

# GRADBENI VESTNIK

Poština plačana pri  
pošti 1102 LJUBLJANA

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

## JANUAR 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 5000 SIT; za študente in upokojece 2000 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. Poglavja 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 desni 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](mailto: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

Uvodnik

Stran 2

J. Duhovnik

**KAKŠEN GRADBENI VESTNIK HOČEMO ?**

Članki, študije, razprave  
Articles, studies, proceedings

Stran 4

M. Rismal

**TERMIČNA BIOKEMIJSKA  
STABILIZACIJA BLATA IZ BIOLOŠKIH  
ČISTILNIH NAPRAV**

**THE THERMAL BIOCHEMICAL  
STABILISATION OF THE SLUDGE FROM  
BIOLOGICAL WASTEWATER  
TREATMENT PLANTS**

Stran 11

A. Aškerc

**REKONSTRUKCIJA MOSTU ČEZ MURO V  
PETANJCIH**

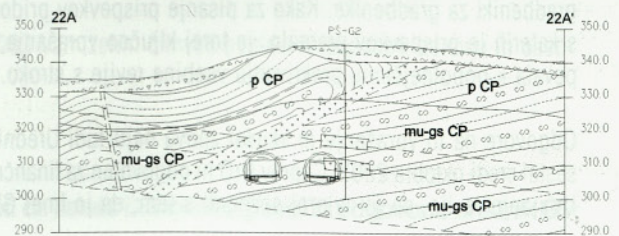
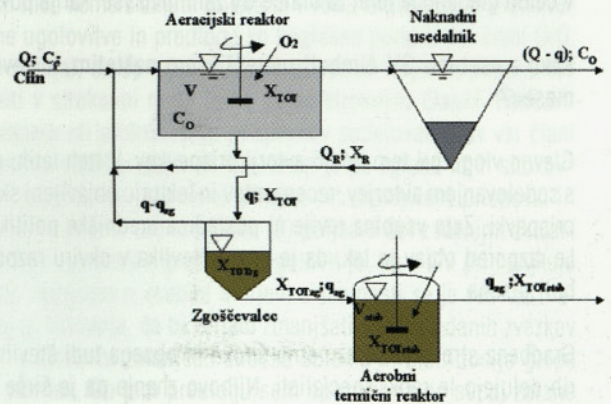
**RECONSTRUCTION OF PETANJCI MURA  
RIVER BRIDGE**

Stran 15

K. Fifer Bizjak, B. Petkovšek, R. Petrica

**GEOLOŠKE IN GEOMEHANSKE  
RAZISKAVE ZA PREDOR ŠENTVID**

**GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL  
INVESTIGATIONS FOR TUNNEL  
ŠENTVID**



PROFIL 22A-22A'



J. DUHOVNIK: Kakšen gradbeni vestnik hočemo?

## UVODNIK

**KAKŠEN GRADBENI VESTNIK HOČEMO?**

Konec leta 2002 je strokovno revijo Gradbeni vestnik (GV) prejelo 2818 naročnikov. Od tega je bilo 2350 pooblaščenih inženirjev, članov Maticne sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije (MSG IZS), 291 je bilo drugih posameznih naročnikov v Sloveniji, 110 izvodov je prejelo 91 podjetij, 34 pa naročniki iz tujine. Za domače revije je bilo zamenjanih 15 izvodov, za tuje pa 18. Čeprav podrobnega pregleda nad strokovno dejavnostjo naročnikov nimam, si upam glede na njihovo številčnost sklepati, da so dejavni na vseh področjih gradbeništva. Predvidevam, da so dejavni pri zasnovi, projektiranju, gradnji, vzdrževanju in odstranjevanju gradbenih objektov. V celoti gledano je torej za bralce GV zanimivo vse, kar je povezano z grajenim okoljem.

Kako z vsebino GV čimbolj ustreči vsem naštetim, ki revijo redno prejema vsak mesec?

Glavno vlogo pri tem imajo avtorji prispevkov. V treh letih, odkar sem urednik, so bili s sodelovanjem avtorjev, recenzentov in lektorice objavljeni skoraj brez izjeme vsi prejeti prispevki. Zato vsebina revije ni posledica uredniške politike in selekcije prispevkov. Le razpored objav je tak, da je vsaka številka v okviru razpoložljivih prispevkov čimbolj pisana.

Gradbena stroka je sorazmerno široka in obsega tudi številna ožja področja, na katerih delujejo le redki specialisti. Njihovo znanje pa je širše koristno le, če ga uspejo posredovati v prakso. Ena izmed možnosti za prenos znanja v prakso je tudi objava v GV. Številni strokovnjaki se tega zavedajo in se redno pojavljajo kot avtorji prispevkov. Vsebinski pregled zadnjega letnika pa kaže, da so nekatera področja premalo udeležena v objavah. Glede na obseg del je premalo objav o graditvi avtocest in prometnic nasploh, pa tudi sicer je premalo prispevkov o gradnji vseh vrst objektov. Prispevkov s področja uporabe in vzdrževanja objektov pa skoraj ni. Zlasti zadnje je za stroko posebej škodljivo, saj je znano, da se dobre in slabe strani načrtov večkrat pokažejo šele pri gradnji, še bolj pa pri uporabi objektov. Številne nezapisane splošno koristne izkušnje, ki se pogosto zbirajo le v ozkih krogih, se slej ko prej pozabijo. Menim, da bi vodilni strokovnjaki na področjih, s katerih je manj objav, morali svoje sodelavce bolj spodbujati k objavljanju v GV.

Večina avtorjev prispevkov je sicer gradbenikov. Prispevke v GV torej pišejo predvsem gradbeniki za gradbenike. Kako za pisanje prispevkov pridobiti še avtorje s področij, s katerih je prispevkov premalo, je torej ključno vprašanje, katerega rešitev bo prispevala k popolnejšemu prekrivanju vsebine revije s stroko.

Odgovore na to vprašanje je skušal znova najti tudi Uredniški odbor (UrO), ki se je sestel sredi oktobra 2002. Čeprav UrO ni odgovoren za finančno problematiko, ki zadeva izdajanje revije, se je najprej seznanil s tem, da je imel GV zaradi pokrivanja starih



izgub pri delovanju ZDGITS, katerega pomemben del je tudi izdajanje GV, v prvih devetih mesecih l. 2002 manjšo izgubo. Ta problem bo v bodoče odpravljen, saj je tekoče poslovanje GV finančno zadovoljivo. Tudi vsi tisti člani Izvršnega odbora ZDGITS, ki doslej še niso pridobili vsaj enega oglasa v svojem okolju, so se na zadnji seji zavezali, da bodo to storili. Razpravi o vsebinski oceni letnika 2002 so kot podlaga služili pisna ocena in priporočila predsednika MSG-IZS G. Humarja in moj predlog o vsebinski in oblikovni prenovi GV. V razpravi so aktivno sodelovali vsi prisotni. Ugotovljeno je bilo, da so stroški za izdajanje revije visoki in da glede na to revija ponuja bralcem premalo zanimivih vsebin. Nekateri kot neprivačno ocenjujejo tudi njeno grafično obliko. Z g. Humarjem sva predlagala izvedbo javnega natečaja za grafično oblikovanje revije, obenem pa tudi pridobitev ponudb za celotno grafično pripravo, lektoriranje in korekture, tisk in distribucijo. Za izvedbo natečaja naj bi izdajateljici imenovali posebno komisijo in namenili potrebna sredstva. V razpravi o vsebini GV je večina menila, da bi morali objavljati več bolj berljivih, poljudnejših, a še vedno strokovnih člankov, ki bi pritegnili najširši krog članstva in strokovne javnosti in bi bili za spodbudo avtorjem tudi honorirani. Mednje bi spadali tudi povzetki splošno zanimivih objav v tujih revijah. Predstavniki MSG-IZS v UrO so opozorili, da je MSG-IZS postala soizdajatelj in s tem sofinancer revije zato, da bi omogočila vsebinsko popestritev revije s primernimi aktualnimi temami in zapisi dogodkov in na tak način približala revijo svojim članom. G. Černe je predlagal, naj bi GV objavljali več prispevkov, ki bi bili po zahtevnosti med komercialnimi objavami v reviji Gradbenik in znanstvenimi članki v GV. Navedene ugotovitve in predloge so soglasno podprli vsi člani UrO. Kot glavni urednik sem se strinjal, da so manj zahtevni prispevki nujni za popestritev vsebine, vendar morajo biti v strokovni reviji jedro objav strokovni članki. Poudaril sem tudi, da morajo pri pisanju ali pridobivanju prispevkov sodelovati prav vsi člani UrO in tako bistveno vplivati na vsebino objav. F. Steinman je po zgledu tujih strokovnih revij predlagal delitev revije na tri vsebinske sklope: (1) znanstveni prispevki in poročila o inovacijah; (2) manj zahtevni strokovni del; (3) poljudni del z raznimi aktualnimi informacijami, kot so npr. poročila z gradbišč. Ugotovil je, da v GV primanjkuje predvsem člankov iz prakse. Razprava o vsebini in njeni aktualnosti se je ves čas nanašala tudi na pisni predlog g. Humarja, da bi veljalo zmanjšati število izdanih zvezkov na leto od 12 na 6 števil, s čimer bi zmanjšali stroške opreme in distribucije glede na visoke stroške poštnih storitev. Ob tem predlogu sem opozoril na do sedaj zbrane rezultate ankete, ki jo je preko interneta izvedla MSG-IZS, ki kažejo, da se članom MSG-IZS zdi 12 števil letnika primerno. V zvezi s tem sem pripravil pregled distribucijskih stroškov glede na število zvezkov posameznega letnika in ob upoštevanju cene poštnih storitev za en izvod enojne, dvojne in trojne številke. Pregled kaže, da bi nekoliko večje distribucijske stroške pri mesečnem izhajanju z lahkoto pokrili z minimalnim številom oglasov na zadnjih straneh platnic revije. Na koncu smo se dogovorili, da vso problematiko, za katero UrO ni pristojen, s predlogi rešitev posredujemo Izvršnemu odboru ZDGITS in Upravnemu odboru MSG IZS.

Ker sem prepričan, da večini gradbenikov ni vseeno, kakšen je GV, vas vabim, da se pridružite dosedanjim avtorjem člankov, da sodelujete v rubrikah in da nam v odgovorih na že omenjeno anketo, objavljeno tudi na koncu te številke, posredujete predloge za izboljšanje revije. Veseli bomo tudi vsakršnih drugih predlogov.

Ob začetku novega leta 2003 Vam želim čimveč poslovnih uspehov, zdravja in osebne sreče.

prof. dr. Janez Duhovnik, glavni in odgovorni urednik GV



# TERMIČNA BIOKEMIJSKA STABILIZACIJA BLATA IZ BIOLOŠKIH ČISTILNIH NAPRAV

## THE THERMAL BIOCHEMICAL STABILISATION OF THE SLUDGE FROM BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS

STROKOVNI ČLANEK

UDK 628.356 : 628.32

MITJA RISMAL

**P O V Z E T E K** V prispevku so opisane lastnosti in uporabnost aerobne termične stabilizacije blata iz bioloških čistilnih naprav. Podan je računski postopek za določitev temperature za presojo možne pasterizacije blata ter redukcije količine in stopnje stabilizacije biološkega blata iz bioloških čistilnih naprav v odvisnosti od zadrževalnega časa v termičnem reaktorju in od dosežene starosti biološkega blata v predhodnih bioloških reaktorjih čistilne naprave.

**S U M M A R Y** The paper describes the properties and the applicability of thermal aerobic sludge stabilization in biological wastewater treatment plants. The computational determination of the temperature and consequently the possible pasteurisation of the sludge, the quantity of sludge reduction, and the degree of sludge stabilization depending on the sludge detention time in the thermal reactor as well as the sludge age in the previous treatment of the waste water in the biological treatment plant, are given.

Avtor:

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

### UVOD

Termična aerobna stabilizacija blata v tehniki čiščenja odpadnih voda ni posebej razširjena. Ko je potrebno iz odpadne vode odstraniti tudi hranila (N, P), pa ima termična aerobna stabilizacija kljub večjim energetskim stroškom v primerjavi z anaerobno stabilizacijo določene prednosti.

Pri obeh postopkih se za pospeševanje

stabilizacije blata izkorišča v biokemijskih procesih sproščena energija. Pri anaerobni stabilizaciji v obliki bioplina kot produkta redukcije in pri aerobni stabilizaciji kot sproščena toplota pri oksidaciji organskega ogljika.

Zaradi hitrejšega poteka aerobnih procesov je velikost reaktorjev za termično aerobno stabilizacijo štiri do šestkrat manjša od anaerobnih reaktorjev. Za temperature »surovega« blata med 5 °C in 20

°C je mogoče oceniti povišanje temperature blata v reaktorju po empirični enačbi [Metcalf, 1991]:

$$\theta_c T = 250 \text{ do } 300 \quad (1)$$

Enačba pravi, da se produkt zadrževalnega časa  $\theta_c$  (d) in dosežene temperature blata  $T$  (°C) giblje v mejah med 250 do 300.

