

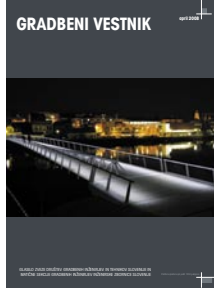
GRADBENI VESTNIK

april 2008



GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

Poština plačana pri pošti 1102 Ljubljana



Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, april 2008, letnik 57, str. 85-108

Izdajatelj:

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

Izdajateljski svet:

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

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan Juteršek

Lektorica:

Alenka Raič Blažič

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočeviski tisk

Naklada:

3000 izvodov

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

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

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

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

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledkom med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- 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.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- 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.
- 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 in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

In memoriam

stran **86**

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.

PRESEDNIK DR. JANEZ DRNOVŠEK IN GRADBENIKI

Uvodnik

stran **87**

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.

PONTEM PERPETUI MANSURUM IN SAEKOLA MUNDI

Članki • Papers

stran **89**

Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.

Rok Mlakar, univ. dipl. inž. grad.

STUDENŠKA BRV PREKO REKE DRAVE V MARIBORU
PEDESTRIAN BRIDGE OVER THE RIVER DRAVA IN MARIBOR



stran **98**

doc. dr. Boris Lutar, univ. dipl. inž. grad.

**VZROKI POČASNEGA UVAJANJA 3D-CAD V PRAKSI,
PREMAGOVANJE OVIR IN UPOŠTEVANJE OSNOVNIH PRICIPOV**
THE REASONS OF SLOW TRANSITION FROM 2D-CAD TO 3D-CAD
IN COMPANIES, THE SURMOUNTING OF DIFFICULTIES,
AND THE CONSIDERATION OF BASIC PRINCIPLES



Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Studenška brv preko Drave v Mariboru, foto Viktor Markelj

IN MEMORIAM

Predsednik dr. Janez Drnovšek in gradbeniki

Državniki in politiki se z gradbeniki največkrat srečajo, ko je treba položiti temeljni kamen za pomemben infrastrukturni ali energetski objekt ali ob otvoritvah avtocest in podobnih objektov. Da bi pa prevzeli pokroviteljsko vlogo nad kakšnim strokovnim srečanjem gradbenikov, pa se le redko zgodi. Zato je prav, da se tudi slovenski gradbeniki spomnimo pozornosti, ki jo je v februarju letos umrl dr. Janez Drnovšek kot predsednik države Slovenije leta 2004 naklonil prvi konferenci slovenskih arhitektov in gradbenikov iz sveta in Slovenije. Konferenca, ki je nastala v organizaciji Svetovnega slovenskega kongresa, je potekala v septembru 2004 na Brdu pri Kranju. Na dvodnevni konferenci so bila predstavljena dela mnogih uspešnih slovenskih arhitektov in gradbenikov tako iz Slovenije kot iz mnogih drugih evropskih držav ter celin.

Prvič so bili Sloveniji predstavljeni dosežki mnogih po svetu živečih Slovencev, ki so si v tujih okoljih s trdom in znanjem utrli svoje poslovne in strokovne poti. Prav zato je bilo pomembno, da je dr. Janez Drnovšek v vlogi takratnega predsednika Republike Slovenije prevzel častno pokroviteljstvo te konference in ji s tem dal ustrezen in seveda tudi svečan pečat. V svojem nagovoru udeležencem konference slovenskih arhitektov in gradbenikov je dr. Janez Drnovšek med drugim posebej opozoril na probleme preoblikovanja krajine in bivalnega okolja z naslednjimi besedami, ki so še vedno aktualne:

»Ohranjenost in urejenost krajine, izgled javnega prostora naselij ter kakovostno oblikovanje vseh vrst objektov so nedvomno ogledalo stopnje ekonomskega razvoja in tudi kulturne ravni dežele. S spodbujanjem trajnostnega razvoja, varovanjem naravne in kulturne dediščine, bo to ogledalo nedvomno kazalo sliko prijazne, lepe in bogate dežele. Prepričan sem, da bo prva konferenca slovenskih arhitektov in gradbenikov iz sveta in Slovenije spodbudila novo sodelovanje strokovnjakov obeh strok in prinesla dragocena razmišljanja o pomenu uveljavljanja visokih meril do urejanja in zunanje podobe slovenskega prostora.«

Za vse udeležence konference je dr. Janez Drnovšek pripravil tudi sprejem, na katerem je z nagovorom pozdravil vse prisotne. V prostem delu srečanja se je navidezno redkobesedni predsednik države z vsemi zadržal v prijetnem razgovoru, v katerem so ga zanimale mnoge skrivnosti iz sveta gradbeništva. S posebno pozornostjo se je zadržal v pogovoru z gradbeniki, ki so takrat sodelovali pri gradnji velikega viadukta Črni Kal. Protokolarna napetost je po uradnem delu sprejema hitro popustila in v prostem pogovoru z dr. Janezom Drnovškom je na dan privrelo mnogo vprašanj o gradbeni stroki, za katero je predsednik pokazal veliko zanimanja.

Menim, da je prav, da se v Gradbenem vestniku pridružimo spominu na dr. Janeza Drnovška, človeka in državnika, ki je med svojim delom našel čas tudi za srečanje s slovenskimi gradbeniki in ki bo zaradi svoje vloge pri razvoju današnje države Slovenije še dolgo ostal v spominu vseh njenih prebivalcev.

Gorazd HUMAR, univ. dipl. inž. grad.



PONTEM PERPETUI MANSURUM IN SAECOLA MUNDI

(MOST BO TRAJAL NA VEKE – prosti prevod)

Lepo sončno in toplo vreme je davnega dne 19. julija 1906. leta spremljalo slovesnosti ob otvoritvi bohinske železniške proge, gradbeno najtežjega dela druge železniške povezave med Dunajem in Trstom. Nad reko Sočo pri Solkanu se je v soncu bahal novozgrajeni železniški kamniti most, ki se je ponašal z največjim razponom kamnitega loka (85 m) na svetu. Ob mostu se je zbirala praznično razpoložena množina ljudi, predvsem Solkancev. Povsod so vihrale slovenske zastave, pod mostom pa je vozil za to priložnost poseben splav s slovenskimi Sokoli. Vsi so pričakovali slavnostni vlak s številnimi gosti, ki je imel čast prvi peljati po progi. Najslavnejši gost na vlaku je vsekakor bil takratni avstrijski prestolonaslednik Franc Ferdinand (kasneje leta 1914 ubit v Sarajevu). Kroniki so o dogodku natančno poročali:

Po oficijalnem programu se prestolonaslednik ustavi na Solkanskem mostu 12 minut, da si ga ogleda in da mu bodo predstavljeni inženirji in drugi uslužbenci tvrdke Redlich & Berger (izvajalska firma – op. G. H.).

In res – vlak se je natančno po voznem redu ustavil na mostu za 12 minut, prestolonaslednik je izstopil, si ogledal most, pozdravil vse nadzorne inženirje, projektante in inženirje izvajalca ter njihove sodelavce. Kmalu za tem je vlak odbrzel v Gorico, kjer je bila na železniški

postaji velika slovesnost z množico povabljenih politikov, županov in drugih častnih gostov.

Minilo je sto in eno leto, ko so v Sloveniji nekje na Štajerskem slovesno odpirali velik nov most, ki je predstavljal veliko tehnično novost pri gradnji mostov v naši mali državi. Projektant tega mostu je bil celo deležen nagrade Inženirske zbornice Slovenije – IZS za najboljši inženirski dosežek v letu 2007. Na dan otvoritve mostu je bil prav tako lep in sončen dan. Enako kot pred sto in enim letom so povsod vihrale slovenske zastave, ogromna množica ljudi je spremljala dogodek. Med njimi je bilo spet veliko častnih gostov, politikov, županov in drugih predstavnikov oblasti.

Sledilo je svečano rezanje traku na mostu ob prisotnosti vseh, ki so si pripisovali zasluge za postavitve mostu. Nič narobe. Vendar je ob tem dogodku manjkal vsaj še nekdo – projektant mostu. Ni ga bilo ob slavnostnem rezanju traku, dogodek je »smel« brez vabila opazovati med množico ljudi na mostu. Sto in eno leto mine – manire pa take. Pa saj se to ni zgodilo samo njemu!

Pa pogledimo še drug primer – otvoritev mostu, imenovanega Studenska brv čez Dravo v Mariboru. V osrednjem mariborskem dnevnem časopisu je dan po otvoritvi z zvonečim naslovom izšel tak zapis (citat):

Studenška brv nima primerjave v svetu*

Prenovljeni most naj bi postal del turistične ponudbe Maribora, ki bo z izgradnjo tržnice in lutkovnega gledališča na levem bregu in pešpoti ter drugačnega dostopa do mostu na desnem bregu še bolj zanimiva.

Čeprav občani z levega in desnega brega Drave uporabljajo Studensko brv že nekaj časa uporabljajo, je bila uradna otvoritev te 1,17 milijonov evrov vredne obnove šele včeraj dopoldan. Poleg župana Franca Kanglerja, ki je ob otvoritvi spregovoril o pomenu tega mostu za Maribor in za turistični razvoj mesta, so se otvoritve udeležili številni Mariborčani. Tudi oba podžupana Andrej Verlič in Danilo Burnač, predstavniki projektantov in izvajalcev, mestni svetniki in svetnice in predstavniki mestnih četrti z obeh strani Drave.

Mariborski župan je povedal, da je vesel, ker so snovalci mostu povezali les in kovino in da most nima primerjave v svetu. Sicer pa naj bi postala Studenska brv del turistične ponudbe Maribora, ki bo z izgradnjo tržnice in lutkovnega gledališča na levem bregu in pešpoti ter drugačnega dostopa do mostu na desnem bregu še bolj zanimiva in atraktivna. Še posebej, če se bo na desnem bregu uresničila zamisel o steklenem dvigalu, ki bi vozilo z Ruške ceste do mostu, kjer bi bilo tudi eno od postajališč za ladjo, ki naj bi v tem letu čisto zares zaplula po Dravi. S tem bi, kot je dejal župan, reka dobila tisto vlogo, ki jo je nekoč že imela, oba bregova pa bi dodatno oživila. Župan se je ob tej priložnosti zahvalil stanovalcem Lenta za strpnost – obnova brvi je trajala dlje, kot je bilo načrtovano – in pozval k sožitju vse generacije, ki bodo uporabljale to brv.

Da ne bi bilo vandalizma in namernega uničevanja brvi, je še zaželel Kangler, čeprav so se nepridipravi nad novo pridobitvijo že znesli. Ob vstopu na most na levem bregu Drave je bil včeraj cel le še en steber z lučjo, vse druge so nepridipravi že onesposobili. In morda bi bilo res treba na takšnih točkah postaviti nadzorne kamere, je bilo slišati med občani, in storilce potem tudi kaznovati.



Otvoritev bohinske železnice dne 19. 7. 1906. Dvorni vlak na železniškem mostu v Solkanu pri Gorici.

* ime avtorja članka sem namenoma izpustil – op. G. H.



Granitni most čez reko Tajo pri kraju Alcantara v Španiji. Most je nastal med leti 98 in 106 našega štetja

Si predstavljate. Most, ki nima »primerjave v svetu«, ima pač anonimne projektante in izvajalce.

Si drznemo pogledati še en primer?

Na neki torek in tudi dan kasneje se je februarja letos pred upravnimi zgradbami nekaterih večjih gradbenih podjetij v Sloveniji trlo novinarjev. Več ur so željni senzacije čakali pred vhodi. Nihče od njih v vseh teh urah čakanja ni imel petnajst minut časa, da bi mimogrede opravil intervju z mladim grad-

benim inženirjem, ki je pred kratkim prejel nagrado Inženirske zbornice Slovenije – IZS za najboljšo inovacijo v gradbeništvu za leto 2007. Malo je tudi verjetnosti, da bo z nagrajencem IZS kdo kdaj sploh kasneje opravil intervju. Saj to sploh ni zanimiva tema.

»Ilirija vstan!« je nekoč rekel Valentin Vodnik. Danes bi morda nekoliko manj patetično veljalo reči – »gradbena stroka vstan!«. Očitno je torej, da naši stroki drugi ne bodo peli slave. O nas se na rumenih straneh piše le, kadar so nekateri betoni na slovenskih avtocestah »slabi«. Sprijazniti se moramo z dejstvom,

da bomo morali o svojih uspehih, dosežkih posameznikov kot tudi celotne gradbene stroke največkrat pač pisati sami.

Vabim vse, ki ste prebrali ta prispevek, da pomagata pri uresničevanju te zamisli – čimveč pišite o uspehih svojih kolegov in okolja, v katerem delate, da bo šel naš glas tudi v devefo vas.

Razmišljanje bom sklenil s ponovnim izletom v zgodovino. Med leti 98 in 106 našega štetja je na ozemlju današnje Španije dal rimski vladar Julij Gaj Lacer čez reko Tajo pri kraju Alcantara zgraditi velik granitni most. Most, ki še danes stoji, se ponaša z največjim ohranjenim kamnitim lokom, kar so jih na teritoriju rimskega cesarstva zgradili Rimljani. Na mostu je vgrajen zanimiv napis:

PONTEM PERPETUI MANSURUM IN SAECOLA MUNDI,

kar v prostem prevodu pomeni »Most bo trajal na veke«. In res ta most kljubuje zobu časa že skoraj dve tisočletji.

Jaz bi temu napisu danes dodal morda samo še:

GLORIA TRANSIT (slava mine).

Ti latinski izreki pa res ne potrebujejo nobenih dodatnih komentarjev.

Gorazd HUMAR,
univ. dipl. inž. grad.

25. februar 2008

STUDENŠKA BRV PREKO REKE DRAVE V MARIBORU

PEDESTRIAN BRIDGE OVER THE RIVER DRAVA IN MARIBOR

Viktor MARKELJ, univ. dipl. inž. gradb.
Rok MĻAKAR, univ. dipl. inž. gradb.
Inženirski biro PONTING d.o.o., Maribor

Strokovni članek
UDK 624.21 : 625.745.1

Povzetek | V prispevku je predstavljen projekt in gradnja nove Studenške brvi v Mariboru. Mestna občina Maribor je v letu 2007 izvedla prenovu obstoječega in dotrajanega »malega mosta«, za katero se je po izpeljanem državnem javnem natečaju odločila konec leta 2004. Kljub temu da gre za rekonstrukcijo objekta, je mariborski »mali most« konec leta zasijal v popolnoma drugačni, sodobni in sveži podobi. Staro mostno konstrukcijo iz dveh jeklenih, prečno povezanih Gerberjevih I-nosilcev z betonsko-asfaltno pohodno površino, je zamenjala nova jeklena, transparentna, palična konstrukcija z leseno pohodno površino in linijsko LED razsvetljavo. Od obstoječe konstrukcije so bile ohranjene le vse štiri podpore, ki pa so bile v veliki meri rekonstruirane in primerno ojačene. Projekt za izvedbo nove Studenške brvi smo izdelali v projektivnem biroju Ponting d.o.o. iz Maribora. Izvedbo objekta je prevzelo gradbeno podjetje Skupina POMGRAD, Konstruktor NGR d.d. iz Hoč pri Mariboru, jekleno konstrukcijo pa so izdelali v podjetju Meteorit d.o.o. Hoče.

