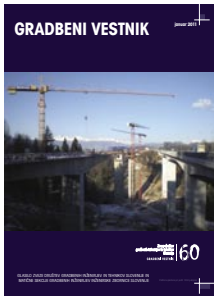




Zveza društev  
gradbenih inženirjev in tehnikov  
Slovenije

GRADBENI VESTNIK

60



# 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, januar 2011, letnik 60, str. 1-28

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 Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Sodelavec pri MSG IZS:

**Jan Kristjan 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 upokojnence 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

## 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 presledki 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, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek 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. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja 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. Uporabljeni in citirani 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](mailto: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

## Jubilej

stran **2**  
ZDGITS  
**60 LET ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**

Zveza društev  
gradbenih inženirjev in tehnikov  
Slovenije  
GRADBENI VESTNIK

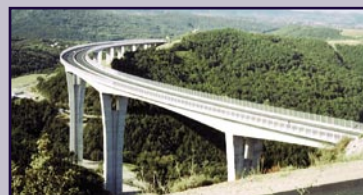
**60**

## Nagrajeni gradbeniki

stran **4**  
izr. prof. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž. grad.  
**PREŠERNOVE NAGRADE TER PRIZNANJA NAJBOLJŠIM ŠTUDENTOM IN PEDAGOGOM LETA 2010 NA FGG UL**

## Članki • Papers

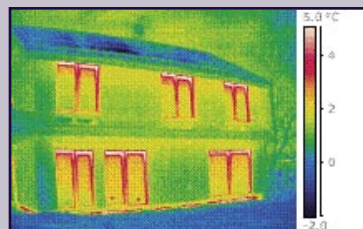
stran **6**  
prof. dr. Milenko Pržulj, univ. dipl. inž. grad.  
**MOSTOVI – DOSEŽKI, KRITERIJI VREDNOTENJA, AVTORSTVO**  
BRIDGES – ACHIEVEMENTS, EVALUATION CRITERIA, AUTHORSHIP



stran **12**  
dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.  
**ČISTILNA NAPRAVA SEVNICA 1999–2010**  
WASTEWATER TREATMENT PLANT SEVNICA 1999–2010



stran **22**  
mag. Miha Praznik, univ. dipl. inž. str.  
**Z AKTIVNIMI SISTEMI IN TOPLOTNO ZAŠČITO DO PASIVNIH IN PLUSENERGIJSKIH STANOVANJSKIH STAVB**  
WITH ACTIVE SYSTEMS AND THERMAL PROTECTION TO PASSIVE AND PLUS ENERGY RESIDENTIAL BUILDINGS



## Novi diplomanti

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

## Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Viadukt Peračica, foto J. Duhovnik

# 60 LET ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

Ko se je leta 1951 reorganiziralo Društvo inženirjev in tehnikov, so gradbeni inženirji in tehniki ustanovili svoje društvo, ki je združevalo strokovnjake s področja gradbeništva in gradbene industrije, z namenom, da bi tako organizirani reševali strokovna vprašanja, usvajali in širili nova znanja tehnike in dviganja njene ravni. S temi besedami je bila utemeljena ustanovitev društva v prvi številki Gradbenega vestnika. Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov LRS in pod njegovim okriljem nov članski časopis Gradbeni vestnik sta bila ustanovljena v Ljubljani, 8. februarja 1951. Prvi predsednik društva je bil Marjan Brilly, prvi odgovorni urednik Gradbenega vestnika pa Ljudevit Skaberne. Sedež ustanovljenega društva skupaj z uredništvom Gradbenega vestnika je bil na Cankarjevi 1 v Ljubljani.

Posamezna društva inženirjev in tehnikov in kasnejša društva gradbenih inženirjev in tehnikov pa so delovala tudi v drugih večjih središčih po Sloveniji. Med prvimi so bila ustanovljena društva v Mariboru, Celju in Novem mestu, sčasoma so se jim pridružila tudi društva v drugih regijskih in industrijskih središčih. Zaradi želje in nuje po večjem vplivu gradbene stroke na odločitve oblasti pri prenovi in izgradnji objektov in na razvoj primerno izobraženih kadrov so se regionalna društva

gradbenih inženirjev in tehnikov začela povezovati v krovno Zvezo društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, ki je dobila nov sedež v skupnem domu inženirjev in tehnikov v Ljubljani na Erjavčevi cesti 15. Kmalu zatem so se Zvezi pridružila še specializirana društva, ki so jih ustanovili strokovnjaki iz najbolj izpostavljenih specializiranih področij graditve, urejanja prostora in varstva okolja. Tako organiziran ZDGITS je doživel svoj največji razcvet v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Postal je pomemben in vpliven subjekt civilne družbe. Tesno je sodeloval s takrat dvema gradbenima fakultetama v Ljubljani in v Mariboru in njunimi raziskovalnimi inštituti ter z drugimi raziskovalnimi ustanovami s področja gradbeništva, kot je bil Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK). Strokovnjaki iz naštetih ustanov so svoje raziskave objavljali v Gradbenem vestniku, ustanove pa so izdajanje vestnika finančno podpirale. Gradbeni vestnik se je iz članskega glasila vsebinsko razširil v ugledno strokovno-znanstveno revijo, ki je bila dolga leta edina strokovna revija s področja gradbeništva, pisana v slovenskem jeziku in brana tudi v tujini. Zveza je bila s svojo bogato strokovno in društveno dejavnostjo tedaj prepoznavna v svojem ožjem in širšem jugoslovanskem prostoru.



**Boris Pečenko: v času njegovega predsedovanja je ZDGITS doživel svoj razcvet**

V svojih članskih vrstah je imela že od vsega začetka ugledne in mednarodno uveljavljene strokovnjake, med njimi Sergeja Bubnova, mednarodno priznanega strokovnjaka za potresno inženirstvo, ki je bil med letoma 1969 in 1970 generalni sekretar in za tem



**Naslovnica prve številke Gradbenega vestnika**



**Gradbeni vestnik, oktober 2009**



**Nekdanji predsednik in sedanji podpredsednik ZDGITS dr. Janez Reflak je najzaslužnejši za dobro obiskane seminarje za strokovne izpite**

predsednik Evropskega združenja za seizmično gradbeništvo. V sodelovanju s takratnim Splošnim združenjem gradbeništva in industrije gradbenega materiala, ki je združevalo vsa gradbena podjetja v Sloveniji in gospodarsko usmerjalo panogo, je Zveza na prvih predstavitev gradbenih dosežkov, proizvodov in gradbene mehanizacije na mednarodnem gradbeniškem sejmu v Gornji Radgoni organizirala odmevna posvetovanja o vsakokratnih aktualnih temah (posvetovanje o namakanju in izsuševanju kmetijskih zemljišč, posvetovanje o gradnji hidroelektrarn na Savi in Muri, posvetovanje o predpisih v gradbeništvo itd.). Aktualna posvetovanja in predavanja so organizirala tudi posamezna društva v svojih regijah (posvetovanje o sanaciji starih zgradb v Mariboru). Pri organiziranju posvetovanj, seminarjev in raznih strokovnih predavanj je Zveza odlično sodelovala s sorodnimi slovenskimi strokovnimi zvezami in društvi, zlasti z Elektrotehniško zvezo Slovenije in Zvezo strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije; prav tako pa tudi s strokovnimi zvezami in združenji na območju tedanje Jugoslavije. V okviru svoje založniške dejavnosti je Zveza izdajala zbirke tehničnih predpisov in prevode standardov. Do konca devetdesetih let (prejšnjega stoletja) je v organizaciji Zveze potekalo več strokovnih ekskurzij z ogledi znamenitih novogradenj ali sejmskih prireditev doma in v tujini. Ves čas delovanja Zveza skrbi za izobraževanje svojih članov preko Gradbenega vestnika in z organizacijo rednih pripravljanih seminarjev za strokovne izpite gradbenih inženirjev in tehnikov.

Po osamosvojitvi države Slovenije in spremembah družbenoekonomskega sistema se je članstvo v društvih Zveze drastično zmanjšalo, ker so mnogi člani izgubili delo ali pa so se preusmerili v druge poklice. Zmanjšalo se je tudi število naročnikov na Gradbeni vestnik. Leta 2002 je ZDGITS doživel svojo veliko krizo, a kmalu zatem, leta 2003, svoj novi preporod. Vodstvo Zveze se je sestalo z vodstvom Inženirske zbornice Slovenije (IZS) in izdelalo skupno strategijo za ohranitev Gradbenega vestnika in Zveze kot njegove izdajateljice, in sicer tako, da IZS iz članarine članov najštevilčnejše Matične sekcije gradbenih inženirjev (MSG) vsem plačuje naročnino revije. Sodelovanje ZDGITS in MSG-IZS pa se pomembno razvija in krepi tudi na drugih skupnih interesnih področjih.

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS) danes povezuje 5 regionalnih strokovnih društev in 4 specializirana strokovna društva gradbenih inženirjev in tehnikov ter drugih strokovnjakov v gradbeništvo

in industriji gradbenih materialov na območju Republike Slovenije. ZDGITS ima sedež v Ljubljani. Sedeži regionalnih društev pa so v Mariboru, Celju, Velenju, Novem mestu in Tolminu. Za ponovno včlanitev v Zvezo si prizadeva Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Koroške s sedežem v Šentjanžu pri Dravogradu. Od leta 1985 so člani ZDGITS tudi naslednja specializirana društva ZDGITS: Slovensko društvo za potresno inženirstvo, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev, Slovensko geotehniško društvo in Slovensko društvo za zaščito voda. Ta specializirana društva prirejajo vsako leto razna domača ter mednarodna srečanja in kongrese.



**Miro Vrbeč, predsednik ZDGITS  
(od 31. maja 2007)**

Osnovna naloga ZDGITS je še zmeraj stanovsko povezovanje in izobraževanje gradbenih inženirjev in tehnikov. ZDGITS dejavno opravlja še naslednje naloge:

- spodbuja ustanavljanje društev na posameznih območjih Slovenije ter usklajuje interese teh društev,
- predstavlja ZDGITS doma in v tujini,
- razvija stike s podobnimi strokovnimi organizacijami doma in v tujini z namenom medsebojnega sodelovanja in obveščanja o spoznanjih in dosežkih na področju gradbene dejavnosti v najširšem pomenu in stanovski problematiki,
- sodeluje pri pripravi in izdelavi tehnične zakonodaje, predpisov in standardov,
- zastopa stanovske interese,
- z različnimi dejavnostmi spodbuja in razvija ustvarjalno iniciativo strokovnih delavcev slovenskega gradbeništva,

- koordinira interese stroke s sodelovanjem pri sprejemanju strokovnih smernic, stališč in sklepov skupaj z Gospodarsko zbornico Slovenije, Inženirsko zbornico Slovenije, Slovensko inženirsko zvezo in pristojnimi ministrstvi,
- skrbi za nenehno strokovno izobraževanje gradbenih inženirjev in tehnikov, zlasti s svojo revijo Gradbeni vestnik ter z organiziranjem strokovnih seminarjev, strokovnih predavanj in strokovnih ekskurzij s področja delovanja ZDGITS,

– izdaja strokovno in znanstveno revijo Gradbeni vestnik ter drugo strokovno in poljudnoznanstveno literaturo ter elektronske publikacije v skladu s predpisi s tega področja. Od leta 1995 je včlanjena v Evropsko zvezo inženirjev FEANI (Federation Europeenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs). Od maja 1998 je ZDGITS dve leti sodeloval z Evropsko zvezo gradbenih inženirjev ECCE (European Council of Civil Engineers), leta 2001 pa je članstvo v tej prestižni povezavi odstopil Matični sekciji gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije. V letu 2008 je ponovno navezal stike s Hrvaško zvezo gradbenih inženirjev in z njo sklenil sporazum o sodelovanju na podlagi obojestransko ugotovljenih skupnih interesov obeh zvez pri promociji in razvoju gradbeniško-inženirske stroke v lastnih državah.

Uredništvo Gradbenega vestnika pa je navezalo stike in podpisalo protokol o sodelovanju z vodstvom Riviste Tecnica, sorodne strokovne revije v Furlaniji – Julijski krajini.

Leta 2006 je Ministrstvo RS za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo podelilo ZDGITS status društva, ki deluje v javnem interesu na področju raziskovalne dejavnosti, ker je ZDGITS ocenilo kot društvo, katerega namen in delovanje presegata uresničevanje interesov njenih članov ter je splošno koristno.



**Predsednik Izdajateljskega sveta mag. Andrej Kerin ter glavni in odgovorni urednik Gradbenega vestnika prof. dr. Janez Duhovnik**

Ta kratek povzetek organiziranosti in delovanja ZDGITS pa ne zajema vsega njegovega vsebinskega bogastva in celih generacij priznanih in zaslužnih oseb, ki so Zvezi dale svoj pečat in ji zagotavljale trdnost in aktivnost. V arhivih Zveze izstopa veliko imen, ki se jih s hvaležnostjo spominjamo. Gradbeni vestnik so poleg prvega urednika Skaberneta urejali še Sergej Bubnov, Franc Čačovič, od leta 1999 dalje pa ga ureja prof. dr. Janez Duhovnik. Med drugimi, morda že pozabljenimi imeni, so Zvezi uspešno predsedovali Bogdan Melihar, Stanko Tominc, France Martinec, Janez Kokol, Matija Blagus, Boris Pečenko, Feliks Strmole, Borut Gostič, Gorazd Humar, prof. dr. Bogdan Zgonc, doc. dr. Janez Reflak in Marjan Vengust. Sedanji predsednik ZDGITS je že v drugem mandatu Miro Vrbeč. Dolga leta je za nemoteno poslovanje ZDGITS skrbela gospa Anka Holobar.

V letu 2011 ZDGITS s ponosom na prehojeno pot praznuje svojo 60-letnico delovanja.

## ZDGITS



Po seji Izvršnega odbora ZDGITS oktobra 2009

# PREŠERNOVE NAGRADE TER PRIZNANJA NAJBOLJŠIM ŠTUDENTOM IN PEDAGOGOM LETA 2010 NA UL FGG

V torek, 30. novembra 2010, smo na UL FGG podelili Prešernove nagrade Fakultete za gradbeništvo in geodezijo za posebej uspešna dela študentov dodiplomskih študijev, pohvale najuspešnejšim študentom po študijskih dosežkih in pohvale najboljšim učiteljem po presoji študentov.

Prešernove nagrade so najvišje nagrade za dosežke študentov, ki jih podeljuje Univerza v Ljubljani s svojimi članicami, in sicer s ciljem spodbujanja znanstvenoraziskovalne in umetniške dejavnosti študentov dodiplomskega študija, tradicionalno vsako leto v tednu univerze, posvečenemu obletnici ustanovitve UL, ki pa sovпада tudi z dnem rojstva dr. Franceta Prešerna. Nagrade se podelijo samostojnim delom, ki so izdelana v času dodiplomskega študija in predložena v predpisani obliki. Za Prešernove nagrade so lahko predlagana dela, ki izrazito presegajo redne študijske zahteve in so napisana v strokovno neoporečni slovenščini. V letošnjem letu je bilo podeljenih pet Prešernovih nagrad Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, od tega dve

študentom gradbeništva, ena študentu vodarstva in komunalnega inženirstva in dve študentom geodezije. Nagrade so tako prejeli:

- Janja Avbelj za nalogo Koregistracija trirazsežnih modelov stavb z grafičnimi gradniki, zaznanimi z infrardečih aero videoposnetkov, ki jo je izdelala pod mentorstvom izr. prof. dr. Krištofa Oštirja in somentorstvom prof. dr. ing. Uwea Stilla;
- Patricia Cotič za nalogo Eksperimentalno podprta parametrična nelinearna seizmična analiza kamnite zidane stavbe, izdelano pod mentorstvom doc. dr. Vlatka Bosiljkova;
- Zoran Gregorn za nalogo Vpliv meteoroloških parametrov na merjeno dolžino, ki jo je izdelal pod mentorstvom izr. prof. dr. Tomaža Ambrožiča in somentorstvom doc. dr. Simone Savšek;
- Judita Jordan za nalogo Poskusne meritve infiltracije na različnih tipih tal z mini disk infiltrimetrom, izdelano pod mentorstvom doc. dr. Mojce Šraj;
- Irena Strnad za nalogo Ocena parametrov modela izbire prometnega sredstva, izde-

lano pod mentorstvom doc. dr. Marijana Žure.

Med našimi študenti je tudi mnogo posameznikov, ki so s svojim vestnim, sprotnim in uspešnim študijskim delom vzor generaciji kolegov in tudi tistim, ki na FGG šele prihajajo. Najboljšim med njimi podeljuje UL FGG že vrsto let nagrade za najuspešnejše študente. Namen nagrade je torej dvojen, nagrajencem kot nagrada za trud in opravljeno delo, preostalim študentom pa kot spodbuda za približevanje dosežkom nagrajencem.

Med najuspešnejšimi študenti FGG za leto 2010 so naslednji študenti in študentke: Anja Lavrič, Miha Povše, Anita Treven, Blaž Zoubek (univerzitetni program Gradbeništvo); Urban Čepon, Domen Dolšak (univerzitetni program Vodarstvo in komunalno inženirstvo) in Dominik Jordan (visokošolski program Gradbeništvo).

Vsem nagrajencem iskreno čestitamo.

**izr. prof. dr. Jana Šelih,  
prodekanica za študentske zadeve**

# MOSTOVI – DOSEŽKI, KRITERIJI VREDNOTENJA, AVTORSTVO

## BRIDGES – ACHIEVEMENTS, EVALUATION CRITERIA, AUTHORSHIP

prof. dr. Milenko Pržulj, univ. dipl. inž. grad.

