





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, december 2015, letnik 64, str. 265-292

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovška cesta 3, 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 RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik
Dušan Jukić
prof. dr. Matjaž Mikoš
IZS MSG: **Gorazd Humar**
Mojca Ravnikar Turk
dr. Branko Zadnik
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**
UM FG: **doc. dr. Milan Kuhta**
ZAG: **doc. dr. Matija Gams**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Romana Hudin

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

500 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

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 23,16 EUR; za študente in upokojence 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

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

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

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

Uredništvo

Vsebina • Contents

Voščilo

stran 266

doc. dr. Andrej Kryžanovski, univ. dipl. inž. grad.

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

Nagrajeni gradbeniki

stran 267

NAGRADE REPUBLIKE SLOVENIJE 2015

stran 269

NAGRADE INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE 2015

Članki • Papers

stran 272

asist. dr. Matej Kušar, univ. dipl. inž. grad.

izr. prof. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž. grad.

VPLIV PRISOTNOSTI VODE NA PROPADANJE ARMIRANOBETONSKIH

MOSTOV

INFLUENCE OF WATER ON DETERIORATION OF REINFORCED BRIDGES

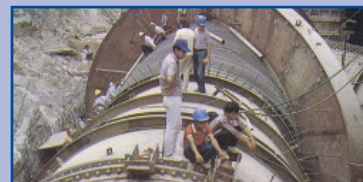
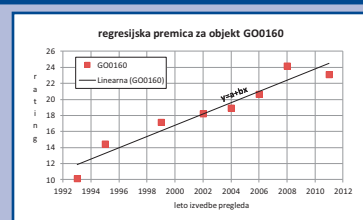
stran 280

prof. dr. Stojan Kravanja, univ. dipl. inž. grad.

OPTIMIZACIJA JEKLENE GLADKE STENSKE OBLOGE VISOKOTLAČNEGA

CEVOVODA

OPTIMIZATION OF STEEL LINER FOR HIGH-PRESSURE PENSTOCK



Poročila s strokovnih in znanstvenih srečanj

stran 287

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.

3. RAZVOJNA OS – KAKO NADOKNADITI IZGUBLJENI ČAS MED LETOMA

2010 IN 2015?



Obvestila ZDGITS

stran 290

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA

GRADBENO STROKO V LETU 2016

Vsebina letnika 64/2015

stran 291

Novi diplomanti

Eva Okorn

Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Arena za hokej v Astani, Kazahstan, foto: Edvard Štok

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS



Preteklo leto smo zaključili optimistično. Slovenski gradbeniki smo povezani kot še nikoli doslej. Spodbudili smo razprave o vlogi gradbeništva v naši družbi in začeli z aktivnostmi, s katerimi želimo na državni ravni dolgoročno in celostno urejati področje gradbeništva. Koliko je gradbeništvo pomembno za nacionalno gospodarstvo, povedo številke same. Po dolgih letih stagnacije so se lani začeli gospodarski trendi spreminjati na bolje. Nemajhen delež gospodarski rasti je prispevalo ponovno oživljeno gradbeništvo zaradi investicij v infrastrukturo, pretežno financiranih iz evropskih sredstev. Žal le iz preostanka sredstev iz proračunskega obdobja 2007–2013, ki se letos dokončno zaključuje. Lanski rekordni gospodarski rasti je letos sledil upad. Analitiki pripisujejo manjšo gospodarsko rast zmanjšanju obsega gradbenih naložb, ki naj bi se bile letos zmanjšale za dvanajst odstotkov v primerjavi s preteklim letom. Za prihodnje leto so napovedi še bolj pesimistične, z manjšim upanjem, da se bodo začele razmere izboljševati leta 2017. Situacija je dovolj zgovorna sama zase: za slovensko gospodarstvo ostaja gradbeništvo ena pomembnejših strateških panog, in če želimo okrevanje slovenskega gospodarstva, brez večjih infrastrukturnih naložb to ne bo mogoče.

V okviru Zbora za oživitev in razvoj slovenskega gradbeništva smo letos intenzivirali aktivnosti ter na različnih forumih predstavljali pobude in predloge, kako opredeliti vlogo gradbeništva, ki je motor gospodarskega razvoja. Prioritetne naloge so urejanje področne regulative in spodbujanje infrastrukturnih naložb. Vlaganje v infrastrukturne naložbe ima multiplikativne učinke na rast bruto domačega proizvoda že v obdobju vlaganj, z leti pa se učinek še povečuje. Možnosti infrastrukturnih vlaganj v Sloveniji je več kot dovolj: energetika, prometna infrastruktura, urejanja voda in poplavna varnost, energetska prenova stavb. Tudi možnosti financiranja obstajajo. Res, da je v sedanji perspektivi namenjenih manj evropskih sredstev za infrastrukturne projekte, je pa ob pripravljenosti odločujočih za spodbuditev infrastrukturnih projektov in ustrezni pripravi investicijske dokumentacije mogoče kandidirati za namenske evropske razpise. Pri realizaciji teh aktivnostih smo v Zboru za oživitev in razvoj slovenskega gradbeništva vedno pripravljeni za sodelovanje. Združeni gradbeniki smo v preteklih dveh letih dokazali, da imamo dovolj znanja, voljo, pogum in smo pripravljeni prevzeti odgovornost pri aktivnostih za oživitev panoge.

Ob tej priložnosti mi dovolite, da vam v prihajajočem letu iskreno zaželim veliko veselja, sreče, osebnih uspehov in miru.

doc. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.

*Vsem bralcem, avtorjem in recenzentom Gradbenega vestnika želita
vesele božične praznike in srečno ter zdravo novo leto 2016
Izdajateljski svet in uredništvo*

NAGRAJENI GRADBENIKI

NAGRADE REPUBLIKE SLOVENIJE 2015

AKAD. PROF. DR. PETER FAJFAR, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD.
ZOISOVA NAGRADA ZA ŽIVLJENJSKO DELO 2015



Akademik profesor doktor Peter Fajfar je Zoisovo nagrado za življenjsko delo prejel, ker je odločilno prispeval, da se je ta veja znanosti pri nas povzpela v najožji evropski in svetovni vrh. Njegove metode

za analizo gradbenih konstrukcij so postale eno temeljnih orodij v svetu raziskav potresne odpornosti. Znanstvene podatkovne zbirke potrjujejo izjemno citiranost Fajfarjevih del in ga uvrščajo med vodilne svetovne znanstvenike potresnega inženirstva.

Peter Fajfar, rojen 27. maja 1943 v Ljubljani, dr. znanosti, univ. dipl. inž. gradbeništva, redni profesor na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, je utemeljil sodobno potresno inženirstvo v Sloveniji in s svojimi dosežki odločilno prispeval, da se je ta veja znanosti povzpela v najožji evropski in svetovni vrh.

Razvil je nove modele, metode in metodologije za linearno in nelinearno analizo konstrukcij pri potresnem vplivu, ki so desetletja po njegovi viziji postale eno temeljnih orodij v današnjih raziskavah potresne odpornosti konstrukcij v svetu.

Vodilni svetovne univerze in centri za potresno inženirstvo so ga priznali kot avtoriteto, čigar dela dosegajo izjemno stopnjo citiranosti. Baza SICRIS ga po številu normiranih citatov v zadnjih 10 letih (NC10 = 3783) postavlja na prvo mesto ne le v potresnem inženirstvu in širše v gradbeništvu, ampak tudi v raziskovalni dejavnosti vseh tehniških ved v Sloveniji. Baza Microsoft Academic Search Database ga po citatih uvršča na 54. mesto izmed več kot 175.000 strokovnjakov na področju gradbeništva in med prvih 10 raziskovalcev potresnega inženirstva na svetu ter prvega v Evropi.

Znanstvene dosežke Petra Fajfarja odlikuje velika praktična uporabnost. Njegovo delo je močno vplivalo na razvoj predpisov v Sloveniji, nekdanji Jugoslaviji in Evropi. Njegove metode

in prispevki so vključeni v sodobne evropske standarde za gradnjo potresno odpornih konstrukcij Eurocode 8.

S svojimi raziskovalnimi dosežki, razvojem programske opreme ter pedagoškim in konzultantskim delom je odločilno prispeval k ekonomični zagotovitvi nadpovprečno visoke stopnje potresne varnosti večine pomembnih objektov v Sloveniji, ki vključujejo ves stanovanjski fond v visokih stavbah, viadukte avtocestnega križa in večino najpomembnejših energetskih objektov.

Zaradi prej navedenega in na podlagi podrobnejše utemeljitve njegovega dela v nadaljevanju je bilo predlagano, da se akad. Petru Fajfarju v letu 2015 podeli Zoisova nagrada za življenjsko delo v potresnem inženirstvu.

Utemeljitev

Peter Fajfar je kot mladi raziskovalec v začetku sedemdesetih let zaoral ledino potresnega inženirstva kot znanstvene discipline v Sloveniji, daleč od svetovnih centrov in brez ustreznega mentorja. Kljub temu se je v pičlih desetih letih prebil v sam svetovni vrh.

Del svoje doktorske disertacije, ki jo je zagovarjal leta 1974, je pripravil kot gostujoči raziskovalec na univerzi Ruhr v Bochumu (1972/73). V okviru tega dela je razvil metodo za elastično-statično, dinamično in stabilnostno analizo stavb z uporabo psevdotridimenzionalnega modela in makroelementov. S kombinacijo poglobljenega znanja numeričnih metod (zlasti metode končnih elementov, ki se je tedaj šele začela uveljavljati v tehniki) in programiranja ter odličnega občutka za modeliranje konstrukcije je na podlagi tega modela izdelal uporabnikom prijazen program, ki mu je po uspešnosti težko konkurirati. Več kot tri desetletja je bil ta program prva izbira v projektantski praksi. Z njim je bila narejena potresna analiza večine stavb v Sloveniji in mnogih delih Jugoslavije. Raven te analize je daleč presegala evropsko in svetovno povprečje. Zato lahko ugotovimo, da je že to zgodnje delo Petra Fajfarja pomembno prispevalo k povečanju potresne odpornosti in varnosti stavb v Sloveniji in Jugoslaviji.

Iz tega dela je objavil svoje prve članke v mednarodni literaturi v reviji *Die Bautechnik* (1973, 1978). Medtem ko se danes zaveda mo pomena teh dveh člankov, sta, napisana

v nemškem jeziku, tedaj ostala manj opažena v angleško govorečem svetu potresnega inženirstva. Kmalu za tem se je P. Fajfar uveljavil tudi na ameriških univerzah. Leto po tem, ko je bil gostujoči raziskovalec na Univerzi Berkeley v Kaliforniji (1980), je sledilo njegovo prvo veliko mednarodno priznanje, ko je bil od organizatorjev 7. svetovne konference o potresnem inženirstvu v Istanbulu (1981) povabljen v panel, ki je pripravil poročilo *state-of-the-art* o projektiranju na potresnih območjih. V tem panelu se je pridružil zvenečim imenom vodilnih svetovnih raziskovalcev in projektantov v potresnem inženirstvu:

ÖZMEN, G., BLUME, J. A., BORGES, J. F., DEGENKOLB, H. J., FAJFAR, P., OKAMOTO, S., in SHIBATA, H.: *State-of-the-art panel report on Earthquake resistant Design, State-of-the-art in Earthquake Engineering 1981, Panel Reports prepared for the occasion of the 7thWCEE, Sept. 1980, Istanbul, Turkey, Turkish national Committee on Earthquake Engineering, 1981.*

Konec osemdesetih let zaznamuje začetek najpomembnejšega znanstvenega prispevka Petra Fajfarja – formulacijo nelinearne potresne metode za potresno analizo N2. Ta metoda je pomemben mejnik v razvoju potresnega inženirstva v svetu, saj v veliki meri odpravlja temeljno kontradikcijo potresnega inženirstva, kjer se je izrazito nelinearni dinamični odziv zaradi prevelike zahtevnosti nelinearnih metod desetletja analiziral z nadomestnimi elastičnimi statičnimi modeli. N2-metoda pa omogoča eksplicitno upoštevanje neelastičnih značilnosti odziva s sprejemljivo mero kompleksnosti. V času nastanka (1987 in 1988) je bila ta metoda le vizija:

FAJFAR, Peter, FISCHINGER, Matej: *N2-a method for non-linear seismic analysis of regular buildings. V: Proceedings (of) ninth World conference on earthquake engineering, August 2-9, 1988, Tokyo-Kyoto, Japan. Tokyo: 9WCEE Organizing Committee, 1989, 111–116.*

Danes, več desetletij po prvih objavah, postajajo N2- in druge potresne metode eden temeljnih načinov potresne analize v svetu. P. Gülkan in R. Reiterman sta ob 50-letnici delovanja Mednarodnega združenja za potresno inženirstvo IAEE (*The IAEE at Fifty: A brief history of the International Association for Earthquake Engineering, IAEE, 2012*) navedla zgornji članek za – z današnje perspektive – najpomembnejši prispevek na tej konferenci.

V naslednjem desetletju je P. Fajfar s sodelavci gradil N2-metodo do njene zrele verzije, ki jo je objavil v dveh najbolj citiranih člankih:

FAJFAR, Peter. Capacity spectrum method based on inelastic demand spectra. Earthquake engineering & structural dynamics, ISSN 0098-8847. (Print ed.), 1999, vol. 28, n. 9, 979–993, graf. prikazi. (COBISS.SHD 756065), (JCR, SNIP, WoS up to 17. 2. 2015: no. of citations (TC): 187, without self-citations (CI): 182, weighted no. of citations (NC): 497, Scopus up to 17. 3. 2015: no. of citations (TC): 356, pure citations (CI): 348, normalized no. of pure citations (NC): 951). Članek ima 672 citatov v bazi Google Scholar.

