi v Srbiji obstajajo takšne pobude. Takšen je program Kuća Čuvarkuća = Hiša Netresk (<http://www.kucacuvarkuca.com/>), ki ga je zasnovala arhitektka Dragana Marjanović iz Novega Sada, s podporo ministrstva za kulturo avtonomne pokrajine Vojvodina. Njena

ideja hiše čuvaja dediščine, posodabljanje metod gradnje, uporaba ekoloških načel in kompletna reciklaža oziroma ponovna uporaba materiala jo je peljala k ustanovitvi Centra za razširjanje načel o zemeljski arhitekturi v Mošorinu v Vojvodini (slike 2–5, avtorica

slik Dragana Marjanović, dipl. inž. arh.). V tem Centru so predvideni: laboratorij za raziskavo materialov iz ilovice, delavnica za razvoj tehnike gradnje, šola za raziskavo in učenje obrti, vezanih na zemeljsko arhitekturo. Center naj bi postal mesto srečanj za poznavalce in



Slika 2 • Končni videz Centra v Mošorinu



Slika 3 • Gank



Slika 4 • Ulična fasada hiše v Mošorinu



Slika 5 • Dvoriščna fasada hiše v Mošorinu

zainteresirane za to idejo o ustvarjanju prihodnosti s trajnostnim razvojem.

V ta namen je arhitektka odkupila in obnavlja tipsko staro ilovnato hišo v Mošorinu (Vojvodina, Srbija). Pozimi 2010/2011 je bil izdelan

projekt, ki je omogočil spomladanski začetek del. Najprej so uredili kopalnico s tuši, poletno kuhinjo, zunanjo zidano peč. Potem so začeli obnavljati hišo: ometi iz ilovice, opečni tlaki, nove odprtine, adaptacija podstrešja. V

naslednji letih so planirani laboratorij, prostor za opremo, prostor za predavanja in ureditev stanovanjskega dela, mizarska delavnica itd. Detajle o prenovi glej na <http://www.kucacuvarkuca.com/>.

8 • HIŠE IZ ILOVICE V VOJVODINI

V Panonski nižini (največji del pripada Madžarski) so skozi stoletja ljudje gradili hiše iz ilovice. Zaradi pomanjkanja kamna in lesa je bila ilovica najbolj priločen material za gradnjo. Na voljo je bila povsod, omogočala pa je preprosto obdelavo. Tako so ljudje izpopolnili uporabo ilovice kot gradiva. Za gradnjo sta se najpogosteje uporabljali dve metodi: gradnja iz nežganih ilovnatih zidakov

ali iz butane ilovice. Slednja je starejša in bolj razširjena. Takšne hiše so gradili v Vojvodini približno do leta 1960, potem pa je žgana opeka zamenjala butano ilovico in nežgane ilovnate zidake – čerpič.

V zadnjih desetih letih so nekateri mladi arhitekti ponovno odkrili hiše iz ilovice in se močno trudijo za ponovno uveljavitev teh metod v Vojvodini. Avtonomna pokrajina Vo-

jvodina sestoji iz treh delov: Bačke, Banata in Srema. V vojvodinskih vaseh, posebno v Bački in Banatu, je več kot polovica vaških hiš iz ilovice. Velika večina jih je zgrajenih iz butane ilovice. Posamezne hiše so stare vsaj sto let, obstajajo pa tudi starejše.

Daljšo dobo bi jim lahko omogočili solidni temelji (kar je tu zelo redek pojav) ter strehe iz opečne kritine ter ustrezno odvodnjavanje padavinske vode. Ulični kanali, ki so včasih odvajali padavine iz vasi, so danes zane-marjeni, zato visoka voda pogosto ogroža hiše.

9 • STARA BANATSKA HIŠA

Hiše so bile večinoma zgrajene iz butane ilovice, nekatere pa iz nežganih ilovnatih zidakov. Novejše hiše (grajene približno po letu 1960) se precej razlikujejo od tradicionalnih. Zgrajene so iz novih materialov (žgane opeke, betona, s sodobno izolacijo in inštalacijami) in so dobile tudi nove arhitekturne oblike.