Summary | The paper presents design and construction of the new pedestrian bridge »Studenci« over River Drava in Maribor. The City of Maribor has realized the reconstruction of the old and tired bridge, for which the open, national, anonymous design competition was carried out in the year 2004. In spite the fact, this being a reconstruction of the existing bridge, the new bridge appeared in a new, entirely different, contemporary image. The existing bridge structure of two steel, transversally connected, I-shaped girders, with concrete-asphalt deck, was replaced by a new, steel, transparent, space truss structure, with a wooden deck and linear LED illumination. Only the supports were preserved of the existing bridge, however, they were reconstructed and strengthened in a high degree. The final and detailed design projects were made by Ponting Ltd. Consulting Engineers from Maribor, the construction is carried out by POMGRAD Group, Konstruktor NGR Construction Company Ltd. and Meteorit Ltd. from Hoče as the contractor for steel structure.

1 • UVOD

Septembra 2004 se je Mestna občina Maribor odločila, da bo obnovila Studenško brv čez reko Dravo v Mariboru, ki jo Mariborčani ljubkovalno imenujemo kar »mali most«. S tem namenom je v sodelovanju z Zbornico za arhitekturo in prostor Slovenije in Društvom arhitektov Maribor razpisala in izpeljala javni državni anonimni enostopenjski projektni

natečaj za idejno arhitekturno-konstrukcijsko rešitev Studenške brvi čez reko Dravo v Mariboru ter arhitekturno-urbanistično ureditev desno-obrežnega dostopa do brvi iz Ruške ulice.

Med šestimi prispelimi rešitvami je zvišano prvo nagrado prejela projektna skupina konstruktorjev iz družbe Ponting d.o.o. Maribor

ter arhitektov iz ateljeja Reichenberg arhitektura d.o.o., prav tako iz Maribora. Nagrajena rešitev je bila opisana v Gradbenem vestniku, september 2005. Podjetje Ponting d.o.o. je prevzelo tudi izdelavo projektne dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja PGD in projekta za izvedbo PZI.

Vsekakor je potrebno na kratko obnoviti izjemno pestro zgodovino te brvi, ki je bila na sedanji lokaciji zgrajena leta 1885 za povezavo obrata Južnih železnic in delavske kolonije na desnem bregu z mestom na levem

OSNOVNI PODATKI O MOSTU	
Naziv	Studenška brv čez reko Dravo
Lokacija	Maribor
Investitor	Mestna občina Maribor
Velikost objekta	L = 136 m, B = 3,2 do 5,8 m, A = 550 m ²
Projektant	Ponting d.o.o., Maribor
Sodelujoči arhitekt	Reichenberg arhitektura d.o.o., Maribor
Nadzornik	Komunalna direkcija Mb in Vedernjak d.o.o. Mb
Izvajalec	Skupina POMGRAD, Konstruktor NGR d.d., Hoče
Izv. jeklene konstrukcije	Meteorit d.o.o., Hoče
Jeklo S355 J2G3	93.000 kg
Čas gradnje	januar 2007 – december 2007
Pogodbena vrednost	1,2 mio Eur

bregu. Brv je imela tri prostoležeče ločno oblikovane palične konstrukcije z dvema

lesenima stebriščema v Dravi. Narasla Drava je leta 1903 brv odnesla, zato so naslednje

leto za isto konstrukcijo zgradili nove zidane stebre v strugi reke Drave.

Na začetku druge svetovne vojne leta 1941 je jugoslovanska vojska brv razstrelila, okupator pa jo je obnovil in jo uporabljal do leta 1945. Poleti 1946 je zaradi izgradnje elektrarne Mariborski otok narasla Drava brv ponovno odnesla, zato so septembra 1948 zgradili novo zgornjo konstrukcijo na obstoječih mostnih podporah. To sta bila dva jeklena polnosfenska nosilca, ki sta služila tudi kot bočna ograja. Konstrukcija mostu je bila Gerberjev nosilec s členki v vmesnem polju s tremi razponi po 42 m ter svetlo širino približno 3 m. Krov mostu je bila betonska plošča na jeklenih prečnih, pokrita z asfaltom. Zanimiva je tudi letnica 1968, ko se je zaradi izgradnje hidroelektrarne Spodnja Drava v Zlatoličju s kanalom in pregrado v Melju nivo vode dvignil za približno 5 m. V letu 2007 je bila zaradi dotrajanosti prekladna konstrukcija zamenjana z novo, ki je prikazana v tem prispevku.



Slika 1 • Studenška brv od 1885 do 1946



Slika 2 • Studenška brv od 1948 do 2007

2 • KONSTRUKCIJA NOVE STUDENŠKE BRVI

2.1 Zasnova

Nova brv je namenjena izključno pešcem in kolesarjem. Niveleta brvi je v konveksni vertikalni zaokrožitvi $R = 1045$ m, s simetričnimi vstopnimi tangentami v naklonu 5 %. Svetla višina pod konstrukcijo znaša 3,10 m v krajnih poljih in 3,60 m v srednjem polju. Tlorisno je os v premi s svetlim prečnim profilom 3,20 m na sredini brvi. Na obeh koncih mostu se pohodna površina razširi in razcepi na dva dela po $2 \times 2,40$ m, ki ju loči nosilna konstrukcija v širini 1,00 m, ki tukaj predira krovno konstrukcijo.

Prekladna konstrukcija brvi sestoji iz treh delov:

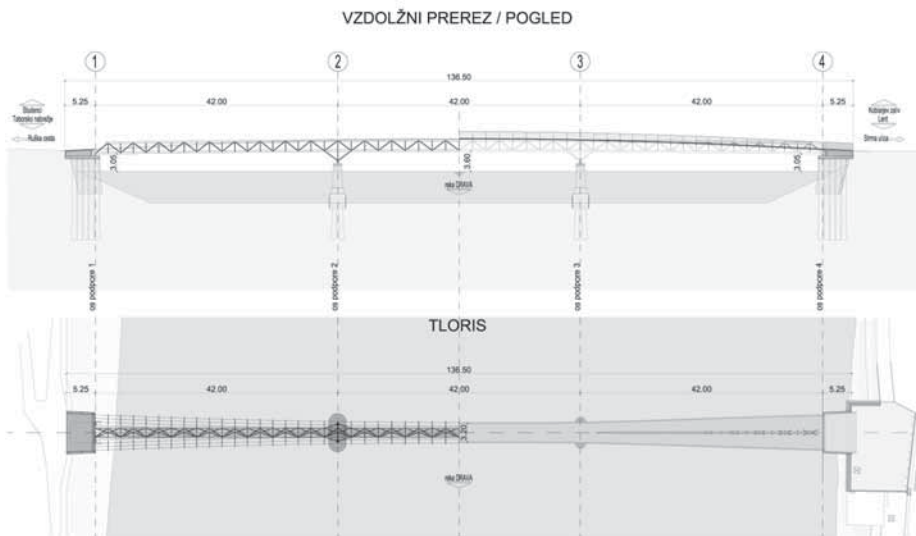
- **Glavna jeklena konstrukcija** je zvarjena in izdelana v delavnici v delih, ki so primerni za transport in za dokončno sestavljanje na gradbišču ($L < 12,0$ m). Palična konstrukcija je izdelana iz konstrukcijskega jekla trdnosti S355 ter je zaščiten z anti-korozijskimi premazi in končnim barvnim opleskom v skupni debelini najmanj 250 μ m v sivi barvi.
- **Sekundarno jekleno konstrukcijo** sestavljajo prečni konzolni nosilci (rebra) in vzdolžni

nosilci (vzdolžniki), ki podpirajo prečne lesene deske. Izdelana je iz konstrukcijskega jekla S355. Na glavno konstrukcijo se montira na gradbišču z vijačenjem in zato je lahko v celoti vroče cinkana.

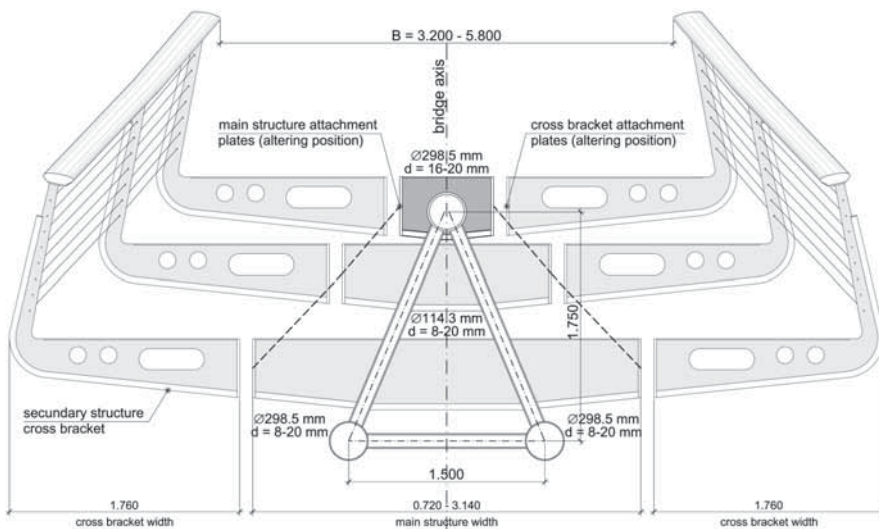
- **Krovna konstrukcija** je izdelana iz prečno položenih profiliranih desk iz trdega eksofitičnega lesa debeline 42 mm.

2.2 Glavna konstrukcija

Glavna konstrukcija je prostorsko jekleno paličje, sestavljeno iz treh vzdolžnih cevi, ena cev za zgornji pas in dve cevi za spodnji pas, ki so povezane z vmesnimi diagonalami in prečkami. Paličje poteka neprekinjeno preko obstoječih podpor z razponi v osi konstrukcije $42 + 42 + 42 = 126$ m. Trije enaki razponi so



Slika 3 • Vzdolžni prerez in floris nove brvi



Slika 4 • Prečni prerez brvi je konstanten – spreminjajo se samo nastavki za sekundarno konstrukcijo

posledica ohranitve podpor prvotne konstrukcije mostu.

Trikotno zasnovani prečni prerez je na zunaj enak po celotni dolžini objekta (slika 4), spreminjajo se le debeline cevi in lega nastavka za vijačenje prečne sekundarne konstrukcije. Nad vmesnimi podporami je dodan trikotno oblikovan podstavek (slika 6), ki v vzdolžni smeri zmanjša obremenitve nad podporo, v prečni smeri pa ustvari dovolj široko podpiranje, kar zagotavlja ustrezno prečno in torzijsko togost in stabilnost. Osn razmak zgornjega in spodnjega pasu je 1,75 m, kar daje skupno konstrukcijsko višino 2,05 m, cevi spodnje pasnice pa sta osno razmaknjeni za 1,50 m.

Glavna konstrukcija ima konstantno vertikalno zakrivljenost $R = 4000$ m, kar predstavlja neke vrste nadvišanje. Vertikale med spodnjim in zgornjim pasom so nameščene radialno oz. pravokotno na vzdolžne cevi, tako da so dolžine vertikal in diagonal ter medsebojni koti enaki po celotni dolžini mostu, kar je v veliki meri poenostavilo in pocenilo izdelavo.

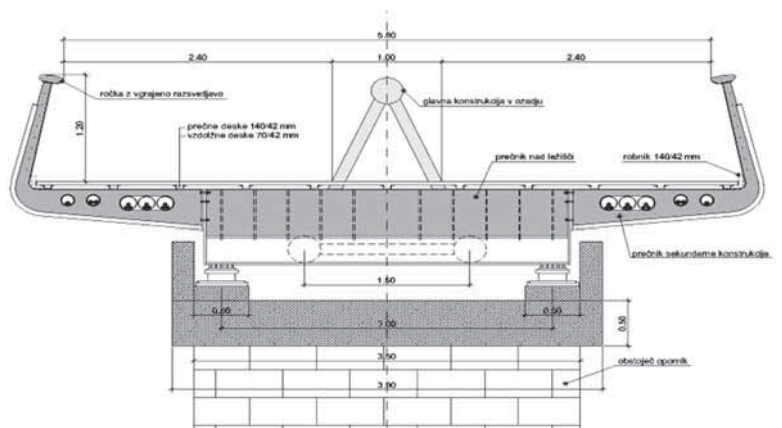
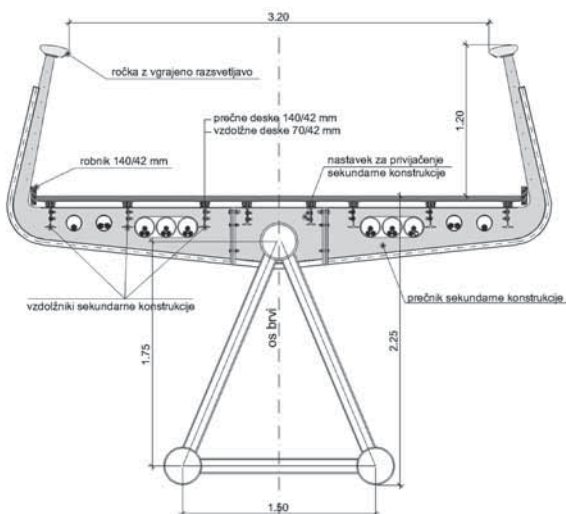
Vsi elementi glavne konstrukcije so okrogle brezšivne cevi iz jekla S355 J2G3, in sicer:

zgornji pas: 1 cev $\Phi 298,5$ mm, debeline sten 16–20 mm

spodnji pas: 2 cevi $\Phi 298,5$ mm, debelina sten 8–20 mm

diagonale in prečke: cevi $\Phi 114,3$ mm debelina sten 8–20 mm

elementi pri podporah: $\Phi 177,8$ mm, $\Phi 318$ mm



Slika 5 • Prečni prerez brvi na sredini in na vstopu na brv

2.3 Sekundarna konstrukcija

Sekundarna konstrukcija, ki podpira leseno krovno konstrukcijo, je sestavljena iz zvarjenih prečnih konzolnih nosilcev in vzdolžnih valjanih I nosilcev, ter je v celoti privijačena na glavno konstrukcijo (slika 6). Na pripravljene nastavke na nosilni konstrukciji so pritrjene prečne konzole, ki se končajo kot stebrički ograje. Konzole so v vzdolžni smeri povezane z vzdolžniki – IPE 140 in IPE 160. Konzole s stebrički so zvarjene iz ploščatega železa $d = 8$ mm s prirobnico iz cevi $\varnothing 48,3/4$ mm na zunanjem robu ter s pasnico 150/8 mm po zgornjem robu konzole.