FAJFAR, Peter. A nonlinear analysis method for performance-based seismic design. Earthquake spectra, ISSN 8755-2930, 2000, vol. 16, n. 3, str. 573-592, (COBISS.SHD 1085537), (SNIP, Scopus up to 16. 3. 2015: no. of citations (TC): 316, pure citations (CI): 299, normalized no. of pure citations (NC): 299). Članek ima 647 citatov v bazi Google Scholar.

Najvišja stopnja citiranosti v potresnem inženirstvu in širšem gradbeništvu (glej uvod te utemeljitve) potrjuje mednarodno veljavo dela P. Fajfarja in njegov odmevni prispevek k svetovni zakladnici znanja.

Raziskovalni opus P. Fajfarja zaznamuje še vrsta zelo kompleksnih tem, ki jih je študiral s sodelavci.

Spoznal je univerzalnost energetskih parametrov, ki so praviloma bolj stabilni od klasičnih parametrov v (potresnem) inženirstvu, kot so pomiki ali sile. Definiral je ustrezno energijsko mero za rušni potencial potresov, predlagal ekvivalentne faktorje duktilnosti, ki upoštevajo utrujanje z majhnim številom ciklov, in definiral konsistentne neelastične projektne spektre na temelju histerezne in vhodne energije ter študiral vpliv trajanja potresov na poškodbe. Študiral je potresne obremenitve in kapaciteto nekaterih pomembnih gradbenih sistemov (okviri s polnili, montažni sistemi, mostovi) in elementov (armiranobetonske stene) pri potresni obremenitvi. Pri delu raziskav je uporabljal postopke neparametrične večdimenzionalne regresije.

Pomemben je njegov prispevek na področju neelastične torzije stavb, ki spada v vrh najbolj kompleksnih problemov v potresnem inženirstvu.

Raziskoval je področja potresne varnosti jedrskih elektrarn, še zlasti NE Krško (glejte tudi opis strokovnega dela).

Rezultate svojega dela je objavljial doma in v tujini. Poleg številnih člankov v revijah in zbornikih konferenc je med drugim napisal

prvi (in še vedno edini) učbenik dinamike konstrukcij v Sloveniji (1984), bil je soavtor prve celovite monografije o potresnem inženirstvu v nekdanji Jugoslaviji (1990), pravkar pa je izšla knjiga:

Fardis, M. N., Carvalho, E. C., Fajfar, P., Pecker, A. Seismic design of concrete buildings to Eurocode 8. Boca Raton: Crc Press: Taylor and Francis Group, 2015. XIV, 401 str.

Njegove raziskave so bile vpete v mednarodne projekte z najuglednejšimi raziskovalnimi inštitucijami, ki vključujejo Univerzo v Tokiu, Univerzo v Kaliforniji, Berkeley in Univerzo v Stanfordu. Na teh in drugih univerzah kot tudi na veliko evropskih in svetovnih konferenc o potresnem inženirstvu je imel številna vabljenja in plenarna predavanja. Bil je gostujoči profesor na univerzah McMaster v Hamiltonu (1994), Stanford (1995), v Bristolu (2006) in Canterbury v Christchurchu (2009).

S prof. Helmutom Krawinklerjem z Univerze v Stanfordu je povezal svetovnih vrh raziskovalcev s področja potresnega inženirstva na treh znamenitih srečanjih na Bledu, ki so znana pod preprostim imenom Bled. Dela, ki so bila predstavljena na teh srečanjih (z naslovi: *Nonlinear Seismic Analysis and Design of Reinforced Concrete Buildings; Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes in International Workshop on Performance-based Seismic Design: Concepts and Implementation*), načrtujejo smernice razvoja potresnega inženirstva za desetletja vnaprej, in ni ga raziskovalca, ki ne bi povabilo na te delavnice sprejel kot veliko čast. V Sloveniji in svetu je zelo malo dogodkov, ki bi pritegnili res sam vrh določenega znanstvenega področja.

Bil je ali je član uredniških odborov 11 mednarodnih revij, od leta 2003 pa je eden od treh urednikov revije *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, ki ima najvišji faktor vpliva na področju potresnega inženirstva. Je zelo aktiven v domačih in mednarodnih strokovnih organizacijah. Bil je predsednik jugoslovanskega in ustanovni predsednik slovenskega združenja za potresno inženirstvo, član izvršnega odbora evropskega združenja (EAEE, 2002-2010) in eden od direktorjev mednarodnega združenja za potresno inženirstvo (IAEE, 2004-2012). Danes je častni član EAEE.

Delo Petra Fajfarja odlikuje visoka stopnja aplikacije znanstvenih rezultatov v praksi. Zlasti aktiven je pri razvoju tehničnih predpisov. Je član evropskega tehničnega odbora, ki je zadolžen za razvoj evropskih standardov za projektiranje potresno odpornih konstruk-

cij Eurocode 8. V standarde je vključenih več členov, ki temeljijo na njegovem znanstvenem delu in pomembno vplivajo na ekonomično projektiranje potresno varnih konstrukcij v evropskem prostoru. Pod njegovim vodstvom je bila Slovenija prva država, ki je te standarde prevzela kot uradni predpis. Velik pomen zgodnje uveljavitve Eurocode 8 v Sloveniji je predvsem v bistvenem povečanju potresne varnosti mostov na avtocestnem križu v primerjavi z varnostjo, ki bi jo zagotavljali v času gradnje veljavni predpisi. Je projektant in konzultant za potresno varnost številnih pomembnih gradbenih objektov v Sloveniji. Med drugim je bil vodja mednarodnih strokovnih skupin za dve oceni potresnega tveganja za NE Krško. Njegova ekspertiza na tem področju presega meje Slovenije. Rezultati omenjenih ocen se uporabljajo tudi pri ocenah potresne varnosti jedrskih elektrarn v ZDA (reaktor v NE Krško je tipa Westinghouse). V letih 2012–2013 je sodeloval pri projektu PEGASOS, s katerim je bila ocenjena potresna odpornost štirih jedrskih central v Švici.

Prejel je nagrado Sklada Borisa Kidriča (s sodelavcem, 1988), nagrado Republike Slovenije za vrhunske dosežke na področju gradbeništvu (1994), priznanje Inženirske zbornice Slovenije (IZS) za inženirske dosežke (2009) in nagrado IZS za življenjsko delo na področju graditve objektov (2013).

Veliko priznanje za izjemne znanstvene dosežke je bilo Petru Fajfarju podeljeno s sprejetjem v Slovensko akademijo znanosti in umetnosti, ko je imel komaj 46 let. Je tudi ustanovni član Inženirske akademije Slovenije in član Evropske akademije znanosti (Belgija).

Predlog za nagrado sta pripravila prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad., in akademik prof. dr. Igor Grabec, univ. dipl. inž. fiz.

Govor P. Fajfarja ob podelitvi nagrade

Spoštovani gosti, drage kolegice in dragi kolegi!

V veliko čast in zadovoljstvo mi je, da se lahko v imenu vseh današnjih nagrajencev zahvalim za nagrade in priznanja, ki smo jih dobili. Delimo si jih z vsemi našimi sodelavci, ki jih nocoj ni bilo na tem odru, vendar brez njih teh nagrad in priznanj ne bi bilo.

Osebo sem z nagrado seveda zelo počaščen. Le redko se zgodi, da nagrado dobi predstavnik klasične tehniške vede. Inženirstvo kljub svojemu velikemu pomenu za družbo na splošno ni ustrezno upoštevano in cenjeno. Še posebno to danes velja za najstarejšo tehniško disciplino, gradbeništvo, ki mu pripadam in ki je v zadnjem obdobju pri nas v

hudi krizi. V najbolj razvitih državah inženirstvo velja za gonilno silo napredka in inovacij ter ima ključno vlogo pri ustvarjanju bolj humanega sveta.

Nocoj je praznik znanosti. Znanost je za narodno identiteto prav tako pomembna kot umetnost. Le zelo redko je, tako kot nocoj, v soju žarometov in v elitnem času po televiziji, razen ko gre za medijsko napihovanje posameznih ekscesov. Raziskovalci delamo tiho v svojih kabinetih, laboratorijih in na terenu, rezultati prihajajo na dolgi rok. Mogoče bo današnja

slovesnost pritegnila koga od mladih talentov, da se bo odločil za raziskovalno delo, in mu pokazala, da se tudi v majhni Sloveniji ob dobrem mednarodnem sodelovanju da doseči mednarodno odmevne rezultate. Dovolim si upati, da bodo vsi takšni imeli priložnost delati doma oziroma da se bodo lahko vrnil po začasnem bivanju in delovanju v tujini in s svojimi izkušnjami prispevali k našemu napredku. Znanje je adut Slovenije, samo z znanjem se lahko uveljavimo v svetu. Politika se mora zavedati, da je vlaganje v znanost

investicija v prihodnost, gospodarstvo mora spoznati, da je znanje v njegovem poslovnem interesu, naš znanstveni in visokošolski prostor pa se mora bolj odpreti.

Naj se na koncu v imenu vseh nagrajencev še enkrat zahvalim za veliko čast, ki nam je bila izkazana s podelitvijo Zoisovih nagrad in priznanj, priznanja Ambasador znanosti in Puhovih priznanj. Nocojšnja počastitev pomeni priznanje za naše dosedanje delo in spodbudo za nadaljnje napore pri odkrivanju novega. Hvala za vašo pozornost.

NAGRADE INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE 2015

EDVARD ŠTOK, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD.
NAGRAĐA INŽENIRSKÉ ZBORNICE ZA
ENKRATEN INŽENIRSKI DOSEŽEK 2015



Inženirska zbornica Slovenije je Edvardu Štoku, univerzitetnemu diplomiranemu inženirju gradbeništva, podelila nagrado IZS za enkratni inženirski dosežek na področju graditve objektov

za projektiranje konstrukcije športnega kompleksa Ledeni dvorec v Astani v Kazahstanu. Avgusta 2015 je bilo v kazahstanski prestolnici Astani odprtje športnega kompleksa Ledeni dvorec, ki obsega areno za hokej, šolo za hokej in plavalni kompleks.

Marca 2013 je pri izvedbi projekta in projektiranju konstrukcije začelo sodelovati tudi slovensko podjetje KONSTAT BIRO, d. o. o. Ekipa projektantov konstrukcij iz omenjenega podjetja je z zunanjimi sodelavci na področju gradbenih konstrukcij in arhitekti iz Slovenije (Miloš Musulin, univ. dipl. inž. arh., podjetje API Arhitekti, d. o. o.) v koordiniranem sodelovanju z izvajalcem realizirala kompleks bruto površine 84.124,0 m² z areno za 12.000 gledalcev. Vodja projekta konstrukcije je bil Edvard Štok, univ. dipl. inž. grad.

Konstrukcija objekta je prek stebrov in sten temeljena na glavah pilotov nad različnimi skupinami od dveh do štiriindvajsetih pilotov. Višina podtalnice je narekovala dvig temeljne konstrukcije nad vodo. Izkušnje z Ljubljanskega barja so bile osnova za temeljenje objektov kompleksa. Kompleks leži na močvirnatem območju in vsi objekti in povezovalni kanali so globoko temeljeni na zabitih pilotih prereza

30/30 cm in dolžine šest do dvanajst metrov. Nosilnost pilotov je 400–750 kN. Za celotno temeljenje je uporabljenih 7510 pilotov. Pilotiranje so izvajala lokalna podjetja. Projektiranje je bilo opravljeno po predpisih Kazahstana in evrokodih pod nadzorom obvezne revizije v petih delih. Tloris objekta je krožne oblike s strešno jekleno prostorsko palično konstrukcijo krožne oblike premera 130,9 metra. Statična višina paličja v središču arene je 13,38 metra. Palični prostorski ortogonalni nosilci so na razmiku 10 metrov, tvorijo jih škatlasti profili. Krožni jekleni škatlasti obroč po obodu strehe podpira strešno jekleno prostorsko konstrukcijo in leži na neoprenskih ležiščih vrh armiranobetonskih stebrov, visokih 31,577 metra. Arena je na sredini visoka 45,95 metra. Stiki so vijačeni s karakterističnimi oblikami v spodnjih pasnicah, ki omogočajo obešanje dodatnih bremen za potrebe različnih dogodkov v objektu. Streho obkroža jeklena nadstrešnica, ki na eni strani leži na krožnem obroču, na drugi stani pa na posebnih fasadnih stebrih v obliki črke Y. Za strešno konstrukcijo pri objektu hokejske šole in plavalnemu kompleksu so uporabljeni linijski palični nosilci, dolgi od 25 do 55 m. Celotno jekleno strešno konstrukcijo v skupni površini 39.014,0 m² ter fasadne podkonstrukcije za areno, šolo in plavalni kompleks v skupni količini 3200 ton je izdelalo in sestavilo šanghajsko podjetje JINGGONG Steel. Arena ima pritičje in šest nadstropij, zgrajena je kot monolitna armiranobetonska konstrukcija z montažnimi tribunskimi policami. Višine etaž so 4,39, 3,74, 4,76, 6,8 in 4,59 metra. Plošče, nosilci, stebri in stene so optimalnih dimenzij in omogočajo arhitekonsko volumensko minimaliziranje celotnega objekta glede na potek inštalacij. Objekt arene je sestavljen iz šestih konstrukcijskih dilatacij. Objekti šole in plavalnega kompleksa so sestavljeni iz

enajstih konstrukcijskih dilatacij, pri čemer njihova oblika sledi arhitekturi in funkciji objektov. Plošče plavalnih bazenov ležijo na neoprenskih ležiščih na temeljnih gredah nad piloti, stene bazenov so sestavljene iz jeklene podkonstrukcije. Količina betona C25/30, uporabljena pri gradnji celotnega kompleksa, je 63.994 kubičnih metrov, armature A500 pa 10.330 ton. Delo na armiranobetonskih konstrukcijah in vodstvo celotnega gradbišča je opravilo švicarsko podjetje MABETEX iz Lugana.