DDC svetovanje inženiring, d. o. o, Kotnikova 40, Ljubljana  
e-pošta: milenko.przulj@ddc.si

Strokovni članek

UDK: 624.21

**Povzetek** | Po petnajstih letih projektiranja in izgradnji več kot 500 km avtocest v Sloveniji s približno 1200 mostovi je koristno analizirati dosežke, kriterije vrednotenja, avtorstvo in odgovornost. Dosežki se kažejo v pravih zasnovah mostov, uvajanju novih nosilnih sistemov ter uporabi sodobnih tehnologij izgradnje monolitnih in trajnih mostov. Za viadukte na plazovitih pobočjih so uporabljene specifične rešitve temeljenja na globokih vodnjakih. Velik prispevek k povečanju zanesljivosti in trajnosti nadvozov, podvozov in manjših mostov predstavlja uporaba integralnih konstrukcij. Glede na kriterije vrednotenja (objektivnost, funkcionalnost, zanesljivost, racionalnost, estetika) so slovenski dosežki pri projektiranju in izgradnji mostov ocenjeni kot izredni. To naši projektanti in izvajalci, poleg drugega, dokazujejo tudi s prejetimi nagradami na natečajih in z izgradnjo mostov v tujini.

**Summary** | After fifteen years of designing and construction of more than 500 km of motorways with about 1200 bridges in Slovenia it is worthwhile to analyse the achievements, the evaluation criteria, the authorship and the responsibility. The achievements are shown in properly designed bridges, in the introduction of new bearing systems and in the use of modern technologies for the construction of monolith and permanent bridges. Specific solutions of founding on deep wells are used for viaducts on landslide slopes. Furthermore, the use of integral constructions has significantly increased the reliability and durability of overpasses, underpasses, and smaller bridges. With regards to the evaluation criteria (objectiveness, functionality, reliability, economical aspect, aesthetics) the Slovenian achievements in design and construction of bridges are rated as exceptional, what our designers and contractors, besides other things, have proved also by gaining the awards on the competitions and by constructing the bridges abroad.

### 1 • DOSEŽKI PRI PROJEKTIRANJU IN IZGRADNJI MOSTOV V SLOVENIJI

Pri graditvi avtocest in drugih cest v Sloveniji so bili pri projektiranju in izgradnji mostov doseženi pomembni uspehi.

V prvih letih izgradnje avtocest v okviru nacionalnega programa izgradnje je naročnik DARS skupaj z izvajalci imel razumevanje za uveljavitev novih sodobnih tehnologij izgradnje monolitnih mostov. Pri pregledih obstoječih mostov, zgrajenih iz prednapetih montažnih betonskih nosilcev, so bile ugotov-

ljene pomanjkljivosti pri zasnovi in konstrukciji, ki so zmanjševale trajnost in zahtevale znatna sredstva za obnovo.

Tehnični odbor TO 07, ki je bil formiran s strani Ministrstva za promet RS, je zagotovil izdelavo tehničnih specifikacij za cestne mostove, prepuste, gravitacijske in sidrane zidove. Cilj tehnične specifikacije je bil predstavitev, obravnava in analiza splošnih teoretičnih, konstrukcijskih, projektantskih in tehnoloških

spoznaj, ki lahko bistveno vplivajo na potek naložbenega procesa, zasnovi, konstruiranje, projektiranje, gradnjo, vzdrževanje in obnovo mostov.

Vsebina tehničnih specifikacij je zagotavljala povezovanje poglobljenih teoretičnih in strokovnih spoznaj, podatkov iz literature s praktičnimi izkušnjami v stroki ter tehničnimi predpisi in standardi.

Gradbena podjetja so se odpovedala opremi za montažno gradnjo in so se opremila z novo opremo za monolitno gradnjo in globoko temeljenje na uvrtnih kolih in vodnjakih.





Slika 1 • Viadukt Črni Kal

Vsi objekti na avtocestah so projektirani in grajeni tako, da bodo zanesljivi, varni in trajni v času gradnje in med uporabo.

Pri viaduktu Črni Kal dolžine 1065 m (slika 1) je bila uporabljena prosta konzolna gradnja na območju sedmih velikih razpetin  $60 + 120 + 3 \times 140 + 120 + 75$  m s šestimi mizami. Del viadukta z manjšimi razpetinami  $60 + 3 \times 50 + 40$  m je bil zgrajen na odru »polje po polje«. Ločeni armiranobetonski prekladni konstrukciji viadukta se na območju večjih razponov naslanjata na skupne, na vrhu razcepljene trocelične stebre višine 36–90 m, temeljene na eliptičnih votlih vodnjakih globine 15–18 m. Zelo uspela kompozicija viadukta z ustreznim položajem podpor, optimalnimi velikostmi razpetin, spremenljivo višino prekladne konstrukcije in posebno rešitvijo enojnih stebrov, ki se pri vrhu razcepijo, deluje skladno z naravnim okoljem kraškega roba. Poleg za naše pogoje rekordne dolžine se viadukt odlikuje z velikimi razponi – 140 m, stebri višine do 90 m, specifično obliko prereza in tehnologijo gradnje visokih stebrov, temeljenih na vodnjakih, globine do 18 m. V težavnih pogojih gradnje ob vetrovih velikih hitrosti je v celoti dosežena s projektom predvidena geometrija. Uporabljeno je obojestransko sidranje visokih stebrov v temelje sosednjih podpor, s čimer so omejene nezaželene deformacije. Statična in dinamična analiza viadukta je sledila vsem

fazam gradnje v vzdolžni in prečni smeri ob popolnem obvladovanju realne reologije betona. Na viaduktu Črni Kal so uporabljene protivetrne ograje kot rezultat ustreznih meritev, študij, izračunov in testiranj v vetrovniku. Pri viaduktu Ločica (slika 2) na avtocestnem odseku Vransko–Trojane je optimalen položaj trase dosežen z izdelavo študije ob maksimalnem varovanju okolja, gozda in vodnih tokov ter brez izgradnje začasnih cest na nestabilnem pobočju. Velikosti razpetin in položaji podpor so usklajeni z morfologijo pobočij. Skladno in logično je razmerje velikosti razpetin in višine podpor. Višina prekladne konstrukcije viadukta, oblika intradosa ter prerez in oblika vmesnih podpor so oblikovno, konstrukcijsko in statično usklajeni. Specifična konstrukcija globokih vodnjakov na strmem pobočju je omogočila minimalne posege v pobočje. Izdelana je bila sodobna statična analiza viadukta za številne faze izgradnje z upoštevanjem deformacij kontinuirane večrazpanske konstrukcije in spremenljivih reoloških razmer. Tehnologija prostokonzolne gradnje prekladne konstrukcije viadukta z desetimi mizami brez toge povezave s stebri je bila zahtevna. Elastično uravnoteženje prekladne konstrukcije zategami iz visokovrednega jekla, ki so sidrane v tla ali temelje stebrov, je racionalna rešitev, ki pri nas do takrat še ni bila uporabljena. Reguliranje položaja

prekladne konstrukcije z vrha visokih vmesnih podpor s sinhroniziranimi prešami je zelo zahtevna. Pri projektiranju viadukta Ločica je prvič uporabljena potresna izolacija kot alternativna in cenejša rešitev potresno varne konstrukcije.

Z izgradnjo viaduktov Črni Kal in Ločica je tehnologija prostokonzolne gradnje izboljšana in inovirana za uporabo v vseh pogojih.

Gradnja prekladnih konstrukcij viaduktov in mostov s postopkom narivanja se uporablja, razvija, inovira in modificira že več kot 30 let (slika 3). Pri izgradnji avtocest v Sloveniji se je tehnologija narivanja uporabila na več kot 20 mostovih. Pogosta uporaba tehnologije narivanja je posledica ugodne cene opreme, zmanjšanega deleža delovne sile in hitrosti izgradnje.

Z razvojem tehnologije narivanja se povečujejo dolžine segmentov, ki se betonirajo v delavnici za opornikom iz začetnih 20 m na 30–40 m. Dolžina objektov, ki se gradijo po postopku narivanja, je dosegla dolžino 833 m pri mostu čez Muro. Za uporabo te tehnologije ni več potrebno, da je geometrija ceste na mostu enostavna. Velikost razpetin se je povečala z začetnih 30 na 50 m pri viaduktu Javorje brez začasnih podpor. Z začasnimi podporami so premoščeni razponi do 80 m pri mostu čez Muro in 70 m pri viaduktu Šentožbolt. Slovenski gradbeniki popolnoma obvladu-



Slika 3 • Narivanje prekladne konstrukcije na viaduktu Bonifika dolžine 547 m



Slika 4 • Neskončni vijak



Slika 5 • Viadukt Boršt 1

jejo izredno geometrijsko točnost pri izvedbi segmentov in pri narivanju. Mostovi, ki se gradijo po postopku narivanja, imajo najkrajše roke izgradnje in nižje cene za 10–12 %. Z uporabo racionalnih tehnologij izgradnje se zmanjšujejo skupni stroški, tako da kriterij optimalne rešitve ni najmanjša poraba materiala v nosilni konstrukciji, ampak najmanjši skupni stroški, ki vključujejo tudi stroške uporabljene tehnologije in stroške vzdrževanja.

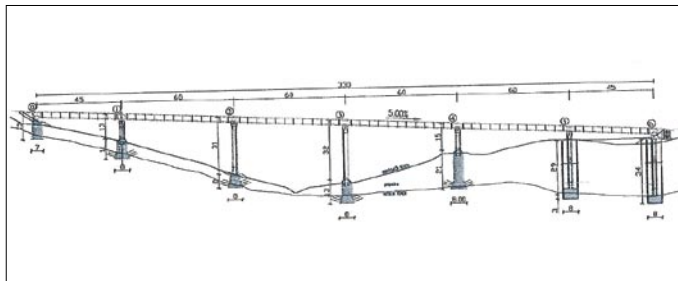
Na viaduktu Polance na hitri cesti Razdrto–Vipava so bile uporabljene lastne inovativne rešitve (neskončni vijak, slika 4) pri hkratnem narivanju obeh prekladnih konstrukcij.

Na odseku hitre ceste od Razdrtega do Podnanosa je zgrajenih 8 viaduktov na plazovitem pobočju s specifičnimi rešitvami globokega temeljenja na vodnjakih. Na viaduktu Boršt 1 (slika 5) vodnjaki premera 6 m in globine 13–22 m niso dosegli geološke osnove, ki je na globini, večji od 40 m, in se lahko premikajo skupaj s pobočjem. Na razširjeni glavi stebrov je puščena možnost reguliranja prečne lege prekladne konstrukcije.

Na viaduktu Polance (slika 6), ki je bil zgrajen s tehnologijo prostokonzolne gradnje, so vmesni stebri togo vpeti v prekladno konstrukcijo. Vsi temelji na vodnjakih so sidrani v geološko osnovo – fliš. Vodnjaki za podpore 1–4 so polni z razširljivo spodnjega dela. Stebra 5 in 6 sta temeljena na votlih vodnjakih globine 34 m, ki ne morejo prevzeti sil zaradi pomikov tal in so elastično povezani po višini. Prostor med plaščem vodnjaka in stebra je 2 m in omogoča pomike plašča 2 cm letno.



Slika 7 • Most čez Ljubljanico



Slika 6 • Vzdolžni prerez viadukt Polance

Most čez Ljubljanico s poševnimi zategami (slika 7) je prvi tovrstni most v Sloveniji. Tanka, široka, ploščasta prekladna konstrukcija razpetine 2 x 40 m je obešena s 6 pari vzporednih zateg na treh pilonih AB višine 35 m. Specifična konstrukcijska zasnova z ugodno arhitektonsko obdelavo se lepo vklaplja v okolje.

Z mostom čez Dravo na Ptuj (slika 8) je slovenska mostogradnja obogatena za še en novi sodobni nosilni sistem (angleški Extrasosed). Most dolžine 430 m ima 5 razpetin 65 + 3 x 100 + 65 m. Nad vmesnimi podporami so kratki armiranobetonski piloni višine 9 m s 5 deviatorji za sprejem kablov zunaj prereza škatlaste prekladne konstrukcije višine 2,6 m. Na radejski obvoznici je zgrajen zelo lep viadukt skupne dolžine 165 m s specifičnimi rešitvami kvaziločne konstrukcije razpetine 111 m tipa Vallette II (slika 9). Srpasta oblika elastično vpetega loka je temeljena na deformabilnih gramoznih tleh, ojačanih s pahljačo kolov jet-grouting. Konstruktivne rešitve, temeljenje in lep izgled so prispevek sodobni gradnji mostov.

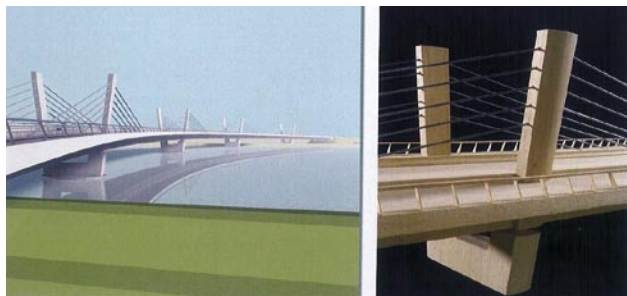
Pri gradnji ločnega mostu čez dolino Mangartskega potoka (slika 10) razpetine 86 m, skupne dolžine 128 m in višine 60 m je prvič v Sloveniji uporabljena tehnologija prostokonzolne gradnje ločnih mostov s pomočjo začasnih armiranobetonskih pilonov višine 20 m, poševnih zateg in pomičnega odra.

Velik prispevek k povečanju zanesljivosti in trajnosti nadvozov, podvozov in manjših mostov predstavlja uporaba integralnih konstrukcij.

Integralni mostovi so betonski mostovi z okvirnimi konstrukcijami brez dilatacij in ležišč (slika 11). Gradnja integralnih mostov je monolitna, dimenzije so robustnejše. Poškodbe takšnih mostov so manjše, saj so odpravljeni glavni vzroki poškodb, območja nepovezanosti, dilatacije in območja ležišč. Stroški vzdrževanja so nižji, promet pa varnejši. Okvirne konstrukcije vsebujejo systemske rezerve v preporazporeditvi obremenitev. Projektiranje mostov v skladu s predpisi in standardi ni zadostno jamstvo za dober in trajen most. Pravilna zasnova namreč poleg standardov upošteva tudi izkušnje iz prakse in povratne informacije s področja vzdrževanja mostov in upravljanja z njimi.

Elastični krajni oporniki, ki ustrezajo naravi integralnih konstrukcij za nadvoze in druge objekte, skonstruirani skladno s primerom na sliki 12, so zelo racionalni in omogočajo hitro izgradnjo.

Integralne mostove je mogoče zgraditi tudi iz montažnih AB prednapetih T-nosilcev s širokim in tankim zgornjim pasom in stojino konstantne širine 40 cm ali več. Nad montažnimi nosilci se betonira plošča minimalne debeline 20 cm, ki je s pomočjo moznikov sovprežna z montažnimi nosilci. S prečnimi nosilci nad oporniki in vmesnimi podporami, ki se betonirajo hkrati s ploščo nad nosilci, se dosežeta toga povezava in integralna konstrukcija. Uporaba prenapetih montažnih nosilcev AB brez sovpreganja in kontinuiranja v Sloveniji ni dovoljena, ker ne zagotavlja ustrezne trajnosti.



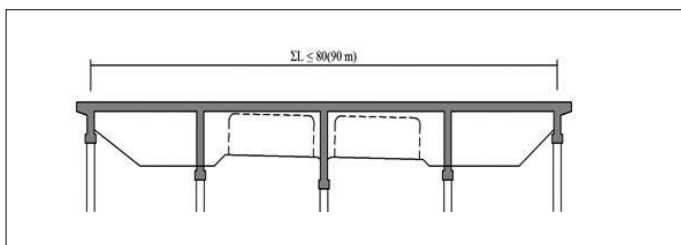
Slika 8 • Most čez Dravo na Ptuj



Slika 9 • Viadukt na radeljski obvoznici



Slika 10 • Viadukt Mangart v gradnji



Slika 11 • Shema integralnega nadvoza



Slika 13 • Nadvoz na avtocestnem odseku Lešnica–Kronovo

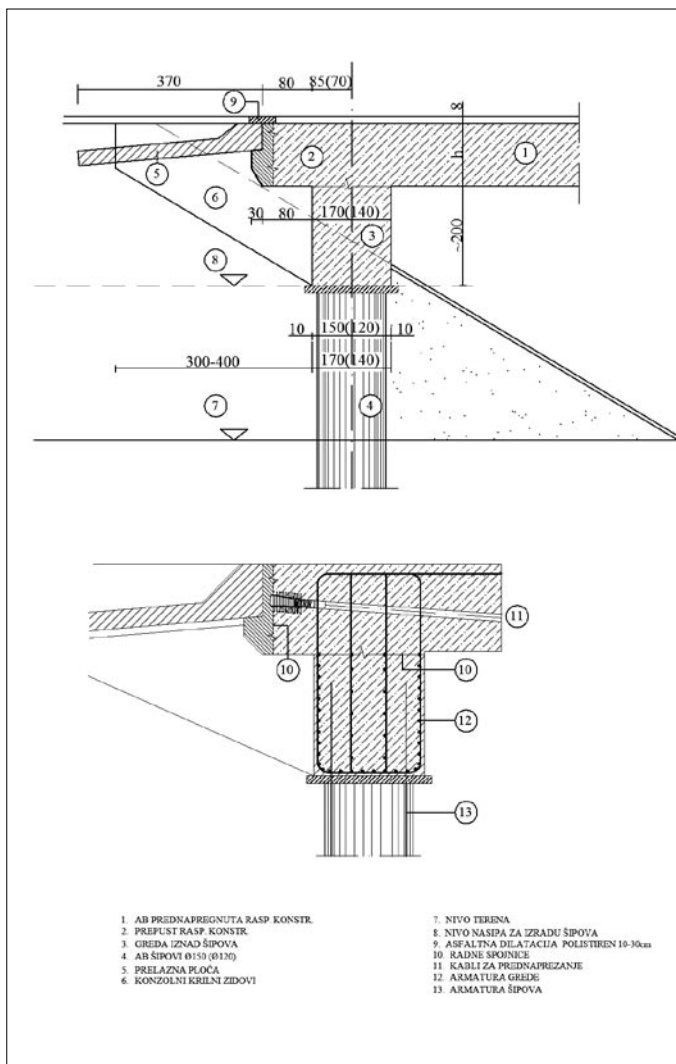
Na avtocestnem odseku Lešnica–Kronovo (slika 13) je zgrajen izjemno lep in skladen nadvoz v vkopu z integralno betonsko prednapeto konstrukcijo razpetine 44 m s poševnimi podporami, temeljenimi na uvrtnih kolih na osnem razmiku 30,8 m.