2.4 Krovna konstrukcija

Krovna konstrukcija je izdelana iz eksotičnega trdega lesa vrste bangkirai. Pohodna površina je iz prečno položenih profiliranih desk di-

menzij 140/42 mm, ki so privijačene na leseno podkonstrukcijo – vzdolžnike, ki sledijo vzdolžnim nosilcem sekundarne konstrukcije. Leseni vzdolžniki so na sekundarno konstrukcijo prilepljeni in privijačeni ter so izdelani iz enakih desk kot pohodna površina ($1/2 \times 140/42$ mm). Tak način je izbran zaradi bolj ekonomičnega pritrjevanja.

2.5 Podporna konstrukcija

Vse obstoječe podpore so obnovljene ter prilagojene novi konstrukciji, kar pomeni, da so vmesni stebri znižani, krajni oporniki pa razširjeni. Posamezne podpore, njihovo temeljenje in temeljno hribino smo povezali in ojačili z jet-grouting piloti, ki so v gramozni hribini dosegali premer do 70 cm. Dimenzija je bila preverjena na testnem pilotu, ki je bil izdelan in izkopan na brežini Drave. Vrtine skozi

obstoječo betonsko podporo so imele premer 25 cm. Po celotni dolžini so piloti ojačeni z armaturo $1 \times \varnothing 32$ mm, v betonskem delu pa še dodatno s tremi armaturnimi palicami $\varnothing 16$ mm znotraj spirale $\varnothing 10$ mm/10 cm. Vmesne podpore so ojačene s šestimi, oporniki pa zaradi večje širine s po devetimi piloti. Jet-grouting piloti so dolgi 15 m, od tega 8 m skozi obstoječo podporo ter minimalno 7 m v gramozno podlago, na kateri so temeljene obstoječe podpore. Obstoječi stebri so za potrebe podpiranja in konstrukcijske višine znižani in imajo na vrhu novo AB kapo z ležiščnimi bloki, oporniki pa so preko AB plošč tudi ustrezno razširjeni.

2.6 Oprema in detajli

Krov je sestavljen iz desk, zato posebnega sistema odvodnje ni, saj meteorna voda nemo-teno odteka. Ograja je visoka 1,20 m, kar zagotavlja varnost kolesarjev. Stebrički ograje so v rastru 2,20 m do 2,30 m in so sestavni del sekundarne konstrukcije (rebra). Polnilo ograje predstavljajo pletenice premera 8 mm iz nerjavnega jekla, ki so sidrane na ojačenih stebričkih nad krajnimi podporami mostu. Širok naslon (ročka ograje) skriva razsvetljavo ter onemogoča plezanje otrok prek ograje. Ležišča so usklajena z zasnovo prenosa horizontalnih in vertikalnih obtežb. Uporabili smo neoprenska ležišča Maurer, in sicer:

opornik 1 in 4

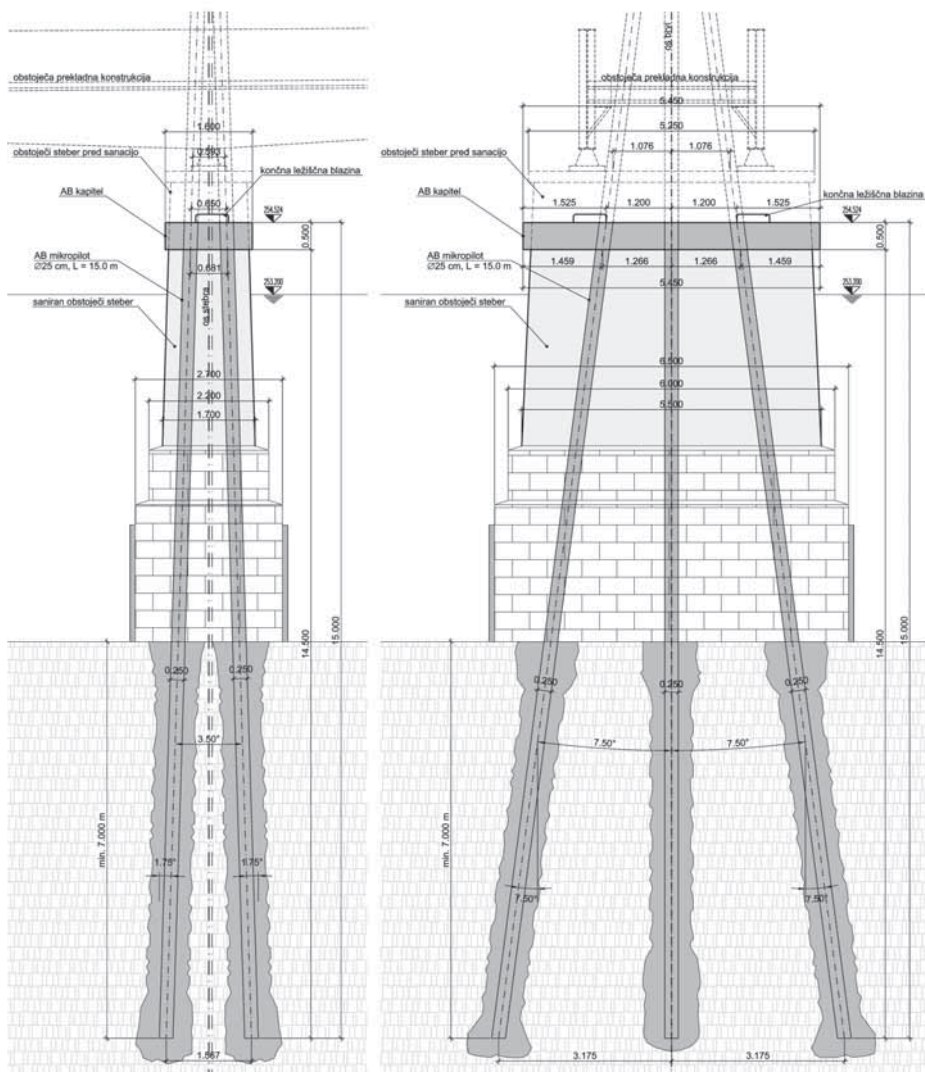
2 V1 420 kN (200 x 250 x 82/40 mm, Tip C) (vzdolžno pomična, prečno nepomična elastomerna ležišča)

podpora 2 in 3

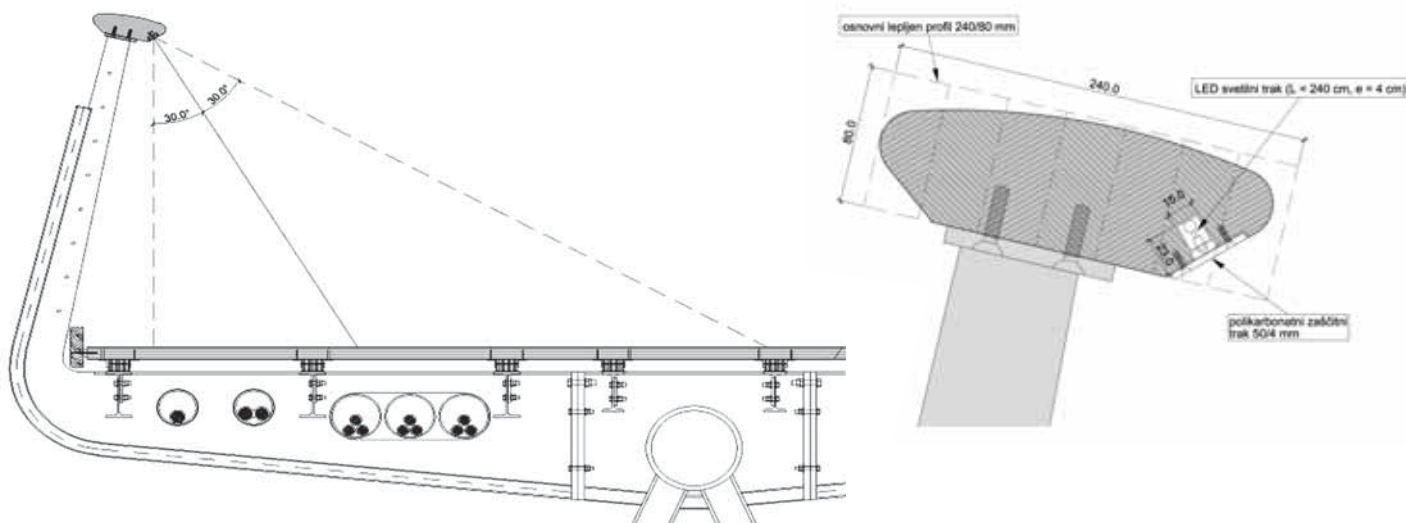
2 V1 1107 kN (200 x 300 x 71/32 mm, Tip C) (vzdolžno pomična, prečno nepomična elastomerna ležišča)

Dilataciji pri krajnih opornikih sta iz nerjavne pločevine z gumenim vložkom kapacitete 60 mm (+/- 30 mm) proizvajalca Migua.

Brv je razsvetljena z linijskimi LED svetlobnimi trakovi, ki so nameščeni v širokem lesenem naslonu ograje. LED trakovi diskretno razsvetljujejo pohodno površino, brez uhajanja svetlobe mimo objekta v zrak ali vodo. Instalirana moč za razsvetljavo celotne več kot 130 m dolge brvi znaša samo 350 Wattov, kar štejemo za ekološki prispevek naše zasnove. Preko brvi je napeljanih cela vrsta inštalacij mestne infrastrukture. Zaradi boljšega videza brvi so vse inštalacije skrite pod lesenim tla-kom. Napeljane so skozi zaščitne PEHD cevi premerov 160 mm in 125 mm, ki potekajo skozi odprtine v prečnih konzolnih nosilcih.



Slika 6 • Vzdolžni in prečni prerez vmesne podpore



Slika 7 • Razsvetljava brvi je skrita v leseni ročki ograje

3 • OBEŽBA IN ANALIZA

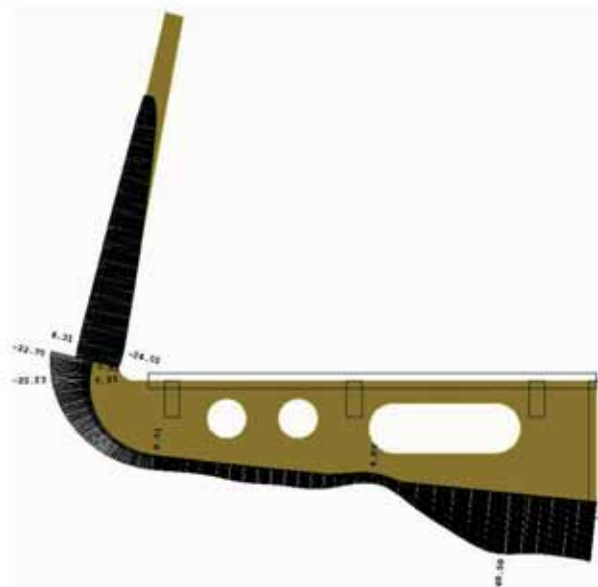
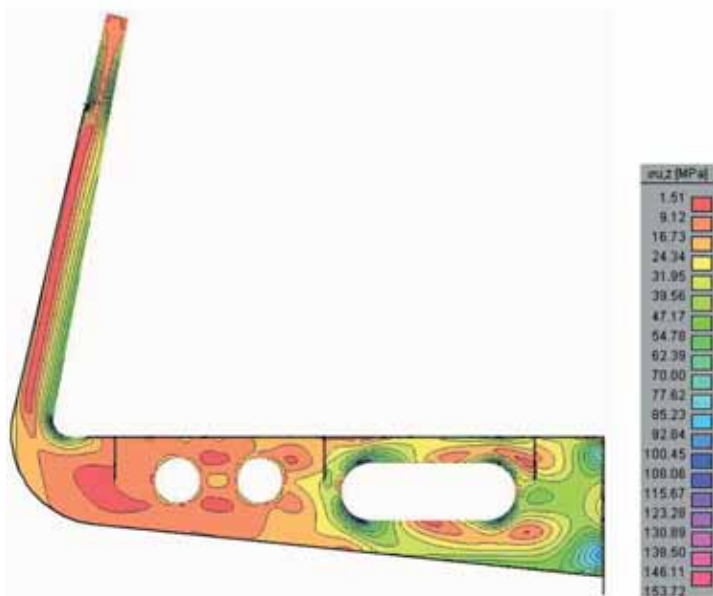
Obežba in uporaba sta skladni z veljavnimi predpisi SIST EN 1991-3 in priporočili FIB (FIB, 2005). Predvidene obtežbe v uporabi so 4 kN/m^2 globalno, 5 kN/m^2 lokalno ter 4 kN koncentrirana sila lokalno (servisno vozilo). Konstrukcija je dimenzionirana in izdelana v skladu s SIST EN 1993 – jeklene konstrukcije, statična in dinamična analiza je izvedena s programom Tower 3d Model Builder.

Zaradi obstoječih podpor ima kontinuirna konstrukcija neugodno razmerje med krajnimi in vmesnim poljem, ki so enaka – dolga po 42 m . Zato odločilne obremenitve in največje deformacije nastajajo v krajnih poljih, ki se za nameček še razširijo. Pod neugodno postavljeno polno računsko obtežbo znaša maksimalna deformacija v krajnem razponu celih 113 mm , kar predstavlja $L/370$.