Kompleks Ledeni dvorec je zadnji objekt, realiziran v Astani, in je eden od sedmih objektov, ki jih je od leta 2001 projektiral nagradjenec s sodelavci iz KONSTAT BIROJA. To so: Režidenca predsednika Akmola, Arman – tri stolpnice; ter Velodrom in Pediatrska bolnišnica. Ekipa iz biroja s svojim znanjem in izkušnjami še naprej sodeluje pri projektih v Astani, med drugim tudi pri gradnji novih objektov za EXPO 2017. Sodelovanje pri projektih v Kazahstanu s kolegi iz Italije, Švice, ZDA, Nemčije, Rusije, Kitajske, Turčije in držav nekdanje Jugoslavije podjetju KONSTAT BIRO in nagrajencu pomeni strokovni in življenjski izziv.

Predlog za nagrado je pripravil KONSTAT BIRO, Ljubljana

DUŠAN ROŽIČ, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD.
NAGRAĐA INŽENIRSKÉ ZBORNICE ZA
ENKRATEN INŽENIRSKI DOSEŽEK 2015



Inženirska zbornica Slovenije je Dušanu Rožiču, univerzitetnemu diplomiranemu inženirju gradbeništva, podelila nagrado IZS za enkratni inženirski dosežek pri graditvi

objektov za zasnovo in projektiranje nove konstrukcijske in tehnološke rešitve gradnje mostov s spuščanjem konstrukcije v končno lego na viaduktu preko železniške proge v Grobelnem.

Dušan Rožič, univ. dipl. inž. grad., je bil rojen leta 1965. Od 1991. je zaposlen v Inženirskem biroju Ponting, d. o. o., v Mariboru, kjer je kot projektant sodeloval pri vseh velikih projektih, kot so avtocestni most čez Muro, viadukt Črni Kal, Puhov most čez Dravo na Ptuj, most Ada čez Savo v Beogradu in drugi. Je odgovorni projektant nekaterih pomembnih izvedenih inženirskih objektov, kot so viadukt Grabe, viadukt Vodole V, železniški nadvozi v razcepu Slivnica, most čez Dobličico, mostovi na obvoznici Črnomelj, nadhod preko Titove ceste v Mariboru in drugi. Je tudi soavtor patenta z naslovom Postopek in naprava za postopno narivanje betonskih mostov izven teoretične nivelefe. Svoje znanje in izkušnje pa nesebično posreduje tudi mlajšim generacijam kot predavatelj pri predmetu Premostitveni objekti na Gradbeni fakulteti v Mariboru.

Pri zadnjem večjem objektu je kot odgovorni projektant viadukta preko železniške proge v Grobelnem z inovativno tehnologijo gradnje rešil nepredvidene težave, ki so bile posledica lastništva in nedostopnosti zemljišč. Predvidena tehnologija premostitve železniške proge z montažnimi nosilci je postala prostorsko, ekonomsko in terminsko vprašljiva.

Inženir Dušan Rožič je zasnoval, sprojektiral in skupaj z izvajalci tudi uspešno realiziral popolnoma novo tehnologijo gradnje mostov s spuščanjem konstrukcije v končno lego. Nad profilom železniške proge sta bila postavljena oder in opaž za del viadukta preko proge. Po armiranju, betoniranju in prednapenjanju konstrukcije se je odstranil oder, nakar se je izvedlo spuščanje 1200 ton težke konstrukcije za 1,20 m na končno lego v prostoru. Preostala dela viadukta na obeh straneh železnice sta se zgradila postopno na klasičnem odru ter s kabli povezala v 214 m dolgo monolitno celoto.

Popolnoma nove konstrukcijske in tehnološke rešitve, prvič uporabljene v Sloveniji, sta uspešno zasnovala in vodila inženir Dušan Rožič in njegova ekipa. To je izjemen inženirski dosežek, ki presega naše meje in je vreden vse pozornosti.

Predlog za nagrado je pripravil Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.

MARKO MOVRI, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD. PRIZNANJE INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE ZA OBETAJOČEGA MLADEGA INŽENIRJA 2015



Inženirska zbornica Slovenije je Marku Movrinu, univerzitetnemu diplomiranemu inženirju gradbeništva, podelila priznanje IZS za obetajočega mladega inženirja za vodenje investicijskih zahtevnih infrastrukturnih objektov.

Marko Movrin, univ. dipl. inž. grad., ima devet let delovnih izkušenj v DRI, upravljanje investicijskih, d. o. o. Diplomiral je na Fakulteti za gradbeništvo univerze v Mariboru na konstruktivni smeri. Že kot študent se je izkazal, saj je diplomiral prvi v svoji generaciji.

Prvih pet let svoje poklicne poti je nabiral dragocene izkušnje kot nadzornik in svetovni inženir pri programu izvedbe avtocest za investitorja DARS. Pri svojem delu je usvojil pomembna praktična znanja iz priprave in operativne izvedbe zahtevnih infrastrukturnih objektov, zaradi intenzivne gradnje v tem obdobju pa je imel možnost nabirati koristne izkušnje tudi iz usklajevanj med deležniki pri projektu v najzahtevnejših okoliščinah. Glavni referenčni objekt v tem obdobju je Most čez Dravo na Ptuj v okviru gradnje HC Hajdina-Ormož, kjer je sodeloval pri operativnem nadzoru ter zaključevanju investicije. To je zahteven objekt dolžine 430 m preko petih polj (65 + 100 + 100 + 100 + 65 m), širok 18,7 m in potekom v ostrem horizontalnem radiju. Statični sistem mostu je kontinuirna zunanje prednapeta škatlasta konstrukcija (sistem extradosed bridge – nosilec, prednapet z nizkimi zategami). Naloge nadzornega inženirja je opravljal tudi pri vgradnji dodatnih kablov na mostu čez Muro zaradi čezmernega povesa objekta.

Zadnjih pet let je opravljal naloge nadzornega inženirja ter vodje projekta pri trenutno največjem državnem projektu na železniški infrastrukturi Elektrifikacija in rekonstrukcija železniške proge Pragersko–Hodoš. Cilj projekta je izvedba 109 km vozne mreže in elektrifikacija 109 km proge na poteku Pragersko–Hodoš, rekonstrukcija proge za hitrosti do 160 km/h, zagotavljanje kategorije proge D4 na celotnem odseku ter povečanje prepusne zmogljivosti proge in skrajšanje časa potovanja. V okviru projekta se je ukinito tudi

32 nivojskih prehodov, zgrajeni so bili 12 podvozov, dva podhoda za pešce ter pet nadvozov. Gradnja zahtevnih inženirskih objektov je potekala v urbanem območju. Poleg tega se je uredilo 27 nivojskih prehodov z avtomatsko napravo za zavarovanje, dve ureditvi postaje ter 41,5 km novih in rekonstruiranih cest. To je izredno kompleksen projekt, ki zahteva od inženirja, predvsem pa od vodje projekta, ogromno koordinacije aktivnosti in deležnikov ter široko strokovno znanje. Marko Movrin je pri projektu sodeloval v vseh fazah – od projektiranja, pridobivanja dovoljenj in soglasij, izdelave investicijske dokumentacije ter pridobivanja evropskih sredstev, pridobivanja nepremičnin, priprave razpisov za gradnjo in vodenja pogodb, usklajevanj z upravljavcem infrastrukture, sodelovanja z lokalnimi skupnostmi in soglasjedajalci do nadzora nad gradnjo. Ob upokojitvi prejšnjega direktorja projekta v letu 2014 je prevzel tudi vodenje projekta in ga bo do konca letošnjega leta tudi uspešno zaključil. Pri tem projektu je poleg strokovnih izkušenj pridobil tudi koristne izkušnje iz vodenja svoje ekipe inženirjev kot tudi usklajevanja deležnikov projekta.

Marko Movrin velja zaradi svoje strokovne širine, marljivosti in izkazanih sposobnosti vodenja zahtevnih infrastrukturnih projektov za obetajočega mladega inženirja, ki je lahko vzor svoji generaciji inženirjev in mlajšim.

Predlog za nagrado sta pripravila mag. Borut Žličar, univ. dipl. inž. grad., in Bojan Cerkovnik, univ. dipl. inž. grad.

DANIJEL MAGAJNE, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD. NAGRADA INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE ZA ŽIVLJENJSKO DELO 2015



Inženirska zbornica Slovenije je Danijelu Magajni, univerzitetnemu diplomiranemu inženirju gradbeništva, podelila nagrado IZS za življenjsko delo na področju graditve objektov za njegov

prispevek h gradnji in sanaciji mostov in brvi ter sanaciji hiš in zemeljskih plazov.

Kmalu po zaposlitvi v SGP Gorica leta 1970 se je Daniel Magajne, univ. dipl. inž. grad., v obratu za tovarniško izdelavo in montažo armiranobetonskih konstrukcij začel intenzivno ukvarjati z razvojem oblikovanja in tehnologije izdelave najprej klasično armiranih, po letu 1978 pa še adhezijsko prednapetih

armiranobetonskih konstrukcij. To je bil za takratne jugoslovanske razmere nov in daleč najnaprednejši načina gradnje tovarniških dvoran, skladišč, telovadnic in podobnih objektov. To so bili najprej pretežno pritlični objekti z velikimi razponi in relativno lahkimi strešnimi konstrukcijami. Kasneje so se po zaslugi sodelavca Antona Kosmačina, univ. dipl. inž. grad., pričeli ukvarjati tudi z razvojem montažnih večetažnih objektov iz običajno armiranega in adhezijsko prednapetega betona.

Pri uvajanju novosti se niso zadovoljili le s kopiranjem tipov proizvodov in tehnologij izdelave v podobnih obratih v sosednji Italiji, ampak so začeli tudi uvajati svoje rešitve. Novi tovarni so dali ime ABK (armiranobetonske konstrukcije), ki pa brez besede »prednapete« in njene kratice v imenu ni navedlo bistvene vsebine novih adhezijsko prednapetih delov konstrukcij.

Velika večina novosti v hitro razvijajoči se dejavnosti je bila plod njegovega intenzivnega razmišljanja, ki ga je spodbujala stalna želja po izboljšavah. Zlasti potem, ko je ustanovil svoje podjetje, je dejavnost razširil še na druge vrste objektov.

Najpomembnejši in najzanemljivejši dosežki Daniela Magajnet, univ. dipl. inž. grad., obsegajo številne objekte in naloge: (1) Razvoj tehnologije tovarniške izdelave adhezijsko prednapetih nosilcev in plošč (Končna sidrna bloka proge za adhezijsko prednapenjanje, Preiskave in izboljšave konstrukcijskih detajlov in tehnologij, Priprave dolgih A-nosilcev za transport, Zasnova novih adhezijsko prednapetih plošč konstantnega prereza, Zasnova novih adhezijsko prednapetih plošč s spremenljivim prečnim prerezom, Zasnova novih montažnih elementov ekstremno zahtevne plošče, Tehnologija skrajšanja nosilcev za transport brez posebnega nateznega spoja pri montaži); (2) Razvoj novih tehnologij gradnje mostov (Klasično betoniranje oboka po krivljenih deskah, Remenati, izdelani iz dolgih krivljenih oblih tramov, služijo tudi za nosilce podpornega odra, Osnova ravne razpanske konstrukcije iz tovarniško izdelanih adhezijsko prednapetih nosilcev, Osnova ločne konstrukcije iz tovarniško izdelanih armiranobetonskih ločnih nosilcev, Osnova ločne konstrukcije iz tovarniško izdelanih lahkih adhezijsko prednapetih ločnih nosilcev, Klasična prekladna konstrukcija, izvedena na visečem podpornem odru, kjer napete vrvi odra ostanejo v betonu konstrukcije, Ločni mostovi z nagnjenimi in ukrivljenimi krilnimi zidovi, Upoštevanje dimenzij elementov za možnost montaže); (3) Viseči mostovi in brvi

s sidranjem vrvi v podaljške krajnih opornikov (Viseče brvi z vzporednimi vrvmi, Viseči mostovi in brvi s poligonalnimi in vzporednimi vrvmi, Parabolične glavne vrvi in vešalke so prednapete z navzgor ukrivljenim podom, Poligonalne vrvi so prednapete z navzgor ukrivljenim podom); (4) Točkovno podprti podporni zidovi (Podporni zid naslonjen samo na prečne nosilce, Podporni zid podprt z dolgimi, v brežino vkopanimi poševnimi stebri, Namesto močnega visokega zasutega podpornega zidu izvedemo lahek vzdolžni most); (5) Dvigi delov stanovanjskih hiš (Dvigi lesenih ostrešij, Dvigi armiranobetonskih ostrešij, Dvigi pogreznjenih delov hiš); (6) Sanacije mostov z uporabo njihovih starih delov (Gredni mostovi z betonsko voziščno ploščo, Kamniti ločni mostovi); (7) Sanacije podpornih zidov z ohranjanjem poškodovanih delov (Dodani poševni stebri, Dodana poševna prečna in horizontalna vzdolžna rebra, Dodane samo vrvi s sidrišči v linijah zidov, Dodane vrvi in voziščna plošča s sidrišči v plitvo hribino pri zgornji brežini); (8) Sanacije hiš (Namestitvev in napenjanje obodnih zidnih vezi, Utrditvev z AB-slopi in AB-ploščami); (9) Sanacije zemeljskih plazov (Skalni podori, Zemeljski plaz); (10) Male hidroelektrarne (Zajetje iz vodotoka s čim manjšim vtokom naplavin, Zajetje s samodejnim enakomernim izpustom naplavin iz akumulacij).

Svoje zamisli je z vso odgovornostjo strokovno spremljal od ideje do izvedbe in se trudil, da nobene podrobnosti ne bi prepustil naključju. Glede na dolga leta inovativnega ustvarjanja na področju konstruiranja, računov konstrukcij, preiskav in določanja tehnoloških postopkov izdelave novih ali spremenjenih (prilagojenih) tipov konstrukcij ali samo njihovih delov (elementov) je ugotovil, da so ti postopki med seboj tako soodvisni, da prvih običajno ni mogoče realizirati brez dobrega poznavanja in spreminjanja drugih.

