

GRADBENI VESTNIK

Poštnina plačana pri
pošti 1102 LJUBLJANA

GLASILO ZVEZE
DRUŠTEV
GRADBENIH INŽENIRJEV
IN TEHNIKOV SLOVENIJE
IN MATIČNE SEKCIJE
GRADBENIH INŽENIRJEV
PRI INŽENIRSKI ZBORNICI
SLOVENIJE

SEPTEMBER
2003



Glavni in odgovorni urednik:
Prof.dr. Janez **DUHOVNIK**

Lektorica:
Alenka **RAIČ - BLAŽIČ**

Lektorica angleških povzetkov:
Darja **OKORN**

Tehnični urednik:
Danijel **TUDJINA**

Uredniški odbor:
Mag. Gojmir **ČERNE**
Gorazd **HUMAR**
Doc.dr. Ivan **JECELJ**
Jan Kristjan **JUTERŠEK**
Andrej **KOMEL**
Janja **PEROVIC-MAROLT**
Marjan **PIPENBAHER**
Mag. Črtomir **REMEC**
Prof.dr. Franci **STEINMAN**
Prof.dr. Miha **TOMAŽEVIČ**
Doc.dr. Branko **ZADNIK**

Tisk:
TISKARNA LJUBLJANA d.d.

Naklada: 2750 izvodov

Revijo izdajata ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, Ljubljana, Karlovška 3, telefon/faks: 01 422-46-22 in MATIČNA SEKCIJA GRADBENIH INŽENIRJEV pri INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE ob finančni pomoči Ministrstva RS za šolstvo, znanost in šport, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokoјence 2200 SIT; za gospodarske naročnike (podjetja, družbe, ustanove, obrtnike) 40.687,50 SIT za 1 izvod revije; za naročnike v tujini 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun se nahaja pri NLB, d.d. Ljubljana, številka:

0 2 0 1 7 - 0 0 1 5 3 9 8 9 5 5

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. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti izpisano z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
6. Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka (velike črke); imena in priimke avtorjev; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, naslov članka v angleščini (velike črke) 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 dodatki označeni še z A, B, C, itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni.
8. Slike, preglednice in fotografije morajo biti vključene v besedilo prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Slike in fotografije, ki niso v elektronski obliki, morajo biti priložene prispevku v originalu.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki [priimek prvega avtorja, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
11. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime avtorja, priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
12. 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.
13. Pod črto na prvi strani, pri prispevkih, krajših od ene strani pa na koncu prispevka, morajo biti navedeni obsežnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
14. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD.

Uredniški odbor

VSEBINA - CONTENTS

Članki, študije, razprave
Articles, studies, proceedings

Stran 206

A. Mesarič

GRADNJA VIADUKTA RADLJE

CONSTRUCTION OF VIADUCT RADLJE



Stran 216

M. Rismal

PROBLEMATIKA LASTNE ENERGETSKE OSKRBE ČISTILNIH NAPRAV

PROBLEMATICS OF SELF ENERGY SUPPLY OF WASTE WATER TREATMENT PLANTS

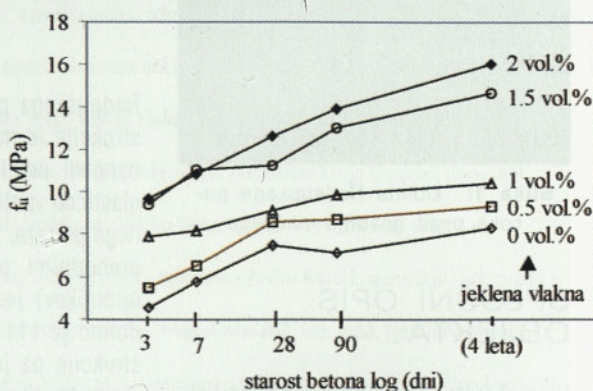


Stran 223

J. Šušteršič, A. Zajc

DUKILNOST BETONA KOT MERILO ZA PROJEKTIRANJE OBLOG PREDOROV IN RUDNIŠKIH PREHODOV

CONCRETE DUCTILITY AS A PARAMETER FOR DESIGNING OF TUNNEL AND MINE ROADWAY LININGS



Stran 230

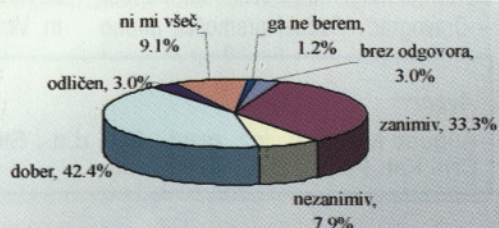
T. PAZLAR

RAZULTATI ANKETE O GRADBENEM VESTNIKU

Stran 233

J. K. Juteršek

KOLEDAR PRIREDITEV



GRADNJA VIADUKTA RADLJE

CONSTRUCTION OF VIADUCT RADLJE

STROKOVNI ČLANEK

UDK 624.21 : 625.745.1

AUGUST MESARIČ

P O V Z E T E K Članek opisuje projekt in gradnjo viadukta Radlje na radeljski obvoznici na magistralni cesti M3 Maribor–Dravograd. Prikazane so oblika objekta, značilnosti armiranobetonske konstrukcije, glavne faze in tehnologija gradnje viadukta. Viadukt je bil zgrajen leta 2003.

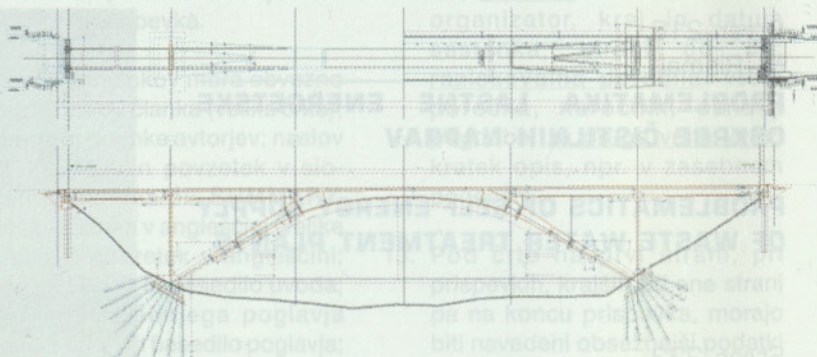
S U M M A R Y The paper describes the project and the construction of the viaduct Radlje on the by-pass road Radlje as a part of the main road M3 Maribor–Dravograd. The shape, the characteristics of the reinforced concrete structure, main phases, and the technology of the construction of the viaduct are presented. The construction of the viaduct ended in 2003.



Slika 1: Dolina Radeljskega potoka pred gradnjo viadukta

SPLOŠNI OPIS OBJEKTA

Viadukt Radlje je bil zgrajen na radeljski obvoznici magistralne ceste M3 Maribor – Dravograd. Viadukt premošča dolino



Slika 2: Tloris in vzdolžni prerez viadukta

Radeljskega potoka (slika 1). Tip konstrukcije je modificirana gazela, katere osnovni nosilni element je prostorski elastično vpeti lok spremenljivega prečnega prereza. Skupna dolžina objekta (s prehodnimi ploščami in krili krajnih opornikov) je 178 m, razpon loka nad dolino je 111 m, širina prekladne konstrukcije pa je 10,7 m. Razponi ravne prekladne konstrukcije škatlastega prereza višine 2,5 m med podporami so do 30 m. Viadukt je visok 28 m (sliki 2 in 3).

Ločni del konstrukcije je temeljen na plitvih masivnih armiranobetonskih temeljih, pod katerimi so tla ojačena z jet-groutingom, krajni oporniki pa so temeljeni globoko s piloti Benotto premera 150 cm. Prekladna konstrukcija je armiranobetonska. Prečni prerez je škatlast. Med krajnimi oporniki in lokom je prekladna konstrukcija podprta s po dvema vertikalnima stebroma spremenljivega polnega prereza. V objekt je bilo vgrajeno 3.000 m³ betona in 420 ton armature.

Avtor:

August Mesarič, inž. grad., SCT d.d., Slovenska cesta 56, Ljubljana, naslov v času gradnje viadukta
Črni Kal: Polje 12 A, 6310 Izola

Skupna površina opaža je bila 8.700 m².

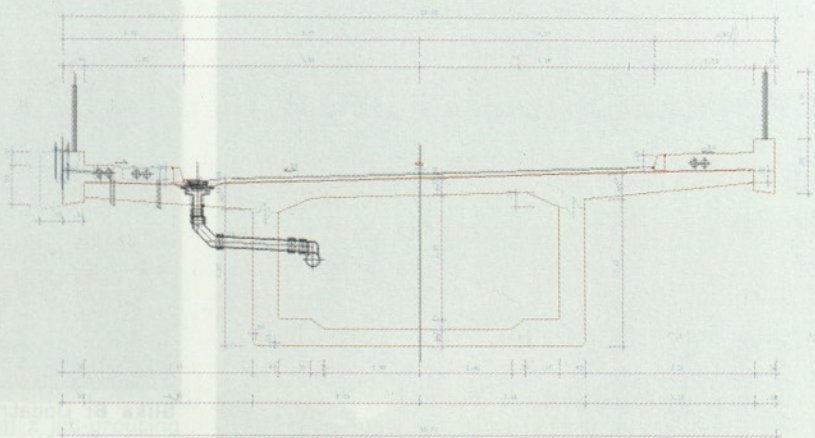
S pripravljalnimi deli na objektu se je začelo konec oktobra 2001. Kljub nizkim temperaturam in večji količini snega so se dela ob primerni zaščiti izvajala tudi v zimskem obdobju. Pri gradnji objekta, katerega konstrukcija je sorazmerno zahtevna, je bila uporabljena posebna tehnologija, ki jo je razvil izvajalec.

TEMELJENJE

Že pri izvedbi poskusnega jet-grouting kola se je pokazalo, da geološki podatki ne ustrezajo v celoti dejanskemu stanju. Da bi natančno ugotovili sestavo in vrsto temeljnih tal, smo poleg poskusnega kola (slika 4) izvedli dodatno raziskovanje temeljnih tal na mestu vmesnih opornikov s sondažnimi vrtinami (slika 5) in širokim izkopom raziskovalne gradbene jame (slika 6). Na podlagi pridobljenih podatkov je bila spremenjena dolžina jet-grouting kolov. Izvedena je bila tudi razširitev masivnih temeljev zaradi vpetja kolov, ki so bili po projektu predvideni na robu oz. zunaj temelja.

Betoniranje masivnih armiranobetonskih temeljev vmesnih podpor je bilo zaradi zelo zahtevne armature in velikih dimenzij izvedeno skozi izrezane odprtine v že nameščeni armaturi (slika 7) ter z delovnih podov med armaturo znotraj temelja. Vzporedno z vgrajevanjem betona je bila vgrajena nadomestna armatura na mestih izrezanih odprtin. Skozi te odprtine so bili odstranjeni tudi elementi delovnega poda znotraj temelja. Izvedba temeljev je bila zaradi omenjenih sprememb glede na prvotno načrtovani potek del otežkočena in upočasnjena.

Izvedena ojačitev temeljnih tal z jet-grouting koli (slika 8) na spodnjem robu brežine prispeva tudi k stabilizaciji brežin, ki so obremenjene z akcijami globokih temeljev krajnih opornikov. Globoko temeljenje krajnih opornikov je bilo izvedeno s piloti Benotto premera 150 cm in dolžine 12 m (slika 9).



Slika 3: Karakteristični prečni prerez prekladne konstrukcije

PODATKI O UDELEŽENCIH PRI GRADITVI VIADUKTA RADLJE

Investitor:	DRSC Ljubljana sofinancer občina Radlje ob Dravi
Projektanti:	Inštitut za gradbeništvo in promet Fakultete za gradbeništvo, Univerze v Mariboru, PGD, PZI, 1996, odgovorni vodja projekta dr. Franc Cafnik, univ. dipl. inž. grad. Inženirsko statični biro ISB d.o.o., Maribor, odgovorni vodja projekta Metod Kranjc, inž. grad., odgovorni projektant Darko Toplak, univ. dipl. inž. grad., sodelavka Jasna Perhovec, grad. teh.
Izvajalec:	SCT d.d. s podizvajalci, odgovorni vodja del August Mesarič, inž. grad. Projekt podporne konstrukcije: SPIT d.o.o., Nova Gorica, odgovorni projektant mag. Tomaž Habič, univ. dipl. inž. grad. – statični del in SCT d.d. Ljubljana: TE-MI, odgovorni projektant Mitja Erjavec, univ. dipl. inž. grad., sodelavec Veljko Simič, gradb. teh.; tehnični sektor – odgovorni vodja projekta naročnika Živko Kajdiž, univ. dipl. inž. grad., vodja operativne izvedbe August Mesarič, inž. grad. (grafične priloge, navodila za montažo in demontažo podporne konstrukcije, tehnologijo in faze betoniranja, programi ukrepov varstva pri delu) Tehno-ekonomski elaborat, nosilec naloge Bojan Lavrič, inž. grad.
Nadzor:	DDC Ljubljana.
Čas gradnje:	2001 – 2003



Slika 4: Odkop poskusnega jet-grouting kola



Slika 5: Dodatno raziskovanje temeljnih tal z izvedbo sondažnih vrtin



Slika 6: Dodatno raziskovanje temeljnih tal s širokim izkopom



Slika 7: Betoniranje temelja vmesnega opornika skozi odprtine, izrezane v armaturi

LOČNA KONSTRUKCIJA

Najzahtevnejši del objekta je armiranobetonska ločna konstrukcija. Lok ima dve poševni nogi delno škatlastega pravokot-

nega spremenljivega prereza, ki se v spodnjem delu razcepita in razširita, in srednji del, ki je škatlastega prereza spremenljive višine do 4,17 m. Srednji del loka je hkrati tudi osrednji del prekladne konstrukcije (slika 3).

Za izvedbo loka je bil postavljen nosilni podporni oder na armiranobetonskih temeljih (sliki 10 in 11), v katere je bilo vgrajeno 170 m³ betona MB30.

Konstrukcija podpornega odra je bila



Slika 8: Izvedena ojačitev temeljnih tal z jet-grouting koli in podložni beton za temelj vmesnega opornika



Slika 9: Izvedba globokega temeljenja krajnih opornikov s piloti Benotto premera 150 cm

sestavljena iz razpoložljive opreme izvajalca, nekaj manjkajočih elementov pa je bilo posebej izdelanih. Uporabljeni so bili podpore Sisak TC25, podpore H20, nosilci Sisak, nosilci H33, profili HEB različnih dimenzij, vijaki Dywidag premera 15 mm in večje število različnih spojin elementov (slike 12, 13, 14, 15).

Za povezavo loka v vzdolžni smeri objekta so bile izvedene dodatne vezi med posameznimi elementi H33 oziroma Sisak. Detajli montažnih stikovanj teh elementov so se izvedli deloma v varjeni deloma v vijačeni izvedbi.