Poleg grednih integralnih nadvozov so zgrajeni tudi integralni ločni nadvozi AB. Loki srpaste oblike v usekih so racionalne konstrukcije in imajo ugoden vpliv na voznike in potnike.

Viden konstrukcijski in oblikovni napredek je bil narejen pri projektiranju in gradnji pokritih vkopov in ekoduktov, posebej na dolenskem kraku avtoceste in na prekmurskem kraku (sliki 14 in 15).

Mostovi za pešce čez Dravo na Ptuj, v Mariboru in Kopru ter nadhod nad avtocesto v Hočah so lepe in inovativne konstrukcije, pri katerih je na sodoben način uporabljeno jeklo.

Med realizacijo nacionalnega programa izgradnje avtocest v Sloveniji je bilo izpopolnjeno tudi gospodarjenje z mostovi in njihova obnova. Vsi daljši mostovi na predhodno zgrajenih odsekih avtocest, starejši od 30 let, so bili smiselno in tehnično korektno obnovljeni.



Slika 12 • Primer opornika integralnega nadvoza



Slika 14 •



Slika 15 •

## 2 • KRITERIJI VREDNOTENJA

Če želimo oceniti dosežene rezultate pri projektiranju ter gradnji mostov in viaduktov je treba določiti kriterije vrednotenja. Ti so dani v splošni tehnični smernici za ocenjevanje variantnih (natečajnih) rešitev mostov:

- merila, ki se nanašajo na upoštevanje posebnosti lokacije in na podloge za izdelavo natečajnih rešitev;
  - konstruktivno-tehnološka merila;
  - merila, ki se nanašajo na oblikovanje mostu in ohranitev naravnega okolja;
  - ekonomska merila;
  - merila, ki se nanašajo na uporabo mostu.
- Za širše, celovitejše, objektivnejše in sodobnejše vrednotenje je koristno preveriti osnovne principe večšine projektiranja mostov:

- objektivnost;
- funkcionalnost;
- zanesljivost in trajnost;
- racionalnost, stroški izgradnje in vzdrževanja;
- estetika, harmonija z okoljem in elementi originalnosti.

Sledi logično vprašanje, ali so gradbeni inženirji-konstruktorji mostov šolani, da lahko uspešno udeležijo vse principe večšine projektiranja.

**Objektivnost je splošna večpomenska sposobnost človeka**, da pravilno sprejema vse zunanje vplive in pravilno oceni svoj odnos proti vsemu zunanjemu in proti sebi samemu. Objektivnost je del vzgoje in splošne kulture osebnosti in jo je težko naknadno in namensko pridobiti.

Objektivnost je najpomembnejša pri umeščanju trase avtocest in drugih cest v prostor. Most je v veliki meri posledica rešitve trase in pomen objektivnosti pri projektiranju mostov je bistveno ožji. Pri cestnih mostovih se objektivnost ne nanaša na oceno, ali je neki most

sploh potrebno graditi, kje ga postaviti, in izbiro trase, nivelete, širine ter namena mostu. Projektant mostu mora objektivno pristopiti k izbiri materiala, izbiri nosilnega sistema konstrukcije, tehnologije graditve in opreme. Osebne ambicije se morajo podrediti splošnim interesom, in to je eden od temeljnih principov objektivnosti.

**Funkcionalnost mostu** kot dela trase ceste je nesporna in je upravičena s projektom ceste. Ne glede na to ugotovitev na funkcionalnost mostov bistveno vpliva geometrija ceste, zato so pri večjih mostovih nujni sodelovanje in kompromisi. Funkcionalnost mestnih mostov je zelo zahtevna in se opredeljuje skladno s prostorskimi in urbanističnimi plani. Namen, razporeditev in širine posameznih površin so osnova za pravilno izbiro širine mostu. Funkcionalnost mostu se izboljšuje s pravilno izbiro rešitve prehoda s ceste na most, celovito obdelavo prostora pod mostom in okoli njega ter rešitvijo opreme mostu.

**Zanesljivost mostov** je splošen termin, ki vključuje varnost, uporabnost in trajnost. Na avtocestah morajo biti vsi mostovi zanesljivi, da sta zagotovljena ustrezna varnost in tekoče odvijanje prometa. Na avtocestah niso zaželeno nepreverjene konstrukcije z elementi tveganja. Kontrola zanesljivosti se nanaša na obnašanje konstrukcije v času njene predvidene življenjske dobe. Življenjska doba mostu je obdobje, v katerem ima most zagotovljena varnost in uporabnost, kar znaša 80–120 let, le-ti pa sta odvisni od lokacije, intenzitete in vrste prometa ter drugih parametrov.

Trajnost mostov se s časom zmanjšuje kot posledica lastnosti, ki jih ima sama konstrukcija in kot rezultat niza pričakovanih in nepričakovanih pojavov. Na trajnost mostov najbolj vplivajo lastnosti konstrukcije (za-

snova, nosilni in statični sistem, izbira materiala in tehnologije graditve ter oprema). Z rednim vzdrževanjem je mogoče bistveno podaljšati življenjsko dobo mostov, preprečiti večje poškodbe in nenadne rušitve.

**Pri mostovih razlikujemo racionalnost, ki je posledica rešitve trase ceste, in racionalnost, ki je odvisna od rešitve samega mostu.**

Položaj trase, nivelete, morfologija prepreke in geološko-geomehanski pogoji preudicirajo dispozicijske elemente mostu in s tem bistveno vplivajo na racionalnost. Na lokaciji velikih mostov, zgrajenih v okviru nacionalnega programa izgradnje avtocest, je viden učinek napora, da se preko variantnih rešitev tras dobi racionalna rešitev velikih viaduktov in mostov (viadukti preko Trojan, viadukt Črni Kal, mostovi na Muri in Dravi). Bilo bi dobro, če se ta praksa nadaljuje pri projektiranju hitre ceste na tretji razvojni osi. **Vse večje zahteve, pogosto neutemeljene, za zaščito narave in zahteve lokalnih oblasti bistveno dražijo ceste in mostove.**

Projektirani in zgrajeni mostovi v Sloveniji imajo racionalne in dobre zasnove, pravilno so temeljeni na osnovi ustreznih geološko-geomehanskih elaboratov, dobro so konstruirani ter zadostno statično in dinamično analizirani z uporabo sodobnih programov in opreme. Z uporabo sodobnih tehnologij izgradnje, posebej postopka narivanja, je izpolnjen bistveni pogoj racionalnosti in je dosežena popolna sinergija tehnologije gradnje in rešitev nosilnih konstrukcij s statično analizo v fazi gradnje in uporabe. Z zadovoljstvom lahko ugotovim, da pri gradnji veliko novih zahtevnih mostov v Sloveniji ni prišlo do incidentnih situacij ali rušitev.

**Estetika, harmonija z okoljem**

Estetika je izrazito subjektivna disciplina in se menja s časom. Strokovnost, splošna kultura in objektivnost avtorjev vplivajo na estetski nivo mostov. Skladen most, harmonično vklopljen v okolje, vnaša nov element lepote.

Estetika mostu je pretežno odvisna od zasnove, izbire nosilnega sistema, dispozicijske rešitve, enotnosti kompozicije (skladna razmerja delov nosilne konstrukcije in mostu kot celote), upoštevanja pomembnosti ovire, morfoloških in geoloških danosti. Naknadno oblikovanje pravilno konstruiranega mostu je omejeno le na opremo.

Težnja, da so mostovi lepi, je trajno prisotna v zgodovini gradnje mostov. Projektiranje in izgradnja mostov je stik znanja, izkušenj in sposobnosti. Mostovi morajo izpolnjevati tri bistvene pogoje: koristnost, dolgotrajnost in lepoto. Razpetine, skupne dolžine in višine mostov so dosegle izredne velikosti, ki so bile nerealne še pred 50 leti. Hiter razvoj teorije konstrukcij in uporaba računalnikov sta zameglila globlji občutek za tradicijo, konstrukcijo in estetiko.

Mostovi so atraktivni objekti in vzbujajo pozornost strokovne in širše javnosti. Naša obveznost je, da jih pravilno konstruiramo in zaščitimo pred avtorji neprimernih modnih idej, ki zmanjšujejo njihovo stabilnost in trajnost.

Most je predvsem utilitarni objekt, ki ga tvorita nosilna konstrukcija in oprema. Samo nekateri izredni mostovi so po lokaciji, velikosti, doseženih razponih, skupni dolžini, namenu, konceptu, konstrukciji, tehnologiji izgradnje, poleg utilitarnosti, tudi simboli tehničnih, civilizacijskih in kulturnih dosežkov v času in prostoru. Slabo premišljena konstrukcija mostov obremenjuje okolje, zato je treba še bolj paziti na njihovo estetiko in skladno vključevanje v ruralni in urbani prostor. »Zgodovina civilizacije ni dala priznanja nobeni konstrukciji samo zato, ker se ni zrušila, pač pa je priznala njeno skladno lepoto, ki se je ohranila vse do danes.« (P. A. Mihelis).

Most se ne oblikuje, ampak konstruira in projektira po naravnih danostih ovire, elementih prometnice ter pravilih gradbene teorije in prakse. Uspeh kompozicije mostu je rezultat znanja, izkušenj in sposobnosti projektanta. Samo izredni graditelji mostov, ki jih plemeniti veselje ustvarjanja, lahko s šolano ustvarjalno spretnostjo in izkušnjami izdelajo skladno kompozicijo. Vsaka uspešna kompozicija mostu ima svoj estetski nivo, ki je rezultat

duhovne zrelosti avtorja. Čas je najboljši sodnik v izbiri med dobro in slabo zgrajenimi mostovi.

»Projektant mostov brez občutka za oblike in konstruktivne kompozicije je ali začetnik, ali le statik – zagotovo ni konstruktor.« (P. Séjourné)

Avtorji, odgovorni projektanti in graditelji mostov so lahko samo gradbeni inženirji konstrukcijske smeri, ker jim to program študija in praksa omogočata. Geomehaniki, arhitekti, cestni projektanti, hidrotehniki in krajinski arhitekti dajejo svoj doprinos k uspešni kompoziciji mostu in so zaželeni sodelavci odgovornemu projektantu in avtorju. Po svoji izobrazbi in usmeritvi ne morejo odgovarjati za varnost, trajnost in gospodarnost mostov.

**Odgovorni projektant, avtor projekta mostu, pooblaščen gradbeni inženir konstruktivne smeri po veljavni zakonodaji prevzema celotno odgovornost za varnost in zanesljivost mostu v času gradnje in pri uporabi.**

### 3 • LITERATURA

Viadukti in mostovi na slovenskih avtocestah, DARS, 2004.

TSC 07.101, splošna tehnična specifikacija za cestne premostitvene objekte, DARS, 1998.

Trojanović, M., Betonski mostovi 2, Beograd, 1964.

Pržulj, M., Integralni betonski mostovi, 9. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož 2009.

Pržulj, M., Gospodarjenje z mostovi in njihova rehabilitacija, DDC Ljubljana, 2000.

# ČISTILNA NAPRAVA SEVNICA 1999–2010

## WASTEWATER TREATMENT PLANT SEVNICA 1999–2010

**dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.**  
Koroška 57, 2000 Maribor  
E-pošta: uros.krajnc@siol.net

**Strokovni članek**  
UDK: 628.32

**Povzetek** | Vzporedno z izgradnjo hidroelektrarn Boštanj in Blanca na spodnji Savi je mesto Sevnica izgradilo kanalizacijsko omrežje za Sevnico, Boštanj in Log ter centralno čistilno napravo na Logu. Hkrati je uredilo protipoplavno varnost pred reko Savo in njenimi pritoki: Mirno, Sevnično, Drožanjskim in Florjanskim potokom. Načrtovanje, pridobitev sofinanciranja s strani Evropske unije, izbira izvajalca in gradnja kanalizacije in čistilne naprave so potekali enajst let. V članku skušamo analizirati, zakaj je bilo potrebno tako dolgo obdobje za realizacijo sicer uspešnega projekta. Septembra 2010, ko so bile velike poplave na spodnji Savi, je Sevnica poplave prestala praktično brez škode. Kanalizacijsko omrežje obratuje, čistilna naprava pa je v fazi poskusnega obratovanja.

**Summary** | Parallel to the construction of Hydropower Plants Boštanj and Blanca on the lower Sava river the town Sevnica has built the city sewage system for the settlements Sevnica, Boštanj, and Log and a central waste water treatment plant at Log. At the same time, flood safety system was assured, keeping safe all region by the Sava river and its tributaries Mirna, Sevnična, Drožanjski and Florjanski streams. Planning, the acquiring of the co-financing from the European Union, the public tender for building contractor and the construction for sewerage and wastewater treatment plant lasted more than eleven years. In the paper, the reason why such a long period of time was needed for the realisation of otherwise successful project, is analysed. In September 2010, when there was a great flood on the lower Sava river, Sevnica passed virtually without flood damage. Nowadays, the sewerage is in operation, wastewater treatment plant is under trial operation.

### 1 • UVOD

17. junija 2010 so minister za okolje in prostor dr. Roko Žarnić, župan Občine Sevnica Srečko Ocvirk ter direktor Javnega podjetja Komunala Sevnica Mitja Udovč svečano odprli delovanje centralne čistilne naprave in kanalizacijskega sistema Sevnica (sliki 1 in 2). Ker gre za relativno majhno čistilno napravo kapacitete nekaj manj kot 10.000 populacijskih ekvivalentov (PE) in projekt, katerega osnovni koncept se od začetka aktivnosti v letu 1999 ni v toku izvajanja nič spreminjal, se upravičeno zastavlja vprašanje, zakaj traja gradnja tovrstnega objekta v Sloveniji tako dolgo. Ker je avtor članka v različnih vlogah spremljal celoten projekt, podaja svoje gledanje na zastavljeno vprašanje.



Slika 1 • Minister za okolje in prostor prof. dr. Roko Žarnić ob odprtju čistilne naprave (foto: Uroš Krajnc)



Slika 2 • Svečanost ob odprtju čistilne naprave (foto: Uroš Krajnc)

## 2 • OPIS PROJEKTA

V zadnjem času sta se v mestu Sevnica zaključila dva projekta, povezana z izgradnjo hidroelektrarne Blanca na Savi. To sta:

- Ureditev protipoplavne varnosti predvsem Drožanjskega in Florjanskega potoka, pa tudi Sevnične in Mirne;
- Kanalizacijski sistem in čistilna naprava za odpadno vodo za Sevnico, Boštanj in Log.

Hrvaško, po hidroelektrarni Vrhovo, z izgradnjo hidroelektrarn Boštanj in Blanca predstavlja največji naložbeni poseg v Občini Sevnica v zadnjih desetletjih. Zato je Občina Sevnica izkoristila to veliko naložbo tudi za nov razvojni korak, tako za občino kot za mesto Sevnica. Pri tem so bili zelo uspešni, saj je bistveni poseg v režim Save zahteval tudi ureditev vodne in

prometne infrastrukture. Po končanih naložbah ugotavljamo, da je protipoplavna ureditev preživela uspešen preskus v realnih razmerah ob letošnjih visokih vodah Save v septembru 2010. Sevnica je bila jeseni 1990 ob zadnji veliki poplavi na Savi, pri kateri je bil pretok Save nižji od pretoka v nedeljo, 19. septembra 2010, povsem pod vodo. V septembru 2010 pa – z izjemo črpanja vode iz šestih kleti, ki jih je zalila podtalnica, in manjšega razlivanja meteorne vode na Florjanski ulici zaradi napake – pri gradnji kanala večje škode ni bilo (sliki 6 in 7).



Slika 3 • Poplave Drožanjskega potoka v Sevnici leta 1932 (foto: dr. Drago Mušič)



Slika 4 • Zasilne brvi ob poplavi Drožanjskega potoka v Sevnici leta 1932 (foto: dr. Drago Mušič)

Predvsem stari trg pod gradom so v Sevnici ogrožale poplave reke Save in s tem povezanih njenih zajezenih pritokov (Florjanski in Drožanjski potok) in spremenile ob visokih vodah Save staro Sevnico v polotok, ki je bil po cestah nedostopen (sliki 3 in 4).

Podobne težave je ob poplavah povzročala tudi Sevnična (slika 5).

Neprečiščene odpadne vode so ogrožale že od nekdanj bivalni standard, pa tudi zdravstveno varstvo prebivalcev, predvsem ob izpušnih kanalizacije v pritoke Sevnično, Drožanjski in Florjanski potok. O tem priča knjiga *Otroštvo v znamenju vojne* (Mušič, 2006), ki opisuje, da so v času pred drugo svetovno vojno Drožanjski potok imenovali *Šajsgaben* zaradi neznosnega smradu, ki so ga povzročali klavnica in dotoki neprečiščene komunalne odpadne vode.

### 2.1 Projekt izgradnje hidroelektrarn na spodnji Savi

Nadaljevanje izgradnje hidroelektrarn na spodnji Savi med Zidanim Mostom in mejo s



Slika 5 • 21. 8. 2005 – poplave Sevnične v Sevnici (foto: Zorko Vičar)



Slika 6 • Visokovodni nasipi ob Savi (foto: Ljubo Motore)



Slika 7 • Gradnja visokovodnih nasipov ob Savi (foto: Ljubo Motore)

## 2.2 Projekt »Odvodna in čiščenje odpadnih voda v povodju spodnje Save«

Investicijski projekt »Odvodna in čiščenje odpadnih voda v povodju spodnje Save« je eden izmed prvih na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda, ki ga je Operativni program odvodne in čiščenja komunalnih odpadnih voda Ministrstva za okolje in prostor RS (MOP) opredelil kot celovito reševanje odpadnih voda v delu povodja reke Save. Cilji projekta so bili opredeljeni celovito za povodje spodnje Save, in sicer za zmanjšanje nadaljnega onesnaževanja tako površinskih kot podzemnih voda s cilji:

- izboljšana kakovost reke Save,
- preprečena mogoča eutrofikacija v bodočih bazenih hidroenergetske verige na spodnji Savi,
- zmanjšan prekomerni vpliv onesnaženja v sosednjo Hrvaško,
- zmanjšan vpliv onesnažene površinske vode Save v podtalnico in s tem tudi zagotovljeno

varovanje in zaščita vodnih virov Krško-Brežiškega polja.