Ugotovil je, da mora inovator dobro poznati teorijo kot tudi prakso uvajanja novih rešitev. Večino novih rešitev je spoznal takrat, ko je bil v to zaradi specifičnih razmer in časovne stiske prisiljen. Dostikrat se ni mogel po nikomer zgledovati, ker je bilo težko dovolj hitro poiskati odgovore drugih na podobne probleme. Redkokdaj je koga vprašal za nasvet ali ga celo posnemal, če je le čutil, da se bo rešitev hitreje in bolje domislil sam.

Tak je še danes, ko je uradno že nekaj let upokojen, a dela še naprej, kot da se z odhodom v pokoj ni nič spremenilo.

Predlog za nagrado je pripravil odbor za nagrade IZS na podlagi opisa dela kandidata.

JANEZ GORIŠEK, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD. NAGRADA INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE ZA ŽIVLJENJSKO DELO 2015



Inženirska zbornica Slovenije je Janezu Gorišku, univerzitetnemu diplomiranemu inženirju gradbeništva, podelila nagrado IZS za življenjsko delo na področju graditve objektov za njegov prispevek pri načrtovanju in gradnji smučarskih skakalnih in letalnic.

Janez Gorišek, univ. dipl. inž. grad., je s svojim vztrajnim in inovativnim delom v gradbeništvu in športu na vrhunskem kakovostnem nivoju načrtoval in gradil med drugim tudi zelo specifične objekte – smučarske skakalnice in letalnice. S svojim znanjem, vizionarstvom, vztrajnostjo in smislom za timsko delo je realiziral najdrznejše sanje in želje človeštva po letenju. Skupaj s svojim pokojnim bratom Lodom je v preteklosti promoviral Slovenijo in gradbeno stroko v svetovnem merilu na najboljši možni način, s sinom Sebastjanom pa to poslanstvo nadaljuje še danes, v svojih častitljivih letih. Planica, ki so jo po smrti inž. Stanka Bloudka zelo uspešno nadgrajevali in širili inženirji Goriški, je postala pojem za skakanje in letenje na smučeh v Evropi in svetu, v Sloveniji pa smo jo privzeli za nacionalni simbol, s katerim se identificira vsak Slovenec. Čustveni in nacionalni naboj Planice in tekmovanje na njenih objektih daleč presega druge dosežke v gradbeni stroki in športu. Planica je postala pojem in dobila odziv tudi v kulturi (npr.: Avenikova polka: Planica, Planica) ter tudi v matematičnih znanostih, kjer se je v preteklosti prav zaradi Planice študiralo krivulje oblik skakalnih naprav in jih poimenovalo planicoide. Vsega tega brez energije in znanja Janeza Goriška ne bi bilo.

Janez Gorišek je z veliko mero intuicije in predvsem uporabo svojega strokovnega znanja odigral zgodovinsko vlogo pri razvoju smučarskih poletov.

Predlog za nagrado je pripravil dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad.

VPLIV PRISOTNOSTI VODE NA PROPADANJE ARMIRANOBETONSKIH MOSTOV

INFLUENCE OF WATER ON DETERIORATION OF REINFORCED BRIDGES

asist. dr. Matej Kušar, univ. dipl. inž. grad.

matej.kusar@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Jana Šelih, univ. dipl. inž. grad.

jana.selih@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 620.193.15:625.745.1(497.4)

Povzetek | Stanje vseh vrst gradbenih objektov se z leti slabša, ob občasni ali stalni prisotnosti vode pa se hitrost njihovega propadanja še poveča. Med vsemi tipi gradbenih konstrukcij spadajo mostovi med vodi najbolj izpostavljene, zaradi česar je treba posvetiti vplivu prisotnosti vode na njihovo propadanje posebno pozornost. V ta namen smo analizirali podatke rednih in glavnih pregledov za preko tisoč armiranobetonskih mostov na državnih cestah v obdobju dvajsetih let. Analiza razpoložljivih historičnih podatkov je pokazala, da ima prisotnost vode pod mostovi vpliv le na propadanje njihovih podpornih konstrukcij, medtem ko na hitrost propadanja elementov prekladnih konstrukcij in cestišča nima vpliva.

Ključne besede: armiranobetonski mostovi, pregledi mostov, vpliv vode, propadanje

Summary | The condition of all types of structures is decreasing with time. If a structure is exposed to the presence of water, either permanently or temporarily, it can be observed that the deterioration rate of the structure increases. Bridges are extremely exposed to the presence of water; therefore special attention needs to be paid to the influence of water presence on the deterioration. With this in mind, the historical data obtained from the regular and main inspections were analysed for the group of more than 1000 structures within the state road network, for the time period of the last 20 years. The analysis showed that the presence of water influences only the deterioration of the substructure, while the superstructure and the bridge deck are not affected by this particular influence.

Keywords: reinforced concrete structures, bridge inspection, water influence, deterioration

1 • UVOD

Cestna infrastruktura predstavlja osnovo mobilnosti v Sloveniji kot tudi svetu. V primerjavi s preostalimi osnovni oblikami prometne infrastrukture (železnica, zračni in vodni promet), ki omogočajo le dostop do vnaprej predvidenih postaj, luk ali pristajališč, omogočajo ceste

neposreden dostop do izbrane lokacije. Cestna infrastruktura je tako nepogrešljiva pri vsakodnevnem uporabi večine prebivalstva, morebitne omejitve hitrosti, nosilnosti ali celo zapore cest, ki jih predpišemo zaradi njihove dotrajanosti, pa povzročajo gospodarsko

škodo in nejevoljo drugih uporabnikov. Na območju Republike Slovenije je v zadnjih letih večina zapor ali omejitev na cestah posledica slabega stanja cestnih mostov.

Podobno kot v večini evropskih držav ((Woodward, 2001), (Tenžera, 2012), (Yanew, 2013)) se tudi pri nas ((Žnidarič, 1990), (Žnidarič, 1992)) za določanje stanja mostov opravljajo periodični vizualni pregledi objektov. V tujini so se načini in obseg analiziranja tako zajetih

podatkov v zadnjih dveh desetletjih bistveno spremenili, medtem ko pri nas osnovo še vedno predstavlja sistem, razvit pred več kot dvajsetimi leti ((Žnidarič, 1990), (Žnidarič, 1992)). V naslednjih letih so se sicer na tem področju izvajali nekateri razvojni projekti ((Žnidarič, 2006a), (Žnidarič, 2006b)), žal pa se prenos pridobljenega znanja ni prenesel v prakso. Tako uporabljamo v Sloveniji od leta 1993 nespremenjeno metodologijo

pregledovanja in določanja stanja mostov. Čeprav je uporaba takšne metodologije neustrezna zaradi njene zastarelosti, pa ima tudi dobro lastnost. Na razpolago imamo namreč podatke o stanju mostov na državnih cestah za dvajsetletno obdobje, ki so se zajemali in obdelovali na enak način in jih lahko torej tudi enotno obdelujemo in analiziramo. Od leta 1993 se spreminjanje stanja mostov na slovenskih državnih cestah ni ni-

koli sistematično analiziralo. Zato je namen raziskovalnega dela, ki ga predstavljamo v tem prispevku, analiza spreminjanja oz. slabšanja stanja omenjene skupine objektov. Pred začetkom analize želimo določiti parametre oz. lastnosti obravnavanih objektov, ki bodo osnova za razvrstitev obravnavanega fonda mostov v skupine oz. kategorije, ter nato primerjati spreminjanje (slabšanje) njihovega stanja s časom.

2 • PREDMET ANALIZE

Na omrežju slovenskih državnih cest stoji nekaj manj kot 1300 mostov z razponom 5 m ali več. Med seboj se razlikujejo po uporabljenem materialu, prometni obtežbi, številu voznih pasov, funkciji (podvozi, nadvozi, mostovi in viadukti), postavljeni so v različnih podnebnih pasovih. Kombinacije navedenih lastnosti, ki so značilne za posamezni most, določajo hitrost njegovega propadanja (Kušar, 2014). V članku analiziramo le enega od identificiranih vplivov, o katerem menimo, da ima znaten vpliv na hitrost propadanja objektov; to je prisotnost vode pod objekti; oz. ugotoviti želimo, ali nadvozi in podvozi, pod katerimi ni vode, propadajo z enako hitrostjo kot mostovi preko vodotokov, ob upoštevanju, da so vse druge okoliščine enake. Ker so podvozi in nadvozi na slovenskih državnih cestah grajeni skoraj izključno iz armiranega betona, se v analizi omejimo na armiranobetonske objekte.

2.1 Izbrani vplivi

Ob upoštevanju dejstva, da slovenske državne ceste predstavljajo skoraj izključno dvopasovnice, mostovi pa večinoma premoščajo manjše vodotoke, so dimenzije analiziranih objektov podobnih velikostnih razredov, zato jih lahko s stališča njihove velikosti obravnavamo enotno. Med analizo podatkov vseh mostov na državnih cestah smo ugotovili (Kušar, 2014), da prometna obtežba nima vpliva na hitrost propadanja konstrukcije. Zato mostov v nadaljevanju ne ločujemo glede na prometno obtežbo. Pregled in analiza podatkovne zbirke nadalje kaže, da stoji velika večina mostov v Sloveniji na območju celinskega podnebja, zato smo lahko ustrezno obravnavali le to vrsto objektov. Število nadvozov in podvozov v Sloveniji, ki ležijo na območju primorskega (35) in predvsem gorskega podnebja (11), je namreč premajhno za izvedbo ustrezne analize.

Med opravljanjem rednih in glavnih pregledov delimo posamezne mostove na posamezne konstrukcijske sklope; podporno konstrukcijo, prekladno konstrukcijo in cestišče. Ti sklopi so izpostavljeni posameznim vplivom z različno jakostjo. Tako je v primeru mostov preko vodotokov podpora konstrukcija v neposrednem stiku z vodo. Cestišče je neposredno izpostavljeno prometni obtežbi, medtem ko je prekladna konstrukcija navedenima vplivoma izpostavljena le posredno. Posamezni konstrukcijski sklopi obravnavanih objektov lahko posledično propadajo z različno intenziteto, zato jih v analizi obravnavamo ločeno.

Hitrost propadanja je lahko odvisna tudi od obstoječega stanja objekta ali njegovega posameznega konstrukcijskega sklopa. Nepoškodovani in manj poškodovani objekti so za večino zunanjih vplivov (abrazija, erozija, zmrzovanje, različne obtežne kombinacije) manj dovzetni od močnejše poškodovanih. Da bi določili hitrost propadanja objekta ali dela objekta kot funkcijo stanja objekta (ali dela objekta), smo vsak objekt (natančneje vsak konstrukcijski sklop) razvrstili v enega izmed štirih kakovostnih stanj, v odvisnosti od njegovega ratinga poškodovanosti. Izračun ratinga poškodovanosti je prikazan v naslednjem

razdelku, spisek izbranih vplivov in vrednosti, ki jih objekti lahko zavzamejo, pa je prikazan v preglednici 1.

Stanje vsakega izmed v nadaljevanju obravnavanih konstrukcijskih sklopov objektov lahko opišemo s funkcijo:

$$b_i = b_i(M_i, C_i, F_i, Ks_i, R_i) \quad (1)$$

2.2 Metodologija določanja stanja

Rating poškodovanosti se tako za celoten objekt kot njegov posamezni konstrukcijski sklop določi skladno z veljavno metodologijo ((Žnidarič, 1990), (Žnidarič, 1992)). Ta temelji na analizi ugotovljenih poškodb posameznega mostu, ki jih identificiramo med pregledom objekta. Poškodbe se za posamezne elemente objekta določajo ločeno, za skupno oceno stanja objekta ali njegovega konstrukcijskega sklopa pa se ocene posameznih elementov sklopa seštejejo. Tako na primer podpora konstrukcija navadno sestavljajo vsaj temelji, oporniki in krila, lahko pa vsebuje tudi druge elemente. Vsak izmed elementov je lahko nepoškodovan, ima eno poškodbo ali več poškodb različnih tipov. Rating vsakega tipa poškodbe na vsakem elementu se določi kot mnogokratnik:

$$R_{jk} = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n B_j \cdot K_{1,k} \cdot K_{2,j,k} \cdot K_{3,j,k} \cdot K_{4,j,k} \quad (2)$$

VPLIV	ŠT. VREDNOSTI	VREDNOST
konstr. material, <i>M</i>	1	armirani beton (AB)
podnebje, <i>C</i>	1	celinsko (Ce)
funkcija objekta, <i>F</i>	2	most (<i>M</i>), podvoz/nadvoz (<i>P</i>)
konstr. sklop, <i>Ks</i>	3	podporna konstrukcija (<i>K_{pod}</i>), prekladna k. (<i>K_{pra}</i>), cestišče (<i>K_{ces}</i>)
kakovostno stanje, <i>R</i>	4	odlično, dobro, zadovoljivo, zadostno

Preglednica 1 • Izbrani vplivi in njihove vrednosti

kjer je m število možnih vrst poškodb, n število elementov objekta, B_j osnovna vrednost poškodbe ali napake j , ki izraža možne posledice poškodbe materiala na nosilnost, trajnost in uporabnost elementa, $K_{1,k}$ korekcijski faktor pomena elementa k , na katerem je poškodba j , za zanesljivost mostu kot celote, $K_{2,j,k}$ korekcijski faktor jakosti poškodbe j na elementu k , $K_{3,j,k}$ korekcijski faktor razširjenosti poškodbe j na elementu k , $K_{4,j,k}$ korekcijski faktor, ki poudari nujnost intervencije zaradi ogrožene varnosti, uporabnosti ali trajnosti elementa k ali mostu kot celote zaradi poškodbe j .