Za ilustracijo bom prikazal hiši starega tipa:

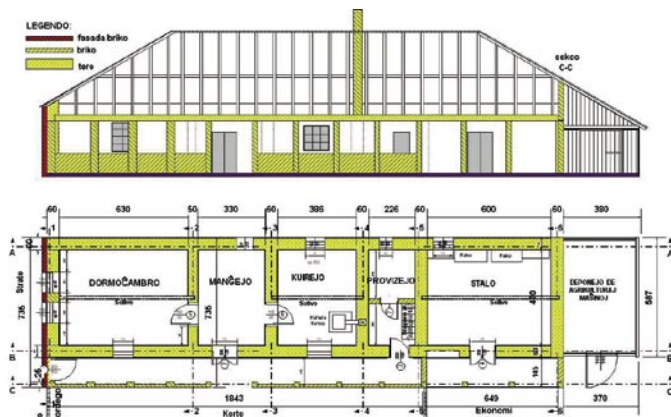
- 1) hišo v Mošorinu (slike 2–5), ki jo obnavljajo za prej opisani Center, in
- 2) hišo v Novi Crnji (slike 7–10), ki jo obnavlja z ženo. Mošorin je na desni obali

Tise, Nova Crnja pa v osrednjem Banatu na romunski meji.

Obe hiši sta bili zgrajeni v začetku dvajsetega stoletja iz butane ilovice. Danes sta v takšnem stanju, da zahtevata nujno obnovo posameznih preperelih sten, preložitev kritine, nove tlake in nove omete. Ker v Novi Crnji ni mojstrov, ki bi preperete stene zamenjali z novimi iz ilovice, sem se odločil za nove stene iz žgane opeke. Tlake bomo izdelali iz estriha z ustrezno toplotno izolacijo iz stiropora in hidroizolacijo. Streha bo ojačena s poševnimi gre-

dami za zavetrovanje, kritina pa bo preložena in strešniki zadela s cementno malto. Hiša Centra v Mošorinu pa bo obnovljena po starih metodah z ilovico, brez uporabe sodobnih materialov. Zbrali bodo stare mojstre iz okolice, ki so se prej ukvarjali z gradnjo hiš iz ilovice. Pri obnovi bodo pomagali tudi prostovoljci, udeleženci poletne šole zemeljske arhitekture, ki je predvidena v Centru. Vse, kar je podano v naslednjem opisu stare banatske hiše, velja tudi pri teh dveh.

Stare hiše iz ilovice so zgrajene ob cesti in ob sosedovi meji. Široke so od 6 do 8 m in dolge od 10 do 30 m, odvisno od lastnikovih potreb. Na dvoriščni strani hiše je gank, ki ga nosijo zidani stebri. Nekateri ganki imajo



Slika 7 • Prerez in tloris hiše v Novi Crnji



Slika 8 • Ulična fasada hiše v Novi Crnji

1,0 m visoki fasadni zid in odprtino za vhod. V naslednji fazi so te ganke zaprli z okni in tako povečali notranji prostor. Prednji del hiše je namenjen za stanovanje, zadnji del za veliko živino, konje in govedo. Stanovanjski del ima po navadi najmanj dvoje zunanjih vrat.

Hiša ima en dimnik ali več. V veliki sobi je zidana lončena peč (slika 9), ki jo zakurijo iz sosednjega prostora. Enkrat zakurjena peč ogreva skoraj celo hišo zelo dolgo. Pogosto je ta peč namenjena tudi peki kruha. Tla so iz ilovice ali tlakovana z opekami. Tudi deli dvorišča in steze do drugih poslopj so tlakovani z opeko. Od sodobnih pridobitev imajo te hiše električne inštalacije in vodovod, ampak navadno samo do hiše. Vodovodne napeljave niso vodili v hišo, ker tedaj niso poznali dobrih