V primerjavi z anaerobno ima aerobna



stabilizacija predvsem naslednje prednosti: (a) povratna voda (blatenica) iz aerobne stabilizacije blata ne vsebuje amonija, ki pri anaerobni stabilizaciji čistilno napravo dodatno obremenjuje; (b) poleg nižjih investicijskih stroškov je pogonsko bolj enostavna in bolj varna v obratovanju (eksplozivnost bioplina pri anaerobnih reaktorjih); (c) če vsebuje blato še dovolj razgradljivih organskih snovi (če npr. dodajamo biološkemu blatu tudi blato iz primarnega usedalnika), je mogoče povišati temperaturo stabilizirane blata na 60 do 70 °C in s tem omogočiti tudi pasterizacijo blata.

Energetska bilanca aerobne stabilizacije je v primerjavi z anaerobno negativna, ker energije ne proizvajajo, ampak jo za prezračevanje blata potrebuje. Velja pa omeniti, da se z uvedbo tretje stopnje čiščenja ekonomski pomen te negativne energetske bilance zmanjšuje. Zaradi manjše vsebnosti organskih snovi v biološkem blatu tretje stopnje je namreč pri anaerobni stabilizaciji proizvodnja bioplina manjša kot pri prej grajenih dvostopenjskih napravah.

Presoja o primernosti aerobne termične stabilizacije je lažja, če je mogoče omenjene lastnosti tudi kvantitativno opredeliti.

Prispevek obravnava kvantitativno presojo štirih, za presojo stabilizacije in higienizacije blata relevantnih parametrov:

1. stopnjo stabilizacije - eliminacije organskih snovi iz blata
2. količino proizvedenega blata
3. doseženo temperaturo, oziroma možnost higienizacije - pasterizacije blata
4. energetsko bilanco - količino za stabilizacijo potrebne energije

Za kvantitativno opredelitev navedenih parametrov je v prispevku ovrednotena aerobna termična stabilizacija blata za štiri različno obremenjene čistilne naprave ( $L_s = 0,3 - 0,15 - 0,10$  in  $0,05$  kgBPK<sub>5</sub>/kgSSd), ki se med seboj razlikujejo po deležu v odvečnem blatu

prisotnih biološko razgradljivih organskih snovi. Rezultati tega vrednotenja so prikazani na slikah 2 do 7.

Blato v prvih dveh primerih za  $L_s = 0,3$  in  $0,15$  (kgBPK<sub>5</sub>/kgSSd) je iz čistilnih naprav brez nitrifikacije in denitrifikacije in vsebuje večji delež organskih snovi, posebno če imajo čistilne naprave primarno sedimentacijo (slednja v tem prispevku ni upoštevana). Primera  $L_s = 0,10$  in  $0,05$  (kgBPK<sub>5</sub>/kgSSd) pa veljata za čistilne naprave z nitrifikacijo in denitrifikacijo, brez primarne sedimentacije in z manjšim deležem organskih snovi v proizvedenem blatu.

## OPIS PROCESA TERMIČNE AEROBNE STABILIZACIJE BLATA

V nasprotju s simultano aerobno stabilizacijo se blato termično aerobno stabilizira v ločenem reaktorju (slika 1).

Zaradi sproščene toplote v procesu oksidacije se blato bolj segreje, če vsebuje manj vode. Stabilizacija blata pa poteka hitreje, zato blato pred termičnim reaktorjem čim bolj zgostimo.

Temperatura blata, ki jo je mogoče doseči pri termični stabilizaciji, je torej odvisna od zgoščenosti blata in ostanka razgradljive organske mase v biološkem blatu po nitrifikaciji in denitrifikaciji efluenta v biokemijskih reaktorjih (bazenih) čistilne naprave.

Kot kriterij za stopnjo stabilizacije blata smo upoštevali mejno vrednost respiracije  $0,1$  gO<sub>2</sub>/gVSSd organskega dela blata [Imhoff, 1999].

Pri oceni temperature blata je privzeto, da se pri oksidaciji organskega dela blata sprosti okoli 20.000 kJ/kgVSS toplote [Degremont, 1991].

V nadaljevanju so z enačbami opisani procesi oksidacije - stabilizacije - biološkega blata v obeh reaktorjih.

## ANALIZA DELNE STABILIZACIJE BLATA V PROCESU ČIŠČENJA ODPADNE VODE

Proces stabilizacije biološkega blata se začne v biološkem reaktorju čistilne naprave in se konča v termičnem reaktorju za stabilizacijo blata.

Razgradljivi del  $X_{d1}$  proizvedenega odvišnega biološkega blata v reaktorjih za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta določimo v odvisnosti od njegove starosti po enačbi 2 [Eckenfelder 1989]:

$$X_{d1} = \frac{X'_d}{1 + kd X'_n \theta_c F_1} \quad (2)$$

$X_{d1}$  je dosežena pri obremenitvi organskega dela biološkega blata  $L_{sv}$  [Eckenfelder, 1989]

$$L_{sv} = \frac{1 + kd \theta_c F_1}{Y \theta_c (1 + kd X'_n \theta_c F_1)} \quad (3)$$

(kgBPK<sub>5</sub>/kgVSS)

in pri specifični obremenitvi  $L_s$  celotne mase biološkega blata, ki vključuje tudi mineralni, biokemijsko nerazgradljivi del:

$$L_s = \frac{L_{sv}}{1 + \frac{C_{iin}}{C_i} L_{sv} \theta_c} \quad (\text{kgBPK}_5/\text{kgSS}), \quad (4)$$

$$F_1 = 1,072^{(t_1 - 15)} \quad (5)$$

$T_1$  (°C) je temperatura vode v aeracijskem bazenu.

Koncentracija organskega dela biološkega blata v aeracijskem bazenu je določena z enačbo:

$$X_{in} = C_{iin} \frac{\theta_c}{\theta_H} \quad (\text{kgSS}_m/\text{m}^3), \quad (6)$$

Koncentracija inertne, anorganske, mase biološkega blata pa je:

$$X_v = \frac{C_i}{L_{sv} \theta_H} \quad (\text{kgVSS}/\text{m}^3), \quad (7)$$

Pri hidravličnem zadrževalnem času  $\theta_H$  odpadne vode v reaktorjih čistilne naprave



ve [Rismal, 1980 – 1997] :

$$\theta_H = \frac{1}{X_{TOT}} \left( \frac{C_i}{L_{sv}} + \theta_c C_{in} \right), \quad (8)$$

je koncentracija celotne mase organskega in anorganskega dela biološkega blata:

$$X_{TOT} = X_v + X_{in} = \frac{C_i}{L_{sv} \theta_H} + C_{in} \frac{\theta_c}{\theta_H}, \quad (9)$$

(kgSS/m<sup>3</sup>)

Za oksidacijo organske mase biološkega blata v termičnem reaktorju preostane, po aeracijskem bazenu čistilne naprave njen razgradljivi del  $X_{vrazgr}$ :

$$X_{vrazgr} = X_d X_v = \frac{C_i X'_d}{L_{sv} \theta_H (1 + kd X'_n \theta_c F_1)} \quad (10)$$

(kgVSS/m<sup>3</sup>)

Dnevna količina odvečnega biološkega blata s koncentracijo  $X_{TOT1}$  (kgSS/m<sup>3</sup>) iz reaktorjev za nitrifikacijo in denitrifikacijo  $V_1$  čistilne naprave znaša

$$q = \frac{V_1}{\theta_c} \quad (m^3/d), \quad (11)$$

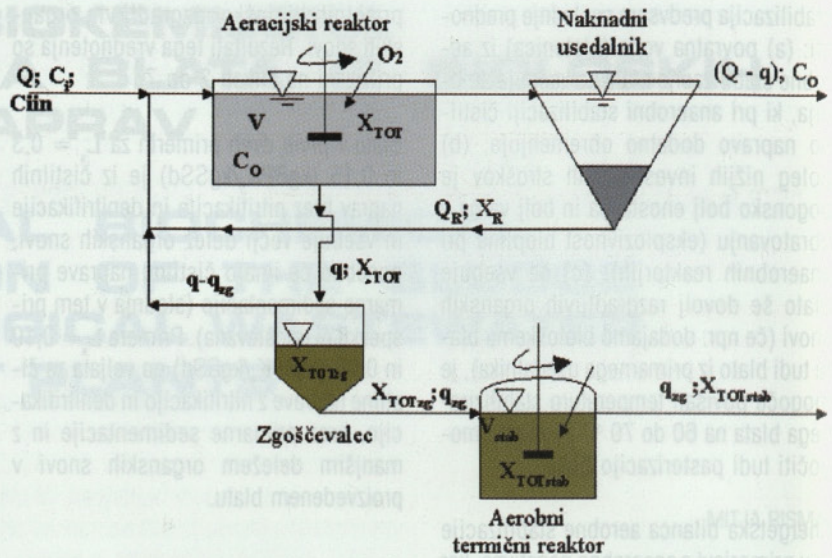
### ZGOŠTITEV BLATA V ZGOŠČEVALNIKU PRED REAKTORJEM ZA TERMIČNO STABILIZACIJO BLATA

V zgoščevalniku se blato zgosti na  $X_{TOTzg} = 50$  (kgSS/m<sup>3</sup>). Količino tako zgoščenega blata  $q_{zg}$  (m<sup>3</sup>/d), ki se prečrpa na dokončno stabilizacijo v termični reaktor, določimo z enačbo

$$q_{zg} = q \frac{X_{TOT}}{X_{TOTzg}} \quad (m^3/d), \quad (12)$$

Od totalne koncentracije blata  $X_{TOTzg}$  je koncentracija organskega dela blata, ki doteka v termični reaktor :

$$X_{vzg} = X_v \frac{q}{q_{zg}} \quad (kgVSS/m^3), \quad (13)$$



Slika 1: Funkcionalna shema termične stabilizacije biološkega blata

in koncentracija anorganskega dela:

$$X_{inzg} = X_{in} \frac{q}{q_{zg}} \quad (kgSSin/m^3), \quad (14)$$

Celotna koncentracija biološkega blata iz zgoščevalnika znaša torej:

$$X_{TOTzg} = \frac{q}{q_{zg}} (X_v + X_{in}) \quad (kgSS/m^3), \quad (15)$$

### PROCESI STABILIZACIJE BLATA V TERMIČNEM REAKTORJU

V termičnem reaktorju s pretočnim časom  $\theta_{Hstab}$  (d) in prostornino

$$V = q_{zg} \theta_{Hstab} \quad (m^3), \quad (16)$$

se koncentracija biokemijsko razgradljivega dela biološkega blata  $X_{vzg}$  ponovno zmanjša na:

$$X_{vstab} = \frac{X_{vzg}}{1 + kd X_{dstab} \theta_{Hstab} F_2}, \quad (17)$$

(kgVSS/m<sup>3</sup>)

Pri tem je ostanek biokemijsko razgradljive organske mase biološkega blata  $X_{dstab}$  enak:

$$X_{dstab} = \frac{X_d}{1 + kd (1 - X_d) \theta_{Hstab} F_2}, \quad (18)$$

$$F_2 = 1,072^{(T_2 - 15)}$$

$T_2$  (°C) je temperatura blata v termičnem reaktorju.