Rating poškodovanosti posameznega konstrukcijskega sklopa K_{podr} , K_{pre} , K_{ces} se izračuna kot vsota ratingov njihovih posameznih elementov:

$$K = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n R_{j,k} = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n B_j \cdot K_{1,k} \cdot K_{2,j,k} \cdot K_{3,j,k} \cdot K_{4,j,k} \quad (3)$$

Korekcijske faktorje oziroma uteži $K_{2,j,k}$, $K_{3,j,k}$ in $K_{4,j,k}$ določi pregledovalec v sklopu pregleda, medtem ko sta uteži B_j in $K_{1,k}$ odvisni le od tipa poškodbe in elementa, na katerem se je poškodba pojavila. Poškodbe B_j so ocenjene z vrednostmi od 1,0 do 5,0, odvisno od nevarnosti tipa poškodbe na odpoved delovanja ali porušitev posameznega elementa ali konstrukcije kot celote. Z oceno 1,0 so na primer ovrednotene kolesnice na cestišču, s 3,0 korozija jekla za armiranje, z oceno 5,0 pa pretrg kabla za prednapenjanje:

$$B_j \in [1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0] \quad (4)$$

Velikostni razred uteži $K_{1,k}$ je odvisen od pomembnosti elementa za nosilnost konstrukcije. V primeru, da je to primarni nosilni element, ki mora vedno nositi svoj del obtežbe, je utež oz. relativna pomembnost večja kot v primeru sekundarnega nosilnega elementa, pri katerem se obtežba v primeru njegove odpovedi lahko prerazporedi na sosednje elemente. Glede na pomembnost lahko $K_{1,k}$ zavzame vrednost:

$$K_{1,k} \in [0,3; 0,7; 1,0] \quad (5)$$

Faktor jakosti poškodbe $K_{2,j,k}$ opisuje stadij poškodbe, ki je lahko začetni, progresivni, aktivni ali kritični. Faktor ni odvisen od obravnavanega elementa mostu, temveč od vrste poškodbe. Poškodbe so lahko po svoji naravi takšne, da se sčasoma bistveno ne večajo

ter dolgoročno ne zmanjšujejo nosilnosti in trajnosti, lahko pa so velike in s tendenco večanja, ki bi lahko vodila v zmanjšanje nosilnosti prizadetega elementa ali objekta kot celote. Faktor $K_{2,j,k}$ lahko zavzame vrednosti:

$$K_{2,j,k} \in [0,4; 0,6; 0,8; 1,0] \quad (6)$$

S faktorjem razširjenosti poškodbe $K_{3,j,k}$ določamo obseg (ali pogostost) pojavljanja poškodbe na določenem elementu objekta. Kjer tip poškodbe omogoča njeno površinsko vrednotenje z določitvijo razmerja med nepoškodovano in poškodovano površino, je vrednost faktorja določljiva z relativnim deležem površine. V določenih primerih, kot so na primer razpoke na krajnih opornikih, pa je izbira vrednosti faktorja prepuščena presoji pregledovalca, saj si z razmerjem med poškodovano in nepoškodovano površino ne moremo pomagati. Faktor $K_{3,j,k}$ lahko skladno z metodologijo zavzame vrednosti:

$$K_{3,j,k} \in [0,5; 0,8; 1,0] \quad (7)$$

S faktorjem nujnosti intervencije $K_{4,j,k}$ najbolj vplivamo na rating posamezne poškodbe in s tem posledično tudi objekt kot celoto, saj so vrednosti tega faktorja lahko 1,0 (po-

pravilo poškodbe ni nujno, saj zaradi nje ne bo zmanjšana trajnost, uporabnost ali varnost mostu), 3,0 (poškodbo je treba sanirati čim prej, sicer je lahko v prihodnosti ogrožena nosilnost ali uporabnost ali trajnost mostu), 5,0 (poškodbo je treba sanirati takoj, ogrožena je nosilnost in trajnost mostu) in izjemoma tudi 10,0 (kadar zaradi poškodbe grozi nevarnost delne porušitve mostu). Zapis posamezne poškodbe v elektronski obliki je prikazan na sliki 1.

2.3 Pregled in urejanje analiziranih podatkov

Predmet predstavljene raziskave so podatki o stanju objektov (ratingi), zajeti med rednimi in glavnimi pregledi mostov na državnih cestah v Republiki Sloveniji med letoma 1993 in 2012. Podatke o njih smo pridobili pri Direkciji RS za ceste, ki je upravljevalec objektov, pri njihovi interpretaciji pa smo si med drugim pomagali tudi z zapisniki terenskih pregledov, ki jih za direkcijo RS za ceste že vrsto let opravlja Gradbeni inštitut ZRMK, d. o. o. Interpretacija nekaterih nizov podatkov je bila potrebna zaradi nekonsistentnih ocen obsega in/ali intenzivnosti poškodb nekaterih pregledovalcev objektov.

V analizirani bazi podatkov smo namreč identificirali primere, ko je pregledovalec med

The screenshot shows the 'Gradbeni inštitut ZRMK - Program za zajemanje in dostavo podatkov o premostitvenih objektih (GI-ZRMK/mkusar)' application. The interface is divided into several sections:

- Left Panel:** A list of objects (VA0444 to VA0559) with a search filter.
- Main Form:**
 - Poškodbe (Damage):** Fields for 'Šifra objekta' (Object ID: VA0457), 'Poškodba št.' (Damage No.: 10), and 'Izberi' (Select).
 - Del objekta:** '0691'.
 - prekladna konstrukcija:** 'konstrukcija hodnika'.
 - Tip poškodbe ali napake:** '0244'.
 - beton:** 'poškodbe obstojnosti betona'.
 - Legenda:** 'glede na območje elementa na katerem je obravnavana poškodba'.
 - Območje objekta:** '0'.
 - Vzdolžna smer:** 'PO- ob obeh podporah polja'.
 - Precna smer:** '0'.
 - Višinski položaj:** '0'.
 - Stopnja poškodovanosti:** 'ARM'.
 - poškodbe na betonskih in kamnih ter opečnih elementi:** 'vidna armatura'.
 - Velikost ali razširjenost poškodbe na opredeljenem območju ali lokaciji:** 'POSE'.
 - opisna izmera razširjenosti glede na območje ali lokacijo:** 'elementa'.
 - Predlagani ukrepi:** 'PRGK'.
 - Splošne ugotovitve:** 'preiskati'.
 - Opombe:** '0'.
 - Faktor poškodovanosti K2=000.80**
 - Faktor razširjen. poš. K3=000.50**
 - Faktor nujnosti interv. K4=003.00**
- Bottom Section:** Buttons for 'Izbrni poškodbo št. 10', 'Shrani poškodbo št. 10', and 'Shrani novo poškodbo št. 15'.

Slika 1 • Primer zapisa poškodbe v digitalni obliki (Vir: GI ZRMK, d. o. o.)

pregledom v določenem letu ocenjeval stanje elementov izjemno konservativno ter zato več sicer nekritičnih poškodb ocenil za nevarne in potrebne čim prejšnjega popravila. Rating poškodovanosti za takšen objekt je posledično glede na predhodni pregled skokovito narasel. Preglede v naslednjih letih so opravljali drugi, morda bolj izkušeni pregledovalci ter objekt in njegove dele ponovno ocenili z nižjimi vrednostmi ratingov poškodovanosti, ki so bili bolj skladni z vrednostmi predhodnih let. Kljub temu so vrednosti zapisanih ratingov slabše opravljenega oziroma ocenjenega pregleda v bazi podatkov ostale. V tovrstnih primerih so časovni trendi oz. spreminjanje ocene stanja objekta (in/ali njegovih delov) sčasoma ne-realni, kar je treba v analizi upoštevati.

Tudi ob visoki usposobljenosti pregledovalcev za izvedbo pregledov in oceno stanja objektov bodo pri njihovih ocenah vedno obstajale določene razlike. Pregledi so skoraj izključno vizualni, kar pomeni, da je ocena do določene mere subjektivna ((Gattulli, 2005), (Tenžera, 2012)). Vendar ta odstopanja ne smejo biti prevelika, drugače analiziramo nezanesljive podatke. Da bi izločili podatke, ki močno odstopajo od sicer identificiranih trendov, smo v naslednjem koraku opravili sistematični pregled in urejanje podatkov.

Da bi identificirali prej opisane podatkovne nize, smo za posamezne konstrukcijske sklope analiziranih objektov najprej določili hitrost propadanja (oz. naraščanje ratinga poškodovanosti z leti) z metodo linearne regresije (slika 2). Posameznemu objektu smo za vsako leto (x_t) določili vrednost ratinga ($y_{t,lin}$) z izrazom:

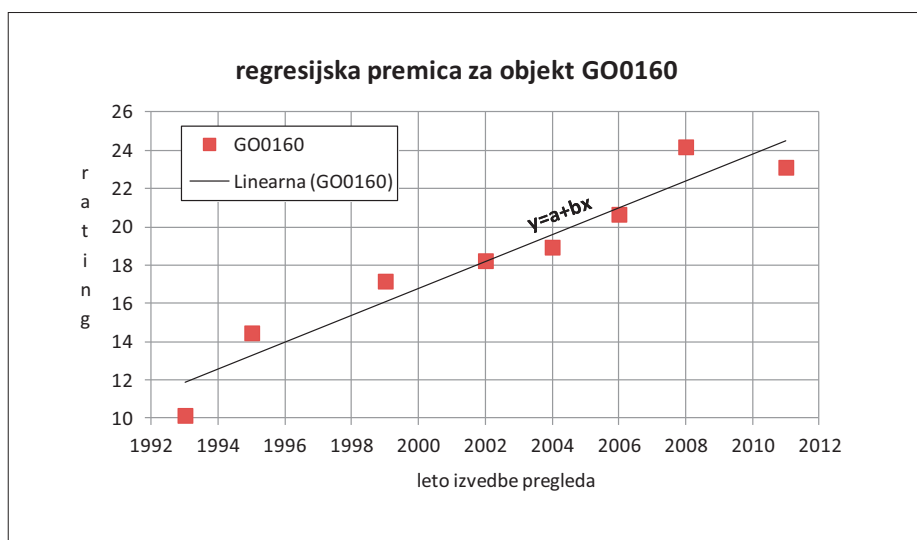
$$y_{t,lin} = a + b \cdot x_t, \quad (8)$$

kjer parametra a in b (hitrost propadanja) določimo z metodo najmanjših kvadratov:

$$b = \frac{\sum_{t=1}^s (x_t - \bar{x}) \cdot (y_t - \bar{y})}{\sum_{t=1}^s (x_t - \bar{x})^2}, \quad (9)$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

x_t je leto izvedbe pregleda in y_t vrednost ratinga poškodovanosti v letu t , $\bar{x} = \frac{1}{s} \cdot \sum_{t=1}^s x_t$ in $\bar{y} = \frac{1}{s} \cdot \sum_{t=1}^s y_t$ ter s število podatkovnih točk.



Slika 2 • Primer določitve regresijske premice za rating poškodovanosti mostu s šifro GO0160

Za vse objekte smo izračunali standardno napako vrednosti dejanskih ratingov glede na vrednosti ratingov, napovedane ob pomoči izrazov (8) in (9). Izračun je bil narejen za konstrukcijske sklope vseh obravnavanih objektov. Enačba za standardno napako (SE) napovedane vrednosti $y_{t,lin}$ je:

$$SE = \sqrt{\frac{1}{(s-2)} \cdot \left[\sum_{t=1}^s (y_t - \bar{y})^2 - \frac{\left[\sum_{t=1}^s (x_t - \bar{x}) \cdot (y_t - \bar{y}) \right]^2}{\sum_{t=1}^s (x_t - \bar{x})^2} \right]} \quad (10)$$

V primerih, ko je vrednost standardne napake nizka, privzamemo, da so podatki zanesljivi, zato jih lahko uporabljamo za nadaljnje analize. V primerih, ko je standardna napaka za posamezni niz podatkov visoka, pa vsebuje niz enega ali več podatkov, ki izrazito odstopajo od splošnega trenda, ki ga niz sicer izkazuje. V tem primeru so nekateri podatki verjetno nepravilni (ne ustrezajo dejanskemu stanju) in zato vidno vplivajo na potek regresijske premice, ki opisuje hitrost propadanja. Posamezni podatkovni niz smo ocenili za zanesljivega, če je bil izpolnjen pogoj:

$$\frac{SE}{\bar{y}} \leq 0,3 \quad (11)$$

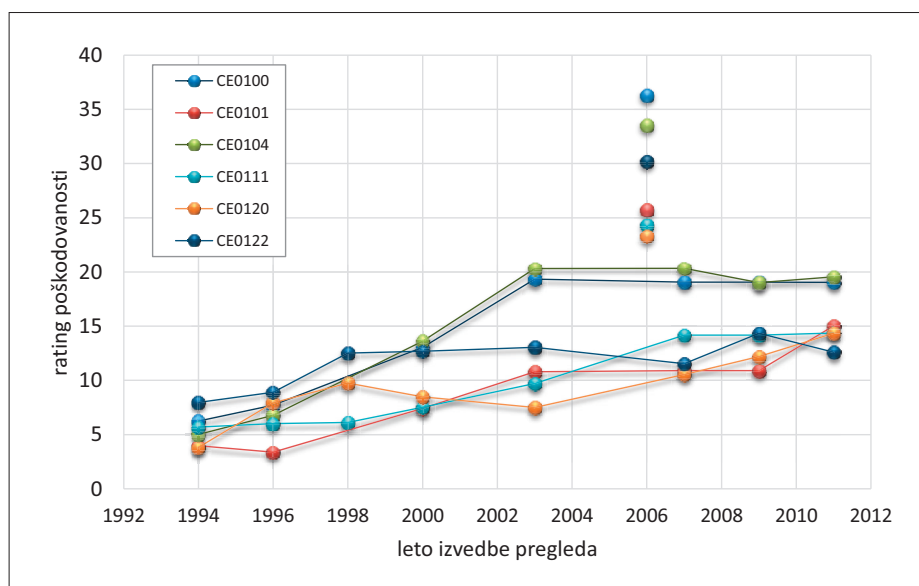
V primerih, ko pogoj ni bil izpolnjen, smo z namenom izboljšanja zanesljivosti rezultatov regresijskih premic iz posameznega niza podatkov odstranili tisto vrednost y_t , ki je najbolj vplivala na velikost standardne napake niza oziroma se je ta po odstranitvi vrednosti y_t

najbolj zmanjšala. Zagotoviti želimo, a) da posamezni niz podatkov nima več kot enega nezanesljivega podatka in b) da odstranitev tega podatka vidno zniža (za vsaj 30 %) izhodiščno vrednost standardne napake. Zato smo predpisali pogoj:

$$1,3 \cdot (SE_1 / \bar{y}) \leq (SE_0 / \bar{y}), \quad (12)$$

kjer je SE_1 standardna napaka po odstranitvi podatka, ki najbolj izstopa, SE_0 pa izhodiščna vrednost standardne napake pri vseh upoštevanih podatkih v nizu. Če pogoj (12) ni izpolnjen, je nezanesljivih vrednosti v nizu podatkov več. V tovrstnih primerih odstranitev enega samega podatka v nizu ne bi bistveno vplivala na rezultate analize, odstranitev več podatkov pa bi pomenila prevelik poseg v zbirko podatkov in s tem vpliv na končni rezultat. Zato takšnih nizov podatkov v nadaljnjih analizah nismo upoštevali.