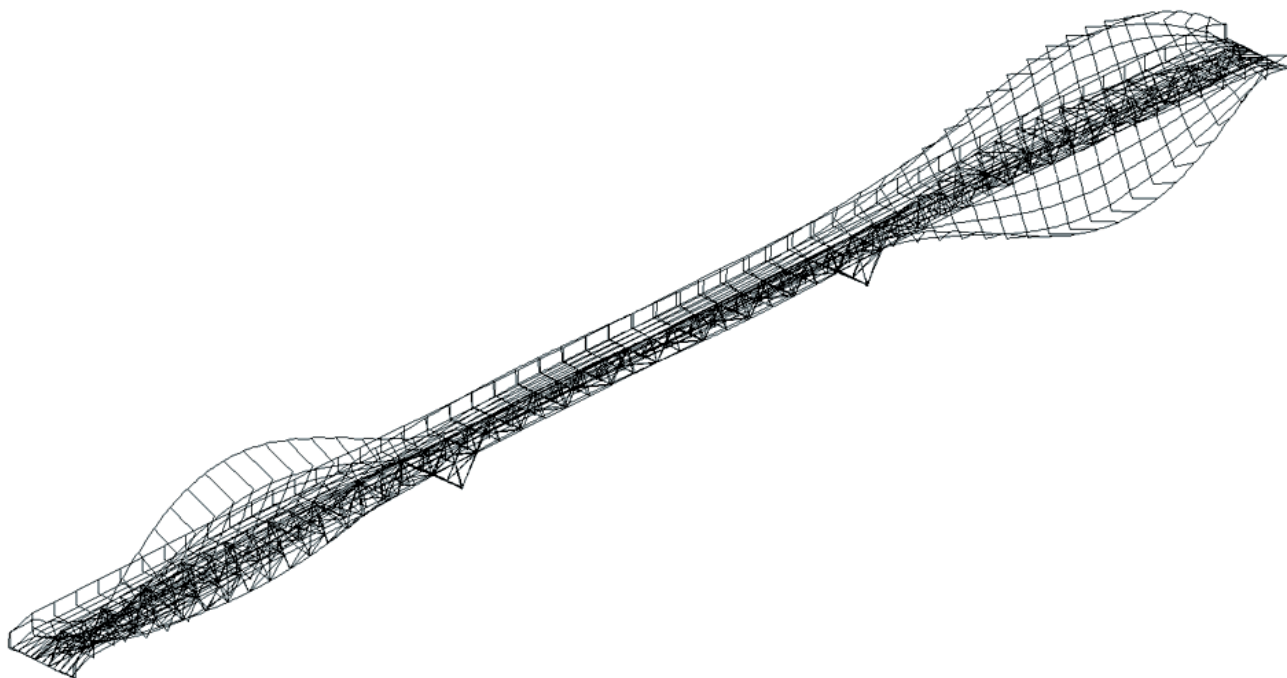
Med samo gradnjo so se pojavile zahteve za dodatne inštalacije na brvi. Zato je bilo potrebno dodatno oslabiti stojine prečnih nosilcev

z odprtini za inštalacije, ki potekajo pod lesenim podom. Potrebno je bilo narediti dodatne analize obnašanja sekundarne prečne konstrukcije (slika 8).

Ker so mostovi za pešce zaradi svoje zasnove (relativno majhna masa in večji razponi) podvrženi vibracijam, ki jih povzročajo dinamični vplivi koristne obtežbe (pešci), so predvideni tudi dinamični preizkusi. Računske lastne frekvence so deloma tudi znotraj območij frekvenc, ki so značilne za vzbujanja, ki jih povzročajo pešci, vendar so amplitude nihanj dovolj nizke, tako da za uporabnike ne predstavljajo večjih motenj. Rezultati dinamičnih karakteristik in meritev, ki so trenutno v izvedbi, bodo prikazani v posebnem prispevku.



Slika 8 • Potek primerjalnih napetosti v pločevini in osne sile v robni cevi



Slika 9 • Za dinamično vzbujanje je najbolj občutljiva torzija v krajnih poljih ($T_7 = 0,25$ sek)

4 • GRADNJA

Izvajalec se je najprej lotil izvedbe jet-grouting pilotov na vseh podporah in sanacije ter prilagoditve obstoječih vmesnih podpor v rečni strugi (slika 10). Sočasno je potekala demontaža asfalta in betonske plošče.

Glavna konstrukcija iz okroglih jeklenih cevi se je izdelala v delavnici (slika 11). Delitev konstrukcije na glavno in sekundarno konstrukcijo je zmanjšala prečno dimenzijo konstruk-

cije do te mere, da je bil omogočen prevoz in montaža na obstoječem objektu. Glavna konstrukcija dolžine 126 m je sestavljena iz 15 segmentov dolžine do 10,50 m. Na ploščadi za sestavljanje, ki je bila pred opornikom na levem bregu reke Drave, so se segmenti postopno sestavljali z varjenjem. Po varjenju posameznega segmenta se je konstrukcija s pomočjo mehanskega vitla povlekla preko

začasnih drsnih ležišč na obstoječi brvi, ki je podpirala novo konstrukcijo med montažo preko Drave (slika 12).

Po končanem navlečenju nove konstrukcije smo obstoječo konstrukcijo skupaj z novo, ki je ležala na njej, spustili za približno 90 cm na njeno končno višino. Nato je sledila montaža podpornih segmentov paličja nad vmesnimi stebri in montaža sekundarne konstrukcije (slika 13). V tem času je potekala tudi sanacija in prilagoditev krajnih podpor.

Ko je bila nova konstrukcija v celoti zmontirana, postavljena na ležišča in ležišča podlita, je sledil preklon obstoječih in napeljava novih inštalacij ter demontaža dotrajane obstoječe prekladne konstrukcije (slika 14). Sledila je finalizacija objekta z izdelavo lesene krovne konstrukcije, montaža mostne ograje in razsvetljave ter končna ureditev obeh dostopov na brv.

Objekt je bil predan v uporabo decembra 2007, manjša uradna otvoritev pa je bila januarja 2008. Dela so skupaj s krajšim zastojem ob premeščanju in zamenjavi obstoječih inštalacij trajala slabo leto dni. Vrednost izvedenih del, skupaj z ureditvijo dostopov na brv, znaša 1,2 milijona evrov. V naslednjem letu se bo MO Maribor lotila tudi obnove in ureditve zahtevnejšega dostopa na desnem bregu Drave, kjer je potrebno premagati približno 15 m višinske razlike.



Slika 10 • Sanacija vmesnih podpor v rečni strugi (marec 2007)



Slika 11 • Izdelava nosilne konstrukcije v delavnici (februar – maj 2007)



17. maj 2007



22. maj 2007



9. junij 2007



16. junij 2007

Slika 12 • Montaža nove nosilne konstrukcije na obstoječo (maj – junij 2007)



Slika 13 • Montaža sekundarne konstrukcije (junij – avgust 2007)



Slika 14 • Demontaža obstoječe konstrukcije (september 2007)

5 • SKLEP

Maribor bi danes nujno potreboval brv preko Drave na lokaciji med »Titovim« in »Železniškim« mostom, saj razvoj mesta narekuje nove prometne tokove. Prav tako pa se mesto ni moglo odreči več kot 120 let stari, a danes manj pomembni povezavi

preko Drave na zgornjem robu Lenta. Zato se je mesto odločilo rekonstruirati staro brv z zamenjavo zgornje konstrukcije.

Kljub relativno enostavni in jasni konstrukciji je objekt zaradi medsebojne igre pohodne površine, nivelete in položaja konstrukcije

izrazito prepoznaven. Zaradi transparentnosti palične konstrukcije in simetrije pa je hkrati nevtralen do okolja in rečnih vedut. Izvirna zasnova je poleg atraktivne oblike omogočila tudi zanimiv in gospodaren način izgradnje. Sodimo, da sodobna in do uporabnikov prijazna rešitev pomeni kreativni presežek in dodano vrednost k prepoznavnim mariborskim mostovom ter upamo, da bo ob primernem vzdrževanju dočkala podobno starost kot prejšnje brvi.



Slika 15 • Nekaj detajlov nove brvi



Slika 16 • Nova Studenška brv 2007

6 • LITERATURA

FIB, Task Group 1.2. Guidelines for the design of footbridges, Federation internationale du beton, Lausanne, 2005.

Markej V., Mlakar R., Rožič D., Most za pešce in kolesarje preko Drave v Mariboru, Zbornik 27. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, 27.–28. oktober 2005, str. 9–18, Ljubljana, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev, 2005.

Markej V., Mlakar R., Rožič D., Most za pešce in kolesarje preko Drave v Mariboru – prvonagrajena natečajna rešitev, Gradbeni vestnik, letnik 54, str. 210–217, september 2005.

Mlakar R., Markej V., Studenška brv – most za pešce in kolesarje preko Drave v Mariboru, Zbornik 29. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, oktober 2007, Ljubljana, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev, 2007.

Projektna dokumentacija za Studenško brv, od natečajne rešitve do vseh projektnih faz IDP/PGD/PZI, Inženirski biro PONTING d.o.o., Maribor od 2004–2007.

VZROKI POČASNEGA UVAJANJA 3D-CAD V PRAKSI, PREMAGOVANJE OVIR IN UPOŠTEVANJE OSNOVNIH PRICIPOV

THE REASONS OF SLOW TRANSITION FROM 2D-CAD TO 3D-CAD IN COMPANIES, THE SURMOUNTING OF DIFFICULTIES, AND THE CONSIDERATION OF BASIC PRINCIPLES

doc. dr. Boris Lutar, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
Smetanova 17, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK 681.3.06 : 624 : 65

Povzetek | Uvajanje sprememb običajno spremljajo težave in odpori skupin ter posameznikov, ki jih prizadenejo. Podobno se dogaja tudi pri uvajanju 3D-CAD v praksi, kjer se poleg upravičenih skrbi in strahov pojavlja veliko zadržkov, ki nimajo povezav z resničnostjo. V prispevku obravnavamo razloge, ki opravičujejo pomen in smisel uvedbe 3D-CAD v podjetja, kot tudi zadržke in težave, ki so vzrok počasnosti ali odlašanja uvajanja tega načina načrtovanja v praksi. Poleg opisa pridobitev so podani tudi osnovni principi, ki jih po izkušnjah uspešnih prehodov v podjetjih iz 2D-CAD na 3D-CAD velja upoštevati, da bodo težave, ki se pojavijo kljub skrbno načrtovanemu prehodu, znosne. V zaključnem delu članka prikazujemo na praktičnem primeru 3D modela mosta čez Dravo na Ptuj (Puhovega mosta) in na njegovi izdelani maketi smisel in pomen uporabe tega načina načrtovanja.

Summary | A well known problem is that relatively simple changes are usually the reason for troubles and oppositions of people and groups being affected by them. Similar are the problems that occur in transitioning from 2D-CAD to 3D-CAD. Among reality-based fears there are a lot of myths. The paper presents the grounds for legitimate introductions of 3D-CAD in companies and, on the other hand, the hindrances and problems which lead to a slow introduction or even delaying of this way of planning. Besides the description of acquisitions, the paper presents the basic principles, experienced by the companies that successfully transitioned from 2D-CAD to 3D-CAD, which should be taken into consideration to avoid problems that may be present even in an elaborated transition. In the final part, the 3D model of the bridge over Drava in Ptuj (Puhov most) was used to present the meaning and the significance of the usage of this way of planning.

1 • UVOD

Prvi 3D modelirniki in z njimi 3D načrtovanje (3D-CAD) so se pojavili pred nekaj več kot dvajsetimi leti ob napovedih, da bodo hitro

nadomestili 2D modelirnike in 2D načrtovanje (2D-CAD). Napovedi se niso uresničile, saj še več kot tri četrtine podjetij uporabljajo

2D-CAD. Pridobljene izkušnje in znanja uspešnih prehodov na 3D-CAD bi po pričakovanju morale pospešiti uvajanje in prehode na 3D načrtovanje, a ni tako. Ob znanih prednostih in koristih 3D načrtovanja je mogoče pri uvedbi novega načina načrtovanja v podjetja zaslediti veliko neupravičenih kot tudi

povsem upravičenih skrbi in strahov. Če pustimo neupravičene strahove ob strani, so upravičene skrbi:

- da lahko pride do znižanja produktivnosti,
- da bodo nastopili problemi zaradi novih oblik podatkov,
- da bo potrebno izobraziti kader,
- da bo potrebno nabaviti novo strojno opremo in
- da bo potrebno spremeniti načine in oblike poslovanja.

2 • RAZLOGI ZA UVEDBO 3D-CAD V PODJETJA

Pritiski in zahteve trga utemeljujejo smisel in potrebo prehoda v podjetjih iz 2D-CAD na 3D-CAD. Podjetja morajo razviti čimveč novih proizvodov s povečano dodano vrednostjo v čimkrajšem času, ki so vse zahtevnejši za izdelavo v vseh pogledih. Proizvajalci odgovarjajo na te pritiske:

- z naraščajočo inovativnostjo pri zasnovi, pri izdelavi in pri pripravi za trženje novih produktov,
- s povečanjem kakovosti in z izboljšanjem uporabnosti svojih izdelkov,
- z zmanjšanjem potrebnega materiala in energije,
- s povečanjem odzivnosti na zahteve trga,
- z zmanjšanjem stroškov na vseh področjih in
- s povečanjem učinkovitosti vodenja podjetij.

3 • PREDNOSTI 3D-CAD PRED 2D-CAD

Področje, kjer kaže 3D načrtovanje v primerjavi z 2D načrtovanjem največjo moč, je izdelava tehniške dokumentacije. Risbe pri 2D načrtovanju so izdelane ločeno in med seboj v digitalnem smislu niso povezane, kar velja tudi za njihove povezave z nastajajočim proizvodom. Velika stopnja povezanosti in asociativnosti med risbami in virtualnim modelom pri 3D načrtovanju, med virtualnim modelom in drugimi programskimi orodji za različna opravila, ki so potrebna pri nastajanju (razvoju) novih produktov (SW, 2007a), so lastnosti, ki znatno prekašajo možnosti 2D načrtovanja. Preprosto povedano: če v virtualnem modelu, ki je izdelan s 3D modelirnikom, spremenimo karkoli, se v vseh risbah in v vseh dokumentih, ki so z modelom povezani, to samodejno spremeni. Risbe in dokumenti (spiski delov, količine

Zaradi navedenega je razumljivo, da večina tistih, ki načrtuje uvedbo 3D-CAD, tega ne namerava storiti tako, da bi hitro in povsem zamenjali 2D-CAD, ampak tako, da bodo 3D-CAD uporabljali ob 2D-CAD. Načrtujejo torej počasen prehod, ker bi hipna zamenjava pomenila za večino podjetij pravo katastrofo (AG, 2006). V prispevku podajamo v strnjeni obliki:

- pregled razlogov, zakaj je uvajanje 3D-CAD potrebno,
- vzroke za počasnost uvajanja v podjetja,

V podjetjih, kjer so uspešno uvedli 3D-CAD, so ugotovili:

- da jim 2D-CAD ne omogoča več uspešnega razvoja in uvedbe novih tehnologij,
- da z 2D-CAD ni mogoče bistveno povečati produktivnosti in inovativnosti ter
- da je 2D-CAD vzrok številnih težav in zamud.