Celotna koncentracija v termičnem reaktorju stabiliziranega blata znaša:

$$X_{TOTstab} = X_{in} + X_{vstab} \quad (kgSS/m^3), \quad (19)$$

V termičnem reaktorju oksidirana organska masa biološkega blata znaša:

$$\Delta X_{vstab} = X_{vzg} - X_{vstab} \quad (kgVSS/m^3), \quad (20)$$

in količina v termičnem reaktorju oksidirane mase biološkega blata :

$$\Delta W = q_{zg} \Delta X_{vstab} \quad (kgVSS/d), \quad (21)$$

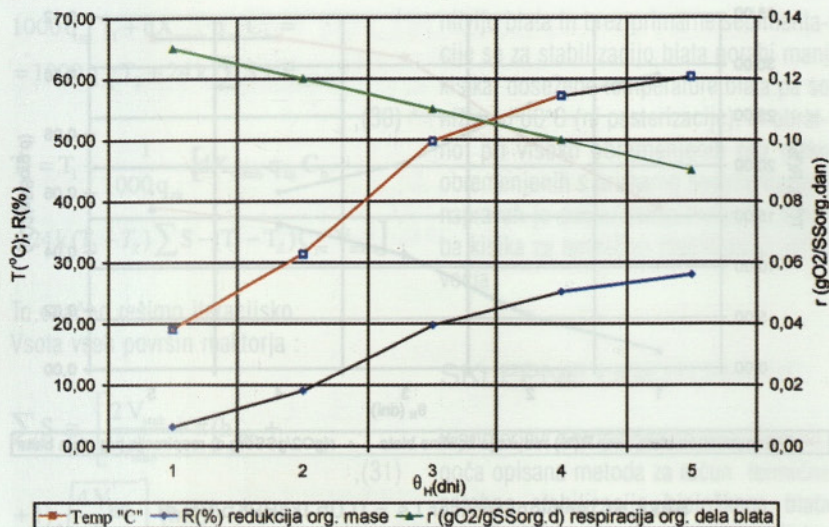
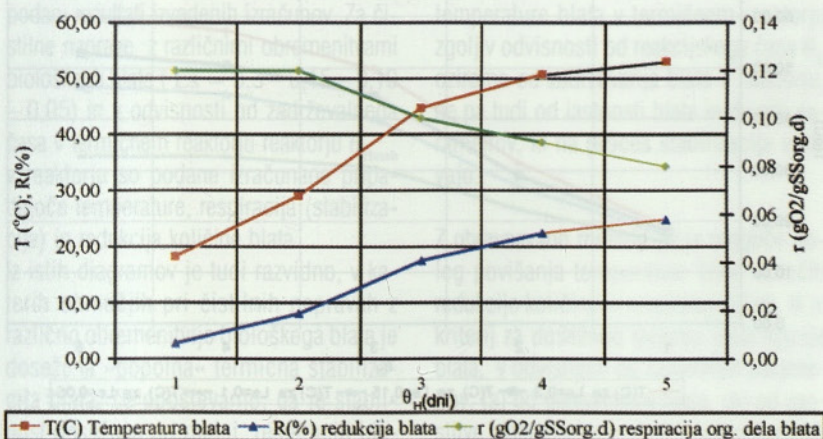
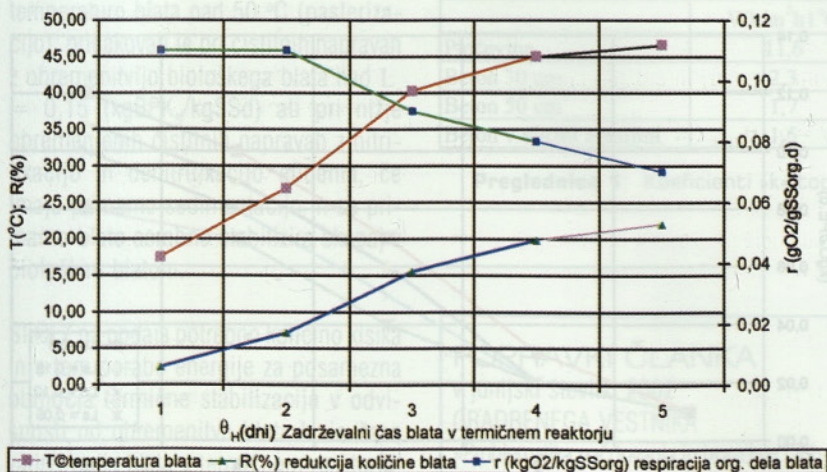
Celotna količina stabiliziranega biološkega blata je:

$$X_{TOTstab} = X_{vstab} + X_{inzg} \quad (kgSS/m^3), \quad (22)$$

Redukcija količine blata v termičnem reaktorju :

$$\Delta X_{TOT} = X_{TOTzg} - X_{TOTstab} \quad (kgSS/m^3), \quad (23)$$



Slika 2: Termični reaktor  $L_s = 0,30$  (kgBPK5/SS.d)Slika 3: Termični reaktor  $L_s = 0,15$  (kgBPK5/SS.d)Slika 4: Termični reaktor  $L_s = 0,1$  (kgBPK5/SS.d)

Relativna redukcija količine odvečnega blata v termičnem reaktorju :

$$R = \frac{\Delta X_{TOT}}{X_{TOTzg}} 100 \quad (\%) \quad (24)$$

V termičnem reaktorju stabilizirano blato se zunaj reaktorja ohladi na temperaturo zraka  $T_z$ .

Stopnjo stabilizacije blata presojamo po endogeni respiraciji blata, preračunano na enoto teže organske mase stabilizirane blata:

$$\frac{\text{kgO}_2}{X_{vstab} (\text{kgVSS/m}^3) \cdot d} = b 1,072^{(T_2-15)} X_{dstab} \quad (25)$$

Na slikah od 2 do 7 so podani rezultati po zgornjih enačbah izvedenih računov temperature blata (vode), respiracije stabiliziranega blata in redukcije količine blata v odvisnosti od zadrževalnih časov blata  $\theta_H$  od 1 do 5 dni v termičnem reaktorju in od obremenitve biološkega blata  $L_s$  (kgBPK<sub>5</sub>/kgSS) v aeracijskem bazenu čistilne naprave.

Pri izračunu tabele so uporabljene naslednje vrednosti uporabljenih konstant:

$$kd = 0,08 \text{ d}^{-1};$$

$$Y = 0,6;$$

$$X'_n = 0,2;$$

$$X'_d = 0,8;$$

$$F_2 = 1,072^{(T_2-15)}$$

povprečna koncentracija onesaženja v odpadni vodi  $C_i = 300 \text{ mgBPK}_5/\text{l}$  in  $C_{i, \text{in}} = 125 \text{ mg/l}$  ter v zgoščevalniku dosežena koncentracija biološkega blata  $50 \text{ kgSS}/\text{m}^3$ .

## TOPLOTNA BILANCA BLATA V TERMIČNEM REAKTORJU

Del sproščene toplotne energije v procesu endogene respiracije biološkega blata v termičnem reaktorju se porabi za segrevanje vode, oziroma blata, za toplotne izgube preko izoliranih sten reaktorja, del energije pa za segretje vpihovanega



zraka (zaradi komprimiranja povišana temperatura vpihanega zraka se zaradi izravnave z atmosferskim pritiskom v reaktorju izniči).

Določitev potrebne količine zraka za endogeno respiracijo blata v termičnem reaktorju:

Poraba kisika v reaktorju:

$$O_2 = b F_2 X_{vstab} V_{stab} \text{ (kgO}_2\text{/dan)}, \quad (26)$$

$b = 0,24 \text{ (kgO}_2\text{/kg VSS)}$  koeficient endogene respiracije  $X_{vstab}$

Pri izkoristku kisika  $z$  (%) je poraba zraka :

$$V_{zraka} = \frac{O_2 \text{ (kgO}_2\text{/d)}}{z(\%) 0,280 \text{ (kgO}_2\text{/m}^3\text{)}} \quad (27)$$

(m<sup>3</sup>zraka/dan)

$$Q_{zraka} = V_{zraka} / 24 \text{ (m}^3\text{/h);} \quad (28)$$

$$q_{zraka} = Q_{zraka} / 3600 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Porabljena energija za segrevanje vpihanega zraka

Poraba toplote za gretje zraka:

Za segretje 1 m<sup>3</sup> zraka za 1°C se porabi energija  $C_{pz} = 1,262 \text{ (kJ/m}^3\text{°C)}$

$T_z$  = zunanja temperatura zraka v °C

$T_1$  = temperatura biol. blata na vtoku v termični reaktor °C

$T_2$  = temperatura biol. blata v termičnem reaktorju °C

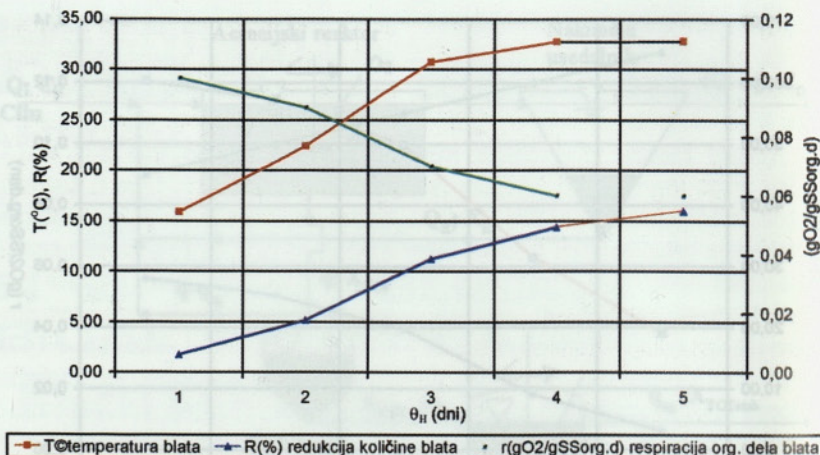
$$E_{zrak} = V_{zraka} \text{ (m}^3\text{/d)} C_{pz} (T_2 - T_z) \quad (29)$$

(kJ/dan)

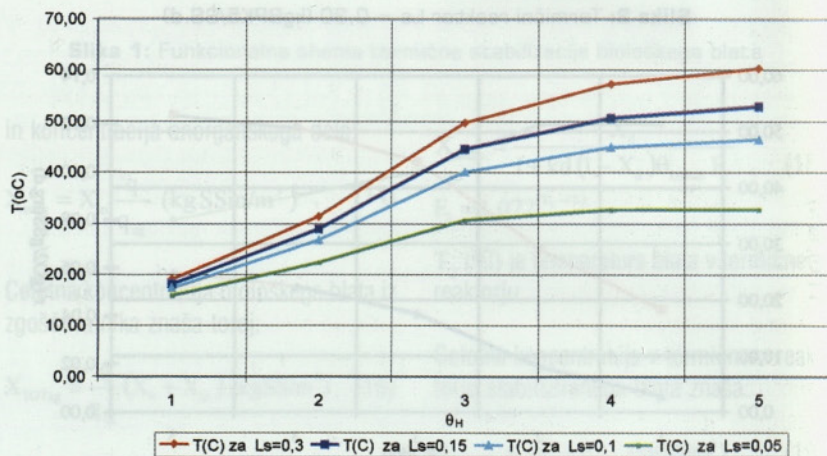
Porabljena energija za segretje blata na  $T_2$

Toplotna bilanca v reaktorju:

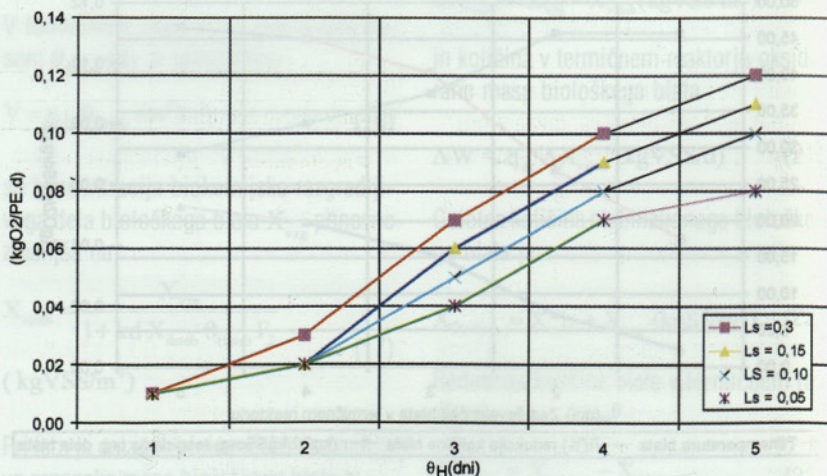
$C_b = 20.000 \text{ (kJ/kgVSS)}$  koeficient proizvodnje toplote pri oksidaciji 1kgVSS [Degremont, 1991].



Slika 5: Termični reaktor  $L_s = 0,05 \text{ (kgBPK5/SS.d)}$



Slika 6: Temperatura blata kot funkcija  $L_s$  in zadrževalnega časa  $\theta_H$  v termičnem reaktorju



Slika 7: Poraba kisika za termično stabilizacijo blata v kg O<sub>2</sub>/PE.d



$$1000 q_{zg} T_1 + dX_{vstab} q_{zg} C_b =$$

$$= 1000 q_{zg} T_2 + 24 k \sum S + E_{zrak} \quad (30)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{1}{1000 q_{zg}} [dX_{vstab} q_{zg} C_b -$$

$$- 24 k (T_2 - T_z) \sum S - (T_2 - T_z) C_{pz} V_{zraka}]$$

To enačbo rešimo iteracijsko.  
Vsota vseh površin reaktorja :

$$\sum S \equiv \left[ \frac{2 V_{stab}}{h_{stab}} + \pi (h_{stab} +$$

$$+ 1) \sqrt{\frac{4 V_{stab}}{\pi h_{stab}}} \right] (m^2) \quad (31)$$

Na slikah 2 do 5 so po obravnavani metodi podani rezultati izvedenih izračunov. Za čistilne naprave z različnimi obremenitvami biološkega blata ( $L_s = 0,3 - 0,15 - 0,10 - 0,05$ ) in v odvisnosti od zadrževalnega časa v termičnem reaktorju  $\theta_{Hstab}$  v reaktorju so podane izračunane pripadajoče temperature, respiracija (stabilizacija) in redukcija količine blata. Iz istih diagramov je tudi razvidno, v katerih območjih pri čistilnih napravah z različno obremenitvijo biološkega blata je dosežena »popolna« termična stabilizacija blata, če upoštevamo, da je stabilnost dosežena pri mejni respiraciji blata  $0,1 (gO_2/gVSSd)$  [Imhoff, 1999].