Z izvedbo opisanega postopka smo bistveno izboljšali zanesljivost podatkov, ki smo jih uporabili za nadaljnjo analizo. Na sliki 3 so prikazane vrednosti ratingov za šest objektov na celjskem območju, na katerih je bilo med letoma 1994 in 2011 opravljenih devet rednih in glavnih pregledov. Vidimo lahko, da je leta 2006 izvajalec pregledov vsem mostovom določil izjemno visoke vrednosti ratingov poškodovanosti, ki so vidno odstopale od trenda vrednosti tako preteklih kot tudi kasnejših pregledov. Z uporabo zgoraj opisanega postopka in enačb smo vrednosti za leto 2006 iz obravnavanih nizov podatkov izločili, s tem pa vrednosti standardnih napak bistveno znižali (posameznim nizom, glede na njihovo izhodiščno vrednost, tudi do 70 %).



Slika 3 • Primeri naraščanja ratinga poškodovanosti za 6 objektov med letoma 1993 in 2011 po odstranitvi skupine podatkov (v letu 2006), ki najbolj odstopajo od regresijske premice

Kot smo opisali, smo analizirali vse nize podatkov. Primer niza podatkov za vse tri konstrukcijske sklope izbranega mostu z oznako G00016 je prikazan v preglednici 2. Izmed skupno 4956 analiziranih nizov jih je le 52 % izpolnilo pogoj enačbe (11), medtem ko so preostali nizi imeli vsaj en po podatek, ki je izrazil odstopal od regresijske premice. Po odstranitvi najbolj nezanesljivega podatka je zadostilo pogoju enačbe (12) nadaljnjih 41 % nizov, medtem ko preostalih 7 % bodisi ni izpolnilo nobenega izmed pogojev ali pa je niz podatkov po odstranitvi postal prekratek (manj kot tri podatkovne točke) za nadaljnjo analizo.

2.4 Določitev povprečne letne stopnje propadanja

Izmed 1282 mostov na slovenskih državnih cestah je 899 armiranobetonskih mostov in 150 armiranobetonskih podvozov in nadvozov. Ti večinoma stojijo v celinskem podnebju, medtem ko je manjši del v primorskem ali alpskem podnebju. V zadnje omenjenem podnebju pasu stoji le 11 nadvozov in podvozov, medtem ko jih je na območju primorskega podnebja 35, kar je premajhno število za izvedbo ustrezne analize podatkov. Zato smo analizirali podatke za 708 mostov ter 100 podvozov in nadvozov z območja celinskega podnebja.

Za izbrane objekte smo nizom ratingov poškodovanosti določili regresijske premice za posamezne konstrukcijske sklope, pri čemer smo analizirali le nize, ki so zadostili enačbama (11) ali (12). Iskali smo naklon premic b , ki nam dejansko poda povprečno letno stopnjo večanja poškodovanosti posameznega niza podatkov p . Naklon premic b določimo z izrazom:

$$b_p = \frac{\sum_{t=1}^s (x_{p,t} - \bar{x}_p) \cdot (y_{p,t} - \bar{y}_p)}{\sum_{t=1}^s (x_{p,t} - \bar{x}_p)^2}, \quad (13)$$

kjer je $x_{p,t}$ leto izvedbe pregleda in $y_{p,t}$ vrednost ratinga poškodovanosti v letu t za niz p , $\bar{x}_p$ in $\bar{y}_p$ pa sta njuni srednji vrednosti.

Po izračunu povprečne letne stopnje večanja poškodovanosti posameznih nizov podatkov smo nizom z enakimi kombinacijami vplivov določili povprečno hitrost večanja $\bar{b}$:

$$\bar{b}(M, C, F, Ks, R) = \frac{\sum_{i=1}^r b_{p,i}}{r} \quad (14)$$

$$r = r(M, C, F, Ks, R), \quad (15)$$

kjer je r število nizov z enako kombinacijo vplivov.

Meje kakovostnih stanj objektov R smo določili s povprečnim ratingom poškodovanosti nizov v analiziranem obdobju. Intervale kakovostnih stanj smo za posamezne konstrukcijske sklope določili različno, kot je razvidno tudi iz preglednice 3. Zgornjo mejo še zadovoljivega

SIFRA OBJEKTA	GRADNJA	REKONSTR.	PREGLED	OCENA	RATING SPODNJE	RATING PREKLADE	RATING CESTIŠČA	RATING OPREME	RATING SKUPNI
G00016	1946		1994	4	3,89	1,10	0,32	0,25	5,56
G00016	1946		1996	4	4,41	0,20	0,00	0,40	5,01
G00016	1946		2000	4	4,136	0,00	0,00	0,45	4,586
G00016	1946		2003	4	4,246	0,20	1,04	0,45	5,936
G00016	1946		2005	4	5,106	2,98	2,248	0,45	10,784
G00016	1946		2007	3	6,902	3,58	2,108	0,58	13,17
G00016	1946		2009	3	6,902	3,58	2,204	0,58	13,266
G00016	1946		2011	3	10,104	3,58	2,004	0,48	16,168

Preglednica 2 • Primer izpisa ratingov iz baze podatkov za objekt G00016 (vir: DRSI)

kakovostnega stanja smo za posamezni sklop določili pri tisti povprečni vrednosti ratinga poškodovanosti, pri kateri po presoji pregledovalcev s čezmerno hitrostjo propadajo material in s tem vgrajeni elementi. Za cestišče je to vrednost 6, za podporno konstrukcijo in prekladno konstrukcijo 9. Posledično so za sklop cestišča izbrani intervali kakovostnih stanj dolgi dve enoti ratinga poškodovanosti, za spodnjo in zgornjo konstrukcijo pa tri enote. Na opisani način smo za vse kombinacije obravnavanih vplivov dobili vrednosti letnih stopenj slabšanje stanja objekta (preglednica 3).

Za potrebe nadaljnje analize smo dobljene rezultate uporabili za izračun časa, ki ga nov objekt, ki je izpostavljen izbrani kombinaciji vplivov, potrebuje za doseg določene stopnje poškodovanosti. Čas smo določili kot odvisno spremenljivko stopnje poškodovanosti (R) in ga definirali z odsekoma linearno funkcijo:

– za cestišče:

$$t(R) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{R}{b_{(0,2)}}; R \in [0,2) \\ \frac{2}{b_{(0,2)}} + \frac{R-2}{b_{(2,4)}}; R \in [2,4) \\ \frac{2}{b_{(0,2)}} + \frac{2}{b_{(2,4)}} + \frac{R-4}{b_{(4,6)}}; R \in [4,6) \\ \frac{2}{b_{(0,2)}} + \frac{2}{b_{(2,4)}} + \frac{2}{b_{(4,6)}} + \frac{R-6}{b_{(6,8)}}; R \in [6,8) \end{array} \right\} \quad (16)$$

– za podporno konstrukcijo in prekladno konstrukcijo:

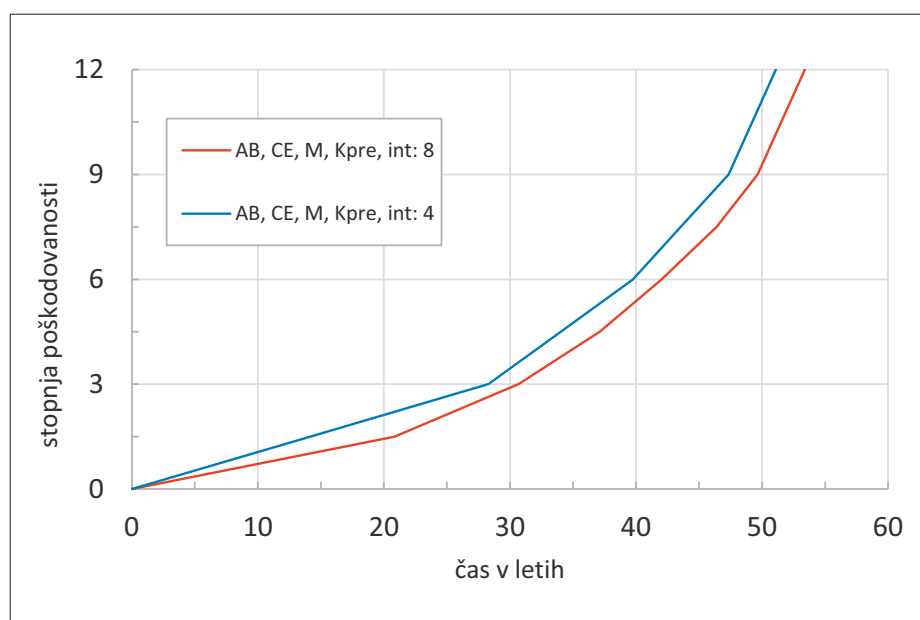
$$t(R) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{R}{b_{(0,3)}}; R \in [0,3) \\ \frac{3}{b_{(0,3)}} + \frac{R-3}{b_{(3,6)}}; R \in [3,6) \\ \frac{3}{b_{(0,3)}} + \frac{3}{b_{(3,6)}} + \frac{R-6}{b_{(6,9)}}; R \in [6,9) \\ \frac{3}{b_{(0,3)}} + \frac{3}{b_{(3,6)}} + \frac{3}{b_{(6,9)}} + \frac{R-9}{b_{(9,12)}}; R \in [9,12) \end{array} \right\} \quad (17)$$

Vrednosti $t(R)$, ki jih določimo z enačbama (16) in (17), lahko prikažemo v obliki diagramov. Ti podajajo čas, potreben za povečanje stopnje poškodovanosti od časa, ko je bil zgrajen, do izbrane vnaprej določene vrednosti, v odvisnosti od kombinacije vplivov, ki veljajo za posamezni obravnavani objekt.

Ker so koeficienti b določeni kot povprečne vrednosti hitrosti propadanja na pripadajočih intervalih, vsebuje določitev časov ob pomoči izrazov (16) in (17) določeno negotovost, ki se ji zaradi narave obstoječega načina pridobivanja podatkov o stanju objektov ne moremo izogniti.

podnebje	funkcija	konstrukcijski sklop	povp. rating poškodovanosti	število analiziranih k. sklopov	letni prirastek poškodovanosti
celinsko	podvoz ali nadvoz	podporna konstrukcija	0~3	39	0,14
			3~6	44	0,17
			6~9	11	0,22
			9~12	6	0,77
		prekladna konstr.	0~3	49	0,10
			3~6	25	0,28
			6~9	11	0,50
			9~12	12	0,55
		cestišče	0~2	34	0,11
			2~4	39	0,20
			4~6	20	0,31
			6~8	6	0,76
	most	podporna konstrukcija	0~3	168	0,15
			3~6	258	0,25
			6~9	170	0,40
			9~12	111	0,79
		prekladna konstr.	0~3	289	0,11
			3~6	177	0,26
			6~9	110	0,39
			9~12	106	0,80
		cestišče	0~2	251	0,10
			2~4	282	0,22
			4~6	113	0,31
			6~8	58	0,48

Preglednica 3 • Povprečni letni prirastki poškodovanosti objektov na območjih celinskega podnebja



Slika 4 • Primerjava rezultatov v primeru analize podatkov s 4 in 8 intervali

2.5 Možnost zmanjšanja negotovosti rezultatov

Da bi zmanjšali negotovost rezultatov, smo ugotavljali učinek zgostitve intervalov na končni rezultat. To smo preverili za prekladne konstrukcije mostov, kjer je število analiziranih podatkovnih nizov največje. Število intervalov smo povečali s 4, ki jih obravnava enačba (17), na 8 in s tem dolžino posameznega intervala zmanjšali s 3 na 1,5 enote. Način

izračuna je ostal enak. Izkazalo se je, da so rezultati povsem primerljivi (slika 4), saj doseže prekladna konstrukcija z izbrano kombinacijo vplivov rating poškodovanosti 12: v primeru analize s 4 intervali v 51 letih, v primeru analize podatkov z 8 intervali pa v 53 letih.