Opaž (slika 16) je bil izveden iz opažnih plošč LIP Bled. Betoniranje spodnje plošče in sten višine do 3,67 m je bilo izvedeno istočasno (slike 17, 18, 19, 20). Zaradi 32-stopinjskega naklona je bila zgornja površina loka opažena hkrati z



Slika 10: Temelj podpornega odra dim. 11 x 3 x 0,5 m za ločno konstrukcijo



Slika 11: Zaščita temeljev podpornega odra s kamnito zložbo na brežinah Radeljskega potoka



Slika 12: Montaža stolpov podpornega odra ločne konstrukcije



Slika 13: Montaža stolpov in nosilcev podpornega odra centralnega dela loka



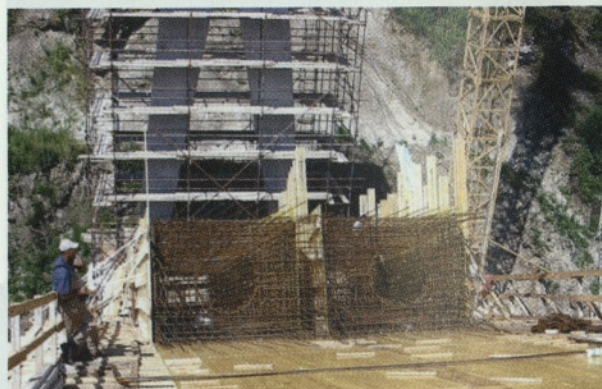
Slika 14: Montaža I nosilcev teže 46 kN na vrh stolpov podpornega odra loka kot ležišč za nosilce H33 in Sisak



Slika 15: Podpiranje centralnega dela loka



Slika 16: Podporni oder loka v fazi montaže, opaž in polaganje armature v spodnjem delu loka



Slika 17: Hkrati z opaženjem je potekalo postavljanje armature ločnih nosilcev



Slika 18: Armatura spodnje plošče in sten loka



Slika 19: Armatura in opaž loka v zaključni fazi; betoniranje sten je bilo izvedeno skupaj s spodnjo ploščo



Slika 21: Ker je bila podporna konstrukcija loka vpeta v temelje, je bila sprostitev opaža izvedena z rezanjem razpornih elementov



Slika 20: Betoniranje sten škatlastega prereza loka



Slika 22: Kontrola oprijema pred izvedbo zaščitnega premaza betonskih površin loka

betoniranjem. Zgornja plošča centralnega dela loka je hkrati voziščna plošča viadukta. Izvlačenje opaža iz škatlastega prereza je bilo izvedeno skozi dostopne odprtine premera 100 cm v prečnih stenah.

Vgrajen je bil beton MB35 OMO100. Po razopaženju, ki je bilo izvedeno s plamenskimi rezanjem razpornih elementov (slika 21), je bil zaščiten s premazom Sikagard. Pred tem je bil opravljen prekus oprijema (slika 22). Zaščitna plast betona znaša 4,5 cm. V betonsko konstrukcijo so bila vgrajena sidra za

montažo konzol Doka za izvedbo robnih vencev.

RAVNA PREKLADNA KONSTRUKCIJA ŠKATLASTEGA PREREZA

Med lokom in krajnimi oporniki je ravna prekladna konstrukcija skupne dolžine 54 in 60 m podprta z armiranobetonskimi stebroma spremenljivega polnega

prereza. Pri gradnji je bil uporabljen visokostenski tablasti opaž (sliki 23 in 24). V temelje podpornega odra ravne prekladne konstrukcije je bilo vgrajeno 100 m³ betona MB30. Podporni oder je bil zasnovan tako, da je bil na zahodni strani razpon 24 m v celoti premoščen z nosilci H33 (sliki 25 in 26 in 27), z druge (vzhodne) strani pa je bilo kljub maksimalnemu razponu nosilcev H33 (27 m) treba izvesti še vmesni stolp iz podpor TC25 (slika 28). Ostali razponi so bili premoščeni z nosilci Sisak, ki so nale-



Slika 23: Gradnja podpornih stebrov ravne prekladne konstrukcije



Slika 25: Podporni oder ravne prekladne konstrukcije izven območja loka



Slika 24: Podporni stebor ravne prekladne konstrukcije na zahodni strani



Slika 26: Podporni oder ravne prekladne konstrukcije na zahodni strani



Slika 27: Detalj naleganja H33 nosilcev na vmesno podporo



Slika 28: Podporni oder ravne prekladne konstrukcije na vzhodni strani

gali na vmesne stolpe, ki v kombinaciji z že izvedeno ločno konstrukcijo prenašajo obtežbo na začasne temelje (slika 29).

Zanimiv in najzahtevnejši del podporne- ga odra ravne prekladne konstrukcije sta vmesni podpori na ločni konstrukcij, izvedeni tako, da lok posreduje v prenosu obtežbe (slika 29). Detalj je rešen z montažo jeklenih čevljev (sliki 30 in 31), ki so bili začasno vgrajeni na spodnjo in zgornjo stran loka v ravnini stolpa. Za sidranje so bili uporabljeni specialno lepilo in vijaki »Hilti«.

Zaradi zahtevnosti konstrukcije in delne izvedbe v zimskem obdobju je bila narejena posebna študija za izvedbo ozi-

roma betoniranje pri nizkih temperaturah. V zimskem času smo za zaščito pred padavinami zgradili nadstrešnice (slika 32). Po izdelavi začasnih ležišč je sledila montaža podpornih stolpov (slika 33).

V ravno prekladno konstrukcijo je bilo vgrajeno 730 m³ betona MB35 OM0100. Za razliko od ločne konstrukcije, kjer so stene betonirane skupaj s spodnjo ploščo, je ravna prekladna konstrukcija izvedena v treh fazah in sicer:

- (1) dno škatlastega prereza – spodnja plošča,
- (2) stene škatlastega prereza in
- (3) zgornja – voziščna plošča.



Slika 29: Podpiranje ravne prekladne konstrukcije v območju loka



Slika 30: Priprava ležišča stolpa podpornega odra na ločni konstrukciji



Slika 31: Detalj sidranja stolpov podpornega odra na ločni konstrukciji



Slika 32: Pred prihajajočo zimo so se dela izvajala tudi v slabem vremenu pod začasnimi nadstrešnicami



Slika 33: Montaža stolpa podpornega odra konstrukcije nad ločno konstrukcijo



Slika 34: Merilna točka poligonske mreže

OPAZOVANJE POMIKOV PODPORNE IN AB KONSTRUKCIJE

Za podajanje osi in višin ter pozneje za opazovanje pomikov je bila postavljena mreža 9 poligonskih točk (slika 34). Na konstrukcijske elemente podpornega odra loka in temelje je bilo vgrajeno 230 merilnih točk za višinsko in tridimenzional-



Slika 35: Izvedba hidroizolacije "Servidek/Servipak" pod hodniki na centralnem delu loka na sveži beton

no merjenje oziroma opazovanje pomikov. Pomiki so bili merjeni ves čas med vsako fazo betoniranja. Značilni so bili pomiki zaradi temperaturnih sprememb posameznih delov odra, sestavljenega iz jeklenih podpor višine do 25 m in jeklenih nosilcev. Konstrukcijo se je opazovalo ves čas gradnje: pred betoniranjem, med njim, in po končani posamezni fazi. Kontroliralo in opazovalo se je posedanja in deformacije

podporne konstrukcije (posedki temeljev, vertikalnost stolpov, povese nosilcev, pomiki glavne armiranobetonske konstrukcije). Glede na že predvidena posedanja je bila podporna konstrukcija nadvišana glede na razpon nosilcev oziroma podpornih elementov odra.

Podporna konstrukcija loka je bila nadvišana do 55 mm, nadvišanje zaradi deformacije betona pa je znašalo do 60 mm, skupaj torej 115 mm. Po demontaži podporne konstrukcije so bili pomiki v centralnem delu loka pod 50% od predvidenih. Značilni so rezultati merjenja pri različnih temperaturah, ker se je pokazalo nihanje rezultatov merjenja višin loka do 10 mm.



Slika 36: Takoj po razopaženju ločne konstrukcije je bil izveden zaščitni premaz in odvodnjavanje tega dela objekta

Opazovanje višin in pomikov pri izvedbi ravne prekladne konstrukcije je bilo še posebej pomembno, ker je ločna konstrukcija posredovala pri prenosu obtežb. Stolpa podporne konstrukcije sta s spodnje strani podpirala poševni del škatlastega prereza loka, na zgornji strani pa sta bila stolpa podpornega odra v liniji spodnjih stolpov postavljena na ločni konstrukciji (slika 29 in 31). Dovoljeni vertikalni pomiki v tem delu konstrukcije so bili do 7 mm. Če bi vertikalni pomiki to vrednost presegle, je bilo predvideno dvi-



Slika 37: Z izvedbo voziščne plošče škatlastega prereza, levo in desno od loka, je bila armiranobetonska konstrukcija viadukta končana.

govanje podpornih stolpov na prvotno višino z uporabo hidravličnih dvigalk, ki bi jih vgradili na s projektom predvideno mesto. Izmerjeni so bili vertikalni pomiki velikosti do 1 mm, kar je dokazovalo varnost podpornega odra.

Nadvišanje opaža pri ravnem delu prekladne konstrukcije zaradi posedka odra je znašalo do 60 mm, nadvišanje zaradi deformacije betona pa do 10 mm, skupaj torej do 70 mm.

ZAKLJUČNA DELA

Da bi pridobili čas, smo se odločili za istočasno izvedbo ravne prekladne konstrukcije in zaključnih del (hidroizolacija, montaža robnikov, robnih vencev) na centralnem delu ločne konstrukcije. Da bi pridobili še več časa, smo se odločili za spremembo hidroizolacije pod hodniki: namesto varilnih trakov smo izbrali hidroizolacijo Servidek/Servipak, ki se lahko izvaja (pod hodniki) na sveži oziroma 2 dni star beton (slika 35).

Vzporedno z izvedbo konstrukcije se je izvajalo odvodnjavanje kakor tudi zaščitni premaz betonske konstrukcije (slika 36), ki ščiti konstrukcijo pred atmosferskimi vplivi in vplivi soljenja v zimskem času. Zaključna dela na ravnih delih prekladne konstrukcije so bila izvedena v času s primerno temperaturo. Po zgra-



Slika 38: Viadukt Radlje poleg prometne koristi pomeni tudi gradbeno zanimivost Radeljske doline.



Slika 39: Smotrno projektirana in pod strokovnim nadzorom kakovostno izvedena vitka konstrukcija s poudarjenim ločnim učinkom se odlično ujema z naravnim okoljem.

ditvi voziščne plošče na ravnem delu prekladne konstrukcije (slika 37) so bila zaključna dela izvedena tudi na tem delu objekta.

ZAKLJUČEK

Viadukt Radlje predstavlja edinstven objekt, ki ga lahko uvrstimo med najlepše in enega od največjih te vrste v Sloveniji (sliki 38 in 39). Posebnost viadukta je tehnologija gradnje, pogojena z obliko konstrukcije,

načinom temeljenja, dimenzijami mostu in projektno rešitvijo. Čeprav je v času izvajanja prihajalo do raznih problemov, ki v tem članku niso posebej obdelani, to ni vplivalo na končno kakovost objekta, ki je bil zgrajen v najkrajšem možnem roku.

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki so sodelovali in na kakršenkoli način pripomogli k zgraditvi viadukta in tistim, ki so pripomogli k objavi tega članka.

PROBLEMATIKA LASTNE ENERGETSKE OSKRBE ČISTILNIH NAPRAV

PROBLEMATICS OF SELF ENERGY SUPPLY OF WASTE WATER TREATMENT PLANTS

STROKOVNI ČLANEK

UDK 628.32 : 621.499

MITJA RISMAL

P O V Z E T E K Članek obravnava energetske bilanco in dimenzije čistilnih naprav z nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta s primarno sedimentacijo ter s proizvodnjo bioplina in brez nje.

S U M M A R Y The article describes the energy balance of nitrifying and denitrifying WWTP with and without primary sedimentation with and without biogas production.

Avtor:

prof. dr. Mitja Rismal, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana

UVOD

Pri čistilnih napravah III. stopnje za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluentov je omejitveni faktor denitrifikacije organski ogljik. Namen članka je osvetlitev in ovrednotenje bilance organskega ogljika pri nitrifikaciji in denitrifikaciji efluenta in odgovor na vprašanje, koliko ga ostane za proizvodnjo bioplina in s tem za preskrbo čistilne naprave z lastno energijo. Obravnavana je tudi tehnično ekonomska problematika teh naprav z lastno proizvodnjo energije iz bioplina.

Za enako kakovost efluenta (5,8 mgN/l) je v članku izvedena primerjava med naslednjimi vrstami čistilnih naprav:

1. Naprave brez primarne sedimentacije:
 - a) brez izkoriščanja bioplina iz proizvedenega biološkega blata.
 - b) z izkoriščanjem bioplina iz biološkega blata.

2. Naprave s primarno sedimentacijo in izkoriščanjem bioplina.

Lastnosti teh naprav so v članku obravnavane v naslednjih sklopih:

- Bilanca organskega ogljika C kot osnova za procese nitrifikacije – denitrifikacije in proizvodnjo bioplina na bioloških čistilnih napravah.
- Poraba in proizvodnja energije na čistilnih napravah s primarno sedimentacijo in brez nje.
- Prostornina reaktorjev čistilne naprave za nitrifikacijo in denitrifikacijo s primarnimi usedalniki in brez njih.
- Ekonomska primerjava obravnavanih postopkov čiščenja.

V končnih ugotovitvah je podana ocena obravnavanih naprav glede na kakovost čiščenja, varnost in zanesljivost delovanja, stabilnost proizvedenega blata, energetske samooskrbe ter investicijske

in pogonske stroške obravnavanih naprav za nitrifikacijo in denitrifikacijo.

DOLOČITEV TEHNOLOŠKIH PARAMETROV ČISTILNE NAPRAVE ZA NITRIFIKACIJO IN DENITRIFIKACIJO

Vse v članku obravnavane vrednosti so določene s spodaj navedenimi enačbami za specifično obremenitev organskega dela biološkega blata [Rismal, 1980-2000]:

$$L_{sv} = \frac{1}{\eta \cdot Y} \left[\frac{1 + k_d \theta_c F}{\theta_c (1 + k_d X'_n \theta_c F)} \right] \quad (1)$$

(kgBPK₅/kgVSS)

in specifično obremenitev celotne (organski in anorganski del) mase biološkega blata :

$$L_s = \frac{1}{\frac{1}{L_{sv}} + \theta_c \frac{C_{iin}}{C_i}} \quad (\text{kgBPK}_5/\text{kgSS}) \quad (2)$$

$$\frac{\Delta X_{vra\text{zgr}}}{PE} = 0,06 X_d Y_{\text{obs}} \quad (3)$$

Poraba kisika za oksidacijo organskega C (BPK₅):

$$O_{2C} = \eta(a + b X_d \theta_c Y_{\text{obs}} F) \quad (\text{kgO}_2/\text{kgBPK}_5) \quad (4)$$

Vzporedno s procesom nitrifikacije z avtotrofi poteka preko heterotrofov tudi proces oksidacije organskega ogljika (BPK₅). Za oksidacijo preostanka organskega ogljika pa se v anoksičnem reaktorju porabi še del v oksičnem reaktorju proizvedenega nitrata.

Na slikah 1 in 2 je v odvisnosti od starosti biološkega blata podano po zgornjih enačbah določeno razmerje med razgradljivimi in nerazgradljivimi (organskimi in anorganskimi) snovmi v blatu za naprave brez primarne sedimentacije in z njo.

Pri napravah s primarno sedimentacijo se z anorganskim izloči tudi ca. 30 % organskega onesnaženja (BPK₅), iz katerega je skupaj z biološkim blatom mogoče pridobivati bioplin. V odpadni vodi pa ostane manj organskega ogljika za denitrifikacijo (slika 2).

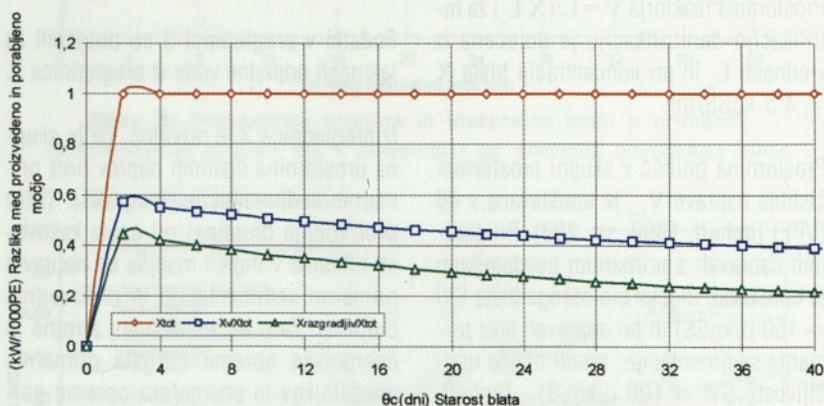
Iz slike 1 je tudi razvidno, da je v biološkem blatu naprav brez primarnih usedalnikov več mineralnih, specifično težjih delcev, kot v napravah s primarnim usedanjem. Pri teh se usedljivi mineralni in organski delci izločijo že v primarnem usedalniku. V večji vsebnosti težjih mineralnih delcev v blatu naprav brez primarnih usedalnikov je mogoče videti tudi enega od razlogov za dobro usedljivost (manjši prostorninski indeks blata SVI) blata iz teh čistilnih naprav.