Omenjeni projekt je bil sestavljen iz treh podprojektov, in sicer:

- kanalizacijski sistem Krško, ki se je priključil na skupno čistilno napravo tovarne celuloze in papirja VIPAP Krško,
- čistilna naprava in kanalizacijski sistem Sevnica in
- čistilna naprava in kanalizacijski sistem Brežice.

Obseg naložbe, ki je za Občino Brežice predvidel kanalizacijski sistem in čistilno napravo (ČN) Brežice, je vseboval projektiranje in izgradnjo čistilne naprave ter dograditev obstoječe kanalizacije mesta Brežice z zbiralniki, ki zbirajo odpadno vodo preko obstoječega kanalizacijskega sistema in jo odvajajo na ČN Brežice. Skupna vrednost projekta je znašala 7,1 mio. EUR.

V Občini Krško je naložba zajemala kanalizacijsko omrežje v dolžini 16,65 km, 6 zadrževalnih

bazenov in 4 črpališča. Sistem se priključuje na skupno čistilno napravo tovarne celuloze in papirja VIPAP Krško. Skupna vrednost projekta v Občini Krško je znašala 4,9 mio. EUR.

Sevniški projekt vsebuje dva glavna kanalizacijska zbiralnika. Na desnem bregu Save poteka eden od Boštanja do mostu za pešce pod Radno, kjer se odpadne vode Boštanja prečrpavajo na levi breg. Na levem bregu poteka drugi kanalizacijski cevovod od križišča (odcepa za Breg) do izliva Florjanskega potoka. Tu je locirano črpališče, ki vse vode prečrpa pod strugo Save nazaj na levi breg do čistilne naprave, ki je locirana pod naseljem Log. Ob Sevnični, Drožanjskem in Florjanskem potoku so zgrajeni sekundarni kanalizacijski cevovodi. Čistilna naprava s kapaciteto 9900 PE čisti odpadne vode Sevnice, Boštanja in Loga. Naprava ima tudi terciarno čiščenje (čiščenje dušikovih in fosforjevih spojin). Pogodbena vrednost projekta je bila 15,5 milijona EUR.

## 3 • KRONOLOGIJA POTEKA PROJEKTA

Podajamo kronologijo pomembnejših dogodkov pri izvajanju projekta odvodne in čiščenja po fazah za sevniški projekt.

### 3.1 Faza načrtovanja

Faza načrtovanja je potekala med letoma 1999 in 2002. Najpomembnejši mejniki so bili:

- leto 1999: začetek aktivnosti med občinami Posavja in MOP glede sofinanciranja izgradnje čistilne naprave;
- september 2001: podjetji Krueger (Danska) ter Hidroinženiring Ljubljana izdelata idejni projekt kanalizacije Sevnica in idejni projekt centralne čistilne naprave;

- april 2002: potrjena lokacija čistilne naprave v prostorskem planu Občine Sevnica;
- junij 2002: izdano lokacijsko dovoljenje za kanalizacijo in čistilno napravo Sevnica.

### 3.2 Faza pridobitve sofinanciranja s strani Evropske unije (2003)

Finančni strukturni sklad ISPA, ki je bil vzpostavljen 12. julija 1999, je namenjal pomoč za vzpostavitev primerljive kakovosti infrastrukture v državah kandidatkah za vstop v



EU. V skladu z dokumentoma »Partnerstvo za pristop« in »Državni program za prevzem pravnega reda Evropske unije« sta ministrstvo za promet in ministrstvo za okolje, prostor in energijo pripravila Nacionalni ISPA-strategiji za področje transporta in okolja. Ministrstvo za okolje in prostor je za občine Sevnica, Krško in Brežice najprej pridobilo tako imenovano tehnično asistenco s strani Evropske unije, v okviru katere sta dansko podjetje Krueger in ljubljanski Hidroinženiring izdelala idejne projekte za kanalizacijske sisteme mest Sevnica, Krško in Brežice. Idejni projekti so predstavljali podlage za razpisno dokumentacijo.

Z vstopom Slovenije v EU 1. maja 2004 je program strukturnega sklada ISPA prešel na program Kohezijskega sklada, ki pomaga državam članicam zmanjševati ekonomska in socialna neskladja ter stabilizirati gospodarstvo. Kohezijski sklad je financiral do 85 % upravičenih izdatkov večjih projektov, tudi projekte okoljske in prometne infrastrukture. Do sredstev so upravičene države članice Unije, katerih bruto domači proizvod na prebivalca znaša manj kot 90 % povprečja EU. Trenutno mednje sodi tudi Slovenija, zaradi česar lahko Projekt odvodne in čiščenja odpadnih voda na povodju spodnje Save črpa sredstva iz evropskih skladov.

Republika Slovenija je z Evropsko skupnostjo podpisala Finančni memorandum št. 2002-SI-16-P-PE-008, in sicer 24. 1. 2003, s katerim se je zagotovilo sofinanciranje skupnega posavskega projekta s sredstvi prejšnjega sklada ISPA (Kohezijskega sklada).

### 3.3 Faza javnega razpisa

Javni razpis do podpisa pogodbe je bil objavljen med letoma 2004 in 2007. Ključni dogodki so bili:

- april 2004–marec 2005: neuspeli prvi javni razpis za izgradnjo kanalizacije in CČN Sevnica. Postopek se je zaključil po skoraj enoletnem revizijskem postopku.
- junij 2006: študija vpliva gladin spodnje vode HE Blanca pri različnih obratovalnih režimih objekta HE na načrtovane lokacije objektov in predviden način razbremenjevanja kanalizacijskega sistema Sevnica.
- maj 2006–januar 2007: drugi neuspeli javni razpis za gradnjo.
- januar 2007: začetek postopka s pogajanjimi po predhodni objavi. V razpisni dokumentaciji so bila za tehnični del uporabljena besedila iz drugega razpisa, se pravi na podlagi podatkov iz leta 2006. Razpis se je zaključil junija 2007.
- avgust 2007: podpisana pogodba med Občino Sevnica in podjetjem NIVO, d. d., iz Celja za izgradnjo kanalizacije in čistilne naprave Sevnica. Podjetje Nivo, d. d., iz Celja je izvajanje del pridobilo na javnem natečaju. Vrednost pogodbe je znašala 12,95 milijona EUR.

### 3.4 Faza gradnje

Gradnja je potekala med letoma 2007 in 2010. Pomembnejši datumi te faze so:

- maj 2007: izdelan PGD za HE Blanca.

- september 2007: izvajalec kanalizacije in čistilne naprave je bil uveden v delo in je pričel s projektiranjem. V fazi izdelave idejne zasnove za kanalizacijo in čistilno napravo so ugotovljene spremenjene okoliščine izvedbe projekta zaradi izgradnje HE Blanca.
- oktober 2007–maj 2008: izvajalec Nivo je pripravil dopolnjeno idejno zasnovo. Največ sprememb v dopoljeni idejni zasnovi so objekti in kanalizacija ob Sevnici, Drožanjskem in Florjanskem potoku zaradi uskladitve z vodnogospodarskimi rešitvami teh potokov.
- maj 2008: idejna zasnova dokončno potrjena in usklajena za celotni podprojekt Sevnica.
- 3. julij 2008: katastrofa na gradbišču hidroelektrarne Blanca, kjer je umrlo trinajst ljudi. Med njimi smo dejavno sodelovali z županom g. Kristijanom Jancem, direktorjem Komune Sevnica g. Bojanom Lipovškom, višjo svetovalko splošne službe na sevnški občini in predsednico odbora za spremljanje gradnje HE Blanca go. Matejko Konajzler ter z nadzornikom za tehnična dela podjetja Infre g. Janijem Zemljakom.
- september 2008: podpis aneksa k pogodbi za gradnjo kanalizacije in CČN Sevnica za nepredvidena dela.
- 17. december 2008: izdano gradbeno dovoljenje za čistilno napravo, načrt PGD je bil izdelan v avgustu 2008.
- 17. junij 2010: svečano odprtje delovanja centralne čistilne naprave in kanalizacijskega sistema Sevnica.

- po deževju sušni pretok in vsebino onesnaženih padavinskih voda, zadržano v zadrževalnem prostoru zadrževalnih bazenov, vendar maksimalno do dvakratnega sušnega pretoka.

Objekti na kanalskem omrežju (predvsem razbremenilni bazeni), ki so pod vplivom visokih voda, se ustrezno varujejo pred vdorom rečne vode v kanalizacijsko omrežje. Ponekod je potrebno črpanje prelitih voda iz razbremenilnikov ob koincidenzi visokih voda v kanalizaciji in odvodnikov, tj. v Savi s pritoki.

Zaradi obsega del in rokov je bil celoten projekt razdeljen na pet faz:

- Prva faza: čistilna naprava (problem dviga podzemne vode na lokaciji čistilne naprave zaradi dviga Save v akumulacijskem bazenu HE Blanca).
- Druga faza: primarni kolektor A od priključka na ČN do priključka primarnega kolektorja B, sekundarni kolektor AO, sekundarni kolek-

## 4 • KANALIZACIJSKI SISTEM

Projekt izgradnje primarnih zbiralnikov je ohranil globalni sistem sekundarne obstoječe kanalizacije, zato je tudi novo omrežje zgrajeno kot mešani sistem. Na pozidanih področjih, kjer še ni bilo kanalizacije, je načeloma bila predlagana izgradnja ločenega sistema kanalizacije. Enak sistem je predviden na zazidljivih območjih ter v industrijskih conah. Kanali za odpadno vodo se priključijo na obstoječo mešano kanalizacijo ali neposredno na zbirne kanale in preko njih na čistilno napravo. Ker padavinska odpadna voda iz bodočih pozidav dodatno obremenjuje vodotoke, so pred izpusti v vodotok predvideni zadrževalni bazeni.

Pred priključkom sekundarnega omrežja na zbirne kanale se namestijo razbremenilni bazeni deževnih voda. Na ta način se dodatno

razbremenijo zbirni kanali, saj se iz razbremenilnih bazenov na čistilno napravo odvaja zgolj dvojni sušni pretok ( $2Q_{\text{sušno}} + Q_{\text{tujje}}$ ).

$Q_{\text{sušno}}$  – sušni pretok v kanalizaciji (odpadne vode)

$Q_{\text{tujje}}$  – vode, ki praviloma ne sodijo v kanalizacijo, vendar so prisotne (zaledne vode, podzemne vode)

Ker gre za novozgrajeno omrežje zbirnih kanalov (kolektorjev), je lahko izveden sodoben koncept vzporedne namestitve zadrževalnikov.

Primarni kanali odvajajo:

- v sušnem obdobju sušni pretok,
- med deževjem dvakratnik sušnega pretoka, pri čemer je tuja voda všteta le enkrat,

tor A4, razbremenilna bazena RBDV L1 in L2, črpališče Č1.

- Tretja faza: primarni kolektor A1, primarni kolektor A2.
- Četrta faza: primarni kolektor A od priključka primarnega kolektorja B do RBDV L4 (konec trase kolektorja A), sekundarni kolektor A3, sekundarni kolektor A5, razbremenilna bazena RBDV L3 in L4.
- Peti faza: primarni kolektor B, razbremenilni bazeni RBDV D5, D6, D7 in D8, črpališči Č2 in Č3 (slike 8 do 11).



Slika 8 • Gradnja kanalizacije (foto: Ljubo Motore)



Slika 9 • Gradnja kanalizacije (foto: Ljubo Motore)



Slika 10 • Gradnja kanalizacije (foto: Ljubo Motore)



Slika 11 • Kanaliziranje Florjanskega potoka (foto: Uroš Krajnc)

## 5 • ČISTILNA NAPRAVA SEVNICA

### 5.1 Kapaciteta čistilne naprave

Obremenitev čistilne naprave je sestavljena iz odpadne vode prebivalcev in zaposlenih v industriji. Kapaciteta čistilne naprave je 9.900 PE (populacijskih enot).

Hidravlična obremenitev je določena v skladu z ATV-delovnim listom A131.

Dotoka industrijskih voda, ki bi lahko ovirale ali onemogočale biološko čiščenje odpadnih voda, na komunalni čistilni napravi ni.

### 5.2 Zahtevani učinek čiščenja

ČČN Sevnice je projektirana tako, da bo iztok odpadne vode v skladu z zahtevami Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih voda iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 45/2007) in Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih voda v vode in v javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 47/05, dopolnitev 45/2007).

PARAMETER		POVPREČJE		
Pretok:				
Dnevni		2196		m <sup>3</sup> /d
Sušni dotok Qs		221,36		m <sup>3</sup> /h
Mešani dotok Qm		387,18		m <sup>3</sup> /h
Obseg onesnaženja:				
	g/(PE x d)	mg/l	kg/d	
KPK	120	442,74	1188	
BPK	60	221,37	594	
SS	70	258,27	693	
Celokupni N	11	40,58	108,9	
Celokupni P	2,5	9,22	24,75	
Brema		9900		PE

Preglednica 1 • Obremenitev čistilne naprave Sevnica

parameter	koncentracija (mg/l)
KPK (mg/l)	125
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	25
TSS (mg/l)	60
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	10
Celotni dušik – (mg/l)	25

Preglednica 2 • Mejne vrednosti za koncentracijo parametrov na iztoku iz čistilne naprave Sevnica

### 5.3 Lokacija čistilne naprave

Obravnavano zemljišče se nahaja na ravnici reke Save nizvodno od naselja Log.

### 5.4 Opis tehnološkega procesa čiščenja odpadnih voda

ČN Sevnica je komunalna čistilna naprava z delno denitrifikacijo, nitrifikacijo in delno aerobno stabilizacijo blata. Odvečno blato se zgošča in dehidrira na centrifugi. Čistilna naprava zaobjema naslednje objekte:

1. vhodno črpališče
2. postajo za sprejem pripeljane vode iz greznic
3. prezračeni peskolov z lovilnikom maščob
4. prezračevalni bazen
5. naknadni usedalnik
6. zalogovnik blata
7. pripravo in doziranje flokulantov
8. kompresorsko postajo
9. dehidracijo blata
10. merilno mesto za pretok
11. biofilter

Odpadna voda gravitacijsko doteka po dotočni kanalizaciji v vhodno črpališče, opremljeno z grobo mehansko košaro z dvigalom. V vhodnem črpališču so locirane tri potopne črpalke, delovni sta dve črpalki. Kapaciteta ene črpalke zadošča za prečrpavanje sušnega dotoka odpadne vode. V deževnem obdobju se zaradi povečane količine vode, ki priteka v črpališče, po potrebi vključuje tudi druga črpalka. Tretja črpalka predstavlja rezervo ob izpadu ene od delovnih.

Čistilna naprava je opremljena s postajo za sprejem vsebine greznic, ki se dovažajo na čistilno napravo s cisternami. Postaja za sprejem grezničnih usedlin je opremljena z napravo za izločanje grobih delcev (separator). Grobi delci se v napravi operejo, stisnejo in odlagajo v vreče PVC.

Odpadna voda se iz vhodnega črpališča prečrpa v kompaktno kombinirano enoto za odstranjevanje peska in maščob, ki je nameščena v upravni stavbi (slika 12). Enota je prezračevana in opremljena s spiralnim transporterjem za odstranjevanje maščob, ki se odstranjujejo v zabojnik. V enoto je vključen peskolov. Sprani pesek se s pomočjo transporterja odstranjuje v zabojnik. Zrak iz kompaktne naprave mehanskega čiščenja prehaja v biofilter. Na izstopu iz kombinirane kompaktne enote za odstranjevanje peska in maščob se odpadni vodi dodaja obarjalno sredstvo za kemijsko izločanje fosforja.



Slika 12 • Oprema mehanskega čiščenja (foto: Uroš Krajnc)

Odpadna voda iz prezračenega peskolova in maščobnika odteka v prezračevalni bazen, ki je krožne oblike (slika 13). V prezračevalnem bazenu poteka biološko čiščenje v odpadni vodi raztopljenega organskega onesnaženja, kar ugotavljamo s parametroma KPK in BPK<sub>5</sub>. Izmenično potekajo procesi prezračevanja (redukcija koncentracije ogljikovih spojin v odpadni vodi in nitrifikacija) ter proces denitrifikacije. Sistem krmiljenja prezračevalnega bazena omogoča intermitenčno delovanje. Prezračevanje vršijo na dnu reaktorjev nameščena membranska prezračevala, ki uvajajo zrak in s tem kisik v odpadno vodo. Stisnjen zrak se v prezračevala dovaja iz kompresorske postaje. V kompresorski postaji sta nameščeni dve puhali (1 delovno, 1 rezervno) za dovajanje zraka v biološke reaktorje ter manjše puhalo za dovajanje zraka v maščobnik. Dovod zraka v prezračevalnem bazenu regulirajo kisikove sonde.

Očiščena odpadna voda se skupaj z aktivnim blatom prelija iz prezračevalnega bazena v naknadni usedalnik (slika 14). V naknadnem usedalniku se aktivno blato loči od prečiščene vode. Očiščena odpadna voda preko prelivnega robu odteka skozi merilni jašek v reko Savo. V merilnem jašku je nameščena sonda za merjenje pretoka očiščene vode.



Slika 13 • Prezračevalni bazen (foto: Uroš Krajnc)



Slika 14 • Naknadni usedalnik (foto: Uroš Krajnc)

Povratno blato se preko cevovoda pretaka v črpališče povratnega blata, kjer se potem preko dveh recirkulacijskih črpalk, delovne in rezervne, črpa nazaj v prezračevalni bazen. Zalogovnik blata je opremljen s potopnim mešalom. Bistri del v zalogovniku blata se prečrpa s potopno črpalko, ki se lahko nastavlja po višini bazena, nazaj v prezračevalni bazen.