Komplicirani izdelki zahtevajo izdelavo mnogo risb, ki jih je potrebno ob odkritih napakah, slabostih in izboljšavah med nastankom novega proizvoda tekoče popravljati in dopolnjevati, prav tako pa tudi kopico z njimi povezanih dokumentov. Obstaja velika nevarnost in verjetnost, da se kaj spregleda, kar je znan problem v praksi.

uporabljenih materialov in podobno) izvirajo iz izdelanega virtualnega modela. So torej posledica in ne izhodišče kot pri 2D načrtovanju. Postavitve medsebojnih odnosov med sestavinami dela (kosa) virtualnega modela, med deli in virtualnim modelom izdelka, v obliki matematičnih izrazov in relacij, kar omogoča parametrično modeliranje v 3D modelirnikih, zagotavlja hitro regeneracijo dela in vseh delov (kosov) modela pri spremembah. Parametrično modeliranje skupaj z navedeno dvosmerno povezanostjo med risbo, kosom in virtualnim modelom, med kosi in modelom, omogoča:

- uporabo že izdelanih (parametričnih) kosov iz knjižnic,
- povečanje hitrosti pri uvedbi sprememb,
- zmanjšanje možnosti napak na najmanjšo možno mero,

- pridobitve v podjetjih, ki so to uvedla in
- opis načinov in oblik uvajanja 3D-CAD, ki izvirajo iz pridobljenih izkušenj podjetij.

V zadnjem poglavju prispevka prikazujemo izdelan 3D model novega mosta čez Dravo na Ptuj (Puhovega mosta) in izdelano maketo dela tega mosta kot prikaz možnosti uporabe 3D načrtovanja na praktičnem primeru v gradbeništvu ter opis težav, ki smo jih srečali pri delu.

Pri 2D načrtovanju ni možno dobro in ustrezno posredovati podatke med različnimi delovnimi fazami (MD, 2007). Če potrebujemo 3D model za preračun ali za vizualne prikaze bodočega izdelka, ga moramo izdelati iz številnih risb in uporabiti podatke na risbah. Števila potrebnih prototipov, na katerih se lahko odkrijejo napake, ni mogoče zmanjšati, ker to načrtovanje ne omogoča virtualnega testiranja produkta (kontrolne skladnosti in gibljivosti delov, preračunov obnašanja izdelka v različnih pogojih, za katere bi bilo potrebno sicer izdelati prototip in opraviti funkcionalne teste načrtovanega produkta in podobno). Ovirano je upoštevanje modularnosti, kjer se lahko uporabijo isti deli pri različnih produktih. Vsak sestav je potrebno narediti nanovo, kar je pri 3D načrtovanju hitro in lahko opravilo. Izdelava različnih družin (konfiguracij) novega produkta, ki ustrezajo zahtevam trga, je zelo otežena.

- skrajšanje potrebnega časa izdelave izdelka,
- povečanje hitrosti odziva na zahteve trga,
- zmanjšanje stroškov razvoja in izdelave izdelka ter
- povečanje produktivnosti.

V primerjavi z 2D načrtovanjem, kjer velja misel, 'da slika pove več kot tisoč besed', velja pri 3D modelirnikih misel, 'da model pove več kot tisoč slik'. Pri risbah, narejenih z 2D načrtovanjem, si moramo v primeru, če ni ustreznih predstavitev dela ali modela, v možganih 'sestaviti podobo' novega izdelka. To je lahko za izkušenega posameznika enostavno opravilo, za večino pa predstavlja veliko oviro.

Izdelani modeli pri 3D načrtovanju ne zahtevajo interpretacij, kar poenostavi komunikacije med:

- sodelujočimi pri izdelavi novega izdelka,
- ljudmi, ki se ukvarjajo s pripravo na trženje in trženjem izdelka,

- naročniki novih izdelkov in proizvajalci (med tehničkim in netehničkim osebjem).

Ob ustrezni organizaciji v podjetju je vsakomur, ki sodeluje pri izdelavi novega izdelka,

omogočeno, da pride do potrebnih podatkov. Na zaslonu lahko model prikazemo v različnih legah, pogledih in okoljih, v sestavljeni in razstavljeni obliki, izdelamo animacije sestave delov v celoto – skratka vse, kar poj-

mujemo kot navidezno (virtualno) prototipizacijo. Naročniku lahko prikazemo, kakšen bo izdelek, čeprav je še v razvojni fazi. V grobem lahko rečemo: model lahko uporabimo skoraj za vse potrebe.

4 • PREMAGOVANJE OVIR IN UVAJANJE 3D-CAD V PODJETJA

Najpogosteje prepozna potrebo za prehod iz 2D na 3D načrtovanje del posloводства podjetja, ki je zadolžen za delo in razvoj CAD v podjetju. Pri tem naleti takoj na težave, ker mora premagati poleg tehniških tudi socialno – kulturne ovire. Kljub dejstvu, da omogoča 3D-CAD hitrejšo, boljše in natančnejše načrtovanje, da izboljša komuniciranje med vsemi sodelujočimi pri razvoju produkta v podjetju kakor tudi pri komunikacijah podjetja z zunanjim okoljem, lahko vidi vodilna struktura posloводства razmere drugače. Zato je potrebno na začetku posloводства jasno predstaviti:

- da z 2D načrtovanjem, ki morda trenutno še omogoča učinkovito delo, ni mogoče več znatno povečati produktivnosti,
- da z njim ni mogoče odpraviti potencialnih nevarnosti zaradi možnosti pogostih napak v risbah,
- da ni mogoče pospešiti aktivnosti pri optimizaciji produktov, skrajšati potrebni čas razvoja in izdelave novih produktov ter prikazati vsa področja, kjer bo imel prehod na 3D načrtovanje znaten vpliv in kjer bo odpravil trenutne težave v podjetju.

Argumentirano je potrebno zavrniti stališča, da je 2D načrtovanje primernejše za konceptualen način načrtovanja in da je 3D načrtovanje primerno samo za podjetja, ki se ukvarjajo z zahtevnimi izdelki oziroma proizvodi. Izkušnje so pokazale, da so to predsodki in da podjetje z uvedbo 3D-CAD pridobi na mnogih področjih ne glede na velikost in zahtevnost izdelkov.

Poslovodu je potrebno prikazati vse potrebne stroške vlaganj pri uvajanju novega načina načrtovanja, ki obsegajo: nabavo ustrezne strojne opreme in stroške izobraževanja kadrov. Seznaniti jih je potrebno:

- z nevarnostmi upada produktivnosti posameznikov, ki bodo prvi prešli ob ustreznem izobraževanju iz 2D na 3D načrtovanje,

- s terminskim planom prehoda,
- s terminskim planom nabave potrebne opreme in
- z ukrepi za zmanjšanje posledic.

Podati je potrebno oceno prihrankov pri delu, ko bo sistem vpeljan in prepričati posloводство, da je prehod na 3D načrtovanje investicija za prihodnost, ki je potrebna za dvig uspešnosti in konkurenčnosti. Posloводство podjetja mora biti prepričano o smislu uvajanja novega načina dela, o smislu sprememb poslovanja in odločeno, da bo projekt podprlo. Zato je potrebno, da je tekoče obveščano o poteku projekta (o težavah in napredku).

Ob prednostih 3D načrtovanja in njegove uvedbe je v mnogih podjetjih prisoten strah, da bodo pri prehodu izgubili 'intelektualni kapital', ki je shranjen v obliki risb (projektov) in pridobljenega znanja, ki je nastalo ob uporabi 2D načrtovanja. Ker večina 3D modelirnikov omogoča uporabo 2D rešitev, je mogoče to bojazen zmanjšati. Potrebno pa je odkrito povedati, da vsega najbrž ne bo mogoče hitro 'rekonstruirati' in da bo morda potrebno izdelke, ki so temeljnega pomena za podjetje, ponovno konstruirati v 3D-CAD v podjetju ali pri zunanjem ponudniku takih storitev.

Da bi se izognili nasprotovanju tehničnega osebja (načrtovalcev, konstruktorjev, inženirjev), je potrebno pri uvajanju presoditi nivoje zahtevnosti uvajanja in zmožnosti osebja. Izbrati je potrebno take:

- ki bodo sposobni storiti prve korake,
- ki bodo pripravljene vlagati potrebne napore pri dodatnem izobraževanju in
- ki se bodo resno lotili projekta.

Ti bodo namreč tisti, ki bodo nudili oporo in pomoč drugim pri prehodu na nov sistem načrtovanja (opravljali bodo vlogo in naloge

mentorjev). Posloводство mora imeti do teh primeren odnos in eden med načini, ki se obnese in daje dobre rezultate, je, da se jih za njihov vložek pri tem dodatno stimulira. Zelo pomembno je, da pri njihovi izbiri vemo, ali imajo morda kakšna osnovna znanja na področju 3D-CAD, ki izvirajo iz njihovega preteklega izobraževanja in da jim omogočimo primerno prilagojene oblike izobraževanja. Vsekakor pa ni odveč, če vse na začetku seznanimo z osnovami in pričakovanimi rezultati novega načina dela.

Po izbiri članov skupine, ki bo uvedla nov način načrtovanja v podjetje in pred zaključkom njihovega izobraževanja, je potrebno izbrati pilotni projekt. Ta je lahko že izveden projekt v 2D načrtovanju, ki naj ne bo prevelik in ki bo omogočal dobro kontrolo in pregled pri njegovem izvajanju. Člani skupine in njeno vodstvo mora kritično presoditi vse dobre lastnosti in pridobitve novega načina načrtovanja in odkriti storjene napake in slabosti, ki jih bo potrebno odpraviti pri nadaljnjem delu.

Pomembno vlogo pri izobraževanju imajo pooblaščen prodajalci programske opreme VAR (Value-Added Reseller), ki je namenjena za 3D-CAD. Poleg drobnih, a pomembnih korakov pri uvajanju aplikacije za kupca, morajo za njeno opravi še veliko pomembnejše stvari. Izbrati je potrebno take, ki so usposobljeni in so s svojim delom in referencami nesporno preverljivi. Uporabniku morajo na začetku nuditi vso potrebno pomoč, ki ne vključuje samo namestitve aplikacije na računalnike, ampak dobro in uporabnikovih zahtevam ter potrebam prilagojeno izobraževanje. Kljub temu da je morda njihov osnovni interes prodaja aplikacije, morajo biti usposobljeni, da nudijo vso potrebno strokovno pomoč pri izdelavi plana nabave primerne strojne opreme. Bodočim uporabnikom morajo nedvoumno in jasno povedati, kakšne so minimalne zahteve strojne opreme (računalnikov in perifernih enot), da bodo lahko aplikacijo uporabljali.

nakup aplikacije in minimalno izobraževanje dovolj, ker predstavlja že to velik strošek. Na samem začetku se pojavi problem, da računalniki, na katerih so bile uporabljane aplikacije za 2D načrtovanje in ki so bili dovolj hitri in zadovoljivo odzivni, niso primerni za

5 • IZBIRA STROJNE OPREME

Omenili smo, da je potrebno rešiti pri uvajanju 3D načrtovanja mnoge tehniške prob-

leme. Pogosta napaka v podjetjih, ki uvajajo nov način načrtovanja, je v miselnosti, da je

aplikacije 3D načrtovanja. Zahteve po procesorski moči računalnikov, po potrebnih količinah hitrega pomnilnika, po potrebnem prostoru na disku, po ustreznih grafičnih karticah in drugih komponentah, so pri aplikacijah za 3D-CAD znatno višje in najpogostejši vzroki presenečenj in razočaranj.

V bližnji preteklosti so 3D modelirniki tekli na dragih grafičnih delovnih postajah, ki so jih izdelovala podjetja, kot so Computer-ision, Integraph Corporation in druga. Danes so razmere drugačne in na trgu je dovolj cenovno dostopnih in zmogljivih računalnikov. Poleg velike procesorske moči (ta je še posebej pomembna, če je v načrtu razen 3D geometrijskega načrtovanja še izraba aplikacij, ki omogočajo preračune, simulacije in druge oblike analiz oziroma izračunov), je pomembna dovolj velika količina hitrega pomnilnika. Običajno proizvajalci aplikacij za 3D načrtovanje priporočajo količino potrebne spomina, ki zagotavlja njihovo sprejemljivo odzivnost na računalnikih. Izkušnje kažejo, da jo velja vsaj podvojiti. Če se bodo izdelovali modeli zelo zahtevnih oblik, sestavljeni iz veliko delov, se lahko pri uporabi 32-bitnega operacijskega sistema Windows XP Professional hitro primeri, da tudi količina 4GB hitrega spomina ne bo zadostna in bo potrebno namestiti 64-bitno verzijo tega operacijskega sistema. Bisvena za odločitev nabave ustrezne vrste računalnikov je možnost njihove nadgradnje in izdelan načrt njihove

zamenjave. Po današnjih izkušnjah je potrebno po treh letih zaradi napredka tehnologije računalnike zamenjati. To ne pomeni, da niso več uporabni, ampak da niso primerni za zahtevne uporabnike. Take računalnike lahko damo drugemu tehniškemu in netehniškemu osebju in jim s tem povečamo udobnost dela ter omogočimo še druge možnosti, ki so povezane z njihovim delom.

Moč grafičnih kartic je pomembna za hitrost in udobnost dela. Večina 3D-CAD aplikacij uporablja OpenGL in/ali DirectX standarda, ki ju danes podpirajo praktično vse grafične kartice. Pomembno je vedeti, da je pri profesionalnih grafičnih karticah, ki so bistveno dražje od običajnih, poleg vseh lastnosti bistveno boljši gonilnik, ker ne obremenjuje procesorja računalnika. Proizvajalci 3D-CAD aplikacij testirajo različne grafične kartice in najprimernejše priporočajo na svojih spletnih straneh (kar velja upoštevati). Omenimo še potreben kakovosten in dovolj velik zaslon visoke ločljivosti in udobnost, ki jo omogoča uporaba dveh zaslonov. Pri dveh zaslonih uporabnik izdeluje ali spremlja grafične predstavitve modela na enem (običajno najkvalitetnejšem zaslonu), na drugem pa spremlja odzive (sporočila) aplikacije in izvaja potrebne ukaze.

Hitrost branja počasnega pomnilnika (diskov) in prenosa v hiter spomin računalnika, hitrost zapisovanja vsebine hitrega na počasni del pomnilnika, zanesljivost in velikost, so

pomembni parametri za dobro odzivnost sistema. Zato je smiselno izbrati dovolj velike in zanesljive diske, ki jih odlikuje velika hitrost dostopa do podatkov in zapisovanja na njih. Pri izbiri so pomembni parametri: hitrost vrtenja, količina predpomnilnika in uveljavljenost proizvajalca. Kljub temu da so diski postali cenovno dostopni, velja upoštevati, da so kakovostni in zanesljivi diski, ki so namenjeni zahtevnim uporabnikom (kar uporabniki 3D-CAD zagotovo so), znatno dražji od diskov, namenjenim širši uporabi. Njihova zmogljivost naj bo na samem začetku velika, poleg vgrajenih v računalnike pa je smiselno in potrebno kupiti tudi dovolj zmogljive zunanje diske, namenjene varovanju podatkov (arhiviranju).