Iz slike 6 je razvidno, da je mogoče temperaturo blata nad  $50^\circ C$  (pasterizacija) pričakovati le pri čistilnih napravah z obremenitvijo biološkega blata nad  $L_s = 0,15 (kgBPK_g/kgSSd)$  ali pri nižje obremenjenih čistilnih napravah z nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta, če imajo primarno sedimentacijo in se primarno blato aerobno stabilizira skupaj z biološkim blatom.

Slika 7 pa podaja potrebno količino kisika in s tem porabo energije za posamezna območja termične stabilizacije v odvisnosti od obremenitve blata  $L_s$  in časa zadrževanja blata v termičnem reaktorju.

Pri napravah z nižjo specifično obreme-

nitvijo blata in brez primarne sedimentacije se za stabilizacijo blata porabi manj kisika, dosežene temperature blata pa so nižje od  $60^\circ C$  (ni pasterizacije). In obratno: pri visoko obremenjenih (ali nisko obremenjenih s primarno sedimentacijo) napravah je pasterizacija mogoča, poraba kisika za termično stabilizacijo pa je večja.

## SKLEPNE UGOTOVITVE

V primerjavi z empirično enačbo (1) omogoča opisana metoda za račun termične aerobne stabilizacije biološkega blata natančnejšo kvantitativno oceno rezultatov stabilizacije blata. Enačba (1) omogoča namreč le orientacijsko oceno povišanja temperature blata v termičnem reaktorju zgolj v odvisnosti od reakcijskega časa  $\theta_H$  oziroma od zadrževanja blata v reaktorju, ne pa tudi od lastnosti blata in drugih parametrov, ki na proces stabilizacije vplivajo.

Z obravnavano metodo pa je mogoče poleg povišanja temperature blata določiti redukcijo količine in respiracijo blata, ki je kriterij za doseženo stopnjo stabilizacije blata, v odvisnosti od naslednjih parametrov: (a) od temperature blata, (b) od zgostitve blata pred termičnim reaktorjem, (c) od deleža  $X_{di}$  organske mase v biološkem

blatu iz predhodnega čiščenja, (d) od starosti blata  $\theta_c$  iz predhodnega čiščenja, (e) od reakcijskega časa v termičnem reaktorju  $\theta_{Hstab}$ , (f) od temperature zraka in (g) od izolacije reaktorja.

Rezultati analize, ki so podani na slikah 2 do 7, logično sledijo dejstvu, da je možno povečanje temperature blata v termičnem reaktorju neposredno odvisno od ostanka organskih snovi v odvečnem biološkem blatju iz predhodnega čiščenja.

Pri podaljšani aeraciji, ki jo zahteva nitrifikacija in denitrifikacija efluenta, pade koncentracija organskih snovi v blatju pod mejo, ki je potrebna za temperature nad  $50^\circ C$ .

V takšnih primerih je mogoče povečati vsebnost organskih snovi v blatju z uvedbo primarne sedimentacije in uvajanjem primarnega blata v termični reaktor. Energetska bilanca je enaka kot brez primarne sedimentacije.

Izvedena analiza daje možnost higienizacije oziroma pasterizacije blata pri napravah s podaljšano aeracijo, to je z nitrifikacijo in denitrifikacijo, če uvedemo tudi primarno sedimentacijo. Pred odločitvijo pa je potrebno zagotoviti, da s primerno sedimentacijo v odpadni vodi ni porušeno za denitrifikacijo potrebno razmerje  $N/C$ .

	Wh/m <sup>2</sup> h1°C		Wh/m <sup>2</sup> h1°C
Pločevina	11,6	Beton v suhi zemljini	0,5
Beton 30 cm	2,3	Opečni zid 38 cm	1,3
Beton 50 cm	1,7	Zaščitena bet. streha	0,9
Beton v vlažni zemljini	1,5		

**Preglednica 1:** Koeficienti »k« toplotnih izgub reaktorja na 1m<sup>2</sup> površine

## POPRAVKI ČLANKA

v junijski številki 2002

GRADBENEGA VESTNIKA

»Problematika načrtovanja in izgradnje Ljubljanske čistilne naprave«

Številka preglednice	Vrsta	Stolpec	Pravilna vrednost
2	12	zadnji	12.393
4	5	zadnji	3.447
4	7	zadnji	7.316
8	1	drugi	9.803
8	2	zadnji	19.567



## SIMBOLI

$X_d'$	Bioško razgradljivi del org. dela biološkega blata pri starosti blata $\theta_c = 0$
$X_n'$	Bioško nerazgradljivi del org. dela biološkega blata pri starosti blata $\theta_c = 0$
$X_{d1}$	Delež bioško razgradljivih org. snovi biol. blata pri $\theta_c$
$X_{n1}'$	Delež bioško nerazgradljivih org. snovi biol. blata pri $\theta_c$
$\theta_c$ (d)	Starost biološkega blata
$\theta_H$ (d)	Čas zadrževanja odpadne vode v biološkem reaktorju $\theta$ . naprave
$\theta_{Hstab}$ (d)	Čas zadrževanja biol. blata v termičnem reaktorju
$B$ (1/d)	Koeficient endogene respiracije biološkega blata
$kd$ (1/d)	Koeficient endogene razgradnje org. mase biol. blata
$F_1, F_2$	Temp. koeficient (Arrhenius)
$Y$ (kgVSS/kgBPK <sub>5</sub> )	Koeficient prirastka organske mase biološkega blata
$L_{sv}$ (kgBPK <sub>5</sub> /kgVSS)	Obremenitev organskega dela biološkega blata
$L_s$ (kgBPK <sub>5</sub> /kgSS)	Obremenitev biološkega blata
$C_i$ (kgBPK <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> )	Koncentracija organskega onesnaženja v odpadni vodi
$C_{iin}$ (kg SS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija inertnih snovi v odpadni vodi
$X_v$ (kg VSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija biološkega blata v reaktorju kot organskih snovi
$X_{in}$ (kgSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija biološkega blata v reaktorju kot inertnih snovi
$X_{TOT}$ (kgSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija biološkega blata v biološkem reaktorju č.n.
$X_{vrazgr}$ (kgVSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija razgradljivega organskega dela biol. blata v biološkem reaktorju
$X_{vzg}$ (kgVSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija razgradljivega org. dela blata v ter. reaktorju
$DX_{vstab}$ (kg VSS/m <sup>3</sup> )	V termičnem reaktorju razgrajeni del organske mase biol. blata
$Q$ (m <sup>3</sup> /d)	Dotok odpadne vode na čistilno napravo
$q$ (m <sup>3</sup> /d)	Dotok odvečnega biol. blata iz biološkega reaktorja v zgoščevalac
$q_{zg}$ (m <sup>3</sup> /d)	Dotok zgoščenega biol. blata v term. reaktor za stabilizacijo blata
$X_{vstab}$ (kg VSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija razgradljivega org. dela biol. blata v termičnem reaktorju za stabilizacijo blata.
$X_{dstab}$ (kgSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija biološko razgradljivega dela biol. blata v termičnem reaktorju
$T_1, T_2$ (°C)	Temperatura vode biološkem in termičnem reaktorju
$\Delta X_{vstab}$ (kgVSS/m <sup>3</sup> )	V termičnem reaktorju zmanjšani del org. mase v biološkem blatu
$\Delta W$ (kgVSS/d)	Dnevna količina organskega dela blata iz termičnega reaktorja
$X_{TOT}$ (kgSS/m <sup>3</sup> )	Koncentracija stabiliziranega blata iz termičnega reaktorja
$R$ (%)	Relativna redukcija količine odvečnega. blata v termičnem reaktorju
$V_{stab}$ (m <sup>3</sup> )	Prostornina termičnega reaktorja

## LITERATURA

- Degremont, Water Treatment Handbook, Sixth edition, Vol 2, 1991.
- Eckenfelder, W. W., Industrial Water Pollution Control – Second Edition, Mc. Graw – Hill Book Company, 1991.
- Imhoff, Ka. und Kl. R., Taschenbuch der Stadtewässerung, 29 Auflage, Oldenbourg Verlag, 1999.
- Mtcalff & Eddy, inc. Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse, Second Edition, TATA Mc Graw – Hill Publishing Company LTD, 1991.
- Rismal, M., Čiščenje odpadnih vod, Zapiski predavanj, FGG, 1980 – 1997.



# REKONSTRUKCIJA MOSTU ČEZ MURO V PETANJCIH

## RECONSTRUCTION OF PETANJCI MURA RIVER BRIDGE

STROKOVNI ČLANEK

UDK 624.21 : 627.745.1

ANTON AŠKERC

**P O V Z E T E K** Članek opisuje rekonstrukcijo mostu na cesti preko reke Mure med krajema Radenci in Petanjci. Projekt je obsegal gradnjo petih inundacijskih objektov, rekonstrukcijo ceste v skupni dolžini 300 m in rekonstrukcijo glavnega mostu čez Muro.

**S U M M A R Y** The paper describes the reconstruction of the road bridges over the Mura river between the places Radenci and Petanjci. The project involves the construction of five inundation bridges, the reconstruction of the 300 m long road, and the reconstruction of the main bridge over the Mura river.

*Avtor:*

Anton Aškerc, univ. dipl. inž. grad., Ceste mostovi Celje d.d., Lava 42, 3000 Celje

### UVOD

Gradnja petanjskih mostov – tako jih imenujejo domačini – se je na terenu pričela 14.1.2002 s popolno zaporo ceste v skupni dolžini 640 m. Projekt je obsegal izgradnjo petih inundacijskih objektov, rekonstrukcijo ceste v skupni dolžini 300 m ter sanacijo glavnega mostu čez Muro. Naročnik del je bila Direkcija RS za ceste. Celotna investicijska vrednost projekta je znašala 766 milijonov tolarjev. Dela smo kot glavni izvajalec izvedli CM Celje, d.d., Celje ter kot pogodbeni partner Gradis NG, d.d., Maribor. Strokovni nadzor je vršila Družba za državne ceste, d.o.o. Ljubljana.

### PROJEKTNA DOKUMENTACIJA

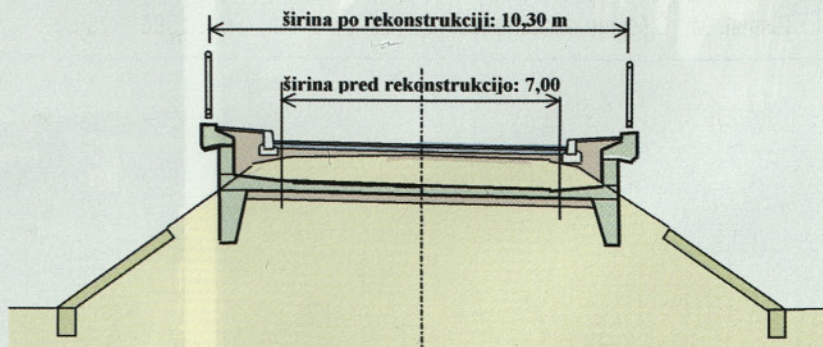
Projektno dokumentacijo za sanacijo mostu čez Muro in izgradnjo petih inundacijskih objektov ter rekonstrukcijo glav-

ne ceste G1-3/317 pri Petanjcih je izdelalo projektivno podjetje KO-BIRO d.o.o. iz Maribora. V idejnem projektu je projektant preizkusil več variant zasnov za vse tipe objektov, ki jih je nato ovrednotil po tehnični, ekonomski in naravovarstveni plati. Na podlagi teh odločitev je inundacijske mostove zasnoval kot okvirne konstrukcije s polmontažnimi zgornjimi konstrukcijami. Širitev nasipa je predvi-

del z nadgradnjo betonskega korita (slika 1), kot najbolj ustrezne rešitve, ki zadovoljuje vse omenjene vidike.

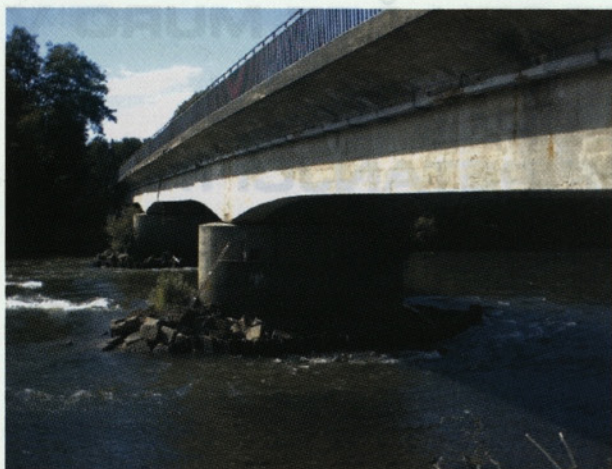
### REKONSTRUKCIJA MOSTU ČEZ MURO

Največji objekt v celotnem projektu je glavni most čez reko Muro. Njegova



**Slika 1:** Karakteristični prerez z armiranobetonskim koritom na vrhu nasipa razširjene ceste





**Slika 2:** Most čez Muro pred rekonstrukcijo



**Slika 3:** Ojačitev zgornjega dela temeljev rečnih stebrov

rekonstrukcija je bila tudi rokovno in tehnološko najzahtevnejša naloga. Izvedlo jo je podjetje CM Celje, d.d.