Iz zalogovnika se blato preko potopne črpalke in z vijačno monočrpalko prečrpa v centrifugo, kjer se vrši dehidracija blata. Postrojenje za dehidracijo blata sestoji iz centrifuge, ki delno ločuje blato od vode. Iz naprave dobimo zgoščeno blato s približno 20–22 % suhe snovi in vodo – centrat, ki po interni kanaliza-



Slika 15 • Dehidrirano blato (foto: Uroš Krajnc)



Slika 16 • Biofilter (foto: Uroš Krajnc)

## 6 • KLJUČNI PROBLEMI PRI IZVEDBI PROJEKTA

### 6.1 Tuji eksperti v fazi načrtovanja

Ko je bila Slovenija šele kandidatka za članstvo v Evropski uniji, je že lahko koristila sredstva skladov Evropske unije. Ta pa je preko svojih ekspertov preverjala upravičenost in tehnične rešitve projektov, ki jih je Slovenija predlagala za sofinanciranje.

Moje osebno mnenje, pridobljeno pri več projektih, pri katerih sem sodeloval (kanalizacija in čiščenje spodnje Save, Obala, Mislinja), za tehnično področje je, da so tuji strokovnjaki v izredno skromnem obsegu pomagali h kakovostnejšim projektom. Razloge za to vidim v sledečem:

- Izredno slaba pripravljenost spoznati, razumeti in upoštevati merodajno slovensko zakonodajo. V Sloveniji poleg domače zakonodaje v skladu s splošno tehnično tradicijo upoštevamo v pomanjkanju domačih predpisov nemško zakonodajo, na primer predpise ATV. Marsikateri od teh strokovnjakov nemških predpisov ni poznal.
- Posplošen pogled na Slovenijo kot del Evrope za železno zaveso, zato so bili prepričani, da lahko svoje izkušnje iz Bolgarije, Azerbajdžana itd. neposredno uporabijo v Sloveniji.
- Podcenjujoč odnos do domačih strokovnjakov kot podizvajalcev, ki pa je seveda temeljil na razliki v cenah njihovega in domačega dela.
- Pritisk, da se v Sloveniji uporabljajo zastarele tehnologije čiščenja, najbrž z namenom prodaje opreme, ki v Evropski uniji ni več imela kupcev.

V več primerih se je tehnična asistenca končala tako, da so večino dela na koncu koncev opravili domači strokovnjaki zaradi dokončanja projektov v zahtevanem roku.

ciji odteka nazaj v vhodno črpališče čistilne naprave. Blato iz centrifuge pada v spiralni transporter, ki zgoščeno blato vodi v zabojniki (slika 15). Za boljši učinek zgoščevanja in dehidracije se biološkemu mulju pred vstopom v centrifugo dodaja kationski flokulant. Flokulacija se vrši v za to namenjenem cevnom reaktorju. Flokulant je raztopina polielektrolita, ki se pripravlja v napravi za samodejno pripravo polielektrolita in odmerja s frekvenčno krmiljeno vijačno ekscentrično črpalko.

Da pa ne bi bila slika tehnične pomoči Sloveniji preveč črna, moram povedati, da smo v zadnjih letih sodelovali s strokovnjaki JASPERS in imamo, nasprotno, izredno dobre izkušnje s tem sodelovanjem. JASPERS (Joint Assistance to Support Project in European Regions) predstavlja skupno pomoč Evropske komisije, Evropske investicijske banke (EIC) in Evropske banke za obnovo in razvoj (EBRD) pri pripravi velikih projektov, ki se financirajo iz Evropskega sklada za regionalni razvoj in Kohezijskega sklada v evropskih regijah. Ti strokovnjaki z bogatimi izkušnjami iz okoljskih projektov so izredno kooperativni in v resnično pomoč pripravljavcem vlog za sofinanciranje. Edini njihov »problem« je, da hitro opazijo razliko med deklarativnim stanjem v slovenski zakonodaji in dejansko prakso na terenu.

### 6.2 Prepletenost projektov osnovne odvodne in kanalizacijskih sistemov

Kje ima izgradnja kanalizacijskega sistema in čistilne naprave skupne točke z vodnogospodarskimi ureditvami Save in pritokov v sklopu izgradnje HE Blanca? Poglejmo si njihovo povezanost:

1. Trase kanalizacijskih cevovodov potekajo vzdolž brežin Save, Mirne, Sevnične, Drožanjskega in Florjanskega potoka.
2. Lokacija čistilne naprave je ob reki Savi. Po zaježitvi Save za jezom na Blanci je bila gradbena jama čistilne naprave pod nivojem podzemne vode.
3. Razbremenilni in zadrževalni bazeni potekajo vzdolž brežin Save, Mirne, Sevnične, Drožanjskega in Florjanskega potoka.

Glede na skupne trase je treba uskladiti potek tras z ureditvami brežin. Čistilna naprava mora biti locirana tako, da je odtok iz čistilne naprave

Onesnažen zrak se čisti na biofiltru (slika 16). Za krmiljenje procesov so predvideni mikrokontrolerji, ki so povezani z nadzornim računalnikom v upravni stavbi. Daljinski prenos podatkov prenaša podatke na sami čistilni napravi in na pripadajočih črpališčih oziroma ostalih objektih na kanalizacijski mreži. Čistilna naprava je v fazi poskusnega obratovanja. Prvi rezultati meritev kažejo na zelo dobro delovanje naprave.

mogoč tudi ob najvišjih gladinah Save. Sama višinska nastavitvev objektov naprave mora biti takšna, da je zagotovljena 100-letna varnost pred poplavo. Lokacije razbremenilnikov in zadrževalnikov je treba uskladiti z ureditvami brežin. Razbremenjevanja viška razredčenih padavinskih voda mora biti omogočeno ne glede na visoke vode površinskih odvodnikov, kamor se razbremenjujejo. Preprečiti je treba vdor voda iz potokov in rek v kanalizacijske sisteme.

Pri izgradnji kanalizacije in HE sta bila to dva ločena projekta z dvema različnima prostorskima aktoma, dvema investitorjema, izvajalcema, nadzoroma itd. V začetku je bila dinamika gradnje ustrezna, saj je bil projekt kanalizacije in čistilne naprave v prednosti, vendar so dolgotrajni postopki oddaje del izničili to časovno prednost kanalizacije. Ko se je izdeloval prostorski načrt za HE Blanca, čistilna naprava ni bila njegov sestavni del. Nato je bilo potrebno še usklajevati in prilagajati posamezne parametre, saj se večji del kanalizacijskih cevovodov do čistilne naprave nahaja pod zajezno gladino akumulacijskega bazena elektrarne.

Poseben problem je predstavljala prostorska utesnjenost ureditev ob Drožanjskem in Florjanskem potoku (slike 17–20).

Ob letošnjih poplavah na spodnji Savi so predstavniki Odbora za hidroelektrarne na spodnji Savi ter družbe Hidroelektrarne na spodnji Savi spomnili, da je Posavje soglašalo z izgradnjo verige HE ravno zato, ker sprejeti zakon območju hkrati z njeno izgradnjo zagotavlja izgradnjo protipoplavne zaščite posavskih mestnih središč in drugih strnjenih naselij ob Savi. Da je ta učinkovita, pa se je ob zadnji poplavi pokazalo ob poplavno le malo prizadeti Sevnici.

### 6.3 Javna naročila

Preden je Slovenija postala članica Evropske unije, pri oddaji del ni veljala slovenska zakonodaja za projekte, financirane s strani fondov



Slika 17 • Utesnjena gradnja ob Drožanjskem potoku (foto: Uroš Krajnc)



Slika 19 • Utesnjena gradnja ob Florjanskim potoku (foto: Uroš Krajnc)



Slika 21 • 16. 8. 2007 – podpis pogodbe za gradnjo (foto: Uroš Krajnc)



Slika 18 • Utesnjena gradnja ob Drožanjskem potoku (foto: Uroš Krajnc)



Slika 20 • Utesnjena gradnja ob Florjanskim potoku (foto: Uroš Krajnc)

Evropske unije. Le-ta pa je vršila kontrolo porabe sredstev preko kontrole razpisne dokumentacije ter z dejavnim sodelovanjem pri izbiri izvajalca. Z vstopom v Evropsko unijo pa se je pri oddaji del natančno upoštevala samo slovenska zakonodaja. Sistem javnih naročil je ravno na primeru sevniškega projekta prikazal vse svoje hibe. Poznejše spremembe te zakonodaje so te hibe odpravljale, vendar je za sevniški projekt sistem javnih naročil, podobno kot pri mnogih večjih naložbah, pomenil zamudo pri realizaciji projekta in podražitev projekta.

Prvi razpis je bil objavljen v Uradnem listu EU in Uradnem listu RS že 23. aprila 2004, izveden je bil javni razpis, izbran izvajalec, vendar je Ministrstvo za finance RS 13. oktobra 2004 zahtevalo razveljavitev razpisa, ker so določene informacije prišle v javnost pred dokončanjem postopka izbire izvajalca. V tem času je veljalo, da tudi župan občine, ki bo investitor, ne sme biti seznanjen s postopkom izbire izvajalca.

Med prvim in drugim javnim razpisom je poteklo več kot leto in pol!

Občina je objavila 2. javni razpis v Uradnem listu EU in v Uradnem listu RS 26. maja 2006, odpiranje ponudb se je vršilo 11. julija 2006 – Občina Sevnica je 24. julija 2006 izdala

obvestilo o oddaji javnega naročila za izvedbo kanalizacije in centralne čistilne naprave Sevnica, vendar sta se dve podjetji pritožili in nadaljevali postopek pred Državno revizijsko komisijo. Občina je 7. septembra 2006 morala razveljaviti odločitev o izboru ponudnika. Drugi javni razpis je bil neuspešen, saj Občina Sevnica iz razloga (ne)izpolnjevanja formalnih pogojev (navedba denarne enote na predpisanem obrazcu) ni prejela nobene pravilne in sprejemljive ponudbe.

Občina se je nato, da bi pospešila postopek oddaje javnega naročila, odločila nadaljevati izbiro ponudnika po postopku s pogajanjem po predhodni objavi skladno z določbami novega Zakona o javnem naročanju (Uradni list RS, št. 128/06 – ZJN-2). Obvestilo o postopku javnega naročila je bilo tako objavljeno v Uradnem listu RS 16. marca 2007 in v Uradnem listu EU 15. marca 2007. Občina Sevnica je zaradi vložnih zahtevkov za revizijo podaljšala rok za odpiranje ponudb, in sicer s 16. aprila 2007 na 8. maj 2007.

Komisija za odpiranje in ocenjevanje ponudb je 8. maja 2007 javno odprla vse prispele ponudbe. 17. avgusta 2007 je na sevniškem gradu župan Kristijan Janc ob prisotnosti Janca Podobnika, tedanjega ministra za okolje in prostor, podpisal pogodbo za izgradnjo

kanalizacijskega sistema in centralne čistilne naprave (slika 21).

Ta zamik pa je povzročil tudi precejšen dvig cene naložbe. Ko smo začeli v Sloveniji graditi prve okoljske projekte, sofinancirane s sredstvi Evropske unije, je bila Slovenija šele kandidata za članstvo v Evropski uniji. Razpisna dokumentacija je bila v angleščini, razpisi so bili objavljeni v Uradnem listu Evropske unije. Domači izvajalci so se bali tuje konkurence, zato so bile prve ponudbe domačih izvajalcev za tovrstne projekte na mednarodnih razpisih približno 20 % nižje od projektantskih predračunov, medtem ko so bile ponudbe za dela na običajnih domačih razpisih na nivoju projektantskih predračunov. Nekatera podjetja so pri prvih projektih zavestno znižala realno ceno zaradi pridobivanja referenc.

V obdobju po letih 2004 in 2005 pa se je situacija drastično spremenila. Tuji ponudniki so bili zelo redki, njihove cene pa v redkih primerih, ko so oddali ponudbo, daleč nad cenami domačih izvajalcev. V obdobju konjunkturalne gradbenišтва so izvajalci začeli dvigovati cene projektantskih predračunov (tudi do 50 %) in pridobivali – zaradi zasedenosti kapacitet – na času z nenehnimi pritožbami na izbiro izvajalcev. Zaradi upoštevanja sistema javnih naročil in z željo, da se koristijo evropska sredstva v čim večji meri, so morale občine kot investitorji in Ministrstvo za okolje in prostor RS pokrивati razliko med ceno izvajalcev in ceno v projektantskih predračunih, na podlagi katerih so bila odobrena sredstva evropskih skladov.

Tako je na primer skoraj dveletni zamik zaradi novega razpisa zaradi administrativne napake (brez SIT pri bančni garanciji) iz naslova zaščite ponudnika pomenil za investitorja močno podražitev. Poznejše spremembe zakonodaje s področja javnih naročil omogočajo odpravo tovrstnih napak. Iste izkušnje ugotavljajo tudi pri gradnji slovenskih avtocest (Ficko, 2010).

## 7 • SKLEP

Sevnica je z izgradnjo kanalizacije in čistilne naprave izvedla odločilen korak k odvajanju in čiščenju odpadne vode z namenom, da zaščiti kakovost reke Save in njenih pritokov ter tako implementira evropsko

in slovensko zakonodajo. Izvedba vodnogospodarskih ureditev ob izgradnji HE Blanca pa sedaj nudi Sevnici ustrezno protipoplavno varnost.

## 8 • LITERATURA

Gradnja slovenskih avtocest v obdobju 1994–2009, Analitični podatki in dejstva ob 15-letni izgradnji slovenskega avtocestnega križa, urednik Gregor Ficko, DRSC, 2010.

[http://www.dolenjskolist.si/2010/06/18/30076/novice/posavje/Vec\\_kot\\_15\\_milijonov\\_evrov\\_tezka\\_\\_cistilna\\_naprava\\_uradno\\_odprta/](http://www.dolenjskolist.si/2010/06/18/30076/novice/posavje/Vec_kot_15_milijonov_evrov_tezka__cistilna_naprava_uradno_odprta/)

[http://www.hse.si/predstavitev\\_he](http://www.hse.si/predstavitev_he)

[http://www.krsko.si/obcina.php?page\\_id=259](http://www.krsko.si/obcina.php?page_id=259)

<http://www.mop.gov.si/nc/si/splosno/cns/novica/article//7528/>

[http://www.obcina-sevnica.si/video/centralna\\_cistilna\\_naprava.htm](http://www.obcina-sevnica.si/video/centralna_cistilna_naprava.htm)

<http://www.projekti-brezice.eu/>

[http://www.siol.net/slovenija/lokalne\\_novice/dolenjska\\_in\\_posavje/2010/06/odprtje\\_centralne\\_cistilne\\_naprave\\_sevnica.aspx](http://www.siol.net/slovenija/lokalne_novice/dolenjska_in_posavje/2010/06/odprtje_centralne_cistilne_naprave_sevnica.aspx)

[http://www2.arnes.si/~avicar2/zanimivosti/poplave\\_sevnica21\\_avg\\_dopoldne\\_2005.html](http://www2.arnes.si/~avicar2/zanimivosti/poplave_sevnica21_avg_dopoldne_2005.html)

Krajnc, U., Izgradnja kanalizacije in centralne čistilne naprave Sevnica s sredstvi Kohezijskega sklada Evropske unije, Ekolist št. 5, 2008.

Krajnc, U., Sanitarna hidrotehnika kot sestavni del celovitega urejanja voda, primer porečja Krke in Občine Sevnica, Problemska konferenca o vodah, Društvo vodarjev Slovenije in Slovenski nacionalni komite za velike pregrade, Sevnica, 15. 11. 2005.

Mušič, V. B., Otroštvo v znamenju vojne, Založba GOGA, Novo mesto, 2006.

Odvodnjavanje in čiščenje odpadnih voda v povodju spodnje Save, čistilna naprava in kanalizacijski sistem Sevnica, objekti ČN, št 2002/SI/16/P/PE/008/2, izdelala Hidrooprema, d. o. o., Log pri Vrhniki, Idejna zasnova, marec 2008.

Odvodnjavanje in čiščenje odpadnih voda v povodju spodnje Save, čistilna naprava in kanalizacijski sistem Sevnica, objekti ČN, št 2002/SI/16/P/PE/008/2, faza PGD, izdelala Hidrooprema, d. o. o., Log pri Vrhniki, 25. 11. 2008.

Odvodnjavanje in čiščenje odpadnih voda v povodju spodnje Save, čistilna naprava in kanalizacijski sistem Sevnica, faza 2, PGD, št. projekta 105/08-1, Hidrosvet, 2008.

Perčič, R., Cvetkovič, M., osebna korespondenca.

Razpisna dokumentacija za projekt, sofinanciran iz Kohezijskega sklada Evropske unije, naslov projekta: Odvodnjavanje in čiščenje odpadnih voda v povodju spodnje Save, naslov podprojekta: Čistilna naprava in kanalizacijski sistem Sevnica, številka projekta: 2002/SI/16/P/PE/008/2, SI Consult, Institut za ekološki inženiring Maribor, 2007.

# Z AKTIVNIMI SISTEMI IN TOPLOTNO ZAŠČITO DO PASIVNIH IN PLUSENERGIJSKIH STANOVANJSKIH STAVB

## WITH ACTIVE SYSTEMS AND THERMAL PROTECTION TO PASSIVE AND PLUS ENERGY RESIDENTIAL BUILDINGS

mag. Miha Praznik, univ. dipl. inž. str.

Gradbeni inštitut ZRMK, d. o. o.,  
Center za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo  
Dimičeva 12, Ljubljana,  
miha.praznik@gi-zrmk.si

Strokovni članek

UDK: 699.86

**Povzetek** | Energijsko učinkovita gradnja v Sloveniji zadnjih nekaj let intenzivno raste. Tehnološki nivoji energijsko učinkovitih novogradenj so v praksi dobro prepoznavni pod termini »nizkoenergijska«, »pasivna« in sedaj tudi že »plusenergijska« hiša. Energetska prenova obstoječih stavb pa paralelno učinkovitim novogradnjam rezultira v porastu energijske učinkovitosti za faktor 3 do 10. Slovenski predpisi s področja učinkovite rabe energije v stavbah že omejujejo najvišjo dopustno potrebo stavb po toploti za ogrevanje pod 50 kWh/m<sup>2</sup>a. Še pomembneje pa je, da je začetni interes za energijsko učinkovitejšo gradnjo sedaj izpostavljen s strani investitorjev. Kakšne izkušnje so pridobljene v tem prelomnem letu na področju energijsko učinkovite gradnje? Katere postopke in pristope mora zagotoviti stroka za doseganje optimalne učinkovitosti? Katere zahteve pri novogradnji ali sanaciji mora izpostaviti investitor? Ali je gradnja v energijsko učinkovitejši tehnologiji resnično bistveno dražja? To so vprašanja, na katera odgovarja pričujoči članek.