Najpogosteje se spregleda pri izbiri in nabavi potrebne računalniške opreme za 3D-CAD pomen zanesljivosti in hitrosti računalniške mreže. Dober strežnik, ki je prvenstveno namenjen skupini, ki se ukvarja s 3D-CAD, je oprema, ki v načrtu nabave opreme in kasnejših tekočih posodobitev ne sme biti izpuščena. Njegov vpliv in pomen je enak navedenim lastnostim računalnikov in njihovih komponent. Osnovno pravilo, ki ga velja upoštevati pri zamenjavi opreme, je: ni dovolj zamenjati samo računalnikov z novimi in zmogljivejšimi, ampak je potrebno pri tem zamenjati (ali vsaj posodobiti) strežnik in druge komponente mreže. Le tako bomo izboljšali možnosti in pogoje dela.

6 • POTREBA UPRAVLJANJA Z BAZAMI PODATKOV PRI 3D-CAD

Pri uporabi aplikacij za 2D načrtovanje običajno uporabniki po svoji presoji in izbiri dodelijo imena datotekam. Sorazmerno hitro se pri velikem številu sodelujočih na projektu izgubi pregled in govorimo o pojavu zmešnjave. Zato je nujno, da se izdelava za projekt kontrolna shema, ki določa pravila in principe imenovanja datotek.

Na začetku uvajanja 3D načrtovanja je uporaba kontrolne sheme sprejemljiva in zadovoljiva rešitev, ki pa z naraščanjem uporabe tega načina načrtovanja izgubi smisel. Pri 3D načrtovanju hitro narašča obseg podatkov in izmenjava med sodelujočimi na projektu. Če imamo pri 2D načrtovanju v mislih samo risbe, torej eno vrsto dokumentov, moramo vedeti, da se pri 3D načrtovanju pojavi več tipov različnih datotek, ki vključujejo kose, sestave in risbe. Isti kosi se lahko pojavijo

pri različnih sestavih. Celo manjši sestavi, ki jih imenujemo podsestave, se lahko pojavijo pri različnih sestavih. Zato je potrebno skrbno voditi in slediti relacijam med deli, podsestavi in sestavi. Pri tem se pojavi potreba po drugih dokumentih, ki spremljajo navedeno. Zato je dobro in pregledno upravljanje z množico podatkov, ki se nanašajo samo na krog sodelujočega tehniškega osebja pri projektu, ključnega pomena (če ne omenimo pri tem še drugih segmentov v podjetju).

Večina aplikacij za 3D načrtovanje vsebuje osnovna orodja (module) za upravljanje z bazami podatkov PDM (Product Data Management). Namenjena so delovnim skupinam (zlasti načrtovalcem in tehniškemu osebju pri razvoju novega proizvoda) in imajo ob imenu ustrezen dodatek (naprimer: PDM-Works Workgroup for SolidWorks v programu

SolidWorks). Za večje in širše potrebe podjetja ponujajo razvijalci 3D-CAD aplikacij še zmogljivejše PDM aplikacije. Najpogosteje so jih razvili ob sodelovanju podjetij, ki se ukvarjajo z razvojem takih aplikacij ali pa so jih ta razvila za njih (oziroma prilagodila njihovim zahtevam). Medtem ko velja, da običajno PDM aplikacije za delovne skupine niso prezahtevne za upravljanje, je potrebno upoštevati, da PDM aplikacija za potrebe podjetja zahteva ustrezno izobražen kader. In kar je še posebej pomembno: PDM aplikacijo za podjetje se uvede zaradi izboljšanja celotnega poslovanja podjetja, zato je potrebno premišljeno in načrtno uvajanje vseh sprememb, ki so nujne za uporabo in izrabo PDM aplikacij. Pred sprejemom odločitve o nabavi take aplikacije je nujno, da se razen z referencami ponudnika seznanimo z dobrimi in slabimi izkušnjami tistih, kjer so izbrano vrsto aplikacije uvedli.

Res je, da ni nujno, da na začetku takoj uvedemo PDM aplikacijo za delovno skupino.

Toda res je tudi to, da z njeno uvedbo ne smemo odlašati, ker zagotavlja in omogoča: pregled, kdo je kaj naredil, za katero verzijo datoteke gre in kdaj je nastala, kakšne spremembe so z njo povezane in za kakšno vrsto sprememb gre, ker prepreči nepooblaščen spreminjanje datotek in s tem uporabo napačnih ter zagotavlja dobro zaščito nad datotekami.

Razen PDM rešitev potrebujejo podjetja še upravljanje in pregled nad celotnim življenjskim ciklom novega produkta, ki ga omogočajo PLM aplikacije (Product Lifecycle Management). Z njimi dejansko sledijo nastajanju novega produkta, potrebnim in uvedenim spremembam (zaradi odkritih napak ali zaradi pripomb naročnika), z njimi imajo podjetja pregled nad stroški razvoja

novega produkta in in z njim povezanimi informacijami. Bistvena razlika med PDM in PLM aplikacijo je, da prva daje informacije, ki so nastale znotraj inženirskih procesov novega proizvoda, druga pa informacije, ki so nastajale v podjetju skozi ves življenjski cikel novega proizvoda (od okolja razvoja novega produkta do izdelave produkta in potrebnih materialov).

7 • UPORABA DODATNIH ORODIJ PRI 3D-CAD

Razvoj aplikacij za 3D načrtovanje je hiter in danes ponuja uporabnikom številne druge možnosti, ki so poleg samega geometrijskega načrtovanja pomembne za:

- zagotovitev trdnosti izdelka,
- optimizacijo izdelka ali njegovih komponent,
- kontrolo uporabljivosti izdelka,
- pripravo pričetka proizvodnje izdelka in
- uporabo novih tehnologij.

Bistvena pridobitev podjetij, ki so uvedle 3D načrtovanje, je, da imajo odprte možnosti pri uporabi in izrabi sodobne računalniške in proizvodne strojne opreme, pri uvedbi novih tehnologij v proizvodne procese in pri uporabi računalniške programske opreme (Rowe, 2007). Razvijalci 3D-CAD aplikacij so sami ali v povezavi z drugimi razvili veliko programskih orodij in jih integrirali v svoje produkte. Stopn-

ja integracije programskega orodja v 3D-CAD aplikaciji (npr.: za preračune konstrukcij po metodi končnih elementov, za simulacijo in preverjanje skladnosti in gibljivosti delov stroja in podobno) je lahko zelo različna. Preveriti je potrebno, ali tak dodatek (program, modul) resnično omogoča integracijo podatkov med njim in 3D-CAD aplikacijo ter ugotoviti medsebojno stopnjo povezanosti oziroma asociativnosti (SW, 2007b). Te lastnosti imajo velik pomen in vpliv na hitrost in udobnost dela, na uporabnost dodatkov (modulov), na zmanjšanje možnosti napak in na hitrost razvoja novega izdelka (NIC, 2007).

Večina 3D-CAD aplikacij omogoča zapis modela v standardnih grafičnih formatih, ki so uporabljivi v programih za preračune konstrukcij. Pri tem lahko ob vedenju, kaj dejansko potrebujemo za izračun v teh programih, spremenimo dejanski model tako, da bo za-

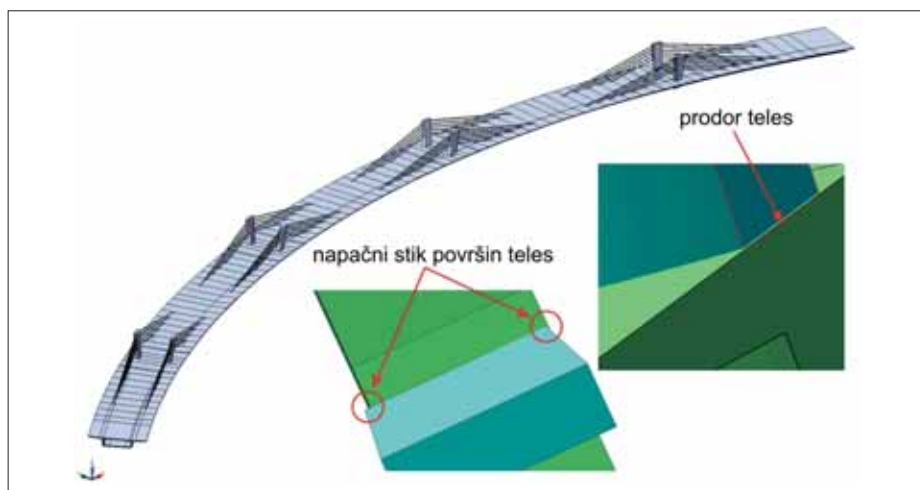
distil njihovim zahtevam in možnostim (npr.: z začasno odstranitvijo oziroma 'zamrznitvijo' posebnosti v modelu, ki ne prispevajo k trdnosti ali nosilnosti konstrukcije, so pa lahko vzrok težav pri mreženju modela – razdelitvi na končne elemente). Če je potrebno, lahko za potrebe takih programov naredimo iz izdelanih modelov tudi računski model, ki ustreza programu za preračun linijskih konstrukcij. Ob tem pa je najbrž razumljivo vse pogostejše mnenje v podjetjih, kjer so uspešno uvedli 3D načrtovanje: da je nesmiselno zaposlovati skupini risarjev in inženirjev. Inženirje, ki so dejansko pomembni za razvoj novega izdelka (ker je njihova dodana vrednost največja), je potrebno opremiti z ustreznimi 3D-CAD aplikacijami in z vsemi dodatki ter jih usposobiti, da bodo sami uporabljali ta orodja. Ugotovili so, da je potrebno ovire med skupinama odstraniti in da je čas, ki ga inženir porabi za opis svojih zamisli in rešitev risarju ter za kasnejše popraviljanje modelov in risb, izgubljen in nepotreben.

8 • 3D MODEL IN MAKETA PUHOVEGA MOSTA

Za Puhov most, ki ga je v svojem prispevku predstavil in opisal njegov projektant (Markelj, 2007), smo izdelali 3D model iz posredovanih načrtov projektanta mosta Ponting d.o.o. Maribor (Ponting, 2004–2007). Avtor ga je izdelal skupaj s sodelavcem Aleksandrom Breclom, univ. dipl. inž. str. z namenom:

- da ponovno prikaže strokovni javnosti smisel uporabe 3D modelirnikov kot orodja za projektiranje in izdelavo tehniške dokumentacije v gradbeništvu
- da prikaže uporabo izdelanega 3D modela mosta kot osnove za računski model kontrolnega statičnega računa obremenilne preizkušnje mosta.

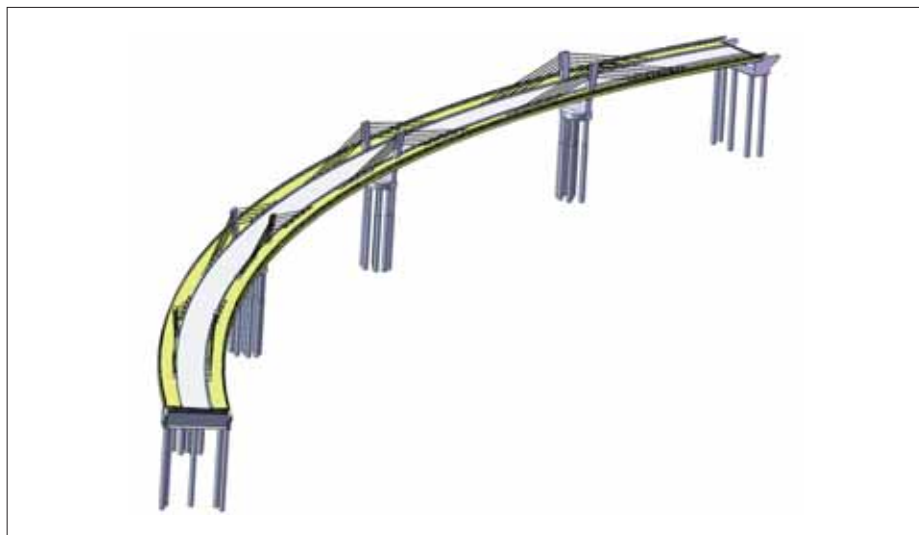
V pričujočem prispevku ne prikazujemo rezultata drugega cilja, ker bomo to opisali v



Slika 1 • Slika 3D modela Puhovega mosta z gredno konstrukcijo, piloni in zategami, ki je bila izdelana v programu AutoCAD in prikaz napak

posebnem prispevku. Projektant nam je na začetku našega dela izročil datoteko 3D modela mosta (slika 1), ki je bila izdelana s programom AutoCAD (AC, 2007). Naš namen je bil, da jo dopolnimo z manjkajočo vsebino (s stebri, z obrežnima opornikoma, z ograjo in drugim) ter uporabimo za preračune. Po pretvorbi v več grafičnih formatov, ki smo jih lahko uporabili v programu SolidWorks (SW, 2007c), smo ugotovili, da gre za datoteko velikega števila nepovezanih teles, ki so bila delno ali popolno razmaknjena in so tvorila tudi množico medsebojnih prodorov teles. Kljub prizadevanju, da bi datoteko (oziroma njeno pretvorbo) s poskusi določitve natančnega stikovanja teles in odstranitvijo medsebojnih prodorov teles lahko uporabili, smo na koncu morali iz načrtov izdelati 3D model mosta (slika 2) v programu SolidWorks. Prostorski model objekta, ki je uporaben za vizualne predstavitev, zaradi številnih netočnosti in pomanjkljivosti, ki nimajo pomembnega vpliva na slikovne ponazoritve objekta, pogosto ni uporaben za 3D modelirnike.

Prostorski model Puhovega mosta (slika 2) smo izdelali v dejanski velikosti (v merilu 1:1). Namerno smo v model vgradili nekaj podrobnosti: deviatorje in kovinsko kletko za njihovo namestitve v pilon, navpične palice za prednapenjanje pilonov z glavami, maticami in podložkami, sidrišča poševnih zateg z zaščitnimi kapami in vijaki za njihovo pritrditev. Tega nismo storili povsod, ampak le na izbranih mestih. Želeli smo pokazati, da je to mogoče narediti brez velikih miselnih naporov in obremenitev in brez pogostih dilem konstruktorja: kaj je na risbi spredaj in kaj zadaj, kaj je vidno in kaj nevidno, ali je podrobnost ustrezna in pravilno konstruirana in podobno.



Slika 2 • Slika 3D modela Puhovega mosta z gredno konstrukcijo, z zategami, s stebri, s pilotnimi blazinami in piloti ter opornikoma

Morda bo tak način dela privzelo vse več konstruktorjev v gradbeništvu tudi pri nas.