Zgostitev intervalov pa ima lahko na kakovost rezultatov tudi negativne učinke. V primeru majhnega števila podatkovnih nizov za katero izmed izbranih kombinacij vplivov lahko že en nekon-

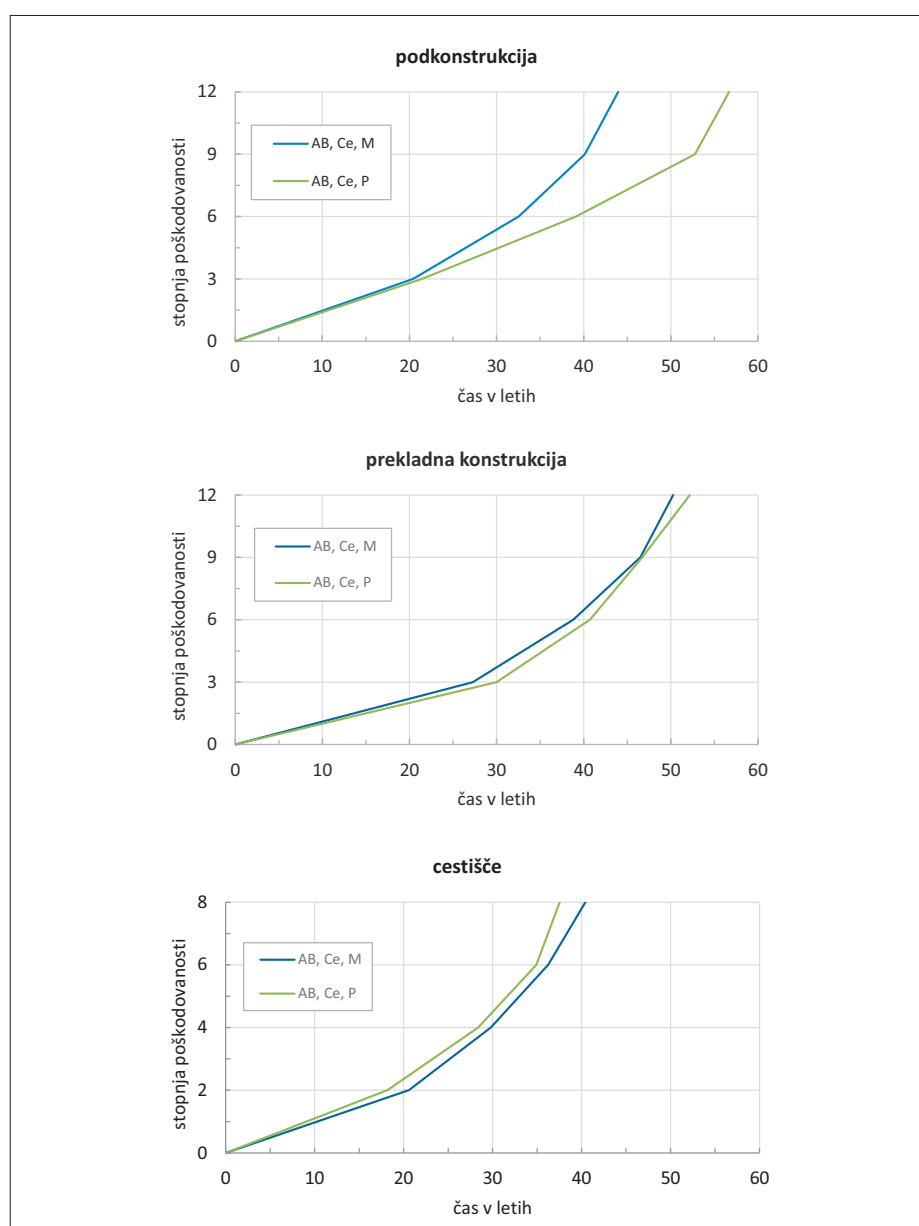
sistenten podatkovni niz bistveno spremeni izračunano hitrost večanja poškodovanosti ter s tem vpliva na končni rezultat. Ker imamo za analiziranje nadvozov in podvozov na razpolago dokaj majhno število podatkov, bi zgostitev intervalov lahko zmanjšala kakovost oziroma zanesljivost rezultatov. Zato smo se odločili, da podatke za vse analizirane objekte razvrstimo zgolj v štiri kakovostna stanja, kot je bilo predstavljeno v poglavju 2.1.

3 • REZULTATI ANALIZE

Na podlagi narejene analize podatkov smo določili pričakovani potek propadanja analiziranih tipov mostov. Rezultati kažejo (slika 5), da prisotnost tekoče vode pod objekti vidno vpliva le na hitrost propadanja sestavnih elementov podporne konstrukcije. Ti pri mostovih zaradi neposrednega stika z vodo in z njo povezane erozije, abrazije in mehanskih udarcev propadajo hitreje kot podporne konstrukcije nadvozov in podvozov, pri katerih naštetih zunanjih vplivov ni. Analiza nadalje kaže, da dosežejo te podporne konstrukcije mejno stopnjo poškodovanosti, ki smo jo določili pri vrednosti ratinga poškodovanosti 12, približno 35 % počasneje kot podkonstrukcije mostov. Iz dobljenih rezultatov ugotavljamo tudi, da propadajo prekladne konstrukcije obeh vrst obravnavanih objektov z enako hitrostjo in ne glede na njihovo kakovostno stanje. Vpliv tekoče vode pod mostovi (ki se lahko odrazi kot povišana stopnja vlažnosti ozračja) torej na hitrost propadanja teh konstrukcij nima vidnega vpliva.

Cestišče je edini od obravnavanih konstrukcijskih sklopov, ki je neposredno izpostavljen prometni obtežbi. Kot smo navedli že uvodoma (Kušar, 2014), pa ta ne vpliva na hitrost propadanja elementov cestišča. Atmosferski vplivi kot prevladujoč dejavnik propadanja delujejo na cestiščne elemente mostov, nadvozov in podvozov enako, zato oboji izkazujejo enak trend propadanja. Trend se začne razlikovati šele, ko stopnja poškodovanosti preseže vrednost 6, vendar lahko to opažanje pripišemo majhnemu številu analiziranih cestišč nadvozov in podvozov. Analizirali smo namreč lahko le 6 objektov s takšno kombinacijo vplivov (preglednica 3), zaradi česar so ti rezultati manj zanesljivi, kar moramo pri njihovi interpretaciji upoštevati.

Iz diagramov na sliki 5 je razvidno, da se z večanjem stopnje poškodovanosti vseh konstrukcijskih sklopov veča tudi hitrost njihovega



Slika 5 • Prikaz pričakovanega večanja stopnje poškodovanosti mostov in podvozov/nadvozov s časom za podporno konstrukcijo, prekladno konstrukcijo in cestišče v odvisnosti od izbranih vplivov (armiranobetonska konstrukcija, celinsko podnebje)

nadaljnega propadanja. To v splošnem velja za vse vrste gradbenih objektov, kar potrjujejo tudi druge raziskave ((Akgul, 2005), (Li,

2005), (Moncmanova, 2007)), za predstavljeno analizo pa pomeni določeno potrditev, da dobljeni rezultati, tudi v primeru manj

zanesljivih vhodnih podatkov, verodostojno odražajo trende propadanja premostitvenih konstrukcij.

4 • SKLEP

Za učinkovito upravljanje mostov jih moramo redno spremljati, analizirati njihovo stanje in ukrepati na osnovi dobljenih rezultatov. Pri tem je v veliko pomoč ustrezno strukturirana zbirka podatkov, s katero lahko ocenimo trende spreminjanja stanja objektov kot celot in njihovih posameznih delov s časom.

Predstavljena analiza obravnava podatke, zajete med rednimi in glavnimi pregledi mostov, podvozov in nadvozov na slovenskih državnih cestah v 20-letnem obdobju.

Kot končni rezultat poda dobo, v kateri posamezni objekt ali njegov konstrukcijski sklop v povprečju doseže določen rating poškodovanosti, v odvisnosti od značilnosti tega objekta in trenutnega ratinga poškodovanosti. S tem lahko dokaj zanesljivo določimo tudi pričakovani proces nadaljnega propadanja za vse obravnavane tipe mostov. Hkrati lahko določimo, s kakšno intenziteto posamezni vplivi učinkujejo na hitrost propadanja.

Prisotnost vode pod mostovi vidno vpliva na hitrost propadanja elementov njihove podporne konstrukcije. Analiza podatkov je pokazala, da dosežemo mejno stopnjo poškodovanosti podporne konstrukcije armiranobetonskih mostov 35 % hitreje kot pri armiranobetonskih podvozih in nadvozih. Hkrati pa elementi prekladne konstrukcije in cestišča propadajo enako hitro pri vseh tipih armiranobetonskih objektov. Ugotovitve opravljene analize bi upravljavci objektov lahko upoštevali pri oblikovanju prednostnih list objektov za sanacijo, kjer bi poleg obstoječega stanja objektov upoštevali tudi trend njihovega pričakovanega nadaljnega propadanja.

5 • ZAHVALA

Zahvaljujemo se Direkciji Republike Slovenije za infrastrukturo za dostop do analiziranih

podatkov in Gradbenemu inštitutu ZRMK, kjer je prvi avtor večinsko zaposlen, za program-

ske opremo in pridobljeno strokovno znanje iz tematike članka.

6 • LITERATURA

- Akgul, F., Frangopol, D. M., Lifetime performance analysis of existing reinforced concrete bridges II: Application. *Journal of infrastructure systems*, Vol. 11, (2), 129–141, 2005.
- Gatfulli, V., Chiaramonte, L., Condition Assessment by visual inspection for a Bridge Management System, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 20, 95–107, 2005.
- Kušar, M., Razvoj sistema za upravljanje s premostitvenimi objekti na cestah in avtocestah. Doktorsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 143, 2014.
- Moncmanova, A., Environmental deterioration of materials. WIT Press, Southampton, 312, 2007.
- Li, C. Q., Melchers, R.E., Time-dependent risk assessment of structural deterioration caused by reinforcement corrosion. *ACI structural journal*, Vol. 102, (5), 754–762, 2005.
- Tenžera, D., Puž, G., Radić, J., Visual inspection in evaluation of bridge condition. *Gradvinar*, Vol. 64, 717–726, 2012.
- Woodward, R. J., Cullington, D. W., Daly, A. F., Vassie, P. R., Haardt, P., Kashner, R., Astudillo, R., Velando, C., Godart, B., Cremona, C., Mahut, B., Raharinaivo, A., Lau, Markey, I., Bevc, L., Peruš, I., Bridge management systems: Extended review of existing systems and outline framework for a European system. BRIME PL97-2220, 227, 2001.
- Yanev, B., Richards, G., Designing Bridge Maintenance on the Network and Project Levels. *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol. 9, 349–363, 2013.
- Žnidarič, J., Terčelj, S., Marolt, J.: Določitev standardov uporabnosti cestnih mostov – številčna ocena stanja mostov – rating. Ljubljana. Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij ZRMK, 50, 1990.
- Žnidarič, J., Bevc, L., Capuder, F., Marolt, J., Srpič, J., Terčelj, S., Žnidarič, A., Vojska, J., Vrednotenje varnosti cestnih mostov (Inženirske osnove za računalniško obdelavo poročil o pregledu mostov), Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij ZRMK, 43, 1992.
- Žnidarič, J., Določanje ratinga betonske konstrukcije pri cestnih mostovih in viaduktih. Vzdrževanje, zaščita in popravila betonskih konstrukcij, Zbornik referatov, Lipica, 9.–10. marec 2006, 43–51, 2006a.
- Žnidarič, A., Lavrič, I., Pagon, E., Optimizirano vrednotenje mostnih konstrukcij – zaključki projekta SAMARIS. 8, Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 25.–27. oktober 2006, 879–886, 2006b.

OPTIMIZACIJA JEKLENE GLADKE STENSKE OBLOGE VISOKOTLAČNEGA CEVOVODA

OPTIMIZATION OF STEEL LINER FOR HIGH-PRESSURE PENSTOCK

prof. dr. Stojan Kravanja, univ. dipl. inž. grad.

stojan.kravanja@um.si

Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo

Znanstveni članek

UDK 519.853:621.643.2-034.14

Povzetek | Članek obravnava optimizacijo jeklene gladke stenske obloge visokotlačnega cevovoda, vgrajenega v izvrtan predor v hribino. Cevovod je obravnavan kot jeklena obloga brez sodelovanja hribine in okoliškega betona. Dimenzioniran je kot samonosilna jeklena cilindrična lupina brez ojačitvenih reber. Optimizacija je izvedena z nelinearnim programiranjem, NLP. Za optimizacijo je bil modeliran optimizacijski model PIPEOPT. Masna namenska funkcija jeklenega cevovoda je podvržena sistemu (ne)linearnih (ne)enačb iz statične analize in dimenzioniranja cevovoda v skladu s priporočili C.E.C.T. Na koncu članka je predstavljen primer optimizacije visokotlačnega cevovoda črpalne hidroelektrarne Kozjak z nelinearnim programiranjem, NLP.

Ključne besede: optimizacija, nelinearno programiranje, NLP, visokotlačni cevovod, gladka jeklena obloga

Summary | The paper presents the optimization of a steel liner for the high-pressure penstock, built in a bored tunnel. The penstock is designed without collaboration of the surrounding concrete and rock. The penstock is designed to be self-resistant liner without stiffener rings. The optimization was performed by the non-linear programming (NLP) approach. For this purpose, the NLP optimization model PIPEOPT was developed. The model comprises the mass objective function, which is subjected to design and dimensioning constraints. The dimensioning constraints were defined according to C.E.C.T. Recommendations. Practical example of the NLP penstock optimization for the Pump Hydropower Plant Kozjak, Slovenia, is presented at the end of the paper.

Key words: optimization, non-linear programming, NLP, high-pressure penstock, steel liner

1 • UVOD

Članek opisuje optimizacijo gladke stenske obloge jeklenega visokotlačnega cevovoda, vgrajenega v izvrtani predor v hribino. Tovrstni visokotlačni cevovodi dovajajo vodo pod visokim tlakom v črpalne hidroelektrarne za proizvodnjo električne energije. V članku je prikazan način, ko visokotlačni cevovod obravnavamo kot cevno jekleno oblogo brez sodelovanja hribine in okoliškega betona. Jek-

leni cevovod je v tem primeru dimenzioniran kot samonosilna jeklena cilindrična lupina brez ojačitvenih reber.