hidroizolacij. V večini vasi ni urejenega kanalizacijskega omrežja, zato imajo hiše greznico. Posebno poslopje, navadno v podaljšku hiše, v katerem so skedenj (čardak), prostori za ovce, svinje in pernato živino. Skedenj je navadno dvoetažen (slika 10), v pritličju je živina, v nadstropju, obdelanem z lesenim opažem, se hrani in suši kuzuza. Na skedenj je prislonej pokrit, odprt prostor za večje poljedelske stroje in orodje. Dodatni objekti so vodnjak in stranišče, ker takratne hiše niso imele kopalnic. Vodo so zajemali iz vodnjaka na čapljo. To vodo uporabljajo za živino in za zalivanje vrta. V dvorišču je veliko sadnih dreves: orehi, murve, jabolane, slive, višnje, češnje itd. Cvetne gredice dajo prijeten videz dvorišču. Najbližji del njive je namenjen zelenjavnemu vrtu. Dvorišče je

od ulice ločeno s pločnikom in kanalom za odvajanje odvečnih padavin. Nad kanalom je 4 m širok mostiček, lahko pa samo betonska cev za izhod vozov, traktorjev in avtomobilov na ulico. Med zidano ograjo in kanalom je cvetna greda z rožami ali s sadnimi drevesi. Za ta javni prostor skrbi lastnik hiše in je navadno najbolj urejen del posestva.

V Novi Crnji je bila v nekem obdobju navada zamenjave ulične fasade iz ilovice z zidom iz fasadne opeke. Na večini hiš je odstranjen zatrep in do strehe dozidan 12 cm debeli zid iz rdeče fasadne opeke. Ta poseg je precej spremenil tradicionalni videz nekaterih hiš. Podobne vasi in hiše so tudi v rugih regijah Panonske nižine z lokalnimi značilnostmi, odvisno od zgodovinskega razvoja.



Slika 9 • Lončena peč



Slika 10 • Gospodarsko poslopje ob hiši v Novi Crnji

10 • SKLEP

V današnjem svetu ekonomske, ekološke in energijske krize človeštvo išče sredstva za rešitev problemov, ki ogrožajo sodobno civilizacijo. Nepreudarna uporaba naravnih surovin in vode grozi s končnim izčrpanjem. Nevarnosti zaradi onesnaženosti vode in zraka ter kopičenje odpadkov zahtevajo rešitve, nasprotne današnjemu spontanemu razvoju, ki mu je cilj le čim večji dobiček. V svetu se pojavljajo gibanja za trajnostni razvoj civi-

lizacije, kot so GREENPEACE, ISEC, VENUS itd. Prav tako so se vlade skoraj vseh držav na svetu opredelile za harmoničen razvoj, ki ne škoduje naravi – trajnostni razvoj. Te zahteve v veliki meri izpolnjujejo hiše iz ilovice. Pri teh objektih ni stroškov in onesnaženja zaradi prevoza gradbenih materialov, proizvedenih v oddaljenih tovarnah. Niso potrebni visokokvalificirani delavci niti veliki in kompleksni gradbeni stroji. Po odstranitvi hiše se

gradiva lahko uporabi za ponovno gradnjo. Stene iz ilovice so toplotno izolativne, dobro akumulirajo toploto in izravnajo vlago v hiši, so ognjevzdržne in imajo dobre akustične lastnosti. Takšno gradivo dovoljuje široke možnosti arhitekturnega ustvarjanja. Hiše iz ilovice so skladne z modernimi zahtevami trajnostnega razvoja.

Prestižne objekte in visoke stolpnice bodo tudi nadalje gradili iz betona, opeke, kamna, jekla in umetnih materialov. Metoda grajenja hiš iz ilovice ostaja primerna za najbolj razširjene stavbe: enodružinske hiše, hiše v vaškem okolju in počitniške hiše.

11 • OPOMBE

1. Članek je prevzet iz Zbornika TAKE 2011 (Svetovna Zveza gradbenikov esperantistov).
2. V tem članku so uporabljeni podatki iz članka O zemljanoj arhitekturi uopšte (O zemeljski arhitekturi nasploh) arhitektke Dragane Marjanović, <http://www.kucacuvarkuca.com/>.
3. Čuvarkuća (netresk) v srbohrvaščini dobesedno pomeni hišni čuvaj.