Po vojni – leta 1946 na starih temeljih zgrajen most (slika 2) smo pričeli rekonstruirati z odstranitvijo krova mostu in kontaminiranega zaščitnega sloja betona nad armaturo ter rušenjem obstoječih konzol. S tem smo prekladno konstrukcijo – glavne vzdolžne nosilce – razbremenili.

Nato smo se lotili ojačitve zgornjega dela temeljev rečnih stebrov z močnim armiranobetonskim vencem ter tako zagotovili zanesljiv prenos sil iz stebra v temelj (slika 3).

Pri tem so nam bile v veliko pomoč obstoječe zagatne stene iz leta 1939 (slika 4). Ojačilni armiranobetonski venec je služil tudi kot temelj štirih pomožnih stebrov, na katerih je do vgradnje novih gumenih ležišč slonela celotna prekladna konstrukcija (slika 5 in 6). Po vgradnji ležišč smo pomožne stebre v celoti porušili.

Oba rečna stebra, ki sta sicer nearmirana, smo na vrhu po celotni površini pod ležišči ojačili z močnejše armirano betonsko gredo. V njo smo vgradili potrebno armaturo za prevzem razcepnih sil pod ležišči (slika 6). Med obema ležiščema smo vgradili armaturo za prevzem razcepnih sil na mestu, kje bodo nameščene

hidravlične dvigalke ob zamenjavi ležišč.

Podobno smo tudi na obrežnih opornikih vgradili nove ležiščne grede in nanje namestili nova gumena ležišča. Zunanja lica opornikov smo obbetonirali z armiranobetonskimi oblogami, vpetimi v ležiščne grede, tako da smo ustvarili horizontalne povezave na nivoju vnašanja podpornih sil. Površino celotne podporne konstrukcije smo sanirali skladno s postopkovnimi navodili.

Tudi prekladno konstrukcijo smo v celoti sanirali. Bistveno spremembo stare konstrukcije predstavlja nova voziščna plošča iz polimeriziranega betona, razširjena s podaljšanimi konzolami in sovprežena



**Slika 4:** Zaščita temeljne jame za zagatno steno iz leta 1939



**Slika 5:** Naslonitev prekladne konstrukcije v času rekonstrukcije ležišč načasne armiranobetonske stebre



s starimi armiranobetonskimi glavnimi nosilci (sliki 7 in 8). Močno smo povečali tudi zgornjo vzdolžno armaturo nad vmesnimi podporami glavnih nosilcev in dodali armaturo v spodnji coni glavnih nosilcev in prečnikov nad ležišči. Med rekonstrukcijo smo po pranju betona z vodo pod visokim tlakom ugotovili tudi slabo stanje prečnika nad levim obrežnim opornikom. Prečnik smo ojačili z dobetoniranjem nove, v oba glavna nosilca in v obstoječi prečnik usidrane ojačilne membrane.

Krov mostu (hidroizolacija, robni venči in hodniki, ograje, asfalt) je bil izve-

den po detajlih SODOC.

Ker smo celotno rekonstrukcijo mostu izvedli znotraj območja Krajinskega parka Mura, smo veliko pozornost posvečali tudi ohranitvi obstoječe vegetacije. Odvodnjavanje meteornih voda z mostu smo izvedli preko mostnih izlivanikov in vodotesnega kanalizacijskega sistema iz cevi iz duktilne jeklene litine  $\text{R } 200 \text{ mm}$  v betonski usedalnik ter nato preko lovilca olja s koalescentnim filtrom v vodotok.

Prostor med rečnimi stebri in zagatnicami smo delno zasuli z gramozom, na vrhu pa zapolnili z betonom v nagibu in

tako zagotovili boljše hidrološke razmere ob stebri. Brežine reke Mure v območju rekonstrukcije smo tlakovali s kamnito oblogo (slika 9).

Ves čas gradnje smo omogočili prehod preko mostu pešcem in kolesarjem. Na mestu, kjer smo izvajali dela na ploščah, smo prehod omogočili z brvjo širine 2 m (slika 10). Po drugih delih gradbišča smo pot za pešce in kolesarje zavarovali z varnostno ograjo.

Nemalo sreče pa smo imeli tudi z vodostajem reke Mure, ki nam je svojo moč pokazala proti koncu gradnje. V mesecu avgustu smo morali zaradi vi-

...da ugotoviti globajno strukturo ...



**Slika 6:** Detajl glave začasnega stebra in armatura pod ležiščem glavnega nosilca



**Slika 7:** Konstrukcija opaža za novo voziščno ploščo



**Slika 8:** Most čez Muro po zabetoniranju prvega dela nove voziščne plošče



**Slika 9:** Betonska plošča med rečnimi stebri in zagatnicami ter kamnita obloga rečnih brežin



A. AŠKERC: Rekonstrukcija mostu čez Muro v Petanjih



**Slika 10:** Brv za prehod pešcev in kolesarjev



**Slika 11:** Visoka voda avgusta 2002



**Slika 12:** Most čez Muro po rekonstrukciji

soke vode za dober teden dni ustaviti delo na rekonstrukciji srednjega polja prekladne konstrukcije (slika 11).

Kljub temu nam je uspelo zahteven projekt dokončati skoraj dva meseca pred pogodbenim rokom ter ga s slavnostno

otvoritvijo predati v uporabo 19. oktobra 2002 (slika 12).



# GEOLOŠKE IN GEOMEHANSKE RAZISKAVE ZA PREDOR ŠENTVID

## GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS FOR TUNNEL ŠENTVID

STROKOVNI ČLANEK

UDK 550.82

KARMEN FIFER BIZJAK, BORUT PETKOVŠEK, RAJKO PETRICA

**P O V Z E T E K** Predor Šentvid bo zgrajen na AC odseku Šentvid – Koseze, ki povezuje Gorenjsko AC z zahodno ljubljansko obvoznico.

V projektu sta predvideni dve dvopasovni cevi, dolgi približno 1.1 km.

Predor Šentvid je ponovno eden izmed predorov, ki se bodo gradili v težavnih geotehničnih razmerah. Predor bo v večjem delu zgrajen v permokarbonskih klastitih, v manjšem pa v njihovi preperini.

Prva naloga raziskav je bila ugotoviti globalno strukturo širšega ozemlja in jo nato prenesti na mikrolokacijo predora. Prva stopnja raziskav je bila izvedena leta 1991, dodatne raziskave so se nato izvedle še leta 1999. Določili smo položaj treh naravnih lusk, presekanih z nekaterimi močnejšimi prelomi v dinarski in prečno dinarski smeri.

Tako kot že večkrat v preteklosti smo se srečevali s problemom določanja geomehanskih parametrov kamnine. Vzorci permokarbonskih klastitov so navadno močno razpokani, zato je iz njih pogosto težko dobiti reprezentativne podatke o njihovi trdnosti. Za določitev geomehanskih lastnosti hribine smo uporabili GSI indeks, hribino pa smo klasificirali po dveh neodvisnih in v svetu priznanih sistemih (klasifikacija po OENORM 2003 in RMR klasifikacija). Tako smo z upoštevanjem tistih rezultatov laboratorijskih preiskav, ki jih je bilo mogoče opraviti, prišli do dovolj realne ocene trdnostnih in deformacijskih lastnosti obeh tipov kamnine, ki ju pričakujemo v predoru.

**S U M M A R Y** The Šentvid tunnel is the last link connecting the Slovenian highway from the Alps to the sea. Due to the fact that the road, which now leads through the northern part of Ljubljana, is heavily overloaded with traffic, the importance of this tunnel is not in question. By the basic design, the tunnel consists of two double track tubes, 1.1 km long.

By the preliminary prognosis, this tunnel is one of the group of Slovenian highway tunnels with heavy geotechnical conditions. It will be constructed through permo-carboniferous clastic rock.

The first task for a geologist was to define the geological structure of Gradišče hill, which will be penetrated by the tunnel, from the regional geological data and from the data of the site. Quite extensive program, executed in two phases (the first in 1991 and the second in 1999/2000), led to a good fulfilment of this task. It showed that the rock consisted of three successive thrusts, from the north to the south, which were lately cut with some faults in Dinaric and cross-Dinaric direction. The investigation showed also the origin and the thickness of the quaternary delluvial sediments, which have been unstable and thus sliding many times in the past.

Like many times before, we met with the problem of the acquisition of representative samples, permitting to perform tests of rock strength and deformability. We got some results by means of in-situ tests. Some others were acquired from laboratory. But the main problems, the estimation of strength and deformability of the rock mass as the whole, were solved by using the GSI index. The other way used here, but also in some



other Slovenian tunnels, was to get the estimation of geotechnical parameters from the rock mass classification (RMR).

#### Avtorji:

dr. Karmen Fifer Bizjak, dipl. inž. geol., karmen.fifer@zag.si, Zavod za gredbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana  
 dr. Borut Petkovšek, dipl. inž. geol. borut.petkovsek@zag.si, Zavod za gredbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana  
 Rajko Petrica, dipl. inž. geol., rajko.petrica@zag.si, Zavod za gredbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana

## 1. UVOD

Predor Šentvid bo zgrajen na odseku AC Šentvid - Koseze. Povezal bo gorenjsko avtocesto z zahodno ljubljansko obvoznico in tako razbremenil Celovško cesto med Šentvidom in odcepom na zahodno ljubljansko obvoznico, kakor tudi samo zahodno obvoznico.

V idejnem projektu predora sta predvideni dve dvopasovni cevi, dolgi približno 1.1 km. Debelina nadkritja nad predorom je od 5 do 107 m. Na začetku predora sta cevi v Šentvidu predvidoma razmaknjeni le za 4 – 6 m, (na strani severnega portala). Ta razdalja se nato veča do 65 m (na sredini predora), nato pa se proti južnem portalu cevi ponovno približata na razdaljo 35 m.

Gradnja predora bo potekala v permokarbonskih klastitih, zadnjih 100 - 150 m na južni strani pa v kvartarnih deluvialnih nanosih iste hribine.

Predvidoma bo za gradnjo predora uporabljena Nova avstrijska metoda.

Prva faza raziskav za predor je potekala v letu 1991 [Petkovšek, 1991]. Ker so slovenske izkušnje v predorih, grajenih v podobnih kamninah, pokazale na možnost razvoja velikih deformacij pri gradnji in na velike težave s stabilnostjo portalov, so se v letu 1999 pričele dodatne raziskave za predor Šentvid.

Dodatna raziskovalna dela je vodil ZAG Ljubljana, sodelovali pa so še Geo-

projekt z vrtnimi deli, Geoinženiring z izvedbo geofizikalnih raziskav in njihovo interpretacijo in Geološki zavod Slovenije s sodelovanjem pri reševanju hidrogeološke problematike. Rezultati vseh raziskav so zbrani v poročilu [Petkovšek, 2000].

## 2. OPRAVLJENE RAZISKAVE

S terenskim delom raziskav smo pričeli decembra 1999. Najprej smo teren inženirsko geološko kartirali. Na tej osnovi smo določili položaj dodatnih vrtin. Skupaj je bilo izvrtanih pet strukturnih in devet geomehanskih vrtin. Opravljeno je bilo tudi hidrogeološko kartiranje širšega območja predora.

Geofizikalne preiskave so bile opravljene v tej fazi le na območju severnega portala, kjer smo pričakovali večjo tektonsko porušenos kamnine. Opravljene so bile meritve hitrosti seizmičnih valov (refrakcijska seizmika) in geoelektrična identifikacija kamin.

V vrtinah, ki so bile stoodstotno jedrovane in ves čas vrtenja natančno geološko spremljane, so bile opravljene geofizikalne meritve hitrosti seizmičnih valov: down – hole, presiometrične meritve, SPT meritve in nalivalni poizkusi. V nekaterih vrtinah v območju portalov še vedno opravljamo meritve inklinacije in meritve nivoja podzemne vode.

V laboratorijih smo opravili vrsto geo-

mehanskih in mineraloških preiskav reprezentativnih vzorcev kamnin in zemljin.

## 3. PREDSTAVITEV STRUKTURNO-GEOLOŠKEGA MODELA

Izdelan strukturno-geološki model temelji na našem poznavanju literaturnih podatkov geološke zgradbe širšega ozemlja in na rezultatih vseh doslej opravljenih preiskav. Vanj so vključena tektonska dogajanja, ugotovljena v širši okolici preiskovanega ozemlja. Glede na tako ugotovljene premike naravnih struktur smo določili območja večjih tektonskih con.