**Summary** | In recent years energy-efficient construction has been in an extraordinary rise in Slovenia. Technological levels of the energy efficient new buildings are well recognized being determined as «low energy», «passive», even «plus energy» houses. Energy retrofitting of the existing buildings can experience the energy efficiency rise from the factor 3 to 10. The Slovenian regulations for thermal protection and efficient energy use in buildings are now limiting the highest allowed annual energy usage for heating below 50 kWh/m<sup>2</sup>a. The fact that the initial interest in energy-efficient construction is now already provided by the investors is even more important. What experiences have been gained in this groundbreaking year in the field of energy-efficient building? What procedures and approaches should be ensured by the profession to achieve optimal energy efficiency? What requirements should be emphasized by the investor in new construction or reconstruction? Is energy more efficient construction really much more expensive? These are the issues which will be answered in the paper.

## 1 • UVOD

V razvoju povpraševanja in v diferenciranju ponudbe tehnologij za energijsko učinkovito gradnjo je med drugimi vplivnimi dejavniki posebnega pomena tudi uvedba finančnih spodbud za nizkoenergijsko gradnjo. Slovenija je usmerila politiko Ministrstva za okolje in prostor RS ter finančne mehanizme Ekosklada v stimuliranje energijsko

učinkovite in trajnostne gradnje, s čimer je ta postala širše prepoznavna v javnosti. Že v prvem letu je število pasivnih novogradenj poraslo za faktor 10. Med trajanjem razpisa pa je približno 5 % slovenskih novogradenj, skupaj skoraj 200, izvedenih vsaj v nizkoenergijski tehnologiji, prejelo spodbudo, ki je lahko znašala do 125 EUR/m<sup>2</sup>. Pomemben

rezultat projekta je tudi dejstvo, da je v letu splošne gospodarske krize energijsko učinkovita gradnja doživela porast. Obseg programa finančnih spodbud se je v tem letu na področju energijske učinkovitosti in obnovljivih virov energije pomembno razširil tudi v smeri prenove stavb. Prav tako pa je narejen naslednji korak v smeri spodbujanja pasivne večstanovanjske gradnje ter spodbujanja učinkovite individualne stanovanjske gradnje pod 25 kWh/m<sup>2</sup>a.

## 2 • RAZVOJ GRADNJE V SMERI POVEČEVANJA ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI

### 2.1 Postopno zaostrovanje zakonodaje v smeri nizkoenergijske stanovanjske gradnje

Pri stanovanjskih stavbah je ob predpogoju zagotovljenega bivalnega ugodja ena od ključnih zahtev tudi zagotavljanje čim višje energijske učinkovitosti. V primeru starejših stanovanjskih stavb je namreč prav segment rabe toplotne energije za ogrevanje stavbe največja postavka v skupni letni rabi energije. Najsplošnejši način za zagotavljanje energijske učinkovitosti v širšem krogu stanovanjskih objektov je postavljanje omejitev skozi relevantno zakonsko regulativo. Glede na čas veljave in stanje pripadajoče tehnike se zahteve regulative s področja toplotne zaščite in energijske učinkovitosti postopoma zaostrejujejo, pri čemer so preskoki v zahtevah običajno dokaj izraziti in se lahko odražajo tudi v povečevanju zahtev za po 30 % glede na predhodno stanje.

Za primer je prikazan razvoj zahtev na področju stanovanjskih stavb v Sloveniji, kjer so bile prve pomembnejše zahteve s področja toplotne zaščite stavbnega ovoja podane že pred skoraj tremi desetletji v standardu JUS U.J5.600, glede zadnjega stanja zakonodaje in zahtev po učinkovitosti pa velja izpostaviti pričakovano sprejetje pravilnika PURES2:

- Stavbe, grajene pred letom 1980, so tipični energijsko potratni objekti, grajeni masivno, a brez učinkovitih sistemov toplotne zaščite, kjer lahko specifična povprečna raba energije za ogrevanje presega vrednost 150 kWh/m<sup>2</sup>a. Glede na sedanjo klasifikacijo v sklopu izdaje energetskih izkaznic bi jih lahko uvrstili v razred F.
- V obdobju med letoma 1980 in 2002 se je ob zahtevah standarda in širši uporabi siste-

mov toplotne zaščite energijska učinkovitost izboljšala približno za 30 % z znižanjem potrebe po toploti za ogrevanje na skoraj 100 kWh/m<sup>2</sup>a ter z uvrstitvijo takšnih stavb v razred E.

- Prvi večji metodološki premik v samem vrednotenju energijske učinkovitosti stavb je bil v letu 2002 s sprejetjem pravilnika PZTURES (Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah). Metoda omejevanja rabe energije za ogrevanje, vrednotene na enoto ogrevane površine stavbe (razmerje  $Q_h/A_u$ , enačba 1), izhaja iz izračuna letne energijske bilance in postavlja tipično omejitev v rangu 60 do 80 kWh/m<sup>2</sup>a, s čimer se te novejšje stavbe že lahko uvrščajo v energijski razred D. Glede na prejšnje obdobje je tako zopet evidentiranih približno 30 % zaostrovanja zahtev.
- Nadaljnji korak je uvedba pravilnika PURES, ki z letom 2008 ter nato še s prenovi v letu 2010 s seboj prinaša tudi številne druge omejitve, ki presegajo zgolj zahteve po največji dopustni rabi energije za ogrevanje (razmerje  $Q_{NH}/A_u$ , enačba 2). Med drugim obravnava potrebe stavbe po energiji za hlajenje (razmerje  $Q_{NC}/A_u$ , enačba 3), potrebe po primarni energiji za delovanje sistemov (razmerje  $Q_p/A_u$ , enačba 4) ter uvajanje obveznega deleža uporabe obnovljivih virov energije pri oskrbi stavb. Pravilnik je v letu 2010 prenovljen, njegove zahteve pa predvidevajo omejitev dopustne toplote za ogrevanje stavbe na rang 50 kWh/m<sup>2</sup>a, s čimer se takšne novogradnje že lahko klasificirajo v energijska razreda B2 in C. Takšna zaostritev zahtev pa v praksi pomeni, da mora biti že najmanj učinkovita novozgrajena stanovanjska stavba nujno izvedena v nizkoenergijski tehnologiji!

- Stanje znanja, storitev in tehnike s področja stanovanjske gradnje pa v tem obdobju, kot je pričakovano, presega minimalne predpisane zahteve glede energijske učinkovitosti. Povpraševanje širšega kroga investitorjev se v tem času osredotoča na doseglo nizkoenergijskih razredov B2 in B1, torej v rangu 15 do 35 kWh/m<sup>2</sup>a. Doseganje zahtev razredov A2 in A1 v rangu 0 do 15 kWh/m<sup>2</sup>a pa predstavlja po naši trenutni oceni manj kot eno tretjino povpraševanja po energijsko učinkovitejši stanovanjski gradnji.

$$Q_h/A_u \leq 45 + 40 \times f_0 \quad [kWh/m^2a] \quad \dots (1)$$

$$Q_{NH}/A_u \leq 45 + 60 \times f_0 - 4,4 \times T_L \quad [kWh/m^2a] \quad \dots (2)$$

$$Q_{NC}/A_u \leq 50 \quad kWh/m^2a \quad \dots (3)$$

$$Q_p/A_u \leq 200 + 1,1 \times (60 \times f_0 - 4,4 \times T_L) \quad [kWh/m^2a] \quad \dots (4)$$

### 2.2 Spremembe v strukturi skupnih energijskih potreb stanovanjskih stavb

Za stanovanjsko gradnjo starejših obdobj je značilno, da prav zunanji termični stavbni ovoj diktira končno energijsko neučinkovitost objektov. Potrebe po toploti za ogrevanje lahko v stavbah prejšnjega stoletja predstavljajo tudi 70 do 80 % skupne letne rabe energije v stavbi. Prav to dejstvo je tisto, ki je vplivalo na pojmovanje splošne energetske učinkovitosti stavb kot skoraj izključno vprašanje učinkovitosti sistemov toplotne zaščite.



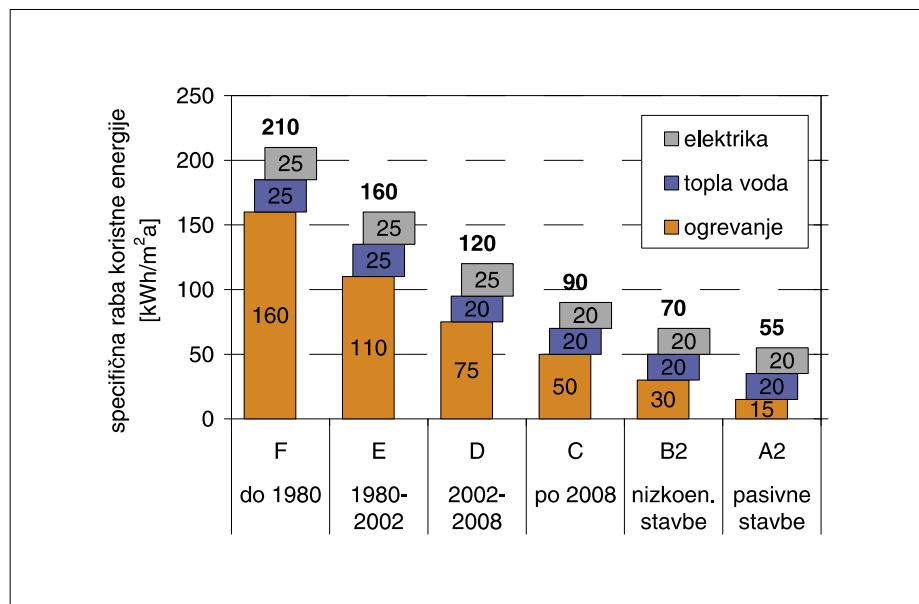
S povečanjem učinkovitosti toplotne zaščite stavbnega ovoja v zadnjem desetletju se potreba stavbe po toploti za ogrevanje praktično prepolovi (slika 1). Potrebna toplota za ogrevanje stavb predstavlja le še 50 do 60 % skupne letne rabe energije. V tem obdobju se kot pomemben segment energetskega načrtovanja izpostavijo tudi sistemi za pripravo tople sanitarne vode v stavbah, saj se je vpliv tega segmenta povečal z 10 na praktično 25 % skupne letne rabe energije za obratovanje stavbe. Poleg povečane energijske učinkovitosti sistemov ob enaki porabi tople vode ima v tem segmentu največ potenciala uvajanje obnovljivih virov energije.

V sodobnih stanovanjskih stavbah se pojmovanje energijske učinkovitosti bistveno razlikuje od pogleda, ki je značilen za klasično starejšo gradnjo. Stavbni plašč ni samo dobro toplotno zaščiten, kakovost gradnje je zagotovljena tudi z zrakotesnostjo stavbnega plašča. Ker je s tem potencial na strani transmisij toplinskih izgub izkoriščen skoraj v celoti, je nujni del stavbe za zagotavljanje energijske učinkovitosti in bivalnih pogojev sistem centralnega prezračevanja z vračanjem toplote. Nizkoenergijske in pasivne stavbe brez takšnega sistema praktično ni mogoče izvesti. Dodana (energetska) vrednost sistema pa je glede na vložena sredstva bistveno višja, kot so nadaljnja vlaganja v učinkovitost stavbnega plašča, kjer se je učinek izboljšav eksponentno že umiril.

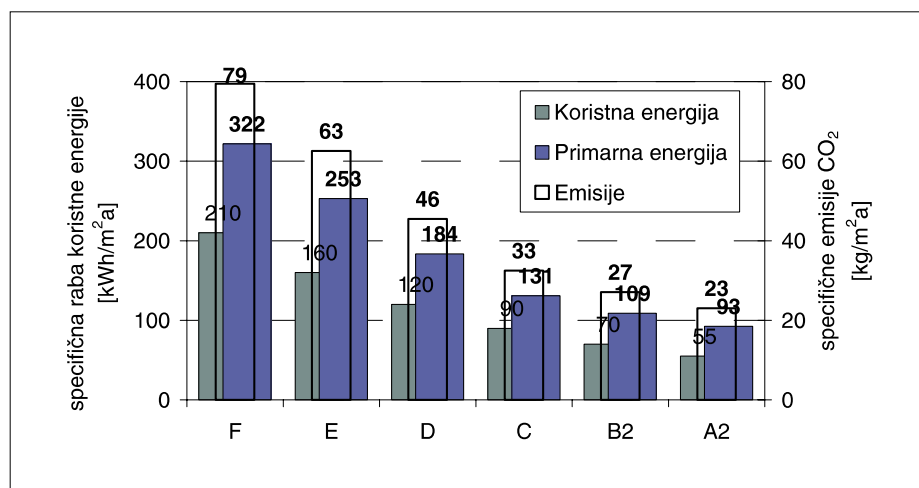
V sodobni stanovanjski stavbi je potreba po energiji za ogrevanje manjša od potrebe po toploti za pripravo sanitarne tople vode ter je obenem manjša tudi od letne porabe električne energije za obratovanje gospodinjstva in sistemov v stavbi!

V grobem lahko ugotovimo, da se je skupna letna energijska potreba stavb v prikazanih obdobjih zmanjšala za faktor 3 do 4, upad je evidentiran iz vrednosti več kot 200 kWh/m<sup>2</sup>a na z regulativo pogojenih 70 kWh/m<sup>2</sup>a ter 50 do 60 kWh/m<sup>2</sup>a, kot jih že izkazuje trenutna gradbena praksa.

V kolikor predpostavimo oskrbo stanovanjske stavbe s toploto z najpogostejše rabljenimi fosilnimi gorivi ter siceršnje preostalo rabo električne energije v stavbi lahko izdelamo oceno tudi za letno rabo primarne energije (slika 2). Zmanjševanje rabe primarne energije s povečevanjem učinkovitosti stavb lahko posledično evidentiramo v faktorju 3 do 4 od prvotne vrednosti, ki presega 300 kWh/m<sup>2</sup>a, na manj kot 100 kWh/m<sup>2</sup>a. Pri starejših stanovanjskih objektih je glede na pretežno rabo



Slika 1 • Specifična raba koristne energije po segmentih potreb tipične stanovanjske gradnje



Slika 2 • Specifična raba primarne energije in emisij CO<sub>2</sub> za tipično stanovanjsko gradnjo

energije v segmentu toplote ter nizek konverzijski faktor za goriva raba primarne energije večja od skupne rabe koristne energije za približno 50 do 60 %. Pri sodobnih stavbah pa je na račun manjšega deleža rabljenih goriv v segmentu toplote takšen razkorak lahko tudi v obsegu 70 %.

Podobna ugotovitev kot za primarno energijo velja tudi za letne emisije CO<sub>2</sub>. Glede na zmanjšanje skupne letne rabe energije po segmentih se tudi emisije CO<sub>2</sub> posledično zmanjšajo za enakovredni faktor 3 do 4.

Navedene vrednosti za primarno energijo in emisije CO<sub>2</sub> so lahko nekoliko nižje, v kolikor pri sodobnih stanovanjskih stavbah predpostavimo v segmentu generacije toplote primer uporabe učinkovitih toplotnih črpalk.

### 2.3 Mejniki na področju energijsko visoko učinkovite stanovanjske gradnje

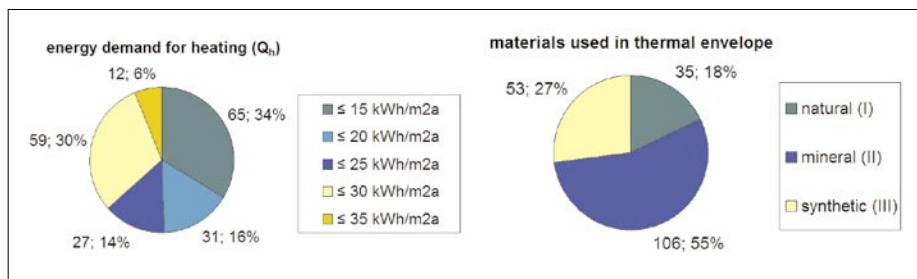
Med pomembne mejnike na področju nizkoenergijske in pasivne stanovanjske gradnje v Sloveniji zagotovo spada uvedba nepovratnih finančnih spodbud za novozgrajene objekte. V letu 2008 so bile na trgu prisotne tako potrebne tehnologije za gradnjo in izvedbo sistemov kot tudi storitve načrtovanja in izvedbe visoko učinkovitih stavb. Potrebni sta bili samo še obširnejša promocija ter finančna pobuda s strani države.

Projekt subvencioniranja energijsko učinkovite gradnje se je pričel z razpisom Ekosklada, j. s., v letu 2008. Ključne ugotovitve na temo rezultatov gradnje po tem razpisu so povzete iz literature (Praznik, 2010a). Nepovratna sredstva

so bila dodeljena za stavbe glede na doseženi razred energijske učinkovitosti (potreba stavbe po energiji za ogrevanje  $Q_h < 35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) ter pretežno uporabljene izolacijske materiale v stavbi (naravni, mineralni, sintetični) po progresivni lestvici. V času trajanja razpisa je bilo evidentiranih približno 200 stanovanjskih novogradenj, kar predstavlja približno 5 % slovenskih novogradenj iz tega obdobja (slika 3). Večinoma gre za gradnjo družinskih hiš, od katerih je bila tretjina pasivnih (A1 in A2), tretjina visoko učinkovitih nizkoenergijskih (B1) ter tretjina nizkoenergijskih (B2). Energijska učinkovitost stavb se je presojala z uporabo računske metodologije PHPP'07, ki se v evropskem prostoru uporablja za načrtovanje pasivne gradnje.