ODGOVOR AVTORJA

Odgovor na pripombe prof. dr. Mitja Brillyja in doc. dr. Andreja Kryžanowskega na članek Interdisciplinarnost in integralno upravljanje in načrtovanje vodnih sistemov v Gradbenem vestniku (februar 2012), objavljene v majski številki

Oba avtorja pripomb mi očitata, da je po MOP predpisani ekološko sprejemljivi minimalni pretok Reke $Q_{es} = 1388$ l/s pri Cerkenikovem mlinu in 925 l/s pri Trnovem moj konstrukt, s katerim manipuliram in celo zavajam javnost ((Brilly, 2009), (Brilly, 2012)). V resnici pa že leta opozarjam ((Rismal, 2003), (Rismal, 2007), (Rismal, 2009a)), da sta ta napačni predpis za Q_{es} v projektu Suhorice, pri katerem je bil Kryžanowski vodja projekta, sama uporabila za glavni dokaz, da akumulaciji Mola in Klivnik nimata dovolj vode. Ta predpis, zaradi katerega je država pred več kot 20 leti zgradila akumulaciji Molo in Klivnik, je bil že tedaj v osnovi napačen, ker z njim niso odpravili vzrokov za tedanje onesnaženje Reke iz tovarne organskih kislin (TOK) v Ilirski Bistrici. Po zaprtju TOK pa za ta Q_{es} že 20 let ni več nobene potrebe. Prav po tem, zdaj popolnoma neustreznem predpisu pa sta skupaj s projektanti projekta Suhorica odklonila uporabo obeh že zgrajenih akumulacij s 7,9 milijona m^3 vode. Na 25 % manjši prispevni površini (Rismal, 2012a) pa so naredili načrt za večjo 57 m visoko pregrado s 13 milijoni m^3 vode na Suhorici, ki bi stala 40 milijonov evrov. Brilly pa v svojih pripombah, tako kot na sestanku skupine in v pismu MOP 26. 10. 2006, brez dokazov trdi, da so moja opozorila glede Q_{es} napačna. Citiram: »Študije gospoda Rismala so bile že večkrat strokovno obravnavane in tudi večkrat s strokovnimi argumenti upravičeno zavržene.« Na predstavitvi ekspertize za Molo in Klivnik po tujih izvedencih (Remmler, 2007) pa je izvedence, ki so mi pritrdili, spet brez dokazov diskvalificiral z znanim rekom »Garbage in, garbage out«. Kryžanowski pa 6. 4. 2011 pri ministru Žarniču, na Goljevščkovih in Mišičevih dnevih, ne varčuje z obrekovanjem, da lažem, ko povem, da so ta napačni Q_{es} v projektu Suhorice uporabili za glavni argument profi Moli in Klivniku. Kryžanowski pa trdi, da ta Q_{es} v projektu ni niti omenjen. Ne vem, po kakšnih mednarodnih pravilih in standardih, ki jih Brilly in Kryžanowski omenjata, se lahko daje takšne neodgovorne in žaljive ocene. Iz delov projekta Suhorice, navedenih v nadaljevanju, pa vidimo, da dr. Kryžanowski, ko trdi, da ta Q_{es} v projektu ni niti omenjen, ne pozna dovolj niti projekta, ki ga je kot inženir

vodil. V dokumentu Preskrba z vodo slovenske Istre in zalednega kraškega območja (Primerjava vodne bilance, ki jo je izdelal inštitut za ekološki inženiring Maribor, in vodne bilance, ki jo je izdelal prof. Mitja Rismal), IEL, d. o. o., Maribor, 1. 9. 2006, je navedeno:

stran 2:

2.1 Merjene vrednosti

Ekološko sprejemljivi pretoki v reki Reki (925 l/s), Trnovo in 1388 l/s Cerkenikov mlin ter reki Rižani (110 l/s)

2.2 Izračuni

Izračune za pokrivanje potreb po vodi Rižanskega vodovoda smo prikazali tabelarno in grafično za obdobje od leta 1988 do leta 2005, in sicer za spodaj navedene štiri variante:

$$\text{VARIANTA 1: } Q_{\text{biol.min. Rižane}} = 210 \text{ l/s,} \\ Q_{\text{biol.min. Reke}} = 925 \text{ l/s}$$

$$\text{VARIANTA 2: } Q_{\text{biol.min. Rižane}} = 110 \text{ l/s} \\ Q_{\text{biol.min. Reke}} = 925 \text{ l/s}$$

$$\text{VARIANTA 3: } Q_{\text{biol.min. Rižane}} = 210 \text{ l/s} \\ Q_{\text{biol.min. Reke}} = 1388 \text{ l/s}$$

$$\text{VARIANTA 4: } Q_{\text{biol.min. Rižane}} = 110 \text{ l/s} \\ Q_{\text{biol.min. Reke}} = 1388 \text{ l/s}$$

stran 14:

3.3 Komentar k izhodiščem in izračunom:

Ekološko sprejemljivi pretok v reki Reki 500 l/s Cerkenikov mlin bistveno podcenjen! (dejanska vrednost Cerkenikov mlin 1388 l/s).