Ob dejstvu, da je v večini 3D modelirnikov mogoče izrisati načrte v enaki kakovosti in na enak način kot z risarskimi programskimi paketi, je mogoče prehod izvesti postopno in brez velikih težav. Ni nevarnosti, da bi bilo 'trenutno moderno delo' v konstruktorskih birojih preprečeno, oteženo ali da bi zastalo. Čim dlje bo delo potekalo 'po običajnih utirjenih poteh', tem več časa in naporov bo potrebnih za prehod na prikazane oblike dela. Avtor je z izrisom načrta drugega modela mosta, ki je bil izvorno narisano s programom AutoCAD, pokazal svojim kolegom in nekaj inženirjem iz prakse, da je mogoče uporabiti sloje, šrafure in oblikovati napise, da je mogoče risbo (načrt) prenesti v program AutoCAD in jo v

njem dopolniti in da ni res, da se načrtov z modelirniki ne da izrisati. Prikazal jim je dvostrano povezanost med modelom in načrtom (sprememba modela se odraži v načrtu, sprememba v načrtu pa se odraži na modelu). Večina je prikaz sprejela s pridržkom in z mnenjem, da jim AutoCAD trenutno zadošča in do bodo, ko bo potrebno, pričeli uporabljati modelirnike. Zaskrbljujoče je, da se program AutoCAD v gradbeništvu pretežno uporablja kot risarsko orodje (v zameno za ravnila, papir, rapidografe in podobno).

Prostorski model Puhovega mosta smo izdelali kot sestav. Most je dolg 430 m (z dvema krajnima poljema dolžine 65 m in tremi vmesnimi polji dolžine 100 m), širok 18,70 m, višina gredne konstrukcije pa je 2,70 m. Če k temu dodamo nizke stebre s pilotno blazino



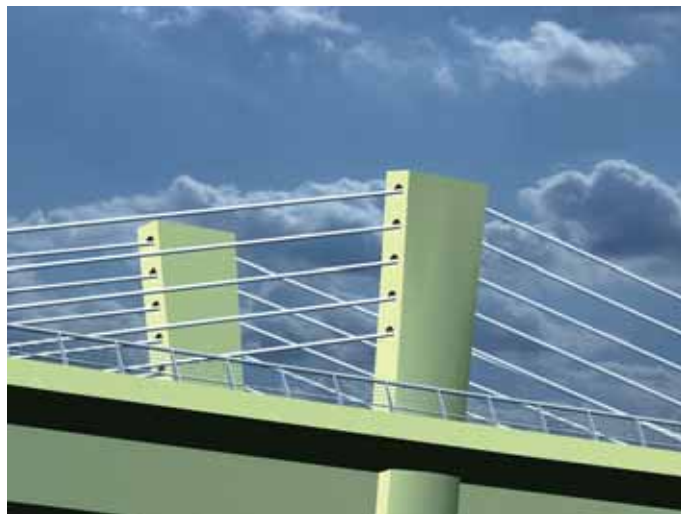
Slika 3 • Fotografija nedokončanega vozišča mosta



Slika 4 • Povečan pogled na del vozišča modela mosta (fotomontaža)



Slika 5 • Fotografija robnega venca, pilonov in ograje



Slika 6 • Fotomontaža pogleda dela modela z robnim vencem, pilonoma in ograjo

in piloti ter opornika, je prikaz modela na zaslonu zaradi velikosti in razmerja navedenih dimenzij slabo viden (slika 2). Zato smo v nadaljevanju prikazali slike delov modela in slike izdelanih fotomontaž skupaj s posnetimi fotografijami, ki smo jih uporabili za ozadje. Ne glede na to, da bi morali za kakovostnejše fotomontaže vložiti še nekaj dela in pridobiti ustrezna znanja ter izkušnje, je mogoče videti, da je izdelan model dokaj zvesta upodobitev zgrajenega mosta (slike 3 do 8).

Poudariti velja, da smo uporabili izdelan 3D model in da slike niso narejene tako, kot jih naredimo s programi, ki so namenjeni predvsem izdelavi slik in animacij. Najpogosteje taki programi nimajo s pravimi 3D modelirniki skoraj nič skupnega. Tudi z moduli uporabljenega 3D modelirnika SolidWorks 2007 je mogoče izdelati dobre slike in animacije, ven-

dar samo tako, da je njihova osnova resnični 3D model objekta.

Prikazane podrobnosti na slikah imenujemo detajle in bi jih za izdelavo pripadajočih načrtov izdelali na kosu – na delu sestava. Ker je kos del oziroma sestavina modela mosta, bi bila izdelana podrobno 'zvesta kopija' dejanske na načrtovanem mostu. S tem se izognemo večini težav, ki jih povzročajo izdelane risbe z risarskim programom. Na sliki 9 prikazujemo kletko s privarjenimi deviatorji pred vstavitvijo v opaž pilona, na sliki 10 pa model pilona z vidno notranjostjo, z vgrajenimi navpičnimi palicami za prednapenjanje, s kletko za deviatorje poševnih zateg in z deviatorji. Če bi sliko še povečali, bi bile vidne glave palic, v odprtini na zgornjem delu pilona pa pripadajoče podložke in matice. Na sliki 11 je prikazana fotografija vstavljenе kletke z

deviatorji v opaž pilona in navpične palice za prednapenjanje, na sliki 12 pa smo z izrezi in odstranitvijo poševnih zateg na modelu dela pilona prikazali kletko in podrobnosti deviatorjev.

S povečavo bočnega dela grednega nosilca vidimo sidrišča poševnih zateg z zaščitnimi kapami, podložno ploščo in pripadajoče vijake za pritrditev kap (slike 13 do 16). Ker smo izdelali model kot sestav, lahko prikažemo steber z lončnimi ležišči, pilotno blazino in pilote (slika 17) ter obrežna opornika (slika 18). Sestav je izdelan tako natančno, da je mogoče videti naleganje gredne konstrukcije na obrežna opornika (slika 19) in podložne plošče ter matice navpičnih palic za prednapenjanje v pilonu (slika 20). Kljub temu da je model izdelan na osnovi AutoCAD-ovih risb in nima osnovne funkcije, kot je poznana v



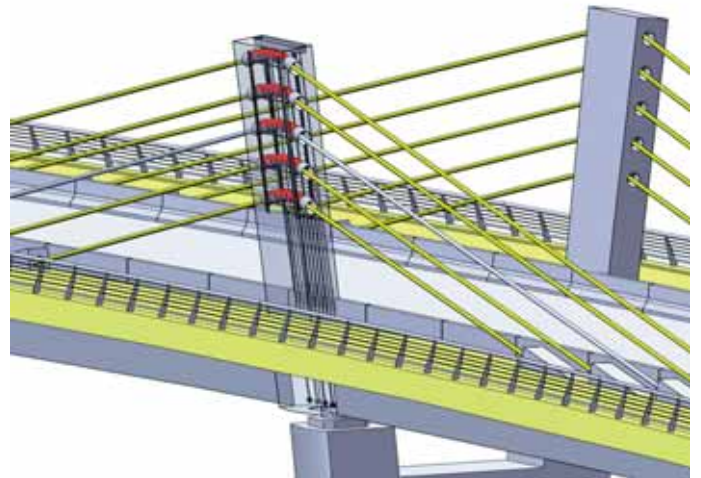
Slika 7 • Fotografija mosta v smeri Ptuj-Draženci



Slika 8 • Fotomontaža pogleda modela mosta v smeri Ptuj-Draženci



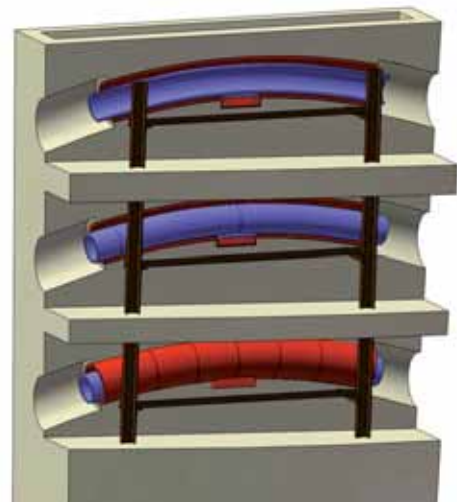
Slika 9 • Kletka s privarjenimi deviatorji pred vstavitvijo v opaž pilona



Slika 10 • Vidna notranjost pilona modela s kletko, z deviatorji in palicami za prednapenjanje pilona



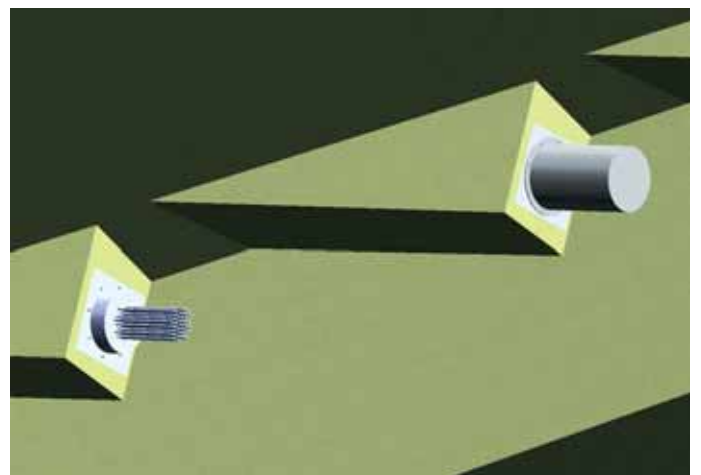
Slika 11 • Fotografija vstavljene kletke z deviatorji v opaž pilona in palicami za prednapenjanje



Slika 12 • Izrezani del pilona z vidno kletko in prerezi deviatorjev. Vidni so trni deviatorjev



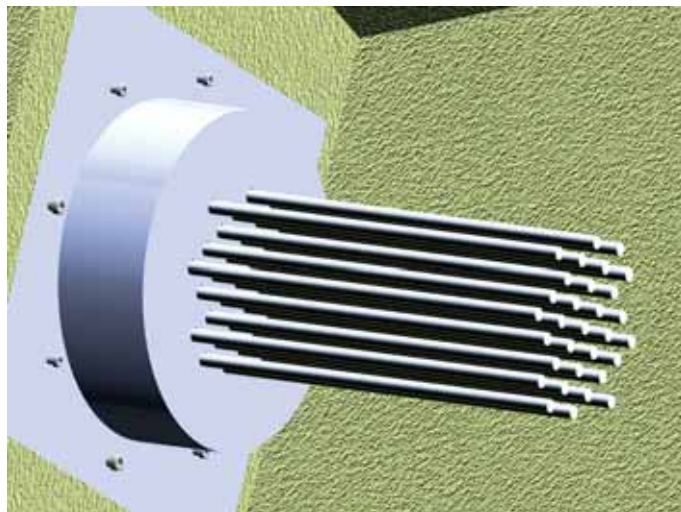
Slika 13 • Fotografija sidrišč poševnih zateg z zaščitnimi kapami, podložnimi ploščami in pritrilnimi vijaki



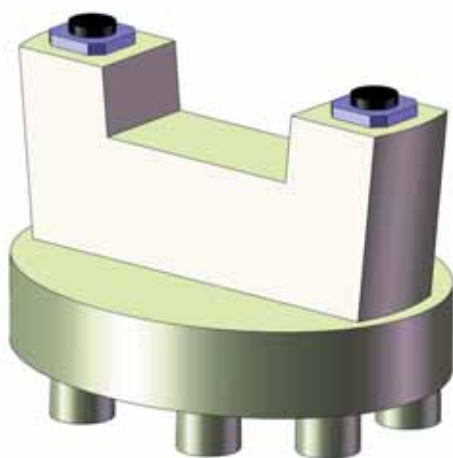
Slika 14 • Slika dela modela s sidrišči poševnih zateg z zaščitno kapo, podložnimi ploščami in pritrilnimi vijaki



Slika 15 • Fotografija sidrišča poševnih zateg



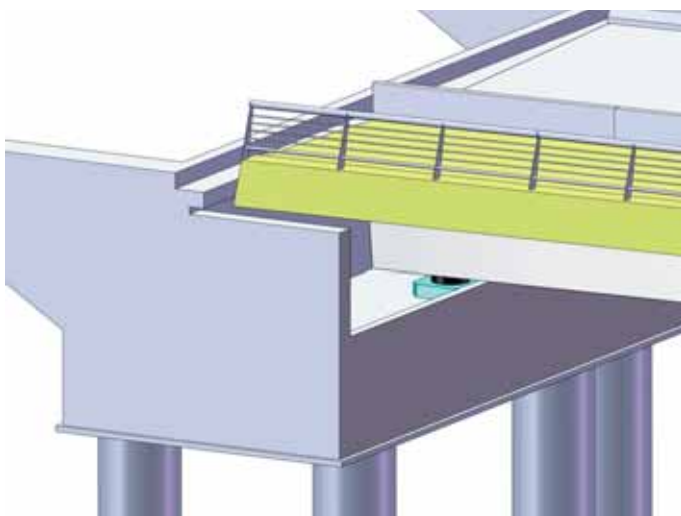
Slika 16 • Pogled na model s sidriščem poševnih zateg



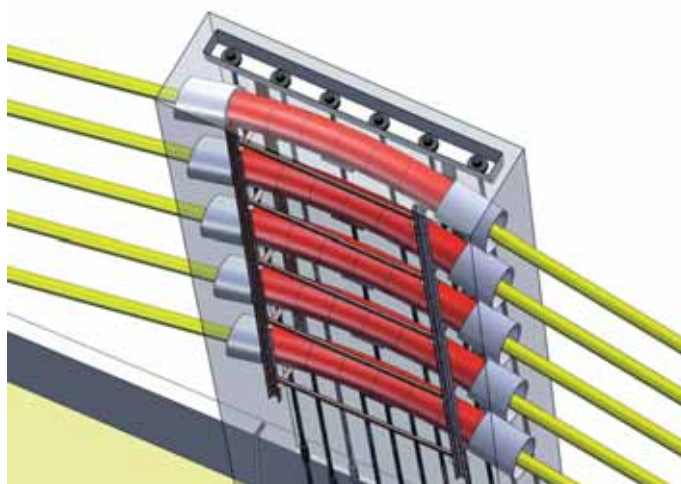
Slika 17 • Steber z lončnima ležiščema, pilotno blazino in deli pilotov



Slika 18 • Obrežni opornik s kriji, lončnima ležiščema in piloti



Slika 19 • Naleganje gredne konstrukcije na obrežni opornik z lončnim ležiščem



Slika 20 • Pilon z vidnimi deviatorji, navpičnimi palicami za prednapenjanje in njihovimi glavami ter podložnimi ploščami

razvitih okoljih, kjer intenzivno uporabljajo 3D modelirnike, je uporaben za predstavitve in kot zgled, da je prikazani način dela produktiven in smiseln tudi v gradbeništvu.