### 3.1. GEOLOŠKA ZGRADBA ŠIRŠEGA OBMOČJA PREDORA ŠENTVID

Prognozni strukturno-geološki model širšega ozemlja predora temelji na obstoječih literaturnih podatkih in na rezultatih vseh do sedaj opravljenih raziskav. Območje predora Šentvid je v bližini narivne ploskve trnovskega pokrova na hrškiški pokrov. Oba pokrova predstavljata tektonski enoti regionalnih razmer v strukturni zgradbi Slovenije. Narivna ploskev trnovskega pokrova poteka po podatkih geološke literature nekaj 100 m južneje od južnega portala predora v Pržanju, ob vznožju grebena Šentviškega hriba. Po podatkih regionalnih tektonskih raziskav naj bi narivanje potekalo od severa proti jugu [Premru, 1983].



Pokrov je razkosan z dinarskimi in prečnodinarskimi prelomi. Od močnejših dinarskih prelomov so v bližini preiskanege ozemlja locirani dražgoški, ratitovski in blejski prelom ter od prečnodinarskih prelomov viški prelom. Ob teh prelomih naj bi nastal severozahodni rob udorine Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja.

- muljevca in glinasti skrilavec, z do 5 m debelimi plastmi peščenjaka (mu-gs CP)

Kot muljavec smo poimenovali masivni temnosivi sljudnati meljavec in glinovec, medtem ko v glinasti skrilavec uvrščamo plasti tankoskrilavega sljudnatega glinovca in meljevca.

Več 10 m debel horizont prevladujočega glinastega skrilavca je bil ugotovljen v zgornjem delu prereza. Po ugotovitvah terenskega kartiranja pripada enoti večjega nariva, ki gradi osrednji del preiskanega ozemlja.

menjavanje plasti glinastega skrilavca, skrilavega meljevca in peščenjaka cm-dm debeline (pem CP), v sekvencah z gradacijsko sedimentacijo, debelih do 30 cm.

Posamezne sekvence so debele od 5 cm

do 30 cm. V spodnjem delu sekvence je plast drobnozrnatega, sljudnatega kremenevega peščenjaka z navzkrižno laminacijo. Ta postopno prehaja navzgor v plast temnosivega sljudnatega meljevca. Vsaka sekvenca se konča z nekaj mm do nekaj cm debelo lamino temnosivega glinovca, ki leži nad plastjo meljevca. Horizont peščenomeljastih sekvenc gradi pretežni del predora.

### 3.2.2 Tektonske razmere

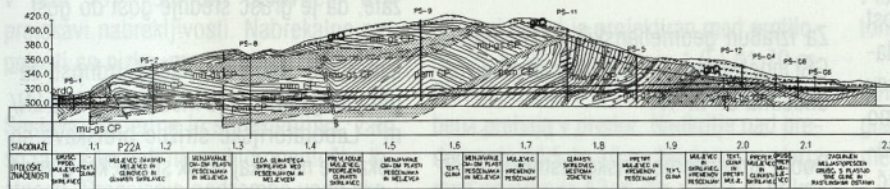
Trasa predora poteka po močno deformirani gubi (verjetno sinklinali) permokarbonskih plasti, ki je zaradi narivanja od severa proti jugu razpadla na tri narivne tektonske enote (luske). Luske si sledijo od severa proti jugu (slika 2).

Narivne ploskve lusk bolj ali manj vzporedno vpadajo proti NW (generalni vpad ploskev je 330°-350°/30°-40°) in po-

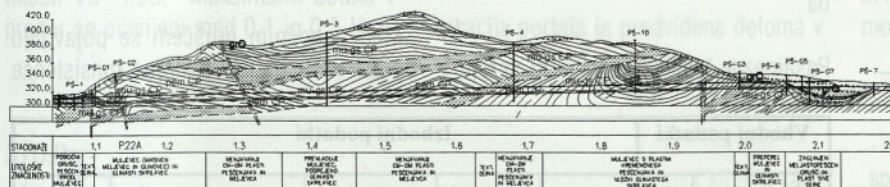
## 3.2. OŽJE OBMOČJE PREDORA

### 3.2.1 Litostratigrafske razmere v trasi

Pretežni del predora bo potekal po klastičnih permokarbonskih sedimentih, le okoli 30 m trase na severnem portalu ter 75 m trase na južnem portalu bo potekalo po kvartarnih nanosih (slika 1). V trasi predora izdvajamo dve litoški enoti permokarbonskih sedimentov:

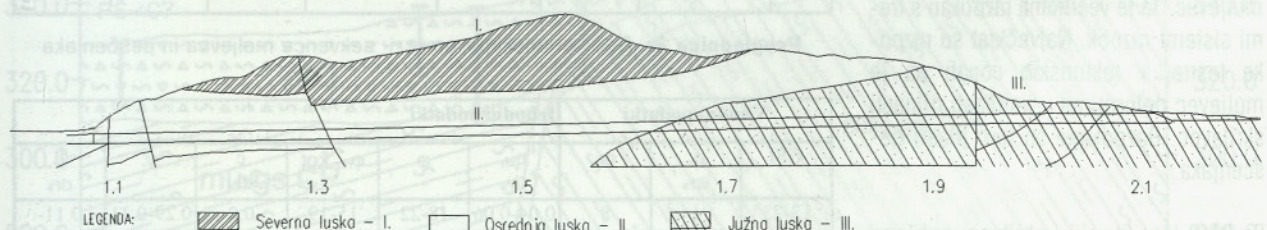


Slika št. 5 Predor Šentvid - leva cev



Slika št. 5a Predor Šentvid - desna cev

Slika 1



Slika 2: Položaj tektonskih lusk

**SPLOŠNA LEGENDA NA GEOLOŠKIM KARTAM IN PRESEZCIH**

gline s fino meljnato glino in delnimi mehkimi plasti detritivca, meljevca in limonitnega peščenjaka, silurastih naplavin škravca

rjav, zglijen, meljnatopečen prod z gradcijsko permokarbonskih bazenov (detritivca, meljevca in peščenjaka), zglijenim navti pred z gradcijsko bazen

rjav, zglijen, meljnatopečen, gradcijski detritivca, meljevca in peščenjaka, detritivca spjalca, spjalca lahka, petloba gradcijski škravca

fino meljnata glina z multilobno smetjo in drobni škravca in meljevca, sledenja napl. škravca

coars in situ preprednega detritivca, meljevca in peščenjaka, rjavkasto in rumenkasto-rjav, prepredna lahka razpada in meljast gradcijski škravca

tanke sloje meljevca - masiven sljudnat meljavec in masiven glinovec in tanke sloje in tanke detritivca glinovca detritivca-permutitovca

detritivca in silty peščenjaka med platno meljevca in glinastega detritivca-permutitovca

cm-dm razmerjavje glinasti škravca drobnozrnatega limonitnega peščenjaka in tanke sloje glinastega meljevca z limonitno glinovca-permutitovca

v lokostno glino in silty sandstone drobni prepredni glinovec, meljavec in peščenjaki, detritivca coars predina ali nariva permokarbonska

ob lokostno coars močno deformirano detritivca, meljavec in peščenjaka, detritivca in platnotna struktura v hrbtini silurastega permokarbonska

ugotovljena in predvidena gradcijska coars

ugotovljena in predvidena coars

prelom ali nariva coars - predvidena

prelom ali nariva coars

predvidena coars lahke in paleozojna

geomehanske struktura raziskovanega vrstva, na karti, v presezi

značilne sedimentne gube

vpad detritivca in vpad plati

vpad naplavin

prelom

nariva

izvir

značilna silurastega vrsta regionalna glinovca nariva coars ugotovljena in vidna

prelom gradcijski prelom



tekajo poševno na smer predora. Glede na lego v prostoru jih bomo poimenovali severna, srednja in južna luska. Predpostavljamo, da so vse tri luske del večje narivne enote, bodisi litijskega ali dolskega pokrova (Grad, 1976).

Znotraj narivnih enot so med narivanjem nastale sekundarne gube s poleglimi in prevrnjenimi krili. Zaradi močne tektonske deformiranosti hribine se natančneje še lege posameznih gub ne da določiti.

#### 4. GEOTEHNIČNI OPIS KAMNIN IN ZEMLJIN V OBMOČJU PREDORA

Permokarbonski klastiti so močno razpokani, tako da je iz njih težko pridobiti ustrezne vzorce za laboratorijske geomehanske preiskave. Mnogo vzorcev se je porušilo že med samo pripravo. Geotehnične parametre hribine smo zato določevali s pomočjo RMR in GSI indeksa. Predvsem GSI indeks omogoča, da pri vrednotenju upoštevamo tudi razpokanost in heterogenost hribine. Na osnovi podatkov GSI, enoosne tlačne trdnosti vzorcev ( $q_u$ ) in Hoekovega parametra  $m_i$ , smo izračunali enoosno tlačno trdnost razpokane hribine kot celote ( $q_{uh}$ ), njen elastični modul ( $E$ ), strižni kot ( $\varphi$ ), rezidualni strižni kot ( $\varphi_{rez}$ ), kohezijo ( $c$ ) in Poissonov količnik ( $\nu$ ).

#### 4.1 PERMOKARBONSKE PLASTI

Plasti temnosivega muljevca in glinastega skrilavca ( $\mu$ -gICP)

V območju predora prevladuje masivni muljevec. Ta je večinoma razpokan s tremi sistemi razpok. Največkrat so razpoke tesne, v tektonskih conah pa je muljevec deformiran v lističasti glinasti skrilavec. Razpokane so tudi plasti peščenjaka.

Po RMR klasifikaciji je hribina uvrščena v IV. kategorijo (35 točk). Na podlagi GSI

Vhodni podatki			Izhodni podatki					
GSI	$q_u$	$m_i$	$q_{uh}$	$\varphi$	$\varphi_{rez}$	$c$	$\nu$	$E$
	MPa		MPa	°	°	MPa		GPa
35-45	17	8	1	25-28	22-25	0.4	0.26-0.27	1.7-3.1

**Preglednica 1:** Geomehanski parametri muljevca

indeksa (Hoek, 1998) smo izračunali geomehanske parametre hribine, ki so prikazani v preglednici št. 1.

Nalivalni poizkusi kažejo, da je hribina v območju predora slabo prepustna. Koeficient prepustnosti je  $4 \times 10^{-9}$  m/s.

Horizont tankih sekvenc svetlosivega drobnorzatega kremenovega peščenjaka in temno sivega sljudnatega meljevca z lamini glinovca (pem CP)

Hribina je večinoma razpokana s tremi sistemi razpok. Na podlagi popisa vrtni jo uvrščamo po klasifikaciji RMR v II-III. razred (42 točk), to je v kategorijo dobre hribine.

Za izračun geomehanskih parametrov z GSI indeksom vzamemo interval med vrednostma 37 in 47.

Dobili smo geomehanske lastnosti, ki so prikazane v preglednici št. 2.

Cona tektonske gline in tektonskega zdroba

Posamezne tektonske cone, ki sežejo v

nivo predora, so debele do 10 m. V njih je pregneteni glinasti skrilavec s tektonsko glino in tektonsko moko. Hribina je porušena do te mere, da tekstura v večini primerov ni ohranjena.

Tektonska cona je po RMR uvrščena v V. kategorijo, torej kategorijo najslabše hribine. Ocenjeni GSI indeks je 18. Za izračun geomehanskih parametrov je potrebno vzeti interval GSI med 13 in 23 (preglednica št.3).

#### 4.2. KVARTARNI SEDI-MENTI

Laboratorijske in SPT preiskave so pokazale, da je grušč srednje gost do gost.

Izmerjena enoosna tlačna trdnost zaglinjenega grušča je med 248 in 380 kN/m<sup>2</sup>. Laboratorijske strižne preiskave so pokazale na dokaj visok strižni kot  $\varphi$  med 29° in 35°. Kohezija  $c$  je 0. Povprečni elastični modul, določen v laboratoriju, je med 3.4 in 5.8 MPa.