Tu je treba pojasniti, da sem v elaboratu Notranjska reka kot možni vir za preskrbo s pitno vodo Krasa in obalne regije – Primer integralnega gospodarjenja z vodami, 6. 12. 1994, z bilanco pokazal, da ostane v Reki, tudi po odvzemu vode za vodovod, še vedno 500 l/s. To pa je projektant Suhorice zavrnil, češ da je dejanska vrednost $Q_{es} = 1388$ l/s. Strokovno področje prof. dr. Brillyja je hidrologija in regulacija rek in ne zdravstvena in ekološka hidrotehnika z načrtovanjem vodovodnih sistemov.

Z napačno trditvijo, da Mola in Klivnik za vodovod nimata dovolj vode, pa je tudi na lastnem področju – hidrologiji – zagrešil kar tri za rešitev vodovoda ključne napake:

1. Za vodovod ni izdelal vodne bilance za porabo vodovoda iz Rižane, Mole s Klivnikom in Reke, ki bi podala pravo sliko o zmogljivosti obeh akumulacij s pričakovanim nihanjem gladin in možni zagotovitvi minimalnih pretokov v Reki in Rižani. Nizke vode slednje, ki niso manj pomembne, kot pri Reki, pa je prezrl.

2. Na predpisani $Q_{es} = 925$ l/s in $Q_{es} = 1388$ l/s ni opozoril, ampak so ga v projekt sprejeli brez analize upravičenosti. V odgovoru (Brilly, 2009) na moja članka ((Rismal, 2009a), (Rismal, 2009b)) pa je postavil ekohidrološki kriterij za $Q_{es} = 800$ l/s. Da je ta kriterij popoln nesmisel, se vidi iz krivulje trajanja pretokov na sliki 19 za kritično sušno leto 2003 v (Rismal, 2009a):

– Zaradi vodovoda naravni nizki pretoki Reke namreč sploh ne bodo prizadeti, ker se akumulaciji za vodovod napolnita v mokrem delu leta.

– Naravna Reka, brez bogatenja Mole, bi v sušnem letu 2003 ostala 48 dni brez vode oziroma bi popolnoma presušila. Od pretoka 800 l/s, »ekohidrološke« zahteve Brillyja, pa so bili naravni pretoki Reke kar 190 dni manjši. Po takšni »ekohidrologiji« Brillyja bi morali zgraditi vodne akumulacije na večini slovenskih rek in potokov, kar je nesmisel. Moj odgovor Brillyju na ta minimalni »ekohidrološko še dopustni pretok« je v (Rismal, 2009c).

– Ob pravilnem vodenju akumulacij in vodovoda Reka ne bi presahnila. Minimalni pretok v Reki na Cerkenikovem mlinu pa 123 dni ne bi bil manjši od 560 l/s.

– Ker o teh dejstvih razgovor ni bil in še vedno, tudi na MOP, ni mogoč, so potrdili projekt s pregrado na Suhorici, ki bi stal državo skupaj 81 milijonov evrov, z neizkoriščenima akumulacijama, ki sta vredni 28 milijonov evrov, pa 76 milijonov evrov več od projekta z uporabo Mole in Klivnika (Rismal, 2009b).