Novogradnje so bile v največjem obsegu izolirane z materiali mineralnega izvora ter so zidane izvedbe. Pri pasivnih hišah pa večji delež izvedenih objektov izhaja iz montažne ali skeletne lesene gradnje, ki so v glavnini toplotno zaščitene z izolacijskimi materiali naravnega izvora. Izvedba pasivnih stavb v takšni tehniki gradnje je pogojena predvsem z bistveno lažjim doseganjem nizkih toplotnih prehodnosti sklopov ovoja ob ohranjanju manjših debelin elementov. Sama uporaba naravnih izolacijskih materialov pa v večji meri nastopa kot posledica najvišje mogoče subvencije za takšen način izbora materialov. Opaža se tudi, da so manj učinkovite nizkoenergijske hiše pogosto izolirane z materiali sintetičnega izvora, kar kaže ne samo na varčevanje investitorjev v fazi energijske optimizacije stavbnega ovoja, temveč tudi na varčevanje z izborom cenovno najugodnejših rešitev gradnje. Takšnemu pristopu k nižjemu investiranju sledi tudi nižja finančna spodbuda.

Finančne spodbude so povzročile velik premik v obsegu učinkovite stanovanjske gradnje, saj se je leta v letu gospodarske krize povečal za faktor 10! Poleg tega pa so spodbude pomembno vplivale na dodatno prepoznavnost učinkovite gradnje ter še povečale povpraševanje po njej. Na račun tega je napredoval tudi trg ponudbe opreme in storitev, pri čemer gre izpostaviti predvsem



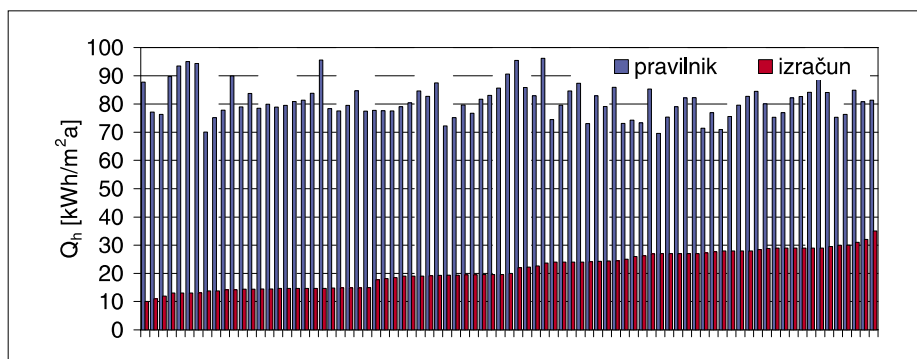
Slika 3 • Struktura grajenih energijsko učinkovitih hiš med letoma 2008 in 2009

močno izboljššan odnos in znanje arhitektov, inženirjev in izvajalcev s tega področja. Pri pripravi projektov za novogradnje je dosežen pomemben premik, saj investitorji še pred dokončnim oblikovanjem projektne dokumentacije za pasivne ali nizkoenergijske stavbe s projektantom primerno optimirajo rešitve za objekt, tako da v času izvajanja ne prihaja do odstopanj od rešitev zaradi, denimo, naložbenih razlogov.

Med ugotovitvami za skupino teh stavb lahko navedemo, da so slovenske nizkoenergijske in pasivne hiše še vedno preveliki objekti, saj njihova povprečna neto ogrevana površina presega  $200 \text{ m}^2$ . Slednje močno vpliva tudi na energijske rezultate, saj so preveliki stanovanjski objekti zaradi sprememb v energijski bilanci specifično potratnejši, kot bi bili sicer. Povprečna subvencija je znašala malo več kot  $70 \text{ EUR/m}^2$ , kar obenem predstavlja povprečno spodbudo skoraj  $13.000 \text{ EUR}$  na objekt. Najvišje spodbude za pasivne hiše iz naravnih materialov pa so znašale do  $25.000$

EUR. Povprečna subvencionirana stavba je kar štirikrat učinkovitejša od zahtev za gradnjo v času priprave projektov.

S projektom subvencioniranja pa se razvoj med letoma 2008 in 2009 ni ustavil. V letu 2010 se je program finančnih spodbud pomembno razširil tudi na preostalo področje stanovanjske gradnje (tj. na večstanovanjske gradnje), ki doslej ni sledilo napredku, ki je bil izkazan na področju družinskih hiš. Finančne spodbude so letos namenjene nakupu stanovanjskih enot v pasivnih večstanovanjskih objektih v višini  $250 \text{ EUR/m}^2$ . Po objavi razpisa so tako evidentirani številni projekti, kjer investitorji rešitve na ovoj stavb ter na instalacijah prezračevanja prilagajajo doseganju zelenega pasivnega tehnološkega razreda. Skladno z zakonodajnimi spremembami s področja energijske učinkovitosti so bili zaostreni tudi pogoji za kandidiranje družinskih hiš. Vstopni pogoj glede energijske učinkovitosti (slika 4) se je tako v tem primeru znižil z vrednosti  $Q_h < 35$  na  $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .



Slika 4 • Primerjava vrednosti  $Q_h$  za novogradnje (2008) ter omejitve vrednosti  $Q_h$  iz predpisa

### 3 • PRIMERI UČINKOVITIH SODOBNIH STAVB Z ANALIZO PARAMETROV

Za tipična primera sodobne stanovanjske gradnje, tako visoko učinkovite družinske hiše kot tudi stanovanjskega bloka, so predstav-

ljene tipične značilnosti energijske zasnove (Praznik, 2010b).

#### 3.1 Pasivna in plusenergijska družinska hiša

Prikazan je primer stanovanjskega objekta (slika 5), grajenega v pasivni tehnologiji. Gre za prostostoječo družinsko hišo kompaktne oblike, arhitekturno oblikovane skladno z lokalnimi zahtevami. V dveh ogrevanih etažah je približno  $150 \text{ m}^2$  površine, klet pa je izven

toplotnega ovoja in je neogrevana. Stavba je grajena montažno in je skoraj v celoti grajena in izolirana z materiali naravnega izvora (les in celulozni kosmiči).

Fasada in streha imata malo več kot 40 cm konstrukcije, izpolnjene s toplotno izolacijo, toplotna prehodnost znaša  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Stavbno pohištvo je iz lesa in ima trojne zasteklitve, toplotna prehodnost vgrajenih elementov znaša v povprečju  $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Stavba je oskrbovana s kompaktno napravo: sistem prezračevanja z najmanj 85-odstotno rekuperacijo odpadne toplote pri  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ , toplotna črpalka zemlja–voda moči  $3 \text{ kW}$ , talno ogrevanje v prostorih.

Računska letna energijska bilanca stavbe (slika 6) kaže na značilnosti pasivnih hiš. Največje toplotne izgube hiše so evidentirane na zunanjem stavbnem pohištvu, vendar pa ta del stavbnega ovoja s soncem pasivno zajame kar 30 % več energije, kot je letno izgublja. Po velikosti si v transmisijskih toplotnih izgubah, ki predstavljajo kar 85 % vseh toplotnih izgub, sledijo fasada, streha in tla proti kleti.

Zaradi učinkovitega centralnega prezračevanja je segment ventilacijskih toplotnih izgub relativno majhen, skupaj obsega le 15 % vseh toplotnih izgub. Pri zrakotesno grajenem stavbnem ovoju z  $n_{50} = 0,60 \text{ h}^{-1}$  še vedno predstavlja 60 % ventilacijskih toplotnih izgub nekontrolirana infiltracija skozi stavbni ovoj, preostalih 40 % pa dejansko prezračevanje stavbe s centralnim sistemom.

Približno 40 % toplotnih izgub v energijski bilanci pokrijejo pasivni solarni dobitki, nadaljnjih 35 % pa toplotni dobitki notranjih virov (približno  $3 \text{ do } 3,5 \text{ W/m}^2$ ). Pri solarnih dotokih so južno orientirana okna v prednosti, saj pridobijo dve tretjini več toplote, kot je izgublja. Vzhodno in zahodno orientirana stekla imajo podobno razmerje dobitkov in izgub. Severno orientirana stekla pa imajo toplotne izgube kar trikrat večje od toplotnih dobitkov.

Za ogrevanje stavbe je potrebno glede na energijsko bilanco dovesti le še preostalih  $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  oziroma približno  $1500 \text{ kWh/a}$  toplote. Hiša tako za ogrevanje s toplotno črpalko na letnem nivoju potrebuje približno  $400 \text{ kWh}$  električne energije, kar predstavlja strošek približno  $50 \text{ EUR}$ . Značilnost pasivnih stavb je prav tako dejstvo, da se za pripravo tople sanitarne vode potrebuje več toplote kot za ogrevanje, v tem primeru kar dvakrat več, in sicer približno  $3500 \text{ kWh/a}$ .

Kako doseči obratovalne karakteristike plus-energijskega objekta? Z različnimi arhitekturnimi in tehnološkimi pristopi smo zagotovili,



Slika 5 • Zunanji videz izdelane pasivne stavbe ter termografski posnetek iz zimskega obdobja

da stavba letno potrebuje skupaj  $5,0 \text{ MWh/a}$  toplote oziroma posledično  $1,3 \text{ MWh/a}$  električne energije. Nadaljnje energetske izboljšave teh rešitev trenutno finančno niso opravičljive. Z vidika ekonomike pa je zanimiva nadaljnja uporaba aktivnih solarnih sistemov, npr. fotovoltaika ima ob ugodni odkupni ceni električne energije vračilno dobo 10 do 15 let. Objekt ima posledično vgrajeno malo fotovoltaično elektrarno, s katero letno pridobi enkrat več električne energije ( $8 \text{ MWh/a}$ ), kot je letno potrebuje ( $4 \text{ MWh/a}$ ). Pasivna hiša se ob kombinaciji z aktivnimi sistemi tako spremeni v plus-energijski stanovanjski objekt.

### 3.2 Nizkoenergijski in pasivni večstanovanjski objekt

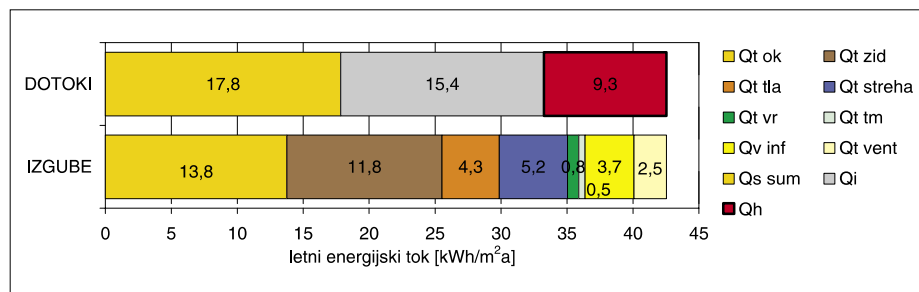
Primer večstanovanjske stavbe prikazuje možnosti za bistveno preprostejše doseganje visoke energijske učinkovitosti glede na predhodno prikazane prostostoječe družinske hiše, kar je značilnost večjih stanovanjskih objektov.

Gre za objekt (slika 7), ki je prav tako zelo kompaktno in obenem preprosto oblikovan, samo arhitekturno oblikovanje pa sledi ostrim smernicam za spomeniško zaščiteno področje mikrolokacije. V dveh etažah in mansardi ima skupaj  $970 \text{ m}^2$  ogrevanih površin, na katerih je organiziranih 18 stanovanjskih enot. Stavba je delno podkletena, vendar pa se v njej nahajajo neogrevani pomožni prostori. Vhodni del ter

stopnišče sta v sredini objekta. Sleme strehe je orientirano v smeri sever–jug. Stanovanjske enote nimajo balkonov ali podobnih elementov, kar vpliva na enostavnost in učinkovitost gradnje.

Stavba je bila sprva zasnovana kot nizko-energijska s ciljem doseganja potrebne toplote za ogrevanje v višini  $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Zunanja stena je zgrajena iz opečnih izolacijskih zidakov ter je dodatno izolirana z mineralno volno, toplotna prehodnost je  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Streha je v poševnem delu izolirana s 30 cm mineralne volne z  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ravni del pa je betonski z 20 cm mineralne volne in  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tla proti kleti in terenu so izolirana s polistirenom s toplotno prehodnostjo  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Povprečna toplotna prehodnost neprosojnega dela tako znaša nekoliko manj kot  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Okna v stanovanjskih enotah imajo trojne zasteklitve, v stopnišču pa dvojne, povprečna toplotna prehodnost vgrajenih elementov znaša  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Stavba je ogrevana s toplotno črpalko tipa voda–voda.

Za doseganje obratovalnih karakteristik pasivne gradnje je bilo potrebno v objekt uvesti samo še sistem prezračevanja prostorov z vračanjem toplote odpadnega zraka. Pri tem se je za naložbeno in obenem energetsko ugodnejšo izkazala uvedba etažnih sistemov za prezračevanje posameznih stanovanjskih enot. Glede na samo učinkovito zasnovano stavbnega ovoja ter relativno majhne trans-



Slika 6 • Segmenti iz računske letne energijske bilance pasivne stavbe



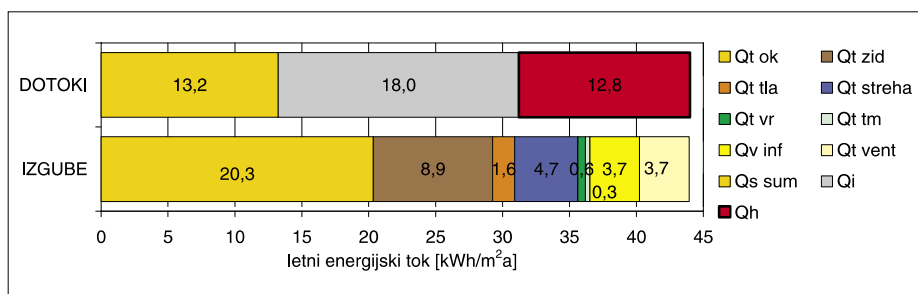
Slika 7 • Fasade in prerezi bloka, nadgrajenega in nizkoenergijskega v pasivni energijski razred

misijske toplotne izgube se je s tem ukrepom zmanjšal še preostali del ventilacijskih toplotnih izgub, skupne letne potrebe stavbe po toploti za ogrevanje pa so se zmanjšale na manj kot 15 kWh/m<sup>2</sup>a.

V letni energijski bilanci (slika 8) največji del transmisijskih toplotnih izgub povzroča stekleni del ovoja. Pri tem so zaradi manj ugodne orientacije steklenih površin (na vzhod in zahod) solarni toplotni dotoki za eno tretjino manjši od izgub. Sledijo toplotne izgube skozi fasado. Segment izgub skozi streho je občutno manj vpliven zaradi oblikovanja objekta. Toplotne izgube skozi tla pa so iz istega razloga manjše kot običajno. Delež transmisije v izgubah je nekoliko večji kot 80 %.

Toplotne izgube zaradi prezračevanja stanovanj z vračanjem toplote predstavljajo manj kot 20-odstotni delež, pri čemer sta deleža nekontrolirane infiltracije skozi ovoj z  $n_{50} = 0,60h^{-1}$  in prezračevanja stanovanj enakovredna. Ob izostanku rekuperacije bi se ta segment povečal kar za faktor 4 ter bi se s tem skoraj izenačil s transmisijo stavbnega ovoja.

Analiza dotokov nam kaže, da nekoliko oslabiljeni solarni dotoki pokrivajo 30 % skupnih toplotnih izgub, notranji viri pa nadaljnjih 40 %. Pri tem je prav za večstanovanjske objekte značilno, da intenzivnejša raba prostora bolj vpliva na učinkovitost stavbe pri ogrevanju kot v primeru manjših stavb. Gostota toplotnih virov se v takšnih primerih dvigne z običajnih 2 do 3 W/m<sup>2</sup> na kar 4 do 5 W/m<sup>2</sup>. Potrebna dodana toplota za ogrevanje tako v primeru te stavbe znaša 13 kWh/m<sup>2</sup>a.



Slika 8 • Segmenti iz računske letne energijske bilance večstanovanjske stavbe

### 3.3 Analiza vpliva ključnih segmentov energetske učinkovitosti na ekonomiko gradnje

Na primeru predhodno prikazane družinske hiše je izdelana ekonomska analiza, ki v grobem prikazuje ključne značilnosti energijsko učinkovite gradnje. Za objekt enakega arhitekturnega oblikovanja je privzetih pet različic mogoče izvedbe, kjer variacija poteka v sestavi stavbnega plašča ter instalacijah zgradbe:

1. Stavba z letno potrebo po toploti za ogrevanje približno 50 kWh/m<sup>2</sup>a v okvirih minimalnih zahtev zakonodaje. Z vidika stavbnega ovoja gre za relativno klasično montažno gradnjo, kjer prevladujeta uporaba mineralne volne ter sodobno stavbeno pohišstvo. Ogrevanje stavbe je predvideno s plinskim kotlom, centralnega sistema prezračevanja v stavbi ni.
2. Gradbeno izboljšana montažna zasnova ovoja do vrednosti 40 kWh/m<sup>2</sup>a, ki jih narekuje nova zakonodaja s področja

energetske učinkovitosti. Stavbni ovoj je nekoliko učinkovitejši, sistemi instalacij pa so enaki kot v prejšnji različici.

3. Preskok v parametre boljših nizkoenergijskih hiš z vrednostjo 25 kWh/m<sup>2</sup>a. Stavbni ovoj je enakovreden drugi različici, pri instalacijah pa sta uvedena sistem centralnega prezračevanja z rekuperacijo in talno ogrevanje s toplotno črpalko.
4. Prestop v razred pasivnih hiš z vrednostjo 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Vse rešitve na stavbnem ovojju so nekoliko izboljšane, sistem instalacij pa je enak prejšnjemu primeru.
5. Doseganje razreda t. i. »1-litrške hiše« z vrednostjo 10 kWh/m<sup>2</sup>a. Stavbni ovoj je še nadalje izboljšan, največja razlika pa se pojavlja pri stavbnem pohištvu. Instalacije prezračevanja in ogrevanja so enake zadnjima primeroma.

S povečevanjem energetske učinkovitosti stavbe se povečuje tudi naložbeni delež sistemov, s katerim zagotavljamo učinkovitost

novogradnje (sliki 9 in 10). Na konkretnem primeru znaša investiranje v gradnjo skladno z minimalnimi zahtevami predpisov o energetski učinkovitosti približno 950 EUR/m<sup>2</sup>. Naložbeni dodatek za preskok objekta v razred visoko učinkovitih nizkoenergijskih stavb znaša 70 EUR/m<sup>2</sup>. Za doseganje pasivnih karakteristik pa bi potrebovali 115 oziroma 125 EUR/m<sup>2</sup> glede na izhodiščno stanje. Investitorjem je pri tem v veliko pomoč državna subvencija, ki pokriva praktično 60 % razlike v ceni gradnje. Dobra nizkoenergijska gradnja tako stane samo 3 % več kot minimalno dopustna gradnja, pasivna pa stane 4 do 9 % več glede na obvezno.