Uporaba 3D modelirnika bi v prikazanem in podobnih primerih že na samem začetku projektantu omogočila lažje delo: hitro in kakovostno izdelavo natečajne rešitve in dokumentacije za fazo PGD. Spremembe, ki se pojavijo ob izdelavi dokumentacije takih projektov, bi upošteval lažje in hitreje. Ob tem pa bi imel pri uporabi programskih orodij za vodenje in spremljanje celotne tehniške doku-

mentacije projektov celovit in dober pregled (Lutar, 2007a). Za izdelavo maket, ki tako pomembne objekte spremljajo, imajo projektanti nove možnosti, ki zagotavljajo kakovostno, hitro in načrtovanemu objektu ustrezno izdelane makete. Ob izračunu dejanskih stroškov izdelave maket avtor meni, da izdelane makete z novo tehnologijo, ki je je opisal in prikazal na primerih (Lutar, 2007b), niso dražje od 'ročno izdelanih'. Glede natančnosti in skladnosti z načrtovanim objektom imajo makete, ki izvirajo iz izdelanega 3D modela objekta, številne prednosti.

Za del Puhovega mosta smo iz 3D modela pripravili ustrezne datoteke za izdelavo makete. Sestavljena je iz treh delov gredne konstrukcije, ki ležijo na podpori iz pleksi stekla in vmesnega stebra (slika 23). Narejena je v merilu (1:100) po tehnologiji 3D tiskanja. Izdelala jo je podjetje StudioTech d.o.o. iz Izole. Pred izdelavo makete smo se odločili, da bomo poševne zahtege nadomestili z jeklenimi žicami, zato smo za njih v delih makete naredili ustrezna ležišča (odprtine). Zaradi premajhnega merila ni bilo mogoče izdelati ograje mosta, zato smo jo na maketi izpustili (slike 24 do 26).

9 • SKLEP

Uporaba 3D modeliranja in 3D modelirnikov omogoča lažje in produktivnejše delo na mnogih področjih in pričakovati je, da bo uvajanje 3D načrtovanja v gradbeništvu (oziroma v graditeljstvu) zaradi številnih prednosti v primerjavi z 2D načrtovanjem hitreje. Nagel razvoj, številne novosti in pomembne spremembe pri programski opremlenosti za računanje konstrukcij, vse zmogljivejša in cenovno dostopna računalniška oprema bodo sčasoma prepričale tudi skeptike, da bo potrebno obliki načrtovanja in možnostim, ki jih prinaša, nameniti večjo pozornost, ustrezna sredstva za nakup potrebne strojne in programske opreme

ter za izobraževanje. Počasno prilagajanje novostim in spremembam ima lahko za mnoge neprijetne posledice.

Pomembno vlogo premagovanja socialno-kulturnih ovir pri uvanju 3D-CAD na različna področja ima izobraževalni sistem v družbi. Še posebej, če imamo v mislih prizadevanja za izboljšanje vsebin in oblik pridobivanja znanj na področju naravoslovja, tehnologije in tehnike ter povečanje zanimanja mladih za študij na teh področjih. Za to je potrebno doseči tvorno sodelovanje industrije in izobraževalnega sistema. Norveško ministrstvo za izobraževanje in raziskovalno dejavnost je ustanovilo center

RENATE s ciljem, da se poveča zanimanje mladih za tovrstne poklice (RENATE, 2005). Njegova naloga je tvorno sodelovanje z izobraževalnimi ustanovami in industrijo. Na podlagi sprejetih kriterijev so preučili in ovrednotili različne programe. Pri tem jih ni vodila samo misel, kako bodo lahko učenci in študenti konstruirali neki izdelek, ampak kako bodo lahko povezali in utrdili pridobljena znanja pri matematiki, fiziki in drugih področjih naravoslovja. Izbrali so program SolidWorks, ker je med vsemi najbolj ustrezal postavljenim zahtevam. Po nakupu 30000 licenc in razdelitvi po šolah ter po izobraževanju učiteljev so jeseni 2006 pričeli s poučevanjem in uporabo programa v pedagoškem procesu. Gre za odločitev in ukrep, ki sta vredna pozornosti in posnemanja.

10 • ZAHVALA

Prispevek je del raziskovalnega projekta Teoretična in eksperimentalna analiza nove tehnologije »extradosed« gradnje mostov, šifra projekta L2-7190-0797, ki ga v pogodbenih deležih finansirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS in projektant Puhovega mosta Ponting d.o.o. Maribor. Za podporo se iskreno zahvaljujemo.

11 • LITERATURA

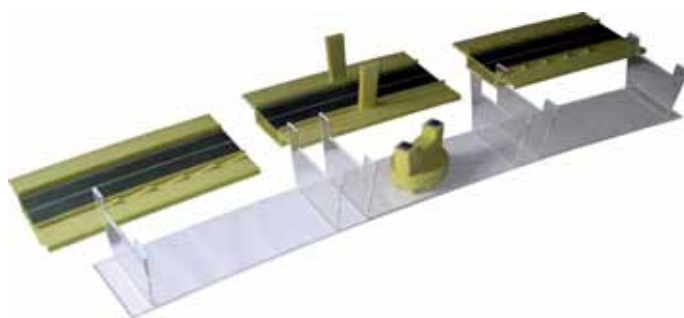
- AC, AutoCAD 2008, User's Guide, Autodesk, januar 2007.
 AG, Aberdeen Group, The Transition from 2D Drafting to 3D Modeling, Benchmark Report, September 2006.
 Lutar, B., Hitra izdelava prototipov in 3D tiskanja v gradbeništvu, Gradbeni vestnik, april 2007b.
 Lutar, B., Uporaba 3D modelirnikov, Gradbeni vestnik, januar 2007a.
 Markelj, V., Most čez Dravo na Ptuj - zasnova konstrukcije, Gradbeni vestnik, oktober 2007.
 MD, Machine Design, 3D Design Tools, White Papers, 2007.
 NIC, National Instrument Corporation, Integrating 3D Mechanical Design and Analysis with Physical Testing, 2007.
 Ponting, Most čez Dravo pri Ptuj, Projektna dokumentacija, 2004–2007.
 RENATE, National Centre for Contact with Working Life for the Promotion of the Natural Sciences and Technology, Norway, Press Release, September 2005.
 Rowe, J., 3D Reality Creates Better Products, Cadalyst magazine, 2007.
 SW, SolidWorks 2007, User Guide, SolidWorks Corporation, USA, 2007c.
 SW, SolidWorks Corporation, A Manufacturer's Guide to Maximizing the Productivity Gains of FEA, White Paper, 2007b.
 SW, SolidWorks Corporation, Using Design Automation to Reduce Costs, Increase Profitability, White Paper, 2007a.



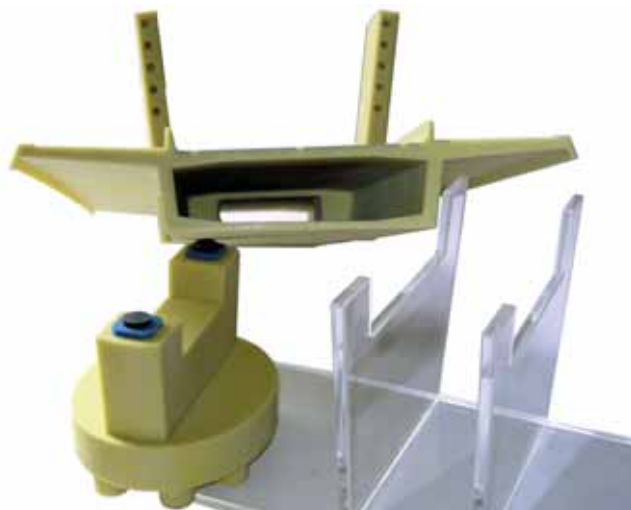
Slika 21 • Fotografija posneta s Puhovega mosta



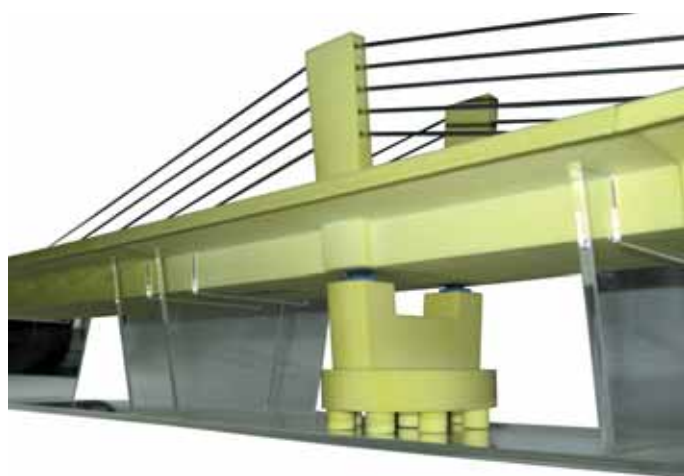
Slika 22 • Fotomontaža pogleda modela in fotografije ozadja



Slika 23 • Slika sestavnih delov makete Puhovega mosta in podpore iz pleksi stekla



Slika 24 • Prikaz notranjosti dela makete z vidnim prečnikom



Slika 25 • Fotografija makete s prikazom jeklenih žic, ki nadomeščajo zatege



Slika 26 • Sestavljena maketa Puhovega mosta

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Vanja Babić, Analiza gradbenega projekta s poudarkom na udeležencih: primer gradnje plinovoda, mentor doc. dr. Jana Šelih
Jerneja Kolšek, Management inovacij v gradbenem sektorju, mentor doc. dr. Jana Šelih

Polona Kogovšek, Enodimenzionalna konsolidacija tal z napetostno odvisnimi materialnimi parametri, mentor doc. dr. Janko Logar, somentor Jure Klopčič

Klara Štrus, Analiza dinamičnega odziva 7-etažne lesene masivne konstrukcije na potresni mizi, mentor izr. prof. dr. Roko Žarnić, somentor asist. dr. Bruno Dujič

Tomaž Rugelj, Uporaba injektiranih vijakov v jeklenih konstrukcijah, mentor prof. dr. Darko Beg

Nataša Šinkovec, Uporaba umetnih nevronske mreže za oceno trdnosti lesenih elementov, mentor prof. dr. Goran Turk, somentor doc. dr. Dejan Zupan

Uroš Dimnik, Nova Tobačna Ljubljana – 18 nadstropna stolpnica z jekleno nosilno konstrukcijo, mentor prof. dr. Darko Beg

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Boris Gradišar, Vpliv prispevnega območja in gospodarjenja z jezerom na evtrofne in sukcesijske procese – primer ribnikov v dolini Drage pri Igu, mentor prof. dr. Mihael Jožef Toman

Elvira Dorić, Primerjava modelov MIKE 3 in PCFLOW3D za simulacije hidrodinamike v Tržaškem zalivu, mentor doc. dr. Dušan Žagar, somentor dr. Gregor Petkovšek

DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Matija Gams, Geometrijska točna dinamična analiza elastičnih in armiranobetonskih okvirnih konstrukcij, mentor prof. dr. Miran Saje, somentor izr. prof. dr. Igor Planinc

INTERDISCIPLINARNI DOKTORSKI ŠTUDIJ VARSTVA OKOLJA

Simon Rusjan, Hidrološke kontrole sproščanja hranil v porečjih, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor prof. dr. Mitja Brilly

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Božo Cvetko, Izgradnja osnovne šole Benedikt s terminskim planom napredovanja del, mentor pred. Metka Zajc Pogorelčnik, univ. dipl. inž. grad.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Mojca Vesenjajk, Vpliv temperature na lastnosti polimera CR-39, mentor red. prof. dr. Ivan Anžel, somentor doc. dr. Lucija Hanžič

Popravek: Pri objavi v marčni številki, ki se nanaša na Univerzo v Mariboru, Fakulteto za gradbeništvo je bil namesto doktorski v naslovu študija pomotoma naveden magistrski študij. Pravilno besedilo objave je:

DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Borut Macuh, Reševanje nekaterih problemov plastičnosti v mehaniki tal po teoremu zgornje vrednosti, mentor red. prof. dr. Ludvik Trauner

Prizadetim se uredništvo za napako opravičuje.

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

KOLEDAR PRIREDITEV

18.-21.5.2008

EM08

The Inaugural International Conference of the Engineering Mechanics Institute

Minneapolis, Minnesota, ZDA

www.cce.umn.edu/conferences/em08

18.-22.5.2008

GEESD IV

Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics Conference

Sacramento, Kalifornija, ZDA

<http://content.asce.org/conferences/geesd08/index.html>

19.-22.5.2008

Internationales fib-Symposium 2008

Amsterdam, Nizozemska

dick@betonvereniging.nl

www.fib2008amsterdam.nl

4.-6.6.2008

IABSE Conference

ICT for Bridges, Buildings and Construction Practice

Helsinki, Finska

www.iabse.org

4.-6.6.2008

7th International Conference on Steel Bridges 2008

Guimaraes, Portugalska

www.steelbridges08.com

25.-28.6.2008

4th CINPAR

International conference on Structural Defects and Repair

Aveiro, Portugalska

<http://cinpar.web.ua.pt/EN/info.htm>

30.6.-4.7.2008

10th International Symposium on Landslides and Engineered Slopes

Xi'an, Kitajska

www.landslide.iwhr.com

8.-10.7.2008

7th International Congress Concrete: Construction's Sustainable Option

Dundee, Škotska

www.tucongress.co.uk

27.-30.7.2008

6th National Seismic Conference on Bridges and Highways (6NSC)

Charleston, Južna Karolina, ZDA <http://www.scdot.org/events/6NSC/default.shtml>

3.-5.9.2008

EUROSTEEL 2008

Gradec, Avstrija

www.eurosteel2008@tugraz.at

9.9.2008

15. jubilejni slovenski kolokvij o betonih:

Izkušnje pri gradnji in sanaciji zahtevnih betonskih objektov

Ljubljana, Trg republike 3, Slovenija

www.irma.si

17.-19.9.2008

7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete (BEFIB 2008)

Chennai (Madras), Indija

www.befib2008.iitm.ac.in

9.-10.10.2008

Deutscher Stahlbautag 2008

Mainz, Congress Centrum, Nemčija

vowe@deutscherstahlbau.de

24.-26.11.2008

2nd International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting (ICRRR 2008)

Cape Town, Južna Afrika

www.civil.uct.ac.za/icrrr

5.-9.10.2009

17th International Conference for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Alexandria, Egipt

www.2009icsmge-egypt.org

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