REZULTATI DIMENZIONIRANJA OBRAVNAVANIH ČISTILNIH NAPRAV

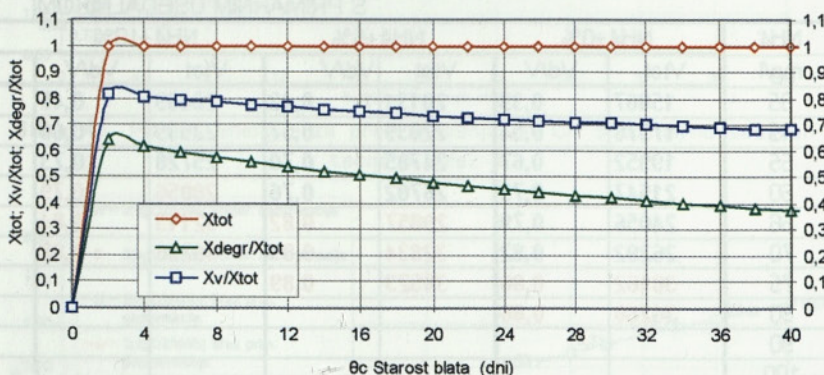
V preglednici 3 so po zgornjih enačbah za čistilno napravo s 100.000 PE brez

	Min	Org.	skupaj	BPK ₅
Usedljive snovi	100	150	250	100
Neusedljive snovi	25	50	75	50
Raztopljene snovi	375	250	625	150
Skupaj	500	450	950	300

Preglednica 1: Sestava povprečne odpadne vode



Slika 1: Razmerje med mineralnim, organskim in biološko razgradljivim delom blata iz aerobnega reaktorja pri čistilni napravi brez primarnega usedalnika



Slika 2: Razmerje med mineralnim, organskim in biološko razgradljivim delom blata iz aerobnega reaktorja pri čistilni napravi s primarnim usedalnikom

primarne sedimentacije in brez proizvodnje bioplina (slika 1) in s primarno sedimentacijo in s proizvodnjo bioplina (slika 2) določeni naslednji elementi čistilnih naprav :

- Skupna prostornina vseh elementov čistilne naprave V_{tot} (primarni usedalnik, gnilišče, reaktorji za nitrifikacijo – denitrifikacijo in naknadni usedalnik),
- razmerja med prostornino reaktorja za denitrifikacijo in denitrifikacijo V_d/V v odvisnosti od koncentracije $\text{NH}_4\text{-N}$ oziroma od razmerja $\text{NH}_4\text{-N/BPK}_5$ v surovi odpadni vodi,
- Pripadajoča starost θ_c biološkega blata in
- L_s specifična obremenitev biološke-

Način čiščenja	Obremenitve elementov čistilne naprave				
	Primarni usedalnik	Biološki reaktor	Koncentrac. NH ₄ -N dotoka	Koncentrac. Ntot iztoka	Obremenitev
	Mg(BPK/l)		Mg(NH ₄ -N/l)	Mg(Ntot/l)	Prim. usedal. Biol. reaktor
Brez primarnega usedalnika		300	55	ca 6,00	0 6000
S primarnim usedalnikom	100	200	**66	ca6,00	2000 4000

** Vrednost je povečana za 20% zaradi blatnice iz gnilišča [Imhoff, 1999, str.111 in 251]

Preglednica 2: Povprečne lastnosti odpadne vode

ga blata.

ska obremenitev naknadnega usedalnika
450 (l/m².h) – [Imhoff, 1999, str. 203].

Prostornina reaktorja $V = L/(X L_s)$ za nitrifikacijo-denitrifikacijo je določena iz vrednosti L_s in pri koncentraciji blata $X = 4,5 \text{ kgSS/m}^3$.

Prostornina gnilišč v skupni prostornini čistilne naprave V_{tot} je upoštevana s 40 (l/PE) [Imhoff, 1999, str. 283]. Pri čistilnih napravah s primarnim usedalnikom je upoštevan indeks biološkega blata $SVI = 150 \text{ (l/kgSS)}$ in pri napravah brez primarne sedimentacije, zaradi boljše usedljivosti, $SVI = 100 \text{ (l/kgSS)}$ - [Imhoff, 1999, str. 235]. Upoštevana je površin-

Podatki v preglednici 3 so določeni za lastnosti odpadne vode iz preglednice 2.

Iz preglednice 3 je razvidno, da je skupna prostornina čistilnih naprav brez primarne sedimentacije in gnilišč (brez proizvodnje bioplina) pri enaki kakovosti efluenta v mgN/l manjša od naprav s primarno sedimentacijo in proizvodnjo bioplina. Zato in zaradi manj strojne in energetske opreme (strgala primarnih usedalnikov in energetska opreme gnilišč) so tudi investicijski stroški teh na-

prav manjši od naprav s proizvodnjo bioplina.

PRESOJA MOŽNE PROIZVODNJE ENERGIJE IZ PRESEŽNEGA BIOLOŠKEGA BLATA NA ČISTILNI NAPRAVI BREZ PRIMARNEGA USEDALNIKA

Proizvodnja bioplina, ocenjena [Imhoff, 1999] na 450 l na 1kg organske mase blata, kar ustreza proizvodnji bioplina v gniliščih običajnih temperaturah in dimenzijah, po enačbi [Rismal, 1980-2000]:

$$\frac{V_{\text{bioplina}}}{\text{PE.dan}} = 450 Y_{\text{os}} X_d 0,06 (1/\text{PE.d}) \quad (5)$$

Pri približno 30% izkoristku plinskih motorjev je mogoče pridobiti iz 0,5 m³ plina približno 1kWh električne energije [Imhoff, 1999, str. 289] :

S PRIMARNIM USEDALNIKOM								BREZ PRIM. USED.	
NH ₄	NH ₄ +0%		NH ₄ +5%		NH ₄ +10%		NH ₄ +15%		NH ₄ +0%
mg/l	Vtot	Vd/V	Vtot	Vd/V	Vtot	Vd/V	Vtot	Vd/V	Vtot
35	15867	0,39	20131	0,42	20409	0,45	20701	0,47	18277
45	17576	0,54	22039	0,57	22539	0,60	23082	0,63	20434
55	19952	0,67	24785	0,70	25728	0,73	26806	0,76	23082
60	21547	0,73	26702	0,76	28056	0,79	29677	0,81	24640
66	24056	0,79	29857	0,82	32113	0,84	35047	0,87	26767
70	26292	0,82	32834	0,85	36236	0,88	41422	0,90	28372
75	30162	0,86	38523	0,89					30634
80	36260	0,86							33241
90									39881
100									49550
NH ₄	Ls	θc	Ls	θc	Ls	θc	Ls	θc	Ls
mg/l	kgBPK/kgSS	dni	kgBPK/kgSS	dni	kgBPK/kgSS	dni	kgBPK/kgSS	kgBPK/kgSS	kgBPK/kgSS
35	0,124	16,4	0,119	17,2	0,115	18,1	0,11	19,0	0,097
45	0,099	21,9	0,094	23,5	0,089	25,3	0,08	27,2	0,083
55	0,078	30,4	0,072	33,6	0,067	37,3	0,06	41,6	0,071
60	0,068	36,6	0,062	41,1	0,057	46,7	0,05	53,4	0,066
66	0,057	46,7	0,051	54,2	0,045	63,9	0,04	76,7	0,059
70	0,050	56,0	0,043	67,0	0,037	82,0	0,03	105,4	0,055
75	0,041	72,8	0,034	91,8					0,050
80	0,027	100,2							0,046
90									0,037
100									0,029

Preglednica 3: Območja nitrifikacije – denitrifikacije naprav s primarno sedimentacijo in brez nje

$$\frac{\text{kW}}{1000\text{PE}} = \frac{V_{\text{bioplina}} (\text{l/PE.d})}{500 (\text{l/kWh}) 24\text{h}} \left(\frac{\text{kW}}{1000\text{PE}} \right) \quad (6)$$

Rezultati računa proizvedenega bioplina in električne energije so podani na sliki 3.

PRESOJA MOŽNE PROIZVODNJE ENERGIJE NA ČISTILNI NAPRAVI S PRIMARNIM IN SEKUNDARNIM - PRESEŽNIM - BIOLOŠKIM BLATOM

V tem primeru se iz odpadne vode že v primarnem usedalniku izloči $X_{\text{used}} = 100 \text{ gBPK}_5/\text{l}$ ali 33,3% organskega onesnaženja (preglednica 1) in se v anaerobnem reaktorju, skupaj s presežnim biološkim blatom, predela v bioplin.

Skupna količina organske mase iz primarnega usedalnika in aeracijskega bazena na 1 kgBPK_5 za anaerobno predelavo blata znaša :

$$Y_{\text{org,tot}} = X_d Y_{\text{obsrv}} + \frac{X_{\text{used}}}{C_i} \quad (7)$$

(kgSSrg/kgBPK₅)

in proizvedena količina bioplina na 1PE

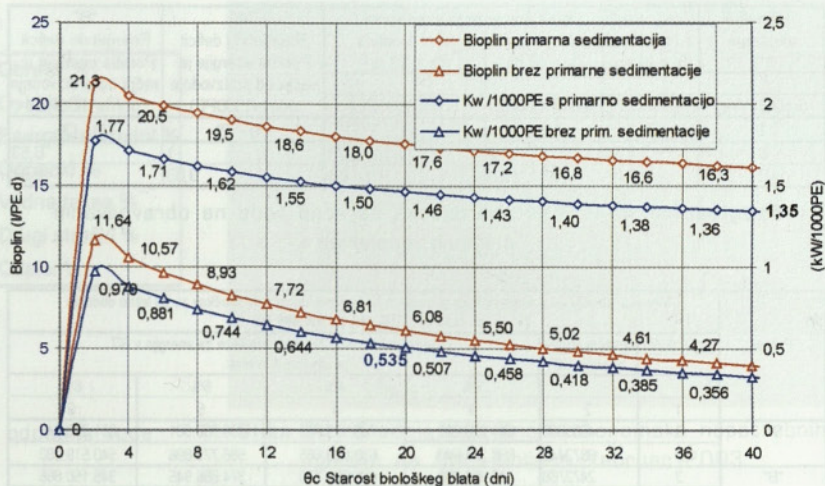
$$\frac{V_{\text{biopl}}}{\text{PE.d}} = Y_{\text{org,tot}} 0,06.450 \left(\frac{\text{l biopl.}}{\text{PE.d}} \right) \quad (8)$$

ter proizvedena moč na 1000PE:

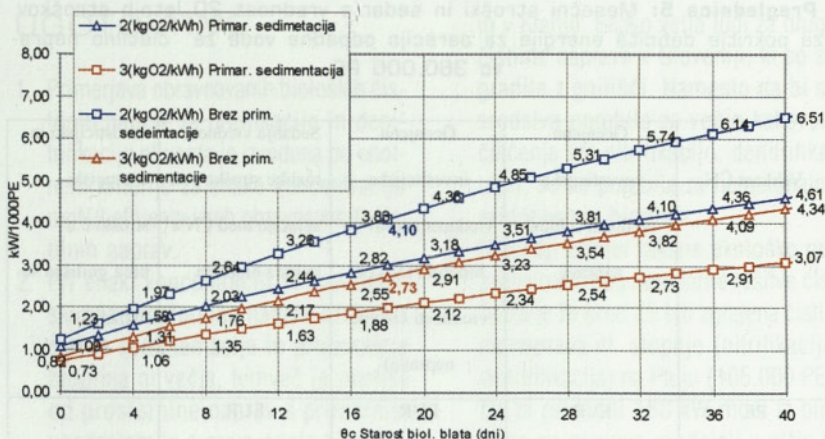
$$\frac{\text{kW}}{1000\text{PE}} = \frac{V_{\text{biopl}} (\text{l/PE.d})}{500 (\text{l/kWh}) 24\text{h}} \left(\frac{\text{kW}}{1000\text{PE}} \right) \quad (9)$$

Rezultati zgornjih enačb za proizvodnjo bioplina in porabi električne energije za aeracijo odpadne vode so podani na slikah 3, 4 in 5.

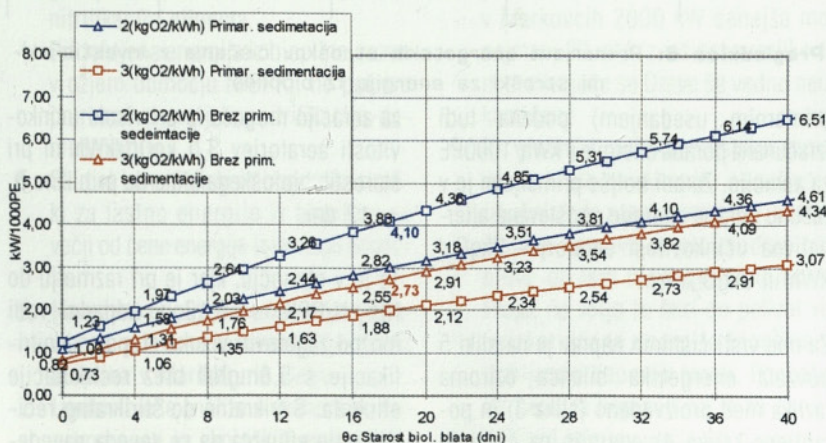
Količina bioplina po teh enačbah 20 l/PE d in električne moči 1,7 kW/1000 PE pri čistilni napravi s primarnim usedalnikom se ujema s podatki v literaturi [Imhoff, 1999, str. 289].



Slika 3: Proizvodnja bioplina in električne moči s primarno sedimentacijo in brez nje v odvisnosti od starosti biološkega blata



Slika 4: Poraba energije za prezračevanje pri ČN s primarno sedimentacijo in brez je



Slika 5: Razlika med proizvedeno in porabljeno močjo na ČN s primarno sedimentacijo in brez nje

Pri napravah brez primarne sedimentacije, kot je iz razvidno iz slike 3, pa je izračunan izkoristek bioplina in električne energije znatno nižji.

Za energetske bilanco pa je na sliki 4 za enako kakovost efluenta 5,8 (mgN/l) in za obe vrsti čistilnih naprav (brez in s

Učinek aeratorjev	Prim. used. z bioplino Tb = 40 dni	Brez primarnega usedalnika z bioplino Tb = 18 dni	Brez bioplina Tb = 18 dni	"A" Energetski deficit Poraba energije je večja od proizvodnje (kWh/1000PE)	"B" Energetski deficit Poraba energije je večja od proizvodnje (kWh/1000PE)
(kgO ₂ /kWh)	(kWh/1000PE)	(kWh/1000PE)	(kWh/1000PE)	(4) - (2)	(4) - (3)
1	2	3	4		
3	1,73	2,2	2,73	1	0,53
2	3,27	3,56	4,1	0,83	0,54

Preglednica 4: Poraba energije za aeracijo vode na obravnavanih čistilnih napravah

Primer	Mesečni stroški za pokritje deficita energije in sedanja vrednost teh stroškov za 20 letno obdobje pri ceni 18 (SIT/kWh) za 360.000 PE					
	(kgO ₂ /kWh)	Mesečni stroški energije SIT	Sedanja vrednost 20 letnih stroškov za energijo v SIT pri obrestnih merah			
			3%	4%	5%	6%
	1	2	3	4	5	6
"A"	3	4665600	841.258.602	769.925.982	706.956.501	651.228.048
	2	3872448	698.244.640	639.038.565	586.773.896	540.519.280
"B"	3	2472788	445.867.059	408.060.770	374.686.945	345.150.866
	2	2519424	454.279.645	415.760.030	381.756.510	351.663.146
Brez prim. used. in brez bioplina	3	12737088	2.296.635.984	2.101.897.930	1.929.991.247	1.777.852.572
	2	19128960	3.449.160.269	3.156.696.525	2.898.521.653	2.670.034.998

Preglednica 5: Mesečni stroški in sedanja vrednost 20 letnih stroškov za pokritje deficita energije za aeracijo odpadne vode za čistilno napravo 360.000 PE

Velikost ČN	Ocenjena investicijska vrednost celotne naprave	Ocenjena investicijska vrednost naprav za bioplin (15% od vrednosti čistilne naprave)	Sedanja vrednost razlike stroškov za aeracijo med ČN z in brez bioplina	Investicijski in energetski stroški č.n. brez gnilišča so nižji za:
PE	EUR	EUR	EUR	
100.000	11.575.856	1.736.378	723.586	1.012.791
360.000	26.257.745	3.938.661	2.604.912	1.333.749

Preglednica 6: Primerjava energetskih stroškov čiščenja z investicijskimi stroški za energijo iz bioplina

primarnim usedanjem) podana tudi izračunana poraba energije v kWh/1000PE za aeracijo. Zaradi boljše primerjave je v računu porabe energije upoštevana alternativna učinkovitost aeratorjev 2kgO₂/kWh in 3kgO₂/kWh.