3. Napačna je tudi trditev, da Reka med Trnovim in Cerkenikovim mlinom izgublja vodo. Z napačnim histogramom pretokov na sliki 2 in za ta primer neuporabno korelacijo dnevni pretokov na sliki 3 v (Brilly, 2008a) tega ni mogoče dokazati. Da se voda ne izgublja, se vidi iz pravilnega histograma pretokov na sliki 4 v (Rismal, 2009b), ker

se merjeni izpusti iz Mole in pretoki Reke pri Cerkenikovem mlinu dobro pokrivajo. Dodatni dokaz pa je visoka korelacija 24-letnih meritev v preglednici 2 v (Rismal, 2012a) in na histogramu na sliki 8 v (Rismal, 2009b) mesečnih pretokov med Trnovim in Cerkenikovim mlinom. Hudourniške lastnosti Reke se namreč pri mesečnih pretokih izravnavajo.

Brilly in Kryžanowski pravita, da ne odgovarjam na njune pripombe, kar ni res. Na prvo pripombo (Brilly, 2008a) sem odgovoril že v isti številki Gradbenega vestnika (Rismal, 2008b). Na pripombe (Brilly, 2009) pa izčrpno v člankih ((Rismal, 2009a), (Rismal, 2009b), (Rismal, 2009c), (Rismal, 2012)). Te in druge dokaze za napačni projekt Suhorice, v katerem sta sodelovala, pa sta prejela tudi v elaboratih, ki sem jih pripravil za »okroglo mizo« in za »skupino« na MOP od leta 2005 naprej, vključno z ekspertizo neodvisnih tujih izvedencev (Remmler, 2007).

Brilly in Kryžanowski pa navajata še druge napačne trditve glede vprašanja namakanja in poplavne varnosti ter integralnosti gospodarjenja z vodo ...

Trditev, da se bosta akumulaciji Mola in Klivnik zaradi porabe vodovoda popolnoma izpraznila, ne drži. V mojih člankih z vodno bilanco prikazane spremembe zalog vode v obeh akumulacijah pokažejo, da imata obe akumulaciji dovolj vode za vodovod in za športno ribištvo.

Seveda pa ne za gojenje rib, ki poslabšuje kakovost vode. Nista pa se »ekohidrološko« oglasila, ko so akumulaciji zaradi napačnega Qes popolnoma izpraznili. Na takšne posledice, ki jih ne bo, kar je razvidno iz vodne bilance obeh akumulacij in Reke ((Remmler, 2007), (Rismal, 2009b), (Rismal, 2012a), (Rismal, 2012 b)) pa me sedaj »milo« opozarjata v imenu sodobne ekohidrologije, ki je očitno ne poznata dovolj.

Mola in Klivnik imata od Suhorice za 25 % večjo prispevno površino. Zato je mogoče v obeh akumulacijah že z manjšim dvigom pregrad zagotoviti več vode tudi za namakanje. Pri Suhorici pa namakanja sploh niso predvideli. Danes zanikajo, da so iz krajinskih razlogov v njej predvideli le minimalno nihanje vodne gladine. Morali pa bodo pojasniti, zakaj so potem izdelali načrt za dočrpavanje vode v Suhorico, kar je tudi drugače hidrološki nesmisel (Rismal, 2007).

Po zakonu morajo vsi onesnaževalci voda, tudi kmetijstvo, preprečiti onesnaževanje na lastne stroške in ne na stroške vodovoda. Po Brillyju in Kryžanowskem bi moral vodovod za varovanje samo kmetijstvu plačati kar 33 milijonov evrov (Brilly, 2008b), če drugih stroškov za zaščito ne omenjam, kar je popolnoma neutemeljeno.

Onesnaževalci morajo po zakonu in predpisih vode sami varovati, ne pa, da jim to

nonšalantno plača, kot pravita, širša skupnost, vodovod ali država. Reka pa je za pripravo pitne vode že sedaj v 1. kakovostnem razredu.

Brez nepotrebne izgradnje Suhorice, ki sta jo načrtovala, se sprostijo za druge potrebe več kot 40 milijonov evrov. Ker se izkoristi mrtvi kapital obeh že zgrajenih akumulacij Mola in Klivnik, pa je skupni prihranek 76 milijonov evrov. Ker problem zaradi štirih napačnih projektov že 20 let ni rešen, je škoda najmanj 50 milijonov evrov. Z izgradnjo Suhorice pa bi bila še za 76 milijonov evrov večja. Za to pa po Brillyju in Kryžanowskem niso krivi avtorji napačnih projektov, med katere sodita, ampak tisti, ki na te napake opozarjajo.