Med pobočnim gruščem se pojavljajo plasti meljne gline poltrdne konsistence

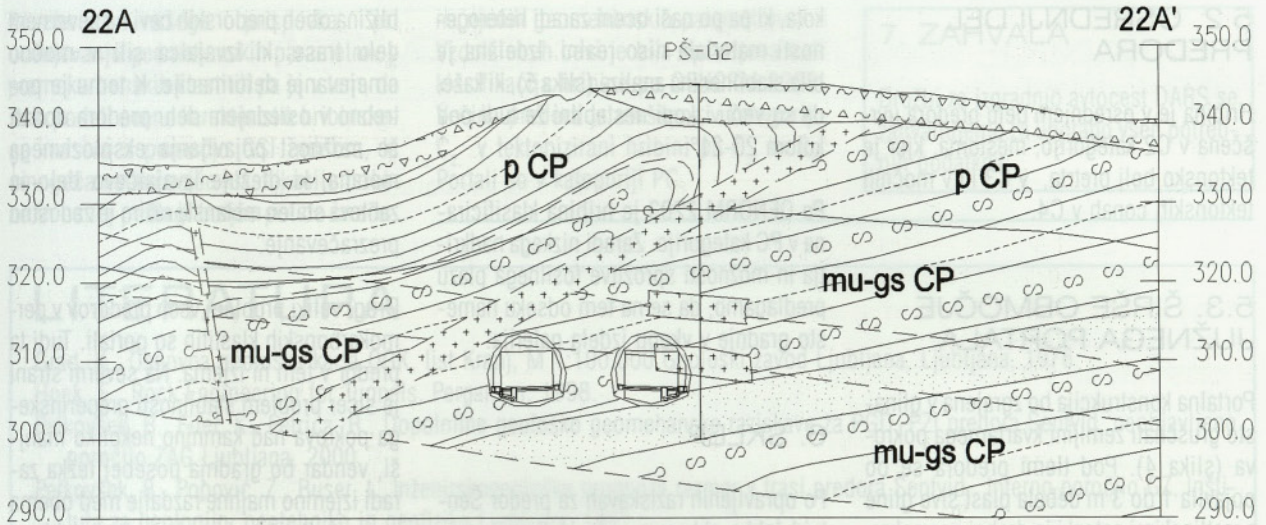
Vhodni podatki			Izhodni podatki					
GSI	$q_u$	$m_i$	$q_{uh}$	$\varphi$	$\varphi_{rez}$	$c$	$\nu$	$E$
	MPa		Mpa	°	°	MPa		GPa
37-47	24	9.6	2.5-3.3	27-30	24-27	0.36-0.46	0.25-0.26	2.1-4.1

**Preglednica 2:** Geomehanski parametri sekvence meljevca in peščenjaka

Vhodni podatki			Izhodni podatki					
GSI	$q_u$	$m_i$	$q_{uh}$	$\varphi$	$\varphi_{rez}$ kot	$c$	$\nu$	$E$
	MPa		MPa	°	°	MPa		GPa
13-23	1	8	0.04-0.06	18-22	15-19	0.0	0.29-0.31	0.11-

**Preglednica 3:** Geomehanski parametri tektonske gline





### PROFIL 22A-22A'

Slika 3: Prečni profil v bližini severnega portala

s posameznimi zrni peščenjaka in glinovca. Strižne preiskave so podale visok strižni kot  $j$  med 25.5 in 29°. Kohezija je med 2 in 10 kN/m<sup>2</sup>.

V letu 1991 sta bili opravljene dve preiskavi nabrekljivosti. Nabrekalne napetosti so nizke, med 30 in 40 kN/m<sup>2</sup>.

Sestava preperine je spremenljiva, zato so raznolike tudi njene hidrogeološke lastnosti. Precejanje podzemne vode skozi preperino je neenakomerno. Prepustnost preperine je ocenjena na red velikosti 10<sup>-7</sup> m/s. Maksimalni dotoki v predor so ocenjeni med 0.1 in 0.5 l/s.

## 5. PROGNOZA GEOTEHNIČNIH POGOJEV GRADNJE

### 5. 1. SEVERNI PORTAL

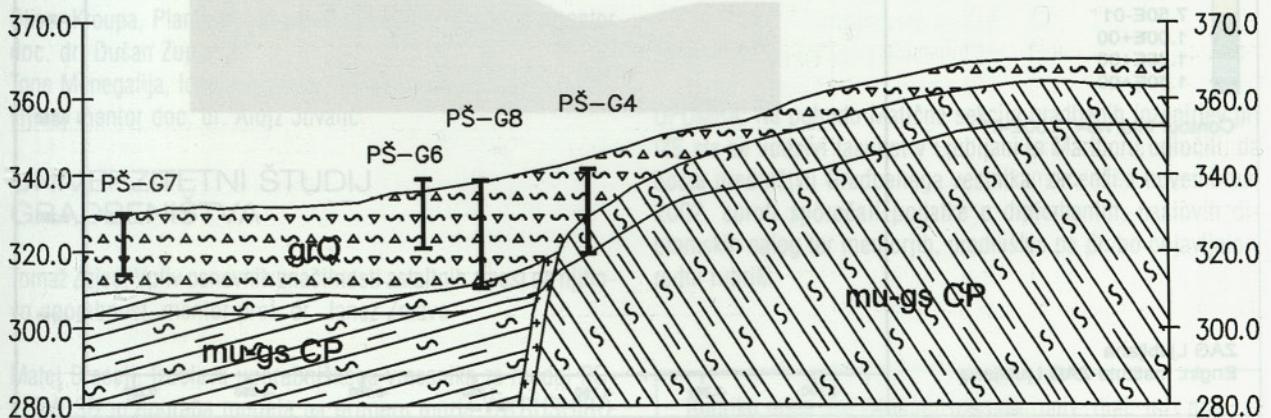
Severni portal je projektiran med profila 21 in 22, na položaju 1.0+81,70 m. Galerija Šentvid v območju vzhajnega grebena prehaja v predor. Nadkritje nad predorom je od 5 do 15 m. Medosna razdalja med cevema je 13 m. Na sliki 3 je prikazan prečni profil v bližini severnega portala.

Lokacija portala je predvidena deloma v

glinastem gruščnatem pokrovu in delno v tektonsko zgnetenem glinovcu. Pod gruščnatimi plastmi leži 1.6 m debela plast razpokanega, trdega, drobnozrnatega kremenovega peščenjaka, ki navzdol preide v tektonsko cono s tektonsko glino in tektonskim zdrobom.

Poleg zelo neugodnih tektonskih razmer gradnjo otežuje tudi zelo majhna razdalja med cevema.

Po OENORM 2208 klasificiramo hribino v kategorijo PC. Zaradi nizkega nadkritja in neugodnih tektonskih razmer predlagamo premaknitev portala v pobočje.



Slika 4: Geološki profil preko fosilnega plazu



## 5.2. OSREDNJI DEL PREDORA

Hribina je v osrednjem delu predora uvrščena v C2 kategorijo, mestoma, kjer je tektonsko bolj pretrta, v C3 in v močnih tektonskih conah v C4.

## 5.3. ŠIRŠE OBMOČJE JUŽNEGA PORTALA

Portalna konstrukcija bo zgrajena v glinasto gruščnati zemljini kvartarnega pokrova (slika 4). Pod tlemi predora se bo pojavila 1 do 3 m debela plast sive gline z rastlinskimi ostanki in drobcu permokarbonskih kamenin. Na globini 20-25 m se pojavi preperela podlaga.

Zaradi gradbenih del obstaja nevarnost splazitev v južnem pobočju do nm.v. 370 m., to je ca. 50 m nad traso predora.

Laboratorijske preiskave so pokazale na sorazmerno visoke vrednosti strižnega

kota, ki pa po naši oceni zaradi heterogenosti materiala niso realni. Izdelana je bila stabilnostna analiza (slika 5), ki kaže, da so večji izkopi nestabilni že tudi pod kotom 20-21°.

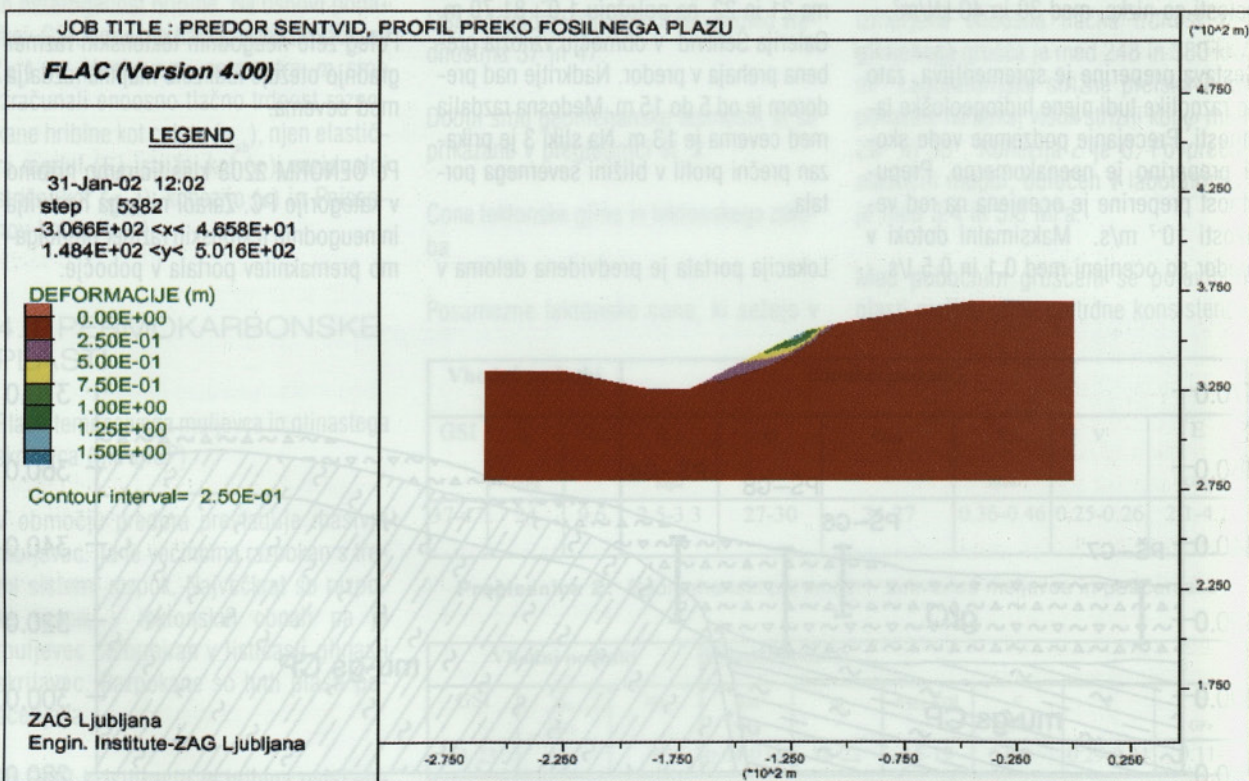
Po OENORM 2203 je hribina klasificirana v PC kategorijo. Zaradi nizkega nadkrižja in možnosti sprožitve fosilnega plazu predlagamo, da se na tem odseku namesto gradnje v vkupu izdela galerija.

## 6. SKLEP

Po opravljenih raziskavah za predor Šentvid lahko sklepamo, da je to ponovno eden izmed avtocestnih predorov, kakršnih je bilo v okolici Ljubljane zgrajenih že več in katerega gradnja ne bo lahka. Tri narivne luske v permokarbonskih klastitih, ki smo jih interpretirali v trasi na podlagi terenskih in literarnih podatkov, obetajo velike, občasno tudi izjemno velike težave pri izkopu in varovanju predora. Dodatno težavo predstavlja velika

bližina obeh predorskih cevi na severnem delu trase, ki izvajalca sili v močno omejevanje deformacije. K temu je potrebno v osrednjem delu predora dodati še možnost pojavljanja eksplozivnega metana, ki otežuje izvajalčevo delo in zahteva stalen metanski režim in zadostno prezračevanje.

Drugi veliki problem vseh predorov v permokarbonskih klastitih so portali. Tudi ta predor v tem ni izjema. Na severni strani je sicer problem stabilnosti preperinskega pokrova nad kamnino nekoliko manjši, vendar bo gradnja posebej težka zaradi izjemno majhne razdalje med obema cevema (le 4 m kamnine je predvidene med obema cevema) in zaradi pričakovane tektonske cone takoj na začetku predora. Na območju južnega portala posegamo v fosilni plaz. Debelina nestabilnih nanosov s pobočja, ki se mešajo z barjanskimi sedimenti, je preko 30 m. Za ta odsek smo predlagali gradnjo v galeriji v obeh ceveh, na dolžini 150 (leva cev) in 200 m.



Slika 5: Simulacija porušitve večjega izkopa v območju fosilnega plaz



Posebnost našega prispevka pri ocenjevanju geomehanskih parametrov v premokarbonskih klastitih pa je v tem, da smo podali oceno karakteristik hribinskega masiva s pomočjo GSI indeksa, ki omogoča natančnejšo klasifikacijo hribine in na tej podlagi boljšo pot do izračuna

na njenih geomehanskih parametrov. Vzdlolž obeh cevi je bila opravljena tudi klasifikacija hribine po OENORM 2203. Večina predora je uvrščena v kategorijo  $C_2$  v tektonizirani hribini pa  $C_3$  in  $C_4$ . Portali so v kategoriji PC.

## 7. ZAHVALA

Družbi za izgradnjo avtocest DARS se zahvaljujemo za uporabo vseh potrebnih podatkov.