Za obe vrsti čistilnih naprav je na sliki 5 povzeta energetska bilanca oziroma razlika med proizvedeno (slika 3) in porabljen (slika 4) energijo na čistilnih napravah v odvisnosti od starosti biološkega blata.

Navedeni rezultati kažejo, da je energetska samooskrba čistilne naprave z bioplino

za aeracijo mogoča le pri visoki učinkovitosti aeratorjev 3,0 kgO₂/kWh in pri starostih biološkega blata do približno $\theta_c = 12$ dni.

To je v območju, kjer je pri razmerju do NH₄-N/BPK₅ < 0,12, v odpadni vodi možno zagotoviti visoko stopnjo denitrifikacije s 5,8mgN/l brez recirkulacije efluenta. S trikratno do štirikratno recirkulacijo efluenta pa se seveda navedena denitrifikacijska sposobnost čistilne naprave ustrezno poveča.

Kot je razvidno iz slike 5, je možnost popolne samooskrbe z energijo pri

učinkovitosti aeratorjev 3kgO₂/kWh pri načrtovani nitrifikaciji – denitrifikaciji omejena na starost biološkega blata $\theta_c = 12$ dni, ki za povprečno onesnaženost odpadne vode (300mgBPK₅/l in 55 mgNH₄-N/l) ne zagotavlja načrtovane denitrifikacije na 5,8 mgNtot/l.

Podatki v preglednici 3 in na sliki 5 kažejo, da je popolna oskrba za lastno energijo pri čistilnih napravah omejena le na odpadne vode z manjšo koncentracijo NH₄-N od 35 mg/l oziroma pri manjšem razmerju od N/BPK₅ < 35/300 in pri večji starosti blata od $\theta_c = 16$ dni.

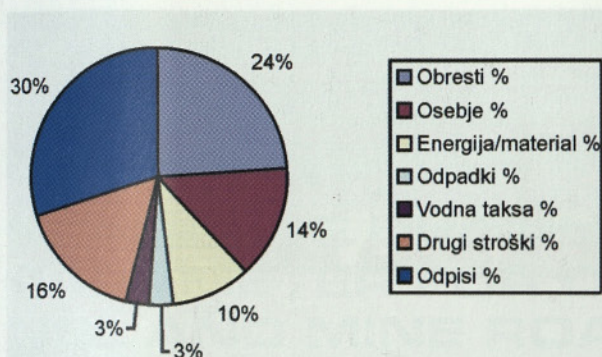
ENERGETSKI IN INVESTICIJSKI STROŠKI NITRIFIKACIJE – DENITRIFIKACIJE BREZ LASTNE PROIZVODNJE BIOPLINA IN Z NJO

Na podlagi opisane analize je v tem poglavju podana primerjava investicijskih in obratovalnih-energetskih stroškov čiščenja za naslednje vrste čistilnih naprav:

1. Naprave z aerobno stabilizacijo blata – starost biološkega blata $\theta_c = 40$ dni.
2. Naprave brez primarnega usedalnika in brez proizvodnje in izkoriščanja bioplina – $\theta_c = 18$ dni.
3. Naprave brez primarnega usedalnika z izkoriščanjem bioplina – $\theta_c = 18$ dni.
4. Naprave s primarnim usedalnikom in z izkoriščanjem bioplina – $\theta_c = 40$ dni.

V preglednici 4 so pod »A« in »B« za vse obravnavane postopke čiščenja prikazane razlike v porabi energije za prezračevanje odpadne vode.

Ob upoštevanju cene električne energije 18 SIT/kWh so v preglednici 5 podana še današnja vrednost mesečnih stroškov in sedanja vrednost dvajset letnih energetskih stroškov za aeracijo na napravah s kapaciteto Ljubljanske čistilne naprave 360.000 PE. Sedanja vrednost 20 let-



Slika 6: Struktura cene očiščene odpadne vode



Slika 7: Gradnja tehnično – ekonomsko nepotrebnih gnilišč na ČN Ljubljana, februar 2003.

nih energetskih stroškov je podana alternativno za obrestne mere od 3 % do 6 %.

Preglednica 6 vsebuje oceno investicijskih stroškov (za gnilišča) za lastno proizvodnjo električne energije iz bioplina in sedanjo vrednost dvajsetletnih stroškov za »zunanjo« energijo, s katero se morajo pri enaki kakovosti efluenta in ob povprečnem razmerju $N/BPK_5 = 55/300$ v komunalni odpadni vodi oskrbeti vse obravnavane vrste čistilnih naprav.

Primerjava med investicijskimi in energetskimi stroški kaže na to, da ob v zahtevnejših pogojih za kakovost čiščenja lastna proizvodnja energije iz bioplina na čistilnih napravah za nitrifikacijo ni ekonomična.

Glede sposobnosti za denitrifikacijo v širokem razponu razmerij med N in organskim C pa predstavljajo naprave z lastno proizvodnjo energije slabšo rešitev.

Kolikšen je pomen proizvodnje lastne energije pri čiščenju odpadnih voda, je razvidno iz nemških statističnih podatkov v diagramu na sliki 6 [Rundolf, 2003].

Največje obvladovanje širokih razponov razmerja N/C omogoča simultana aerobna stabilizacija biološkega blata pri starosti blata od 25 do 40 dni, ki pa v tem prispevku ni podrobneje obravnavana.

UGOTOVITVE

1. Primerjava obravnavanih bioloških čistilnih naprav za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta je izvedena po enotnem kriteriju za enako koncentracijo mgN/l efluenta vseh obravnavanih čistilnih naprav.
2. Pri enaki koncentraciji N v efluentu skupna prostornina naprav brez primarne sedimentacije in proizvodnje bioplina ni večja, temveč je manjša od prostornine naprav s primarnim usedanjem in s proizvodnjo bioplina.
3. Zaradi nižjega razmerja N/BPK_5 omogočajo te čistilne naprave boljšo denitrifikacijo efluenta.
4. Pridobljena energija iz bioplina, razen v ožjem območju N/BPK_5 , ne pokriva potrebne energije za nitrifikacijo-denitrifikacijo.
5. Skupni investicijski in pogonski stroški za lastno energijo iz bioplina so večji od cene energije iz javnega omrežja.
6. Navedene ugotovitve potrjujejo naprave brez primarne sedimentacije in brez bioplina v Mariboru in Celju.
7. Ugotovitve te analize o ekonomski neprimernosti in ekoloških pomanjkljivostih (nižja denitrifikacija) naprav s primarno sedimentacijo in bioplinom potrjujejo tudi inozemske in domače izkušnje na čistilnih napravah z energijo iz bioplina v Domžalah, na Ptuj

in v Kranju. Enako velja tudi za druge čistilne naprave v Sloveniji, ki so se gradile z gnilišči. Namesto da bi se sredstva porabila za večjo kakovost čiščenja (za nitrifikacijo, denitrifikacijo), so se porabila za neracionalno pridobivanje bioplina.

8. Največji primer takšne ekološko nezadostne in negospodarne rešitve čiščenja je že pred 25 leti zgrajena čistilna naprava III. stopnje (nitrifikacija, denitrifikacija) na Ptuj (105.000 PE). Da bi pridobili 180 kW moči iz bioplina so napravo predelali v nižjo II. stopnjo čiščenja, medtem ko ostaja pri čistilni napravi na dravskem jezu v Markovcih 2000 kW cenejša moč najmanj 20 m³/s z višinsko razliko 10 m prelivajoče se Drave še vedno neizkoriščene.
9. Pri gradnji ljubljanske čistilne naprave se kljub navedenim negativnim izkušnjam ta napaka ponavlja. Gradijo čistilno napravo za proizvodnjo bioplina, ob tem da je podobno kot na Ptuj, na voljo že štiri do petkrat več neizkoriščene energije bioplina na ljubljanski deponiji smeti. Pogodbena cena za napravo pa je za okoli 6 milijard tolarjev večja od naprave, ki bi bila zgrajena po tehnično-ekonomsko dognanem projektu.



Slika 8: Gradnja tehnično – ekonomsko neupravičene strojnice in gnilišč na ČN Ljubljana, februar 2003



Slika 9: Pridobivanje 25.000 m³ bioplina na dan z instalirano močjo plinskih motorjev 2,2MW na Ljubljanski deponiji smeti (februar 2003)

Pomen oznak:

L (kgBPK ₅ /d)	dnevna obremenitev čistilne naprave
L_v (kgVSS/m³)	specifična obremenitev organskega dela biološkega blata
L_s (kgBPK ₅ /kgSS)	specifična obremenitev biološkega blata
C_i (kgBPK ₅ /m³)	koncentracija organskega onesnaženja v odpadni vodi, ki ni dostopna za razgradnjo bakterijski populaciji
C_{iin} (kgSSanorg/m³)	koncentracija suspendiranih anorganskih – mineralnih snovi v odpadni vodi
C_{iin}/C_i	razmerje med koncentracijo suspendiranih anorganskih snovi in koncentracijo organskega onesnaženja BPK ₅ v odpadni vodi
X (kgSS/m³)	koncentracija biološkega blata v biološkem reaktorju
X_v (kgVSS/m³)	koncentracija organske mase biološkega blata
ΔX_v (kgVSS/m³)	lebdeči del organskega biol. blata v efluentu čistilne naprave
$X'_d = 0,8$	biološko razgradljivi del celotne organske mase biološkega blata pri $\check{c}_c = 0$ – kot produkta ekso-gene respiracije
$X'_n = 0,2$	biološko nerazgradljivi del organske mase biološkega blata kot produkta ekosogene respiracije
X_d	razgradljivi del organskega dela biološkega blata pri starosti blata $\check{c}_b$ dni
X_n	nerazgradljivi del organskega dela biološkega blata pri starosti blata $\check{c}_c$ dni
k_d (1/d)	koeficient razgradnje biološkega blata pri endogeni respiraciji
η (%)	učinek čistilne naprave
$b = 0,24$ (kgO ₂ /kgVSSd)	koeficient endogene respiracije organske mase biološkega blata.
$F = 1,072^{(T-15)}$	koeficient kinetike biokemičnih reakcij v odvisnosti od temperature čiščene odpadne vode
$T^\circ C = 10$	temperatura vode v reaktorju
Y_{obs} (kgVSS/kgBPK ₅)	specifična proizvodnja biološkega blata
θ_c (dni)	starost biološkega blata
θ_n (dni)	računska starost nitrifikantov
V_d (m³)	velikost reaktorja za denitrifikacijo
V (m³)	skupna velikost reaktorja za nitrifikacijo in denitrifikacijo
V_{tot} (m³)	skupna prostornina vseh reaktorjev čistilne naprav, ki so pomembni za presojo (primarni in sekun-

LITERATURA

- Imhoff, Ka. in Kl. R., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 29 Auflage, Oldenbourg Verlag, 1999.
- Rismal, M., Čiščenje odpadnih vod, Zapiski predavanj, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Ljubljana, 1980-2000.
- Rundolf, C., (Aachen), Stadtfeld, R., (Bonn), Oehmishen, U., (Berlin), Markdaten Abwasser 2002, Ergebnisse der gemeinsamen Umfrage zur Abwasserentsorgung der ATV-DVWK und des BGW, KA ABWASSER ABFALL, stran 491, 39. leto, št. 4, 2003.

DUKTILNOST BETONA KOT MERILO ZA PROJEKTIRANJE OBLOG PREDOROV IN RUDNIŠKIH PREHODOV

CONCRETE DUCTILITY AS A PARAMETER FOR DESIGNING OF TUNNEL AND MINE ROADWAY LININGS

ZNANSTVENI ČLANEK

UDK 691.34 : 620.17 : 624.19

JAKOB ŠUŠTERŠIČ, ANDREJ ZAJC

P O V Z E T E K Ker vlakna v mikroarmiranem betonu (MAB) ovirajo širjenje razpoke v vzdolžni in prečni smeri, zadržujejo padanje trdnosti po prvi razpoki. To je ena od osnovnih funkcij vlaken v MAB. Med gradnjo oblog predorov in rudniških prehodov kakor tudi v mnogih drugih aplikacijah se v mešanice betona dodajajo jeklena in polipropilenska vlakna. Za nadaljnje širjenje razpoke po njenem nastanku je potrebna večja energija zaradi vzajemnega premostitvenega učinka obeh vrst vlaken. Na ta način se povečujeta žilavost in duktilnost MAB. S starostjo se povečuje trdnost betona. Čim višja je trdnost betona, bolj krhka je njegova porušitev. S starostjo pa se povečuje tudi učinkovitost vlaken v MAB, in sicer zaradi izboljšanja sprijemnosti med vlakni in strjeno cementno pasto. Rezultati naših raziskav kažejo, da se žilavost MAB z jeklenimi vlakni zmanjšuje do 28 dni, po tej starosti pa se zmerno povečuje. V članku obravnavava duktilno obnašanje MAB z različnimi prostorninskimi deleži jeklenih vlaken in njihovo žilavost, ki sva jo merila in izračunala po metodi ameriškega standarda ASTM C 1018 (indeksi žilavosti) in japonskega standarda JCI-SF4 (ekvivalentna trdnost).

S U M M A R Y Because the crack propagation in the length direction as well in the width direction is prevented by presence of fibres in fibre reinforced concrete (FRC), fibres keep strength from falling after the first crack. This is one of the fundamental functions of fibres in concrete. In tunnel and mine roadway constructions, as well as in many others applications, both steel and polypropylene fibres are added in concrete mixtures. Higher energy is needed for further crack propagation after the first crack because of the mutually bridging effect of both fibres. Therefore, the increase of toughness and ductility of FRC has been reached. Strength of concrete increases with its age. The higher is the strength of the concrete, the more brittle is its response. However, the efficiency of fibres in the FRC is increased too with the age, because the bond between fibres and hardened cement paste has improved. The results of our investigations show that the toughness of SFRC decreases up to 28 days, and after that time it increases moderately. In the paper, ductile behaviour of steel fibre reinforced concrete with different volume percentage of steel fibres, and their toughness, respectively, is discussed. Toughness is measured and calculated according to the standard test methods of ASTM C 1018 (toughness indices) and JCI-SF4 (equivalent strength).

Avtorja:

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. gradb., IRMA Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije, Slovenčeva 95, 1000 Ljubljana; jakob.sustersic@guest.arnes.si
doc. dr. Andrej Zajc, univ. dipl. fiz., IRMA Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije, Slovenčeva 95, 1000 Ljubljana; andrej.zajc@guest.arnes.si

UVOD

Vpliv vlaken postane viden takoj po nastanku prve razpoke v matrici. V nadaljevanju, ko še deluje zunanja obtežba, se sprostí začetna energija s povečanjem širine in dolžine razpoke. Prisotna vlakna premoščajo razpoko in ovirajo njeno širjenje. Zato se v mikroarmiranem betonu (MAB) absorbira energija oziroma se povečuje njegova žilavost. Vlakna prenašajo notranje napetosti iz enega na drugi del razpokane matrice. Zaradi tega se odpirajo nove razpoke, ki pa so tanjše in krajše. Količina sproščene energije je dosti manjša oziroma žilavost MAB je dosti večja v primerjavi z žilavostjo betona brez vlaken.