Z mojimi članki in tem odgovorom sem želel preprečiti veliko škodo, ki bi nastala z realizacijo štirih napačnih projektov. Največji in najdražji pa je ta z akumulacijo Suhorica. Zaradi opisanih napak projekt Suhorice Brillyja in Kryžanowskega, v tehnično-ekonomskem in ekološkem pogledu, ni na nivoju strokovno zrele in gospodarne inženirske rešitve.

V uvodu Brilly in Kryžanowski pravita, da »očitno v Sloveniji nismo sposobni voditi strokovne razprave s sodobnimi mednarodnimi pravili in standardi«. Kot vidimo, pa teh pravil sama ne upoštevata.

P. S. Slike v članku (Rismal, 2012a) so z internetnih strani GOOGLE Zemlja in ARSO.

LITERATURA

- Brilly, M., Rusjan, S., Strokovne pripombe na članek prof. Rismala Hidrologija v funkciji rešitev?, Gradbeni vestnik, oktober 2008a.
- Brilly, M., Kompare, B., Kryžanowski, A., Rusjan, S., Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega Krasa, Mišičevi dnevi, Maribor, 2008b.
- Brilly, M., Kryžanowski, A., Pripombe na prispevka prof. Rismala Ekološko sprejemljivi najmanjši pretoki (Gradbeni vestnik, marec 2009) in Rešitev preskrbe z vodo Obale in zalednega Krasa z akumulacijama Mola in Klivnik so potrdili mednarodni izvedenci (Gradbeni vestnik, maj 2009), Gradbeni vestnik, oktober 2009.
- Remmler, F., Skark, C., Grischek, T., Syhre, C., Water Supply for Coastal Region, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte, Zentrum für angewandte Forschung und Technologie, HTW Dresden, junij 2007.
- Rismal, M., Pitna voda iz reke Reke za slovensko Primorje – primer trajnostnega ravnanja z vodami, Gradbeni vestnik, oktober 2003.
- Rismal, M., Ali je Suhorica potrebna?, Gradbeni vestnik, avgust 2007.
- Rismal, M., Hidrologija v funkciji rešitev?, Gradbeni vestnik, julij 2008a.
- Rismal, M., Pojasnilo prof. Brillyju na njegove pripombe k članku Hidrologija v funkciji rešitev? Gradbeni vestnik, oktober 2008b.
- Rismal, M., Ekološko sprejemljivi najmanjši pretoki, Gradbeni vestnik, marec 2009a.
- Rismal, M., Rešitev preskrbe z vodo Obale in zalednega Krasa z akumulacijama Mola in Klivnik so potrdili mednarodni izvedenci, Gradbeni vestnik, maj 2009b.
- Rismal, M., Odgovor na pripombe M. Brillyja in A. Kryžanowskega v GV, oktober 2009, november 2009c.
- Rismal, M., Interdisciplinarnost in integralno upravljanje in načrtovanje vodnih sistemov, Gradbeni vestnik, februar 2012a.
- Rismal, M., Preskrba s pitno vodo slovenske Istre in zalednega Krasa iz kraške podtalnice v Brestovici, Gradbeni vestnik, april 2012b.

prof. dr. Mitja Rismal

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Tevž Grandovec, Razvoj zemljišča od kmetijskega do za gradnjo pripravljenega zemljišča, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač, somentor asist. Petra Pergar

Matevž Langenfus, Vpliv porabljenega časa za vožnjo na delovno mesto na cene nepremičnin, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Jure Tomažič, Projektiranje in analiza armiranobetonske konstrukcije stavbe, mentor prof. dr. Matej Fischinger, somentor prof. dr. Tatjana Isaković

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Luka Vojnovič, Tehnologija absorpcije toplotne energije tal z energetskimi geotehničnimi elementi, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor doc. dr. Primož Banovec

Damjan Jamnik, Analitične in eksperimentalne študije potresnega odziva obstoječega viadukta, mentor prof. dr. Tatjana Isaković

Domen Mazalin, Meritve vodne bilance talnega profila in izdelava primerjalnega merilnika, mentor doc. dr. Mojca Šraj, somentor mag. Andrej Vidmar