Za plusenergijsko obratovanje pasivne stavbe je potrebno tudi investiranje v manjšo fotovoltaično elektrarno (približno 3500 EUR/kWp). Za pozitivno pokritje letnih potreb po električni energiji je tako potrebno še investiranje 90–100 EUR/m<sup>2</sup>, kar predstavlja dodatnih 9 % glede na izvedbeno ceno pasivne družinske hiše. S tem hiša dejansko postane energijsko samozadostna.

Položaj je z vidika ekonomike gradnje visoko učinkovitih večstanovanjskih stavb še toliko boljši. V obravnavanem primeru stanovanjskega bloka so gradbene rešitve na stavbnem ovoju že zagotovile izpolnjevanje novih zaostrenih zakonskih zahtev s področja energijske učinkovitosti, ki se gibljejo v razredu 30 kWh/m<sup>2</sup>a. Cena stanovanjske površine v takšnem konkretnem nizkoenergijskem objektu znaša 1200 EUR/m<sup>2</sup>.

Zmanjševanje energijske učinkovitosti stavbnega ovoja je teoretično mogoče iskati v smislu sorazmernega slabšanja vseh sklopov, npr. s ciljem prehoda s 30 na 40 kWh/m<sup>2</sup>a. Vendar pa je skupna naložba v objekt s takšnim prehodom zmanjšana samo za 1 do 2 % oziroma za približno 20 EUR/m<sup>2</sup>, kar ne opravičuje takšnega varčevalnega pristopa. Preskok v naslednji energijski razred je podoben kot pri družinskih hišah. Nadaljnja vlaganja v termični ovoj stavbe niso prioriteta, saj je njihova investirana dodatna energetska vrednost v transmisijem segmentu bistveno manjša, kot je reševanje ventilacijskih toplotnih

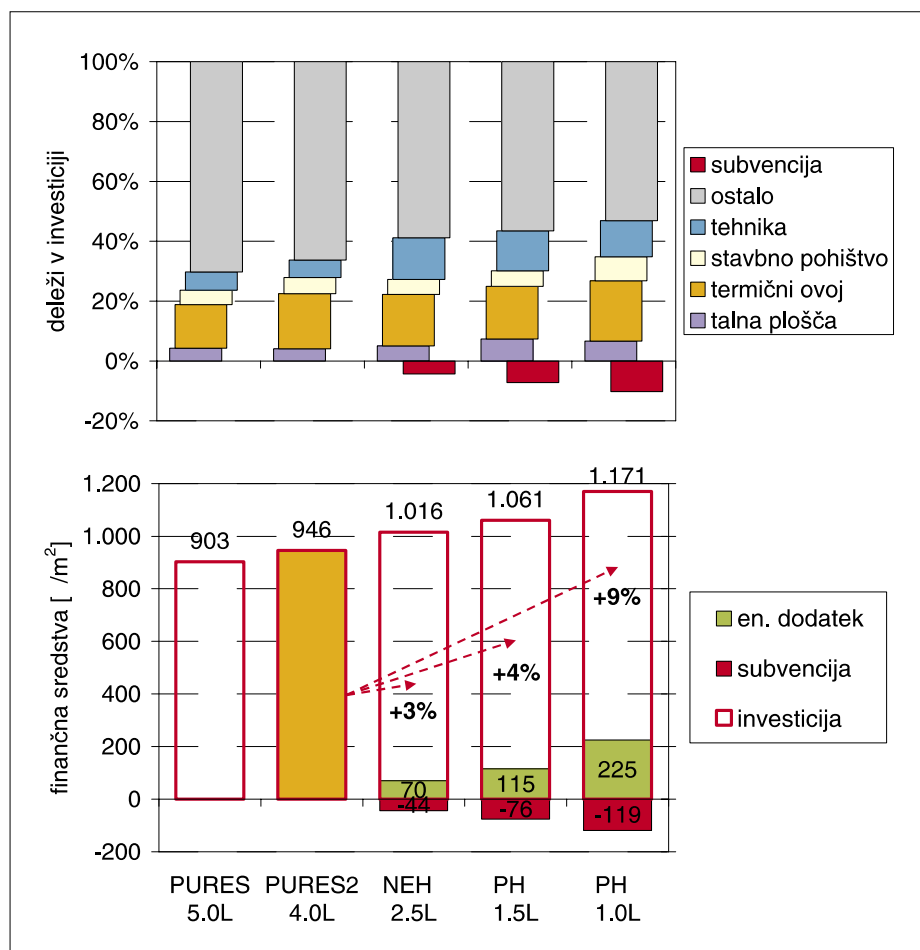
izgub. Nujna je uvedba centralnega sistema prezračevanja stanovanjskih prostorov z rekuperacijo toplote. Izvedba posameznih sistemov za stanovanjske enote zahteva naložbeni dodatek 110 EUR/m<sup>2</sup> ter kot takšna omogoča doseganje obratovalnih parametrov pasivne stavbe z manj kot 15 kWh/m<sup>2</sup>a.

Naložbeni dodatek v visoko učinkovito, tj. pasivno večstanovanjsko gradnjo znaša v tem primeru le nekoliko manj kot 10 % cene stanovanja. Glede na zastojanje večstanovanjske gradnje na področju energijske učinkovitosti pa lahko kupci stanovanjskih enot pridobijo subvencijo v višini 250 EUR/m<sup>2</sup>, ki je praktično enkrat višja od dejanskega naložbenega dodatka.

### 3.4 Analiza vpliva ključnih parametrov na energijsko učinkovitost objekta

Različni obratovalni parametri imajo različen vpliv na doseženo končno energijsko učinkovitost stanovanjskega objekta:

- Z dvigom povprečne temperature ogrevanja sodobne stavbe z 20 na 22 °C se potreba stavbe po energiji za ogrevanje poveča za 30 % (primer družinske hiše) do 40 % (primer bloka).
- Manj zrakotesna izvedba stavbnega ovoja bi v primeru karakteristik, npr. iz 0,60 v 1,2 h<sup>-1</sup>, vodila v podobno povečevanje potreb po toploti za 30 % (hiša) do 40 % (blok).
- Intenzivnejše prezračevanje prostorov s povečanjem kapacitete zraka za 50 % glede na osnovno vrednost vodi v povečevanje za 10 % (hiša) do 20 % (blok).
- Izdatnost toplotnih izvorov, ki je močno povezana z intenzivnostjo bivanja in napravami, bi v primeru 50-odstotnega zmanjšanja povzročila dvig v rabi toplote za 40 % (hiša) do 60 % (blok).



Slika 9 in 10 • Vpliv energijske učinkovitosti v naložbeni shemi za gradnjo montažne družinske hiše – po tipičnih energijskih razredih – s prikazom naložbenega dodatka

## 4 • SKLEP

Energijsko visoko učinkovita stanovanjska gradnja je postala del vsakdana. Načrtovalci morajo v postopkih optimiranja projektov pre-

poznati ustrezne rešitve v gradbenem in inštalacijskem segmentu, s katerimi zagotavljajo usklajenost investiranja dodatnih finančnih

sredstev ter njihovo maksimalno dodano energijsko vrednost. S takšnim pristopom lahko investitorjem zagotovimo, da že z vložkom dodatnih največ 10 % povečamo energijsko učinkovitost stavbe od maksimalne zakonsko dopustne, torej do pasivnega tehnološkega razreda.

## 5 • LITERATURA

Praznik, M., Kovič, S., From low energy to plus energy buildings in Slovenia, International Congress Energy and the environment 2010 – Engineering for a low-carbon future, Croatian Solar Energy Association Rijeka, Opatija, Hrvaška, strani 567–578, 18.–22. oktober, 2010a.

Praznik, M., Kovič, S., Passive house planning in Slovenia, 14th International Passive House conference 2010, Passiv Haus Institut, Dresden, Nemčija, strani 361–366, 28.–29. maj, 2010b.

# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Aleš Brodnik**, Tehnološki in organizacijski vidik gradnje z mikroarmiranimi betoni z jeklenimi vlakni, mentor doc. dr. Andrej Kryžanowski, somentor dr. Jakob Šušteršič

**Albina Haberman**, Zasnova ureditve prometa in prometnih površin v Gornjem Gradu po izgradnji obvoznice, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

**Andraž Jakopin**, Projekt jeklene poslovne stavbe, mentor prof. dr. Jože Korelc, somentor asist. dr. Peter Skuber

**Uroš Jerič**, Tehnologija izvedbe parkirne hiše na kongresnem trgu v Ljubljani po sistemu z razpornimi ploščami, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor izr. prof. dr. Jana Šelih

**Gregor Longar**, Analiza konstrukcijskih zasnov za enoprostorne jeklene hale, mentor prof. dr. Jože Korelc, somentor asist. dr. Peter Skuber

**Tjaša Majer**, Analiza strukture cene novozgrajenih stanovanj v obdobju 2008–2010 v izbranih mestnih občinah v Republiki Sloveniji, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

**Sandi Mohar**, Projekt štirietažne poslovne stavbe, mentor prof. dr. Jože Korelc, somentor asist. dr. Peter Skuber

**Mojca Mohorič**, Nosilni sistemi sodobnih lesenih ostrešij, mentor doc. dr. Jože Lopatič

**Mirsad Rizvić**, Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih EVROKOD 2, mentor doc. dr. Jože Lopatič

**Marko Sever**, Tehnoekonomska analiza gradnje velike stanovanjske soseske, mentor izr. prof. dr. Jana Šelih

**Aleš Simčič**, Analiza možnosti odlaganja viškov izkopanih materialov iz trase drugega tira Divača – Koper, mentor viš. pred. dr. Ana Petkovšek

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Peter Berglez**, Predlogi za izboljšanje mestnega potniškega prometa v Ljubljani, mentor doc. dr. Tomaž Maher, somentor viš. pred. dr. Peter Lipar

**Matej Jan**, Vpliv opečnih polnil na obnašanje armiranobetonskih okvirov, mentor izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

**Tomaž Prkič**, Potresna analiza poslovne stolpnice Emonika, mentor izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

**Denis Sraka**, Oblikovanje lastne cene večstanovanjskega objekta, mentor izr. prof. dr. Jana Šelih

**Jure Zakovšek**, Reakcije voznikov na semaforiziranem križišču z in brez odštevalnika časa, mentor doc. dr. Tomaž Maher, somentor asist. mag. Robert Rijavec

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

**Tjaša Kuclar**, Ocena masnih obremenitev onesnaženih padavinskih, odpadnih in rečnih voda zboralnika A6 v Ljubljani, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

**Alen Mejak**, Primerjava meritev pretokov na manjšem vodotoku z Dopplerjevim merilnikom in metodo razredčenja, mentor doc. dr. Mojca Šraj, somentor prof. dr. Mitja Brilly

**Sara Potočnik**, Hidravlična preveritev načrtovanih zadrževalnikov na Vzhodni Ložnici, mentor prof. dr. Matjaž Četina, somentor asist. dr. Mario Krzyk

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Dejan Malek**, Energijska in statična analiza Eko hiše v kraju Oberstorcha, mentor pred. Vesna Žegarac Leskovar, univ. dipl. inž. arh., somentor red. prof. dr. Miroslav Premrov

**Blaž Repnik**, Ozelenjen fasadni ovoj, mentor pred. Vesna Žegarac Leskovar, univ. dipl. inž. arh.

**Borut Skornšek**, Administracija gradbenih projektov: stanje v praksi in predlogi za izboljšave, mentor doc. dr. Nataša Šuman

**Davorin Žunko**, Opečne zidane stavbe, mentor viš. pred. dr. Milan Kuhta, somentor Mojca Jarc Simonič, univ. dipl. inž. grad.

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Ivo Firbas**, Geomehanska zasnova varovanja globoke gradbene jame in uporaba geomehanskih sider iz steklenih vlaken, mentor red. prof. dr. Ludvik Trauner, somentor asist. dr. Helena Vrecl Kojc

**Peter Grginič**, Projekt zadrževalnika visokih vod Hoče po ATV-A 128E, mentor red. prof. dr. Renata Jecl, somentor viš. pred. dr. Milan Kuhta

**Marko Koprivnik**, Energetska analiza ovoja objekta z uporabo izbranega 3D programskega orodja, mentor doc. dr. Tomaž Pilberšek, somentor izr. prof. dr. Dean Korošak

**Simona Kučič**, Izgradnja fekalne kanalizacije na območju Spodnje Polskave, mentor red. prof. dr. Renata Jecl, somentor Samo Leskošek, univ. dipl. inž. grad.

**Andrej Pogorelec**, Predlog ureditve potoka Kramarice v Belih Vodah, mentor red. prof. dr. Renata Jecl, somentor Matija Kroflič, univ. dipl. inž. grad.

**Darja Sabo**, Optimizacija in primerjava variantnih rešitev daljinskih cest, mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor mag. Dušan Ogrizek

**Uroš Vodušek**, Predinvesticijska zasnova "Ureditev križišča Terme Zreče", mentor doc. dr. Nataša Šuman

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

### INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

**Rok Jamnikar**, Hidravlična analiza vodovodnega sistema Rečica, mentorja red. prof. dr. Renata Jecl – FG in red. prof. dr. Duško Uršič – EPF, somentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc

**Ines Levačič**, Tehniška in ekonomska primerjava med "belo in črno kadjo" za zaščito pred vdorom vode v podzemne prostore, mentorja red. prof. dr. Ludvik Trauner – FG in doc. dr. Barbara Bradač Hojnica – EPF

**Boris Voršič**, Infrastrukturni in ekonomski vidiki uvedbe elektronskega sistema cestninjenja v prostem prometnem toku, mentorja red. prof. dr. Danijel Rebolj – FG in red. prof. dr. Davorin Kračun – EPF

**Rebeka Zorec**, Primerjava jeklenih paličnih strešnih konstrukcij, mentorja doc. dr. Simon Šilih – FG in red. prof. dr. Duško Uršič – EPF, somentor viš. pred. dr. Milan Kuhta

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

# KOLEDAR PRIREDITEV

7.-8.2.2011

**Roads, Tunnels and Bridges Middle East**

Dubaj, Združeni arabski emirati  
[www.fleminggulf.com](http://www.fleminggulf.com)

23.-24.2.2011

**Bridges Asia 2011**

Hong Kong, Hong Kong  
[www.bridges-asia.com](http://www.bridges-asia.com)

18.-20.4.2011

**International Conference on Concrete Pavement Design, Construction, and Rehabilitation**

Xi'an, Shaanxi Province, Kitajska  
[www.concretepavements.org/China\\_2011\\_cfp.pdf](http://www.concretepavements.org/China_2011_cfp.pdf)

23.-27.5.2011

**Analysis of Creep and Shrinkage Effects in Concrete Structures**

Udine, Italija  
<http://media.cism.it/courses%2FA1101%2FChiorino-Carreira-mod.pdf>

6.-8.6.2011

**Urban Transport 2011**

Pisa, Italija  
[www.wessex.ac.uk/11-conferences/urbantransport-2011.html](http://www.wessex.ac.uk/11-conferences/urbantransport-2011.html)

8.-10.6.2011

**fib Symposium: "Concrete engineering for excellence and efficiency"**

Praga, Češka  
[www.fib2011prague.com](http://www.fib2011prague.com)

13.-15.6.2011

**AMCM 2011**

**7th International Conference on Analytical Models and New Concepts in Concrete and Masonry Structures**

Krakov, Poljska  
[www.amcm2011.pk.edu.pl](http://www.amcm2011.pk.edu.pl)

15.-17.6.2011

**ICMS 2011**

**12th International Conference on Metal Structures**

Wroclaw, Poljska  
[www.icms2011.pwr.wroc.pl/index\\_pliki/Page300.htm](http://www.icms2011.pwr.wroc.pl/index_pliki/Page300.htm)

4.-6.7.2011

**EURODYN 2011**

**8th International Conference on Structural Dynamics**

Leuven, Belgija  
<http://conf.fi.kviv.be/Eurodyn2011/>

6.-8.7.2011

**Footbridge 2011**

Wroclaw, Poljska  
[www.footbridge2011.pwr.wroc.pl](http://www.footbridge2011.pwr.wroc.pl)

10.-15.7.2011

**13th International Conference on Wind Engineering**

Amsterdam, Nizozemska  
[www.icwe13.org](http://www.icwe13.org)

1.-4.8.2011

**ICASP 11 – The International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP)**

Zürich, Švica  
[www.icasp11.ethz.ch](http://www.icasp11.ethz.ch)

7.-11.8.2011

**9th Symposium on High Performance Concrete Design, Verification and Utilization**

Christchurch, Nova Zelandija  
[www.hpc-2011.com](http://www.hpc-2011.com)

4.-9.9.2011

**WEC 2011**

**World Engineers Convention**

Geneva, Švica  
[www.wec2011.ch](http://www.wec2011.ch)

20.-23.9.2011

**IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium**

London, Anglija  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

25.-30.9.2011

**24th World Road Congress**

Mexico City, Mehika  
[www.piarc.org/en/](http://www.piarc.org/en/)

3.-7.10.2011

**Mechanics of Masonry Structures**

Fisciano, Italija  
[www.cism.it/courses/C1110](http://www.cism.it/courses/C1110)

22.-25.10.2011

**The Third International Congress and Exhibition PCI Annual Convention/Exhibition & National Bridge Conference**

Salt Lake City, Utah, ZDA  
<https://netforum.pci.org/eweb/startpage.aspx?site=2010conv&design=no>

11.-14.6.2012

**Concrete structures for a sustainable community**

Stockholm, Švedska  
[johan.silfwerbrand@cbi.se](mailto:johan.silfwerbrand@cbi.se)

8.-12.7.2012

**10th International Conference on Concrete Pavements Québec City, Québec, Kanada**

[www.concretepavements.org](http://www.concretepavements.org)

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: [msg@izs.si](mailto:msg@izs.si)