Površina pod diagramom sila – pomik je mera za absorbirano energijo, ki je potrebna, da se doseže določeni pomik in vodi h konceptu žilavosti MAB. Ta žilavost se lahko uporablja za določitev ekvivalentne upogibne trdnosti $\bar{\sigma}_b$, ki je potrebna za izračun nosilnosti MAB oblog predorov in rudniških prehodov ter drugih konstrukcijskih MAB elementov [Deutscher Beton – Verein E.V., 1997a], [Deutscher Beton – Verein E.V., 1997b].

Ekvivalentna upogibna trdnost do upogiba $L/150 = 2$ mm (razdalja med podporama $L = 300$ mm) se računa v sk-

ladu z japonskim standardom JCI-SF4 [Japan Concrete Institute, 1983] po enačbi (1), ki je podana v nadaljevanju v poglavju: Ekvivalentna trdnost v skladu z JCI-SF4. Preskušajo se prizme z dimenzijami $10 \times 10 \times 40$ cm in z zarezo na sredini razdalje med podporama. Globina zareze je 5 cm. Na preskušane deluje koncentrirana sila na sredini razdalje med podporama, kjer se meri tudi upogib. $\bar{\sigma}_b$ se izračuna iz diagramov obtežba – upogib, ki so kot primer podani na sliki 1 [Šušteršič, 1999].

VPLIV DODANIH VLAKEN NA POVEČANJE ABSORBIRANE ENERGIJE IN NA PREPREČEVANJE ŠIRJENJA RAZPOK V MAB

Duktilno obnašanje MAB z jeklenimi vlakni se izboljšuje tudi z dodajanjem polipropilenskih vlaken. Na ta način je ojačena mikrostruktura strjene cementne paste že v sami osnovi in širjenje razpoke je ovirano že na tem nivoju. Za nadaljnje širjenje je potrebna večja energija. Zato se lahko pričakuje povečana žilavost in duktilnost MAB, ko se v isto mešanico dodajajo skupaj jeklena in polipropilenska vlakna.

Vzajemni vpliv jeklenih in polipropilenskih vlaken se je ocenjeval z ekvivalentnimi trdnostmi pri širini razpoke 1, 2, 3 in 4 desetinke mm, izračunanih iz diagramov obtežba – širina odpiranja razpoke (ŠOR) mikroarmiranega betona z jeklenimi vlakni (MAB-JV) in mikroarmiranega betona z jeklenimi in polipropilenskimi vlakni (MAB-JPV) [Šušteršič, 1999]. MAB-JPV je imel 0,05 vol. % polipropilenskih vlaken z dolžino 20 mm. Oba betona (MAB-JV in MAB-JPV) sta imela enako količino (0,5 vol. %) jeklenih vlaken z dolžino 32 mm in faktorjem oblike 64. Sestavi obeh betonov sta bili enaki ($v/c = 0,40$, cement = 400 kg/m³, superplastifikator = 2 mas. % od mase cementa, drobljeni dolomitni kameni agregat iz kamnoloma Paka: frakcija 0/4 mm = 50 % in frakcija 4/8 mm = 15 %, prodnati kameni agregat iz separacije Šentjanž: frakcija 8/16 mm = 35 %).

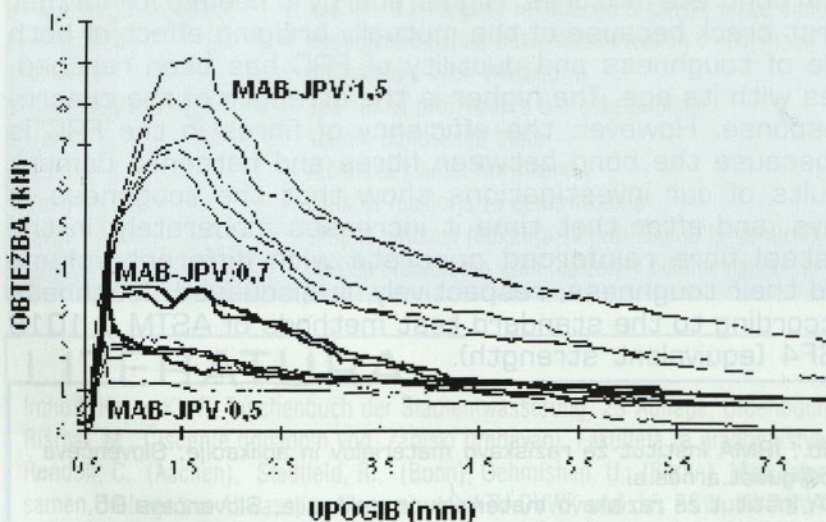
Diagrami obtežba – ŠOR so se dobili pri preskusu po metodi cepitve s klinom, ki sta jo razvila Tschegg in Linsbauer [Tschegg, 1986], [Linsbauer, 1986], [Tschegg, 1990], [Tschegg, 1991].

Absorbirana energija se izraža kot produkt obtežbe in širine odpiranja razpoke (ŠOR). Če se ta absorbirana energija deli s ŠOR, se dobi povprečna obtežba do določene širine razpoke (ŠR). Ekvivalentna trdnost do določene širine razpoke ($\bar{S}R = 1, 2, 3$ in 4 desetinke mm), ki je povprečna obtežba do ŠR, pomeni indeks žilavosti.

Ekvivalentne trdnosti MAB-JPV so večje od ekvivalentnih trdnosti MAB-JV (slika 2) pri določenih širinah razpoke. MAB-JPV izkazuje večjo odpornost proti širjenju razpoke. Ekvivalentne trdnosti MAB-JV in MAB-JPV so večje pri tanjših razpokah.

VPLIV STAROSTI NA DUKTILNO OBNAŠANJE MAB-JV

Trdnost strjene cementne paste narašča z zniževanjem vrednosti v/c in na-



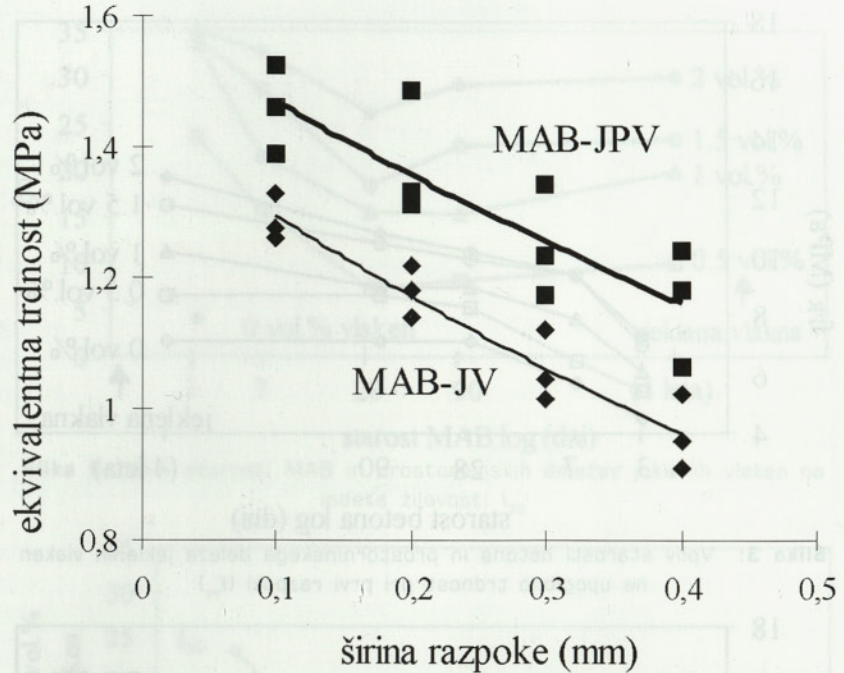
Slika 1: Diagrami obtežba – upogib MAB [Šušteršič, 1999]

raščanjem stopnje hidratacije cementa [Van Breugel, 1995]. Če pa v cementni pasti ni zadosti vode, bo stopnja hidratacije nižja. Eksperimentalni podatki [Danielsson, 1960] in izračunane vrednosti [Van Breugel, 1995] kažejo, da je stopnja hidratacije nižja v cementni pasti z manjšo vrednostjo v/c v primerjavi s starostjo paste. V cementni pasti z manjšo vrednostjo v/c je potrebna uporaba superplastifikatorja, da se doseže enakomerna porazdelitev delcev cementa in da je na voljo zadosti vode za popolno hidratacijo.

Strjena cementna pasta povezuje zrna agregata in vlakna v MAB. Stično območje med cementno pasto in agregatnimi zrni ali vlakni vsebuje mikropore – enako kot cementna pasta – s premeri od 0,045 do 0,1 mm, prav tako pa tudi makro-pore s premeri od 0,1 do 5 mm [Bourdette, 1995]. Zato je trikrat bolj porozno kot cementna pasta [Scrivener, 1988]. Toda poroznost stičnega območja se s časom zmanjšuje, medtem ko cementna pasta ohranja bolj ali manj enako poroznost [Bourdette, 1995]. Ta pojav se lahko razloži z difuzijo ionov vode, zaradi gradienta poroznosti od cementne paste proti stičnemu območju [Maso, 1980], [Scrivener, 1980]. To omogoča, da nehidratizirani delci cementa hidratizirajo, zato se zmanjšuje poroznost stičnega območja. Ker cementna pasta vsebuje manj vode kot stično območje, je kinetika hidratacije cementne paste manjša in njena poroznost se s staranjem betona znatno ne spreminja.

Prehodno območje se bo z dodajanjem mikrosilike, elektrofiltrskega pepela ali žlindre še bolj zgostilo. Kalcijev hidroksid (CH) v stičnem območju med zrni agregata ali vlaken in cementno pasto se bo z dodajanjem mikrosilike ali elektrofiltrskega pepela spremenil v kalcijev silikat hidrat – CSH gel.

Vsi opisani pojavi vplivajo na spreminjanje lastnosti MAB med njegovim staranjem. V nadaljevanju bo na konkretnem primeru laboratorijskih preiskav obra-



Slika 2: Korelacija med širino razpoke in ekvivalentno trdnostjo MAB-JV in MAB-JPV

navnan vpliv starosti MAB z jeklenimi vlakni na rezultate upogibne trdnosti in duktilnega obnašanja (žilavost, izračunana po standardiziranih metodah v ASTM C 1018 in JCI-SF4) [Šušteršič, 2000].

UPORABLJENI MATERIALI IN SESTAVE MEŠANIC LABORATORIJSKIH BETONOV

Za pripravo vseh mešanic laboratorijskih betonov sva uporabila naslednje mate-

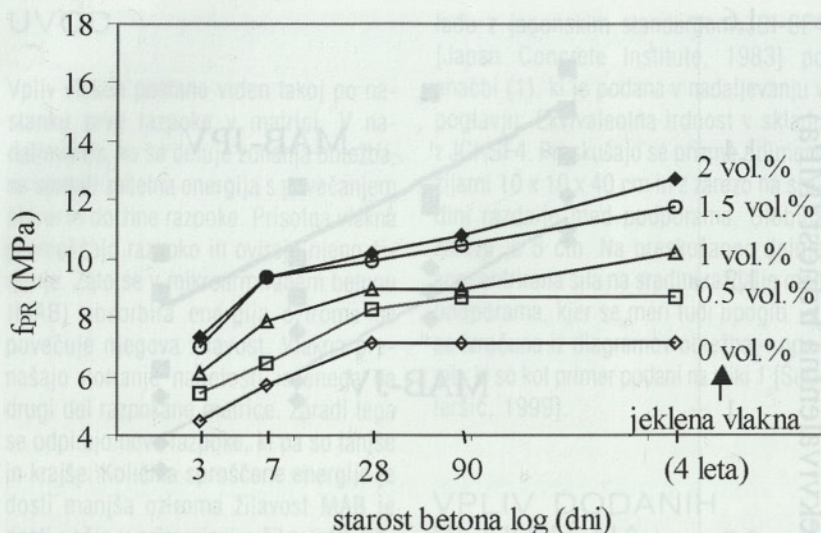
riale: portland cement, mikrosiliko, superplastifikator, aerant, drobljeni prodnati in erupivni agregat z $D_{max} = 16$ mm ter jeklena vlakna dolžine 32 mm in s faktorjem oblike $l/d = 64$. Sestave so podane v preglednici 1.

S povečevanjem količine vlaken se je poslabšala obdelovalnost MAB, kar kažejo rezultati meritev konsistence svežega MAB (zadnji stolpec v preglednici 1). To pomeni, da je za dobro vgrajeni MAB z večjo količino vlaken potrebna večja energija zgoščevanja.

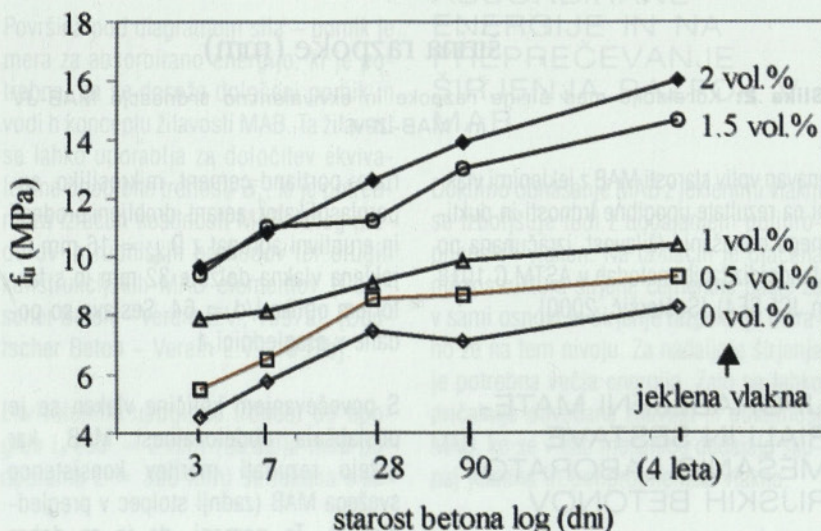
oznaka MAB	cement (kg)	jeklena vlakna (vol.%)	konsistenca (VEBE –indeks)
I/0	320	0,0	7,0
I/0.5	330	0,5	8,4
I/1	348	1,0	15,0
I/1.5	375	1,5	27,0
I/2	393	2,0	40,0

KONSTANTE: v/c = 0,35; mikrosilika = 8,5 mas % od mase cementa; agregat: drobljeni prodnati - frakcija 0/4 mm (42 %), drobljeni erupivni –frakcije: 4/8 mm (18 %), 8/11 mm (16 %) in 11/16 mm (24 %); superplastifikator = 2 mas.% od mase cementa; aerant = 0,1 mas.% od mase cementa.

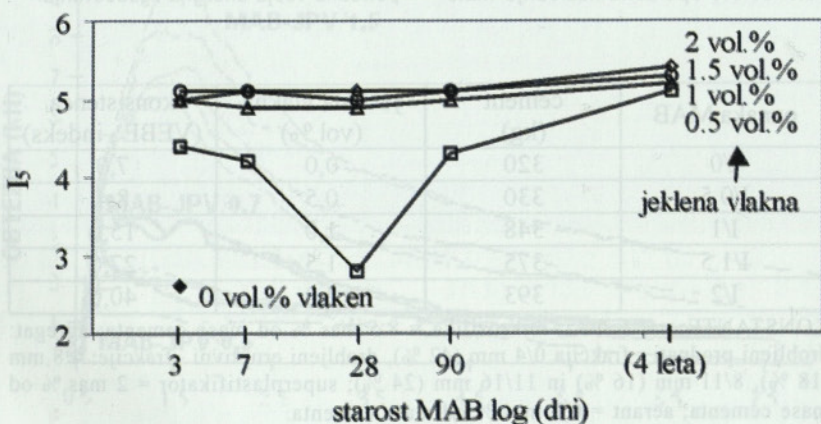
Preglednica 1: Sestave (za 1 m³ vgrajenega MAB) in konsistenca svežega MAB



Slika 3: Vpliv starosti betona in prostorninskega deleža jeklenih vlaken na upogibno trdnost pri prvi razpoki (f_{PR})



Slika 4: Vpliv starosti betona in prostorninskega deleža jeklenih vlaken na največjo upogibno trdnost (f_u)



Slika 5: Vpliv starosti MAB in prostorninskega deležev jeklenih vlaken na indeks žilavosti I_5

Kocke in prizme iz MAB sva hranila do dneva preiskave pri starosti MAB 3, 7, 28 in 90 dni v vodi s temperaturo $+20 \pm 2^\circ\text{C}$. Kocke in prizme, ki sva jih preiskala pri starosti MAB 4 leta, sva po 90 dneh hranila v zaprtem prostoru z enako temperaturo zraka in približno 60 % relativno vlažnostjo.