## LITERATURA

- Grad, K., Osnovna geološka karta OGK, list Kranj, M 1:100.000 Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana, 1976.  
 Hoek, E., Rock Engineering for Tunnels, Pergamon, 1998.  
 Petkovšek, B., Fifer, K., Petrica, R., Dopolnilne geološko geomehanske raziskave za PGD, PZI predora Šentvid, neobjavljeno poročilo ZAG Ljubljana, 2000.  
 Petkovšek, B., Popović, Z., Buser, I., Inženirskogeološka prognoza razmer v trasi predora Šentvid, Interno poročilo GZ, Inštituta za geologijo, geotehniko in geofiziko Ljubljana, 1991.  
 Premru, U., Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 00, list Ljubljana, Zvezni geološki zavod Beograd, 1983.

## NOVI DIPLOMANTI S PODROČJA GRADBENIŠTVA

### UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

#### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Grega Keržan, Uporaba in dimenzioniranje kanalet v gradbeništvu, mentor izr. prof. dr. Matjaž Mikoš  
 Boštjan Kravos, Posodobitev železokrivnice Primorja d.d., mentor doc. dr. Jože Lopatič  
 Oliver Kroupa, Planiranje in kontrola stroškov projekta, mentor doc. dr. Dušan Zupančič  
 Tone Menegaliya, Idejna zasnova cestne povezave Naklo-Radovljica, mentor doc. dr. Alojz Juvanc

#### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Tomaž Zajec, Vpliv osnovnih značilnosti asfaltnih zmesi na njihovo uporabnost, mentor prof. dr. Janez Žmavc

Matej Breclj, Izdelava uporabniškega vmesnika za model PC-FLOW 3D in uporaba modela na primeru morja YATSUSHIRO, mentor izr. prof. dr. Matjaž Četina, somentor prof. dr. Rudi Rajar

### UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

#### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Bojan Kokol, Prometna obtežba po DIN1072 in EC1-3, mentor doc. dr. Matjaž Skrinar

OPOMBA: Na pobudo Matične sekcije gradbenih inženirjev pri IZS sta se vodstvi fakultet v Ljubljani in Mariboru odločili, da bosta uredništvu Gradbenega vestnika, začenši z novembrom 2002, sproti sporočali podatke o diplomantih, naslovih diplomskih nalog ter mentorjih, uredništvo pa jih bo objavljalo v redni rubriki.

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



## ANKETA O GRADBENEM VESTNIKU

### Spoštovane bralke in bralci Gradbenega vestnika!

V oktobru 2002 je bila med člani MSG, ki so svoje elektronske naslove sporočili IZS, izvedena internetna anketa o Gradbenem vestniku. Da bi lahko svoje mnenje povedali tudi tisti člani MSG, ki nimate elektronskih naslovov in drugi bralci, anketo objavljamo še v Gradbenem vestniku. Prosimo Vas, da sodelujete z odgovori in nam tako pomagate pri izboljšanju revije. Po obdelavi odgovorov na anketo bomo rezultate objavili na spletnih straneh IZS in v Gradbenem vestniku.

Izpolnjeno anketo nam pošljite najkasneje do 15.02.2003 na naslov:

**Inženirska zbornica Slovenije, Jan Kristjan Juteršek, Jarška cesta 10b, 1000 Ljubljana**

#### 1. Kakšen se vam zdi Gradbeni vestnik?

Označite s križcem ustrezen odgovor:

- zanimiv
- nezanimiv
- dober
- odličen
- mi ni všeč
- ga ne berem

#### 2. Kakšno je vaše mnenje o objavljenih znanstvenih in strokovnih člankih?

Na vprašanje odgovorite tako, da s križcem označite okence, ki pomeni stopnjo strinjanja z vsemi predlaganimi odgovori:

1  = se ne strinjam ... 5  = se popolnoma strinjam

- 1  2  3  4  5  so prezahtevni
- 1  2  3  4  5  vsebine pogosto ne razumem
- 1  2  3  4  5  pogrešam več slikovnega gradiva
- 1  2  3  4  5  pogrešam več reportažnih člankov
- 1  2  3  4  5  pogrešam več tujih člankov
- 1  2  3  4  5  članki mi niso všeč

#### 3. Kdaj preberete Gradbeni vestnik?

Označite s križcem ustrezen odgovor:

- redno, takoj po izidu
- občasno
- nikoli

#### 4. Ste zadovoljni z videzom naslovnice in notranjih strani?

Označite s križcem ustrezen odgovor:

- da
- ne

#### 5. Bi bili naročnik Gradbenega vestnika tudi v primeru, ko bi zanj morali odšteti ...?

Označite s križcem ustrezen odgovor:

- celotno naročnino
- polovico naročnino
- četrtino naročnino
- če bi moral plačevati naročnino, ne bi bil naročnik

#### 6. Vpišite Vaše dodatne predloge in mnenja:

Vnaprej hvala za odgovore!

Glavni in odgovorni urednik GV  
prof. dr. Janez Duhovnik



## KOLEDAR PRIREDITEV

**17.12. – 20.12.2002**

Structural Composites for Infrastructure Applications

Asuan, Egipt.

[www.geocities.com/acm\\_egypt\\_2002](http://www.geocities.com/acm_egypt_2002)

[acm\\_egypt\\_2002@yalla.com](mailto:acm_egypt_2002@yalla.com)

**13.1. – 18.1.2003**

BAU 2003

15th International Trade Fair for Building Materials, Building Systems and Building Renovation

München, Nemčija.

[www.messe-muenchen.de](http://www.messe-muenchen.de)

[info@messe-muenchen.de](mailto:info@messe-muenchen.de)

**19.1. – 22.1.2003**

CMRA 2003

C&D recycling of concrete, wood, asphalt, gypsum, metals and asphalt shingles.

Fort Lauderdale, Florida-ZDA.

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

[turley@cdrecycling.org](mailto:turley@cdrecycling.org)

**21.1. – 23.1.2003**

Industrial Floors '03

5th International Colloquium.

Ostfildern/Stuttgart, Nemčija.

[www.tae.de/indfloors](http://www.tae.de/indfloors)

[hedwig.neuhoff@tae.de](mailto:hedwig.neuhoff@tae.de)

**3.2. – 6.2.2003**

IMAC-XXI: A Conference & Exposition

on Structural Dynamics

IMAC Exposition.

Kissimmee, Florida-ZDA.

[www.sem.org/CONF-IMAC-Exposition.asp](http://www.sem.org/CONF-IMAC-Exposition.asp)

[joninormandin007@aol.com](mailto:joninormandin007@aol.com)

**18.2. – 20.2.2003**

Performance of Construction Materials in the New Millennium International Conference.

Kairo, Egipt.

[www.ucalgary.ca/~icpcm/](http://www.ucalgary.ca/~icpcm/)

[icpcm@ucalgary.ca](mailto:icpcm@ucalgary.ca)

**5.3. – 7.3.2003**

5th International Symposium on Steel Bridges ECCS Symposium.

Barcelona, Španija.

[www.ascem.org/5symposium-steel-bridges](http://www.ascem.org/5symposium-steel-bridges)

[ascem@fonocom.es](mailto:ascem@fonocom.es)

**6.3. – 9.3.2003**

World sustainable energy day 2003

Energiesparmesse, including the prestigious Energy Globe Awards 2003.

Wels, Avstrija.

[www.energyglobe.at](http://www.energyglobe.at)

[office@esv.or.at](mailto:office@esv.or.at)

**16.3. – 23.3.2003**

3rd World Water Forum

Kyoto, Shiga, Osaka; Japonska.

[www.unido.org/en/doc](http://www.unido.org/en/doc)

[fair@water-forum3.com](mailto:fair@water-forum3.com)

**24.3. – 26.3.2003**

Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructure Systems

The 3rd International Workshop.

Lausanne, Švica.

[www.jcss.ethz.ch](http://www.jcss.ethz.ch)

[walzer@ibk.baug.ethz.ch](mailto:walzer@ibk.baug.ethz.ch)

**3.4. – 4.4.2003**

3rd International Postgraduate Research

Conference in the Built and Human Environment

Lizbona, Portugalska.

[www.scpm.salford.ac.uk/bf2003](http://www.scpm.salford.ac.uk/bf2003)

[M.Hamblett@salford.ac.uk](mailto:M.Hamblett@salford.ac.uk)

**7.4. – 10.4.2003**

11th Rinker International Conference on Deconstruction and Materials Reuse

Gainesville, Florida, ZDA.

[www.cce.ufl.edu/rinker11](http://www.cce.ufl.edu/rinker11)

[chini@ufl.edu](mailto:chini@ufl.edu)

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



**GOSPODARSKA ZBORNICA  
SLOVENIJE**

ZDRUŽENJE ZA KOVINSKO INDUSTRIJO

JEKLENE KONSTRUKCIJE

**RAZPIS  
za podelitev nagrade  
za najboljši dosežek na področju  
projektiranja in izgradnje jeklenih konstrukcij za leto 2003**

Odbor za jeklene konstrukcije (OJK) pri GZS – Združenje kovinske industrije razpisuje za leto 2003 nagrado za najboljši dosežek na področju projektiranja in izgradnje jeklenih in aluminijastih konstrukcij. Nagrada bo podeljena na osnovi Pravilnika o podeljevanju nagrad.

Nagrado lahko dobi konstrukcija, ki izpolnjuje naslednje pogoje:

- Razvoj, načrtovanje, izdelava in montaža mora biti delo inženirjev v podjetjih, ki so člani organizacije JEKLENE KONSTRUKCIJE (**JK**) pri GZS – ZKI.
- Konstrukcija mora biti zgrajena in predana v uporabo v obdobju zadnjih treh let in ne kasneje kot do 1. oktobra pred podeljevanjem.
- Konstrukcija mora izstopati s svojo konstrukcijsko zasnovo in učinkovitostjo pri uporabi, hkrati pa izkazovati mnoge prednosti jekla pri načrtovanju, proizvodnji, ekonomičnosti in arhitekturi. S tem naj bi prispevala k boljši uveljavitvi jekla in jeklenih konstrukcij v očeh javnosti.

Podjetja, ki so člani **JK**, posredujejo predloge nagrade Odboru za jeklene konstrukcije (OJK) do 15. februarja 2003 na naslov:

IMK (za OJK), Mencingerjeva 7, p.p. 3410, 1001 Ljubljana.

Na zapečateni ovojnici mora biti pripis: Za nagrado 2003.

Vsako podjetje lahko predlaga le eno konstrukcijo. K predlogu mora biti priložena utemeljitev, ustrezne grafične priloge in štiri različne fotografije formata A5, ki bistveno prikazujejo konstrukcijo. Prijava za nagrado predstavlja tudi dovoljenje da OJK uporabi to gradivo za objavo v tisku in za druge namene, ki so skladni s cilji in delovanjem **JK**.

Žirija bo opravila svoje delo do 1. aprila 2003. Predlagatelja in nagrajence bo obvestila o dodelitvi nagrade pred javno objavo. Odločitev žirije je dokončna.

Nagrado bo OJK izročil nagrajencem na 6. slovenskih dnevih jeklenih konstrukcij maja 2003.

**Ljubljana 18. 12. 2002**

Predsednik OJK:  
mag. Črtomir Remec





**Kakovost  
S  
tradicijo**

**ISO  
9001**

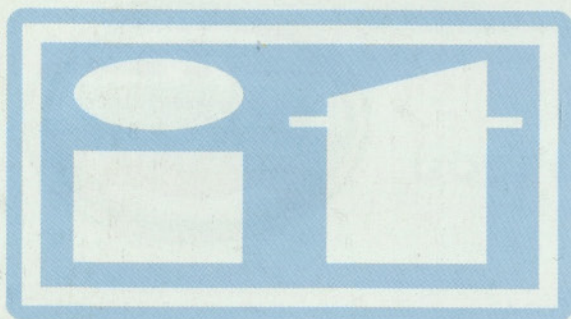


tiskarna  
ljubljana, d.d.

Poslovna enota:  
1295 Ivančna Gorica, Stantetova 9  
SLOVENIJA  
telefon: ++386 (0)1 7887 222  
telex: ++386 (0)1 7887 237  
e-mail: tiskarna.ljubljana@mrak.si







# PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNI IZPIT V GRADBENIŠTVU, ARHITEKTURI IN KRAJINSKI ARHITEKTURI V LETU 2003

MESEC	SEMINAR	IZPITI		
		GRADBENIKI	ARHITEKTI	KRAJINARJI
Februar	17. - 21.	ustni: 3. - 6.		
Marec	17. - 21.	pisni: 1.3. ustni: 10. - 13.3.		pisni: 22.3.
April	14. - 18.			ustni: 1. - 4.4.
Maj	19. - 23.	pisni: 31.5.		
Junij		ustni: 9. - 13.6.		
September	22. - 26.			
Oktober	20. - 24.	pisni: 25.10.		
November	17. - 21.	ustni: 3. - 7.11. pisni: 22.11.		pisni: 8.11. ustni: 17. - 20.11.
December	15. - 19.	ustni: 1. - 4.12.		

## A. PRIPRAVLJALNE SEMINARJE

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

**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.

K seminarju vabimo tudi kandidate, ki so že opravili strokovni izpit po določeni stopnji izobrazbe, pa so si 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 kandidatov). Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec ...). Prijavo v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju **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 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>