Arnold Oton Ciraj, Stroškovni vidiki gradnje novih cerkva, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Rožle Pavlin, Projektiranje upravne stavbe CGP po evropskih standardih Evrokod, mentor doc. dr. Sebastijan Bratina

Rok Fabijan, Projektiranje in planiranje z informacijskim modeliranjem stavb: študij primerov, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek

Nuša Černe, In-situ in laboratorijske preiskave historičnih malt, mentor izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor, asist. Petra Štukovnik

Blaž Hrast, Hladna reciklaža obstoječih cest – stabiliziranje z različnimi vezivi, mentor prof. dr. Janez Žmavc, somentorja mag.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Katja Krebl, Institucionalne ureditve Vodnega gospodarstva na porečju Savinje, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor viš. pred. dr. Leon Gosar

Miha Kovačec, Hidrološki model Glinščice z modelom SWAT, mentor doc. dr. Mojca Šraj, somentor prof. dr. Mitja Brilly

Nina Goranc, Izdelava in primerjava ITP krivulj z različno izbiro porazdelitev, mentor doc. dr. Mojca Šraj, somentor prof. dr. Mitja Brilly

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejemaajo Gradbeni vestnik (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLEDAR PRIREDITEV

8.-12.7.2012

10th International Conference on Concrete Pavements
Québec City, Québec, Kanada
www.concretepavements.org

25.-27.7.2012

ECPPM 2012
9th European Conference on Product and Process Modeling
Reykjavik, Islandija
ecppm2012@nmi.is

28.-29.8.2012

ICESE 2012
International Conference on Earthquake and Structural Engineering
Kualalumpur, Malezija
www.waset.org/conferences/2012/kualalumpur/icese

16.-21.9.2012

IWA World Water Congress
Busan, Koreja
www.iwa2012busan.org

17.9.-21.9.2012

WEF 2012
Word Engineering Forum "Sustainable Construction for People" and the Annual WFEO Meeting
Hotel Union, Ljubljana, Slovenija
www.wef2012.si
[wef2012.forum\(@\)gmail.com](mailto:wef2012.forum(@)gmail.com)

19. in 21.9.2012

18th IABSE Congress
Innovative Infrastructure – Toward Human Urbanism
Seoul, Koreja
www.iabse2012.org

20. in 21.9.2012

3rd International Workshop
Design of Concrete Structures using Eurocodes
Dunaj, Avstrija
<http://workshop-EC2.conf.tuwien.ac.at>

19. in 20.10.2012

Geodetski dan: Geodezija pri upravljanju z vodami
Dolenjske Toplice, Slovenija
mojca.kosmatin-fras@fgg.uni-lj.si

24. in 25.10.2012

11. slovenski kongres o cestah in prometu
Portorož, Slovenija
www.drc.si

31.10.-3.11.2012

ASCE
6th Congress on Forensic Engineering
San Francisco, Kalifornija, ZDA
<http://content.asce.org/conferences/forensics2012/index.html>

7.-9.11.2012

International Symposium on Earthquake – induced Landslides
Kiryu, Japonska
<http://geotech.ce.gunma-u.ac.jp/~isel/index.html>

19.-20.11.2012

Fifth Australian small bridges conference
Surfers Paradise, Queensland, Avstralija
www.smallbridgesconference.com

22.-23.12.2012

ICESE 2012
International Conference on Earthquake and Structural Engineering
Bangkok, Tajska
www.waset.org/conferences/2012/bangkok/icese

6.-8.5.2013

International IABSE Spring Conference
Assessment, Upgrading and Refurbishment of Infrastructures
Rotterdam, Nizozemska
www.iabse2013rotterdam.nl

24.-26.7.2013

ICSA 2013
2nd International Conference on Structures and Architecture
Guimares, Portugalska
www.icsa2013.arquitectura.uminho.pt

24.-27.9.2013

26th IABSE Symposium
Long Span Bridge and Roof Structures – Development, Design and Implementation
Kolkata, Indija
www.bridgeweb.com/MemberPages/Article.aspx?typeid=5&id=2443

2.-6.6.2014

3rd World Landslide Forum "Landslide risk mitigation: Constructing a safe geo-environment"
Peking, Kitajska
www.wlf3.org

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: mmsg@izs.si