TRDNOSTI

Ugotovljeni rezultati tlačne trdnosti MAB kock z robom 20 cm so v obravnavanem primeru v področju od 60 MPa pri starosti 3 dni do čez 100 MPa pri starosti 4 leta. Vsebnost jeklenih vlaken nima vidnega vpliva na tlačno trdnost. Po drugi strani pa postane vpliv vsebnosti jeklenih vlaken očiten, ko se obravnavajo upogibne trdnosti. Največja upogibna trdnost (f_u) je bolj občutljiva za vsebnost jeklenih vlaken (slika 4) kot upogibna trdnost pri prvi razpoki (f_{PR}) (slika 3). Obe trdnosti pa bolj ali manj naraščata s starostjo betona.

INDEKSI ŽILAVOSTI V SKLADU Z ASTM C 1018

Indeksi žilavosti I_n se izračunajo kot razmerje med površino pod diagramom obtežba-upogib do upogibov, ki so $(n+1)/2$ kratniki upogiba pri prvi razpoki (δ_{PR}) in med površino pod diagramom obtežba-upogib do δ_{PR} . Pri indeksih žilavosti I_n ($n = 5, 10, 20$ in 30) se ocenjuje duktilno obnašanje MAB z jeklenimi vlakni do 3; 5,5; 10,5 in 15,5 krat upogib pri prvi razpoki. Med indeksih žilavosti I_5 MAB z jeklenimi vlakni od 0,5 do 2 vol.% (slika 5) ni bistvenih razlik, očitna razlika pa je razvidna, ko se izračunajo indeksi žilavosti I_{30} (slika 6).

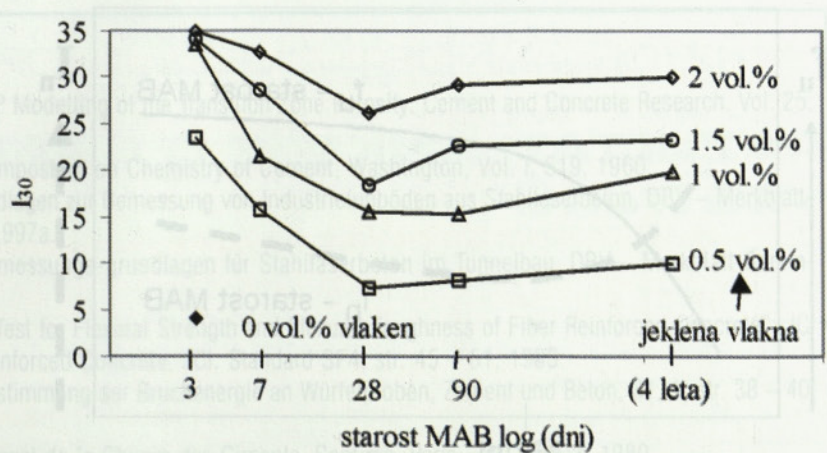
Vrednosti I_5 MAB z 0,5 vol.% vlaken se hitro zmanjšujejo do starosti 28 dni, nato pa se povečujejo do starosti 4 leta (slika 5). Zmanjševanje do 28 dni in nato povečevanje vrednosti indeksa I_5 pa je zmernejše pri MAB z večjimi pros-

torninskimi deleži. Največje vrednosti I_5 vseh preiskovanih MAB so bile ugotovljene pri starosti 4 let.

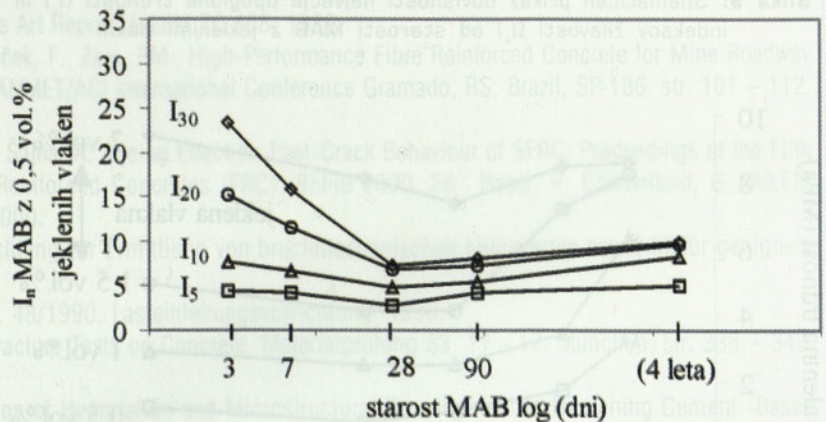
Vrednosti I_{30} vseh MAB se do 28 dni precej zmanjšujejo, potem pa je njihovo povečevanje zmerno, tako da so vrednosti I_{30} pri starosti 4 let nekoliko manjše od vrednosti I_{30} pri starosti 7 dni (slika 6). Po pričakovanju je bilo pri starosti 4 let doseženo minimalno povečanje vrednosti I_{30} MAB z 0,5 vol.% vlaken. Zaradi majhnega deleža vlaken v betonu je doseženo znatno zmanjšanje vrednosti večjih indeksov žilavosti do 28 dni, medtem ko je zmanjševanje manjših indeksov zmernejše (slika 7). Vse vrednosti indeksov MAB z 0,5 vol.% vlaken zmerno naraščajo po 28 dneh. Razlike med indeksi pri starosti 3 dni so večje kot pri starejših MAB z 0,5 vol.% vlaken.

Spreminjanje indeksov žilavosti MAB z 2 vol.% vlaken ni toliko očitno, kot je to pri MAB z manjšimi prostorninskimi deleži jeklenih vlaken (slika 8). Večji prostorninski deleži vlaken imajo velik vpliv na duktilno obnašanje MAB. Zato ostajajo vrednosti manjših indeksov žilavosti skoraj enake pri vseh starostih MAB. Samo indeks I_{30} izkazuje znatno spremembo, ker se pri izračunu upošteva relativno največja površina pod diagramom obtežba – upogib (do 15, 5 δ_{pp}). Indeksi I_5 do I_{20} dosežejo največje vrednosti pri starosti 4 let, medtem ko I_{30} doseže največjo vrednost že pri starosti MAB 3 dni. Kljub temu narašča po 28 dneh in doseže vrednost pri starosti 4 let, ki je manjša od vrednosti pri starosti 7 dni (slika 8).

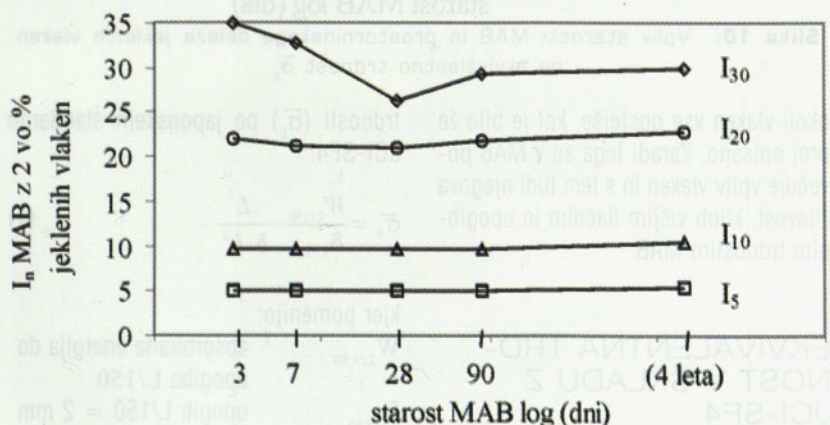
Ugotovljeni rezultati raziskav indeksov žilavosti po ASTM C 1018 kažejo, da se žilavost MAB zmanjšuje do starosti 28 dni in po tej starosti žilavost MAB ponovno narašča (slika 9). Trdnost MAB s starostjo narašča, zato postaja njegov odziv s starostjo vse bolj krhek, toda samo do starosti 28 dni (slika 9). Zdi se, da se sprijemnost jeklenih vlaken s strjeno cementno pasto izboljšuje od starosti 28 dni naprej, ker postaja stično območje



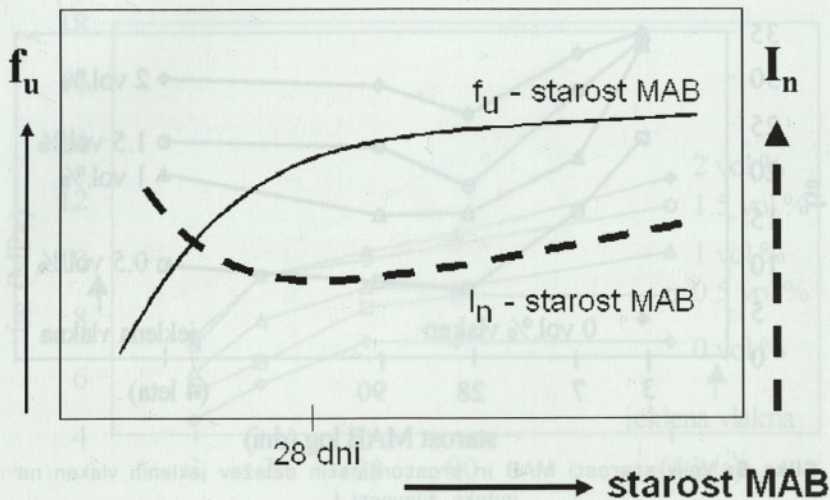
Slika 6: Vpliv starosti MAB in prostorninskih deležev jeklenih vlaken na indeks žilavosti I_{30}



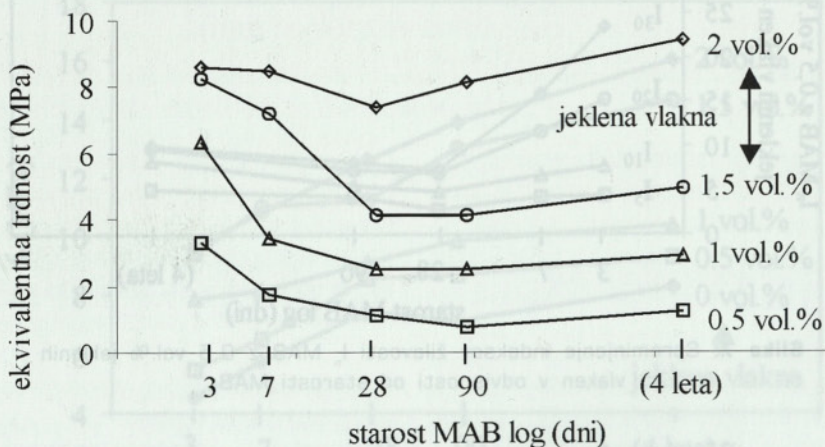
Slika 7: Spreminjanje indeksov žilavosti I_n MAB z 0,5 vol.% jeklenih vlaken v odvisnosti od starosti MAB



Slika 8: Spreminjanje indeksov žilavosti I_n MAB z 2 vol.% jeklenih vlaken v odvisnosti od starosti MAB



Slika 9: Shematičen prikaz odvisnosti največje upogibne trdnosti (f_u) in indeksov žilavosti (I_n) od starosti MAB z jeklenimi vlakni



Slika 10: Vpliv starosti MAB in prostorninskega deleža jeklenih vlaken na ekvivalentno trdnost $\bar{\sigma}_b$

okoli vlaken vse gostejše, kot je bilo že prej opisano. Zaradi tega se v MAB povečuje vpliv vlaken in s tem tudi njegova žilavost, kljub višjim tlačnim in upogibnim trdnostim MAB.

EKVIVALENTNA TRDNOST V SKLADU Z JCI-SF4

Iz istih diagramov obtežba – upogib, ki so se uporabljali za izračun indeksov žilavosti v skladu z ASTM C 1018, sva določila absorbirano energijo do upogiba $L/150 = 2$ mm (razpon $L = 30$ cm) in jo uporabila za izračun ekvivalentne

trdnosti ($\bar{\sigma}_b$) po japonskem standardu JCI-SF4:

$$\bar{\sigma}_b = \frac{W_{L/150}}{\delta_{L/150}} \cdot \frac{L}{b \cdot h^2} \quad (1)$$

kjer pomenijo:

$W_{L/150}$...	absorbirana energija do upogiba $L/150$
$\delta_{L/150}$...	upogib $L/150 = 2$ mm
L ...	razpon
b ...	širina prizme
h ...	višina prizme

Povprečne vrednosti ekvivalentne trdnosti $\bar{\sigma}_b$ naraščajo z naraščanjem prostorninskih deležev jeklenih vlaken v MAB

(slika 10). Njihovo spreminjanje glede na starost MAB je podobno spreminjanju indeksov žilavosti po ASTM C 1018, še posebno spreminjanju I_{30} (slika 6). Kakorkoli, učinkovitost največjega prostorninskega deleža vlaken (2 vol. %) je izrazitejša, če se duktilno obnašanje ocenjuje z ekvivalentno trdnostjo, ker se v tem primeru upošteva večja površina pod diagramom obtežba – upogib (do upogiba 2 mm), medtem ko se v primeru izračuna I_{30} upošteva površina do upogiba manj kot 1 mm.

SKLEP

Vlakna, dodana betonu ovirajo, širjenje razpoke v vzdolžni in prečni smeri. Mikroarmirani beton (MAB) z visoko duktilnostjo in žilavostjo se lahko doseže s spreminjanjem sestave sveže mešanice, predvsem glede na dodano količino jeklenih vlaken.

Ugotovljeni rezultati raziskav kažejo, da se upogibne trdnosti MAB z 0,5 do 2 vol. % jeklenih vlaken povečujejo s starostjo MAB. Vse bolj krhek odziv vseh preiskanih MAB je bil ugotovljen do starosti 28 dni. Nato se absorbirana energija povečuje in zaradi tega se povečujejo indeksi žilavosti po ASTM C 1018 ter ekvivalentna trdnost po JCI-SF4. Zdi se, da postaja z naraščanjem starosti betona od 28 dni naprej stično območje okoli vlaken vse gostejše, zato se izboljša sprijemljivost jeklenih vlaken s strjeno cementno pasto in vlakna postanejo bolj učinkovita. Če se ocenjuje duktilno obnašanje z upoštevanjem večje površine pod diagramom obtežba – upogib, je vpliv večjega prostorninskega deleža vlaken očitnejši.

LITERATURA

- Bourdette, B., Ringot, E., Ollivier, J. P. Modelling of the Transition Zone Porosity. Cement and Concrete Research, Vol. 25, No. 4., str. 741 – 751, 1995.
- Danielsson, U., 4th International Symposium on Chemistry of Cement, Washington, Vol. I. 519, 1960.
- Deutscher Beton – Verein E.V., Grundlagen zur Bemessung von Industriefüßböden aus Stahlfaserbeton, DBV – Merkblatt-Sammlung, Wiesbaden, (4.2), 16 str., 1997a.
- Deutscher Beton – Verein E.V., Bemessungs-grundlagen für Stahlfaserbeton im Tunnelbau. DBV – Merkblatt-Sammlung, Wiesbaden, (4.3). 23 str., 1997b.
- Japan Concrete Institute, Method of Test for Flexural Strength and Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete"; JCI Standards for Test Methods of Fiber Reinforced Concrete, JCI. Standard SF4, str. 45 – 51, 1983.
- Linsbauer, H., Tschegg, E. K., Die Bestimmung der Bruchenergie an Würfelproben, Zement und Beton, 31, 1, str. 38 – 40, 1983.
- Maso, J. C., 7^{ème} Congrès International de la Chimie des Ciments. Septima. Paris, str. VII-1/3, 1980.
- Scrivener, K. L., Crumble, A. K., Pratt, P. L., Bonding in Cementitious Materials, MRS, 114. Ed.: Mindess, S., Shah, S. P., str. 87, 1988.
- Scrivener, K.L., Pratt, P.L., State of the Art Report. RILEM TC 108, 1980.
- Šušteršič, J., Kolenc, M., Zajc, A., Riček, F., Zajc, P.M., High-Performance Fibre Reinforced Concrete for Mine Roadway Support Panels. Proceedings, Second CANMET/ACI International Conference Gramado, RS, Brazil, SP-186. str. 101 – 112, 1999.
- Šušteršič, J., Ukrainczyk, V., Zajc, A., Šajna, A. Ageing Effect on Post-Crack Behaviour of SFRC. Proceedings of the Fifth International RILEM Symposium Fibre-Reinforced Concretes (FRC), BEFIB'2000. Ed.: Rossi, P., Chanvillard, G., RILEM Publications S.A.R.L., str. 623 – 631, 2000.
- Tschegg, E.K., AT-390328, Prüfeinrichtung zur Ermittlung von bruchmechanischen Kennwerten sowie hierfür geeignete Prüfkörper, 1986.
- Tschegg, E.K., Patent application No. 48/1990, Lasteinleitungsvorrichtung, 1990.
- Tschegg, E.K., New Equipments for Fracture Tests on Concrete, Materialprüfung 33, 11 - 12, München, str. 338 – 342, 1991.
- Van Breugel, K. Numerical Simulation of Hydration and Microstructural Development in Hardening Cement -Based Materials, (II) Applications. Cement and Concrete Research, Vol. 25, No. 3., str. 522 – 530, 1995.

IZ DEJAVNOSTI ZVEZE IN DRUŠTEV GITS

RAZULTATI ANKETE O GRADBENEM VESTNIKU

TOMAŽ PAZLAR

1.0 UVOD

Gradbeni vestnik, glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in Matične sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije, je v lanskem letu obeležil častitljivo petdesetletnico. Uredniški odbor želi zagotoviti redno izhajanje Gradbenega vestnika, hkrati pa ga vsebinsko in oblikovno čim bolj približati bralcem, inženirjem in tehnikom gradbene stroke. Izboljšanje revije je možno le s sodelovanjem naročnikov, zato je uredništvo pripravilo kratko anketo in pozvalo bralce k sodelovanju.

2.0 ANKETA

Gradbeni vestnik sedaj izhaja v nakladi 2750 izvodov: 80 % naročnikov predstavljajo člani Inženirske zbornice Slovenije–Matične sekcije gradbenikov (IZS–MSG), 10 % je individualnih naročnikov, 4 % naročnikov je gospodarskih družb,

ostali izvodi pa so namenjeni domači in tuji izmenjavi ter individualnim naročnikom iz tujine.

Sodelujoči v anketi so bili naprošeni, naj s pomočjo ponujenih odgovorov podajo splošen vtis o reviji, objavljenih člankih, grafični podobi ter višini naročnine. Možno je bilo vpisati tudi dodatne predloge in mnenja.

Prvi del ankete je bil izveden v novembru 2002, in sicer med člani MSG, ki so svoje elektronske naslove sporočili IZS. Da bi pridobili mnenja članov, ki niso posredovali elektronskih naslovov in drugih bralcev, je uredništvo objavilo anketo januarja 2003 še v Gradbenem vestniku. Na anketo se je odzvalo 165 bralcev: 158 jih je odgovorilo preko spletne strani (odgovori članov IZS–MSG), le 7 odgovorov pa je prispelo po pošti (odgovori naročnikov na anketo objavljeno v Gradbenem vestniku). Anketa je skupno zajela le 6 % naročnikov.

3.0 REZULTATI ANKETE

Z odgovorom na prvo vprašanje so bralci podali splošno oceno revije (slika 1). Dobra petina anketirancev je z revijo nezadovoljna, preostalih 80 % pa ima o Gradbenem vestniku pozitivno mnenje.

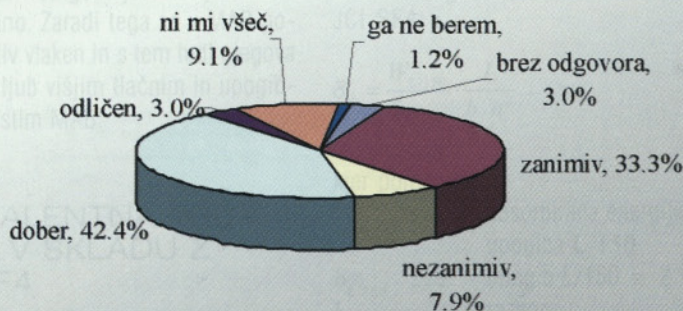
Drugo vprašanje je namenjeno oceni nivoja in oblike znanstvenih in strokovnih člankov ter njihove sprejemljivosti za bralce Gradbenega vestnika (preglednica 1).

Tretjini bralcev se zdijo članki prezahtevni – vsebine zato pogosto ne razumejo. Kar 60 % vprašanih pogreša več slikovnega gradiva. Anketiranci očitno menijo, da bi si z njim lahko pomagali pri razumevanju člankov.

Večina (dobrih 70 %) bralcev se strinja z objavo več reportažnih člankov. Strogo teoretični članki so za večino gradbenikov, ki delajo v operativi, manj zanimivi od reportažnih.

Dobrih 70 % se prav tako strinja z objavo več tujih člankov, vendar pa je delež tistih, ki se deloma strinjajo, večji (26 %). Tuji članki pri bralcih verjetno vzbujajo asociacijo na strogo znanstvene članke.

Splošno negativno mnenje o člankih ima 32 % anketiranih, od tega je dobra polovica pogojno negativno mnenje.



Slika 1: Kakšen se vam zdi Gradbeni vestnik

Avtor:

Tomaž Pazlar, univ. dipl. ing. grad., FGG, Katedra za gradbeno informatiko, Jamova 2, 1000 Ljubljana

	se popolnoma strinjam	se strinjam	se deloma strinjam	se ne strinjam	se popolnoma ne strinjam	brez odgovora
2.1	8.5%	21.2%	25.5%	19.4%	20.6%	4.8%
2.2	2.4%	5.5%	27.3%	31.5%	26.7%	6.6%
2.3	9.7%	18.2%	29.7%	18.2%	17.0%	7.2%
2.4	29.1%	25.5%	17.6%	13.9%	8.5%	5.4%
2.5	23.6%	19.4%	25.5%	14.5%	9.1%	7.9%
2.6	6.7%	9.1%	16.4%	27.3%	33.3%	7.2%

Mnenje o objavljenih znanstvenih in strokovnih člankih: 2.1

Članki so prezahtevni.

2.2 Vsebine pogosto ne razumem.

2.3 Pogrešam več slikovnega gradiva

2.4 Pogrešam več reportažnih člankov.

2.5 Pogrešam več tujih člankov

2.6 Članki mi niso všeč

Preglednica 1: Mnenje o objavljenih znanstvenih in strokovnih člankih

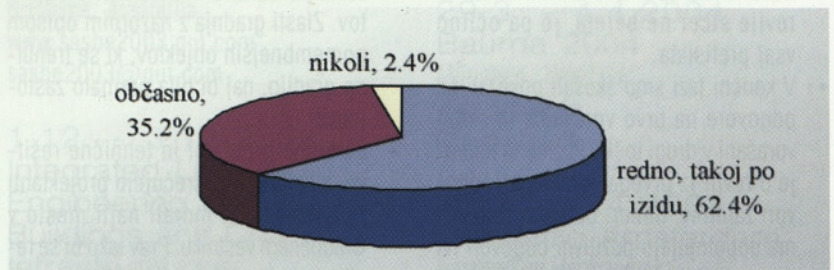
Kdaj bralci preberejo revijo, je prav tako dober kazalec splošnega vtisa o reviji (slika 3).

Oblikovno Gradbeni vestnik ustreza večini bralcev (slika 3). V rubriki Dodatni predlogi in mnenja so se v manjšini pojavili komentarji predvsem h grafični podobi notranjosti (razporeditve, poudarki na posameznih delih članka,...), vendar hkrati z opombo o relativnosti teh pri-pomb.

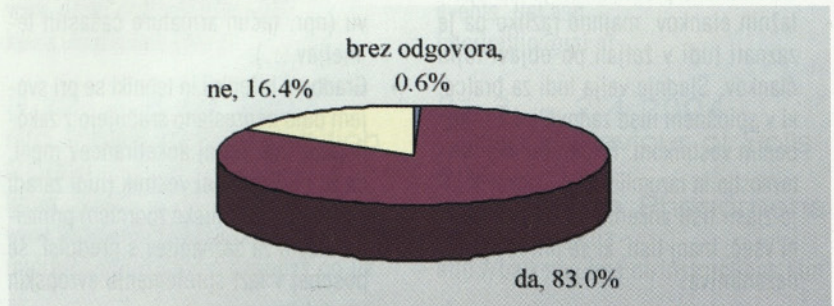
Pri interpretaciji odgovorov na peto anketno vprašanje (slika 4) moramo upoštevati, da glavnino anketirancev predstavljajo člani IZS-MSG. Njihova naročnina je vključena v članarino IZS, višina le-te pa je verjetno vzrok za nezadovoljstvo. Pri analizi rezultatov, prispelih samo po pošti, je rezultat povsem drugačen: Kar dvema tretjinama vprašanih se zdi celotna naročnina primerna.

4.0 MEDSEBOJNA POVEZANOST ODGOVOROV

Z medsebojno povezanostjo odgovorov lahko ocenimo njihovo verodostojnost. Anketna vprašanja se namreč dopol-



Slika 2: Kdaj berete Gradbeni vestnik



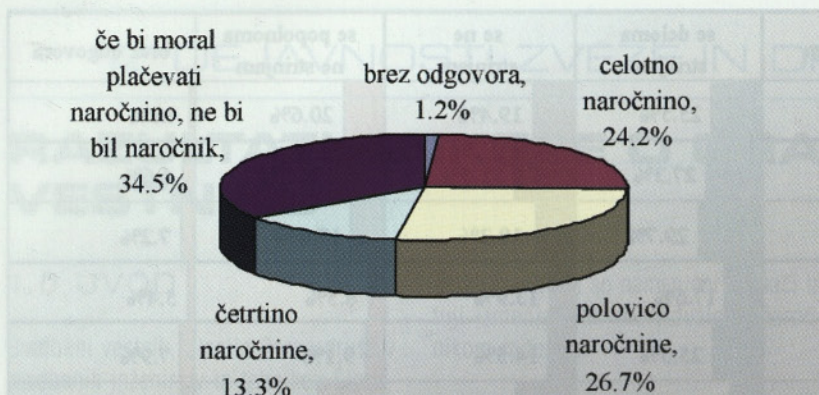
Slika 3: Ste zadovoljni z videzom naslovnice in notranjih strani?

njujejo in odgovori nanje zato ne morejo biti povsem neodvisni. Anketo, pri kateri bi vprašani v prvem vprašanju zatrdili, da ne bere Gradbenega vestnika, v tretjem pa bi odgovoril, da ga prebere takoj po izidu, bi bilo potrebno izločiti iz baze. Takih izjemnih nelogičnosti ni bilo zaslediti, zato nobeden od anketirancev ni bil izločen. Primerjava odgovorov pa da nekatere zanimive zaključke:

- Šestim bralcem se zdi revija nezani-

miva, petim ni všeč, oboji (7 %) pa jo berejo redno, takoj po izidu.

- Enainpetdesetim (31 %) se zdi revija dobra oz. odlična in jo preberejo takoj po izidu.
- Dvaintrideset (20%) je revijo ocenilo kot zanimivo, dobro ali celo odlično, vendar pa zanjo ne bi bili pripravljeni plačati naročnine.
- Število rednih bralcev (102), pripravljenih plačati naročnino (30), je neko-



Slika 4: Bi bili naročnik Gradbenega vestnika tudi v primeru, ko bi morali zanj odšteti ...?

liko višje kot število tistih, ki je niso pripravljene plačati (27).

- Z videzom revije so zadovoljni tako redni (89 proti 13) kot občasni bralci (46 proti 12). Pozitivno mnenje o videzu imata tudi dva anketiranca, ki revije sicer ne bereta, jo pa očitno vsaj prelistata.
- V končni fazi smo skušali povezati še odgovore na prvo vprašanje in sklop vprašanj v drugi točki. Pozitivno mnenje o reviji iz prvega vprašanja (odgovori zanimiv, dober, odličen) praviloma dopolnjujejo pozitivni odgovori na drugo vprašanje. Izjemi sta le dve: anketiranci si predvsem želijo več reportažnih člankov, majhno razliko pa je zaznati tudi v željah po objavi tujih člankov. Slednje velja tudi za bralce, ki v splošnem niso zadovoljni z Gradbenim vestnikom. Pripombe nad zahtevnostjo in razumljivostjo člankov imajo zlasti tisti anketiranci, ki jim revija ni všeč, manj tisti, ki se jim revija zdi nezanimiva.

5.0 DODATNI PREDLOGI IN MNENJA

V rubriko dodatni predlogi je svoja mnenja vpisalo 73 anketirancev. Komentarje s podobno vsebino smo zaradi preglednosti zbrali v skupine:

- Večina pripomb se je nanašala na preozko (akademsko) usmerjenost Gradbenega vestnika na konstrukcije. Anke-

tiranci želijo več prispevkov z drugih področij gradbeništva (cestnogradnja, vodarstvo in komunalno inženirstvo, industrija...), in sicer o vseh fazah: od načrtovanja, projektiranja, izvedbe, vzdrževanja, obnove in odstranitve objektov. Zlasti gradnja z nazornim opisom pomembnejših objektov, ki se trenutno gradijo, naj bi bila premalo zastopana.

- Zanimivi problemi in tehnične rešitve, s katerimi se srečujejo projektanti in izvajalci, bi morali najti mesto v Gradbenem vestniku. Prav tako bi se revija morala aktivno vključiti v ureditev neurejenih področij v gradbeništvu (npr. račun armature čašastih temeljev,...).
- Gradbeni inženirji in tehniki se pri svojem delu neprestano srečujejo z zakonodajo. Kar nekaj anketirancev meni, da bi bil Gradbeni vestnik (tudi zaradi povezave z inženirsko zbornico) primeren prostor za seznanitev s predpisi, še posebej v fazi sprejemanja evropskih predpisov.
- Poleg strokovnih in znanstvenih člankov bi moral biti v reviji prostor tudi za poljudne članke, ki bi opisovali gradbeništvo sorodne oz. povezane teme: energijo, finance, družbo,...
- Raziskave, predvsem pa nove tehnologije v gradbeništvu, bi morale biti v reviji bolj zastopane. Podobno velja za poročila s kongresov.
- Seznamu diplomskih in magistrskih nalog ter doktorskih disertacij bi bilo potrebno dodati še kratek opis dela. Rub-

riko bi lahko razširili še z informacijami o študiju gradbeništva ter o novi literaturi na področju gradbeništva.

- Kar nekaj bralcev je v svojem komentarju omenilo komercialno usmerjeno revijo Gradbenik ter jo skušalo po vsebini in obliki primerjati z Gradbenim vestnikom. Nekateri anketiranci so menili, da bi bilo smiselno v vsaki številki obravnavati določene konstrukcijske sklope (kot to obravnava Gradbenik), spet drugi pa v združitvi obeh revij vidijo univerzalno revijo za slovenske gradbenike.
- Marsikoga moti propagandno gradivo (in mesto objave le-tega), ki pa je žal nujno za obstoj revije.
- Anketiranci podpirajo redno izhajanje Gradbenega vestnika, ob pomanjkanju primernih člankov pa dopuščajo izdajanje dvojnih števk oziroma spremembo periodike izhajanja.
- Nekaj anketirancev se zaveda, da je želja po povečanju obsegu revije predvsem zaradi pomanjkanja finančnih sredstev vsaj v bližnji prihodnosti težko izvedljiva.

Z anketo je uredništvo skušalo ugotoviti odziv bralcev na spremembe revije v zadnjih letih. Mnenja ter pripombe bralcev bo skušalo čimbolj upoštevati, tako da bo Gradbeni vestnik res glasilo po meri gradbenih inženirjev in tehnikov.

Uredništvo se zahvaljuje vsem sodelujočim v anketi in obenem poziva k sodelovanju vse, ki bi s primernimi članki lahko popestrili vsebino Gradbenega vestnika.

Za pripravo in obdelavo ankete se zahvaljujemo dr. Tomu Cerovšku, Janu Kristjanu Juteršku in Tomažu Pazlarju.

glavni in odgovorni urednik
prof. dr. Janez Duhovnik

KOLEDAR PRIREDITEV

5.10. - 7.10.2003

Tall Buildings and
Transparency
International Conference
Stuttgart, Nemčija
www.ctbuh-stuttgart.de
info@ctbuh-stuttgart.de

14.10. - 22.10.2003

The XXXII International
Association
of Hydrogeologists
Conference
Huangshan City, Kitajska
<http://balkema.ima.nl/instructions.htm>

15.10. - 19.10.2003

SAIE 2003
International Show of
Building Technology
Bolonija, Italija
www.saie.bolognafiere.it
saie@bolognafiere.it

19.10. - 25.10.2003

XXIIInd PIARC World
Road Congress
Durban, Južna Afrika
www.wrc2003.com
wrc2003@nra.co.za

12.11. - 15.11.2003

Civil Engineering
Conference and
Exposition 2003
Nashville, Tennessee, ZDA
www.asce.org/conferences/annual03/conferences@asce.org

15.11. - 16.11.2003

The 4th Joint
Symposium on
Information Technology
in Civil Engineering
Nashville, Tennessee, ZDA
www.asce.org/conferences/annual03/conferences@asce.org

17.11. - 19.11.2003

International Symposium
on Performance Based
Design of Controlled
Structures
Tokyo, Japonska
www.aij.or.jp/eng/events/TG44JSSI.pdf
kani@jssi.ne.jp

19.11. - 21.11.2003

SASBE 2003 CIB 2003
International Conference
on Smart and
Sustainable Built
Environment
Brisbane, Avstralija
www.sasbe2003.qut.com
sasbe2003@qut.com

1.12. - 3.12.2003

Integrated Lifetime
Engineering of
Buildings and Civil
Infrastructures
Kuopi, Finska
www.rilem.org/callilcdes.pdf
kaisa.venalainen@ril.fi

3.12. - 5.12.2003

6th Intertunnel Exhibition
2003
Basel, Švica
www.intertunnel2003.com
intertunnel2003@mackbrooks.co.uk

10.12. - 12.12.2003

CITC-2 2nd international
conference on
Construction in
the 21st Century -
Sustainability and
Innovation
in Management and
Technology.
Hong Kong, Kitajska
www.fiu.edu/~citc/
cesltang@polyu.edu.hk

9.2. - 12.2.2004

Integrated Intelligent
Transport Solutions
London, Anglija
www.iir-conferences.com/iits
registration@iir-conferences.com

28.3. - 31.3.2004

2004 ITE Technical
Conference
and Exhibit
Irvine, California, ZDA
www.ite.org/meetcon/index.html
ite_staff@ite.org

29.3. - 4.4.2004

Bauma 2004
München, Nemčija
www.bauma.de
info@imag.de

30.3. - 2.4.2004

Intertraffic Amsterdam
Amsterdam, Nizozemska
www.intertraffic.com/events/events_list.asp
intertraffic@rai.nl

31.3. - 2.4.2004

Cyclic Behaviour of Soils
and
Liquefaction Phenomena
Bochum, Nemčija
<http://balkema.ima.nl/instructions.htm>

17.4. - 22.4.2004

North American
Tunneling
Conference 2004
Atlanta, Georgia, ZDA
<http://balkema.ima.nl/instructions.htm>

Rubriko ureja Jan Kristjan Juteršek,
univ. dipl. inž. grad., ki sprejema
predloge za objavo na e-naslov:
msg@izs.si.

ALBA d.o.o.

TRGOVINA IN PROIZVODNJA
TEHTALNIH SISTEMOV

Tmoveljska c. 5, tel./fax: (+386) 3 / 490-44-11

PE Lava 7, tel: (+386) 3 / 428-18-00, 428-18-01.fax: 428-18-10

3000 CELJE, SLOVENIJA

www.alba-slo.si



PODJETJE ALBA JE EDINA IMENOVANA PRAVNA OSEBA, KI IMA AKREDITACIJO IN IMENOVANJE MINISTRA - ZA OVERJANJE TEHTNIC ZA GRADBENE NAMENE

V svoji organizaciji imamo oddelke: prodaje (laboratoriji, filtracija...), servisa, inženiringa, proizvodnje, umerjanja meril mase, volumna in pretokov, ter državno koncesijo za izvajanje kontrole meril mase.

Serviser (vzdrževalec tehtnice) in uradna oseba sta dve pravni osebi. Uporabnik za storitve plača oba, četudi na skupnem računu. To pa ne velja za imenovano pravno osebo, ki po enkratnem dogovoru z uporabnikom izpelje celotno storitev: od servisa do pridobitve overitve, kar uporabniku zmanjša stroške zaradi logistike, skrajša čas storitve in omogoča neposreden dialog o možnostih rešitev.

Enote za podporo imamo na več mestih v Sloveniji.



PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNI IZPIT V GRADBENIŠTVU, V LETU 2003

MESEC	SEMINAR	IZPITI	
		REDNI	INŽ./TEH. Iz poseb. imenika IZS
Oktober	20. - 24.	pisni: 25.10.	
November	17. - 21.	ustni: 3. - 7.11. pisni: 22.11.	15.11.
December	15. - 19.	ustni: 1. - 4.12	

organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška 3, 1000 Ljubljana (telefon/fax: 01 / 422-46-22), E-mail: gradb.zveza@siol.net

Redni seminar za GRADBENIKE poteka 5 dni (46 ur) in pripravlja kandidate za splošni in posebni del strokovnega izpita. Cena seminarja znaša 102.000,00 SIT z DDV.

Seminar za ARHITEKTE IN KRAJINSKE ARHITEKTE poteka (prve) 3 dni in jih pripravlja za splošni del strokovnega izpita. Cena seminarja je 51.600,00 SIT z DDV.

V sklopu rednih seminarjev pripravljamo za strokovni izpit tudi **INŽENIRJE IN TEHNIKE**, ki so vpisani v posebni imenik **ODGOVORNIH PROJEKTANTOV pri IZS-MSG**. Njim so namenjena predavanja iz področij "Predpisi in standardi v gradbeništvu" ter "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena predavanj in literature je 51.600,00 SIT z DDV.

K seminarju vabimo tudi kandidate, ki so že opravili strokovni izpit po določeni stopnji izobrazbe, pa so s študijem pridobili višjo in morajo opravljati **dopolnilni strokovni izpit**.

Ponujamo jim predavanje iz področja "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena predavanja in literature je 14.400,00 SIT z DDV.

Seminar ni obvezen! Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20). Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec...). Prijavo v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) **najkasneje 20 dni** pred pričetkom določenega seminarja. Prijava mora vsebovati: priimek, ime, poklic (zadnja pridobljena izobrazba), in naslov prijavljenega kandidata ter naslov in davčno številko plačnika. Samoplačnik mora k prijavi priložiti kopijo dokazila o plačilu.

Poslovni račun ZDGITS je 02017-0015398955; davčna številka 79748767.

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS)**, Jarška 10-B, 1000 Ljubljana. Informacije je mogoče dobiti vsak delavnik pri ge. Terezi Rebernik od 10.00 do 12.00 ure, po telefonu 01 / 547-33-15; fax: 01 / 547-33-20, spletna stran: <http://www.izs.si> (kjer se nahajajo vse informacije o strokovnih izpitih, izpitni programi in prijavni obrazec!).

K strokovnemu izpitu se je obvezno prijaviti 20 dni pred razpisanim izpitnim rokom.



CM Celje



PROIZVODNI PROGRAM

I. Gradnja in obnova vseh vrst cest, avtocest in ostalih prometnih površin, objektov za varstvo okolja, železniških prog, letališč in športnih objektov

II. Gradnja in obnova mostov in viaduktov

III. Visoka gradnja:

- stanovanjska gradnja (stanovanjski bloki - takoj vseljiva stanovanja in individualna stanovanjska gradnja),
- gradnja industrijskih objektov,
- gradnja poslovnih objektov in ostala visoka gradnja.

IV. Razvoj in kakovostna proizvodnja:

- mineralnih surovin za asfaltne in betonske zmesi ter široko potrošnjo (drobljeni pesek, drobljenec in drobir različnih dimenzij, tolčenec)
- asfaltnih zmesi (barvni asfalti-rdeč, rumen, oker, rjav, črn, bel, zelen moder)
- betonov in cementnih stabilizacij,
- opreme za zimsko službo vzdrževanja cest,
- polimerno modificiranih bitumnov,
- apnenčevega mikro polnila- apnenčeve moke,
- kovinskih izdelkov.

V. Izvajanje:

- storitve vgrajevanja in transporta betonskih zmesi in asfaltov,
- vzdrževanje delovnih sredstev,
- laboratorijskih preiskav,
- dosledno izvajanje gradnje skladno s standardi 9001 in z okoljskim certifikatom ISO 14001

Posebna ponudba:

- prodamo nova stanovanja v stanovanjskem bloku na Lavi v Celju takoj vseljiva
- zunanja ureditev različnih objektov

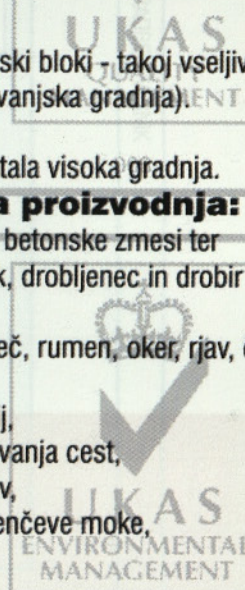
Informacije:

Prodajna služba: 03 / 42 66 100, 42 66 148

Za prodajo stanovanj: Atrij-stanovanjska zadruga z.o.o.,

Lava 7, Celje, tel: 03 / 42 63 120, 42 63 122,

GSM: 031 / 342 118, 031 / 211 074





vabilo na 25. zborovanje
gradbenih konstruktorjev Slovenije

25

Rogaška Slatina, Kulturni center
23.-24. oktober 2003



Prijava

Svojo udeležbo na zborovanju prijavite s tem, da nam pošljete izpolnjeno prijavo, ki jo odrežete od tega vabila in nakažete kotizacijo na naslov:

Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev,
Jamova 2, 1000 Ljubljana.

Kotizacijo nakažite na TR Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev **02085-0015319187** s pripisom za 25. zborovanje gradbenih konstruktorjev. Prijavi priložite potrdilo o plačani kotizaciji.

Za dodatne informacije lahko pokličete Franca Sajeta ali Jožeta Lopatiča po telefonu na št.: **01 476 8500** ali pošljete elektronsko pošto na naslov: jlopatic@fgg.uni-lj.si.

Kotizacija

Kotizacija za udeležbo na zborovanju, v kateri so zajeti stroški organizacije in publikacije zborovanja, kakor tudi stroški družabnega srečanja, znaša **34.000 SIT** na osebo v primeru plačila do **10. oktobra 2003**, oziroma **39.000 SIT** v primeru kasnejšega plačila. Za upokoјence in študente znaša kotizacija **15.000 SIT**. Kotizacija je prenosljiva na drugo osebo, ne bomo je pa vračali. Avtorji prispevkov pri kotizaciji nimajo popusta.

Promocija dejavnosti

Na podlagi dogovora z organizatorjem bo na zborovanju mogoča tudi promocija vaših izdelkov in storitev.

Prijava za 25. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije 23. in 24. oktobra 2003

Ime in priimek: _____

Davčna številka: _____

Podjetje oz. ustanova: _____

Podpis: _____

Naslov: _____

Kotizacija je bila nakazana na transakcijski račun Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev, Jamova 2, Ljubljana, št. 02085-0015319187.

Telefon: _____

Potrdilo o plačani kotizaciji je priloženo.

E-mail: _____

1/1
165 x 245 mm

2/3
108 x 223 mm

1/2
165 x 115 mm

1/4
165 x 60 mm

1/3
52 x 223 mm

Gradbeni vsetnik je strokovno znanstvena revija, s katero predstavljamo slovenski in tuji strokovni javnosti dosežke z vseh področij gradbeništva. Revija je tudi člansko glasilo Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije ter Matične sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije.

Revija izhaja mesečno v nakladi 2860 izvodov. Med naročniki je tudi 52 naslovov iz tujine; z nekaterimi tujimi naslovi pa si revijo izmenjujemo.

Leta 2001 smo skromno obeležili 50 letnico neprekinjenega izhajanja in si želimo, da bi se slovensko gradbeništvo z revijo ponašalo tudi v prihodnosti, ko bo z širjenjem globalizacije na veliki preizkušnji naša strokovna in nacionalna zavest. Če bomo sodelovali, bomo ohranili svojo prestižno, v slovenskem jeziku pisano revijo, ki nas bo povezovala, nas izobraževala, preko katere bomo lahko komunicirali s kolegi v domovini in tujini, se spoznavali in merili med seboj v znanju.

Bodočnost Gradbenega vestnika je odvisna od nas, zato Vas vabimo k pisanju člankov, v družbo naročnikov in k prispevanju reklamnih oglasov.

Uredništvo

NAVODILA ZA ODDAJO OGLASA

Oglas lahko oddate kot:

- rastrski format
JPEG, TIFF, EPS
- CDR (ver 8.0 ali manj),
pri čemer je potrebno
vse črke spremeniti v
krivulje

Vsebine je mogoče poslati z
redno pošto (disketa) ali po
E-pošti na naslednja
naslova:
gradb.zveza@siol.net
jtd.robert@siol.net

Za reklamne oglase se priporočamo po naslednjem ceniku:

Ovitek: zadnja stran 1/1 (165 x 245 mm)	200.000,00 SIT + DDV
Notranja stran 1/1 (165 x 245 mm)	150.000,00 SIT + DDV
N.S. 2/3 (108 x 233 mm)	130.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/2 (165 x 115 mm)	100.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/3 (52 x 233 mm)	75.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/4 (165 x 60 mm)	40.000,00 SIT + DDV



USTVARJAMO AVTOMOBILE.

RENAULT

NI TREBA, DA STE PRERAČUNLJIVI, A VSEENO DOBRO PRERAČUNAJTE.

S svojimi številnimi različicami in možnimi predelavami so lahka gospodarska vozila Renault idealni pomočniki za vašo dejavnost. Njihova funkcionalnost, gospodarnost, prilagodljivost, udobje ter sodobni in varčni motorji vam omogočajo hitro in učinkovito delo. Ne spreglejte nadvse privlačnih nakupnih pogojev; izbirate lahko med **brezobrestnim leasingom** za obdobje 3 let ali **popusti** v višini:

- Clio serviser - 200.000 SIT,
- Kangoo Express - 200.000 SIT,
- Trafic do - 350.000 SIT,
- Master Generic I do - 550.000 SIT.

www.renault.si

Gospodarska vozila.

V njih ste vi gospodar.

Ponudba je časovno omejena. Natančne pogoje akcije preverite pri najbližjem pooblaščenem prodajalcu Renault.



Slika je simbolična.



Renault Financiranje

Renault Slovenija, d.o.o., Dunajska 22, 1511 Ljubljana