Ker so enačbe nosilnosti, napetosti in deformacij pri izračunu jeklene stenske obloge nelinearne, smo pri optimizaciji nosilne konstrukcije uporabili nelinearno programiranje, NLP. Optimirali smo maso jeklene stene cevovoda, kar za idejni projekt več kot zadošča, saj je

strošek jeklene obloge več kot 5-krat višji od skupnega stroška vrtanja v hribino, injektiranja in vgradnje okoliškega betona. Za optimizacijo smo modelirali (programirali) optimizacijski model PIPEOPT jeklene cevne obloge, s katerim smo minimirali namensko funkcijo – maso cevne obloge, podvrženo pogojem nosilnosti, napetosti in deformacij, poznanih iz statike cevovoda. Optimizacijski model je zapisan v splošni obliki, zato ga lahko uporabimo za optimizacijo kateregakoli cevovoda tega tipa. Treba je podati vhodne podatke, kot so premer cevi, notranji in zunanji tlak na

cev, materialne karakteristike jekla (napetost tečenja) in dolžina cevnega odseka. Potem ko je z iteracijskim postopkom nelinearnega programiranja avtomatsko izračunana najmanjša možna masa cevododa, je izračunana tudi debelina stene cevi. Konkretno smo razvili model uporabili tudi pri optimizaciji visokotlačnega cevododa črpalne hidroelektrarne Kozjak.

Jeklene cevodode obravnava Evrokod 3 ((EN, 2001), (EN, 2007)), in sicer v dveh privzetih standardih: SIST EN 1993-4-3:2007; Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij-4-3.del: Cevovodi in SIST EN 1993-1-6:2007; Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij-1-6.del: Trdnost in stabilnost lupinastih konstrukcij.

Prvi standard podaja samo določena splošna izhodišča za dimenzioniranje cevododov, vendar konkretno ne obravnava cevododov, vbetoniranih v predore. Vgrajene cevodode v predorih, kakršni se gradijo za hidroelektrarne, obravnavajo priporočila C.E.C.T. (C.E.C.T., 1979). Ta priporočila obravnavajo tudi problem obbetoniranih cevododov v kamenini, kjer pri odpornosti cevododa proti zunanjemu tlaku sodelujeta tudi okoliški beton in kamenina. To teorijo so v šestdesetih letih prejšnjega stoletja razvili Amstutz (Amstutz, 1950), Kollbrunner in Milosavljević (Kollbrunner, 1956) na osnovi dognanj Timoshenka (Timoshenko, 1940). Veliko uspešnih aplikacij, tj. vgrajenih cevododov v predorih, je bilo dimenzioniranih in projektiranih po priporočilih C.E.C.T.

V Sloveniji je imelo več desetletij vodilno vlogo pri projektiranju tovrstnih cevododov podjetje Metalna Maribor. Tudi pionir razvoja teorije odpornosti cevododa proti zunanjemu tlaku inž. S. Milosavljević je bil projektant konstrukcij v Metalni. Metalna je zgradila nekaj najbolj



Slika 1 • Gradnja tlačnega cevododa Chiew Larn, Tajska

znanih cevododov na svetu. Leta 1979 je Metalna dokončala izgradnjo 1400 m dolgega visokotlačnega cevododa za hidroelektrarno Bajino Bašto v Srbiji. Cevodod ima v zgornjem delu premer 6,30 m, v spodnjem delu pa 4,20 m. Največji vodni tlak na spodnjem delu znaša 950 m vodnega stolpca, tj. 95 barov. Konstruktor inž. Janez Raztresen je dimenzioniral jekleno steno cevododa debelino od 43 mm do 49 mm v razcepu. Objekt je še danes velika svetovna referenca. Leta 1985 so konstruktorji Metalne sprojehtirali in izdelali tlačni cevodod Chiew Larn, Tajska, premera 11,20 m in debeline 20 mm, ki je še danes uvrščen med največje cevodode na svetu (Kravanja, 1988). Za to elektrarno je bil

izdelan tudi takrat drugi največji razdelilnik na svetu dolžine 80,7 m, z vstopnim premerom 11,20 m, izstopnim premerom 6,00 m, obremenjenim z vodnim tlakom 120 m, tj. 12 barov. Debeline jeklene stene znašajo od 20 do 36 mm. Vodilni konstruktor cevododa je bil inž. Janez Raztresen, razdelilnika pa prof. dr. Janez Kramar.

Verjetno so Japonci najboljši metalurgi na svetu, izumili so kar nekaj jekel visoke trdnosti z drobnazrnatno strukturo in dobro varivostjo, iz katerih smo izdelovali jeklene konstrukcije večjih dimenzij in obremenitev. Pri izgradnji stene visokotlačnega cevododa prej omenjene hidroelektrarne Bajine Bašte je bilo uporabljeno japonsko jeklo HT780 z natezno trdnostjo 780 N/mm² (Horikawa, 2009), pri izdelavi manj obremenjenega, vendar dimenzijsko izjemnega cevododa, Chiew Larn na Tajskem, pa japonsko jeklo SHT50A z natezno trdnostjo 500 N/mm².

Japonci so pri gradnji cevododa hidroelektrarne Kannagawa (Tokio Electric Power Co.), ki je začela delovati leta 2005, uporabili termomehansko obdelano jeklo visoke trdnosti HT950 (Horikawa, 2009) z natezno trdnostjo 950 N/mm². Elektrarna ima moč 2800 MW. Jekleni cevodod premera 4,60 m in višinske razlike 653 m je obremenjen z največjim vodnim tlakom 1079 m (107,9 barov), ki vključuje hidrodinamični tlak vodnega udara. 2330 ton jekla HT950 je bilo uporabljene za steno cevi v debelinah do 94 mm. Omeniti velja, da je jeklo visoke trdnosti HT950 v letih 1988–1989 bilo najprej uporabljeno pri gradnji visečega mostu Akashi Kaikyo, mostu z največjim razponom na svetu: 1991 m (Miki, 1998).

2 • MODELIRANJE OPTIMIZACIJSKEGA MODELA PIPEOPT

2.1 NLP – modelna formulacija

Pri optimiranju konstrukcije jeklene stene visokotlačnega cevododa smo uporabili nelinearno programiranje, NLP. Problem nelinearnega programiranja (NLP) zapišemo v naslednji obliki:

$$\min z = f(\mathbf{x})$$

p.p.:

$$\mathbf{h}(\mathbf{x}) = \mathbf{0} \quad (\text{NLP})$$

$$\mathbf{h}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{g}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{0}$$

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{a}$$

$$\mathbf{x} \in \mathbf{X} = \{\mathbf{x} \mid \mathbf{x} \in \mathbf{R}^n, \mathbf{x}^{\text{LO}} \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{x}^{\text{UP}}\}$$

V zgornji formulaciji pomeni $\mathbf{x}$ vektor zveznih spremenljivk, definiranih znotraj svojih spodnjih mej $\mathbf{x}^{\text{LO}}$ in zgornjih mej $\mathbf{x}^{\text{UP}}$. Nelinearna namenska funkcija je določena z izrazom $f(\mathbf{x})$. Izraz $\mathbf{h}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}$ predstavlja sistem neli-

nearnih pogojnih enačb, izraz $\mathbf{g}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{0}$ pa sistem nelinearnih pogojnih neenačb. Matrična neenačba $\mathbf{Ax} \leq \mathbf{a}$ določa sistem linearnih enačb in neenačb. Vse funkcije $f(\mathbf{x})$, $\mathbf{h}(\mathbf{x})$ in $\mathbf{g}(\mathbf{x})$ so nelinearne, zvezne in zvezno odvedljive. Učinkovitejše metode rešujejo NLP-problem z neposredno zadostitvijo Karush-Kuhn-Tuckerjevega pogoja.

V začetku petdesetih let prejšnjega stoletja sta Kuhn in Tucker (Kuhn, 1951) predlagala matematična izraza za potrebni in zadostni pogoj optimalnosti rešitve problema nelinearnega programiranja (Non-linear Programming, NLP). Pozneje se je ugotovilo, da je bil Kuhn-Tuckerjev teorem dokazan že dvakrat pred njunim prispevkom: prvič leta 1939 v magistrskem delu Karusha (Karush,

1939) na Univerzi v Chicagu, katerega izsledki niso bili nikoli objavljeni; in drugi v raziskavi Johna, katere izsledki so bili za objavo v reviji Duke Mathematical Journal prvotno zavrjeni, pozneje pa objavljeni v zbirki študij in razprav (John, 1948).

Najpomembnejše metode nelinearnega programiranja so:

- metoda reduciranega gradienta (Reduced Gradient Method, RG) (Wolfe, 1967),
- posplošena metoda reduciranega gradienta (Generalized Reduced Gradient Method, GRG) (Abadie, 1969),
- razširjeni Lagrangian (Augmented Lagrangian, AL) ((Powell, 1978), (Hestenes, 1969) ter
- zaporedno kvadratno programiranje (Successive Quadratic Programming, SQP) (Powell, 1978).

Za prvi prispevek na področju optimiranja konstrukcij z NLP večina strokovnjakov omenja članek Schmita (Schmit, 1960). Številni avtorji omenjajo metode optimalnih kriterijev (Optimality Criteria Methods, OC), kjer so Karush-Kuhn-Tuckerjevi pogoji optimalnosti nelinearnega programiranja kombinirani z Lagrangejevimi množitelji. S Karush-Kuhn-Tuckerjevimi pogoji se zagotovijo zahteve za optimalno rešitev, z Lagrangejevimi množitelji pa se vključijo omejitve optimizacijskega problema. Komercialni računalniški programi so NPSOL za SQP, MINOS za RG, programi GRG2, LSGRG, CONOPT za GRG in LANCELOT za AL itd.

2.2 NLP – optimizacijski model PIPEOPT

Za optimizacijo gladke jeklene cevne obloge brez reber smo v skladu z gornjo NLP-formulacijo modelirali optimizacijski model PIPEOPT (PIPE OPTimization). Model smo zapisali v višjem algebrskem modelnem jeziku GAMS (General Algebraic Modelling System) (Brooke, 1988). Model sestavljajo vhodni podatki (skalarji), spremenljivke in namenska funkcija, ki je podvržena sistemu linearnih in nelinearnih enačb in neenačb.

Skalarji, vhodni podatki, so premer cevi D , notranji tlak p_{in} , zunanji tlak p_{ex} na cev, napetost tečenja jekla f_y , dolžina cevne odseka L_{sect} , faktor varnosti na notranji tlak C_{ip} , faktor varnosti na zunanji tlak C_{op} , korozijski dodatek cor itd. Medtem ko smo za zvezne spremenljivke $\mathbf{x}$ definirali debelino stene cevovoda t , obodno normalno napetost σ_N in kritično napetost v steni p_{cr}^i , smo v množico pogojnih neenačb in enačb $\mathbf{h}(\mathbf{x})$ in $\mathbf{g}(\mathbf{x})$ zapisali sistem linearnih in nelinearnih (ne)enačb iz statične analize in dimenzioniranja konstruk-

cije cevovoda v skladu s priporočili C.E.C.T. (C.E.C.T., 1979).

V glavnem ločimo dva merodajna obtežna primera izračuna jeklene konstrukcije cevovoda, obbetoniranega v predoru:

- izračun jeklene obloge na notranji tlak, kjer poleg hidrostatičnega tlaka mirujoče vode upoštevamo še hidrodinamični vpliv prehodnih pojavov (vodni udar), brez upoštevanja zunanjega tlaka na cev,
- izračun jeklene obloge na zunanji tlak podzemne vode (višina terena nad cevjo) pri praznem cevovodu.

2.2.1 Namenska funkcija mase jeklenega cevovoda

Namenska funkcija f definira maso jeklene stene visokotlačnega cevovoda obravnavanega dolžinskega odseka:

$$masa = \pi \cdot t \cdot (2R + t) \cdot \rho \cdot L_{sect} \quad (1)$$

t debelina stene cevovoda
 R notranji radij cevi ($D/2$)
 ρ volumska masa jekla
 L_{sect} dolžina odseka cevovoda

2.2.2 Pogoje enačbe modela dimenzioniranja na notranji tlak

Jeklena cev se ob znatnem notranjem tlaku p_{in} radialno raztegne in nasloni na okoliški beton v predoru. Pri tem beton prejme določeni del obtežbe. Dejansko imamo opravka s sovprežno konstrukcijo, sestavljeno iz treh različnih materialov: jekla, betona in kamenine. Ugotovljeno je, da okoliški beton in kamenina prenašata najmanj 15 do 20 % skupne obtežbe notranjega tlaka, če imamo opravka s trdo in kompaktno kamenino. Ne Evrokod in ne priporočila C.E.C.T. ne predvidevajo prevzema tega dela obtežbe notranjega tlaka na kamenino. K tej problematiki lahko pristopimo tako, da v računski analizi nosilnosti jeklenega cevovoda upoštevamo dvoosno napetostno stanje, s čimer zmanjšamo primerjalne napetosti.

Inženirji pri dimenzioniranju na notranji tlak v predorih vgrajenih cevni lupini večinoma ne upoštevajo dvoosnega napetostnega stanja, ki zmanjša napetost v lupini za 11 %. Notranji tlak ima namreč tendenco jekleno cevno lupino radialno raztegovati, pri čemer bi se prosta cev v vzdolžni smeri skrajšala. To skrajšanje okoliški beton in kamenina preprečita, zato se poleg obodnih nateznih napetosti v steni lupine σ_θ pojavijo še vzdolžne natezne napetosti σ_x zaradi preprečene deformacije (kon-

trakcije). Dvoosnega napetostnega stanja ne smemo računati na mestih, kjer ni hribine (na začetku in koncu cevovoda), in na mestih razpokane kamenine.

Obodna napetost σ_θ v steni cevi se izračuna po formuli:

$$\sigma_\theta = p_{in} \cdot \frac{R}{e} \quad (2)$$

p_{in} vrednost notranjega tlaka

R notranji radij cevi

e debelina stene cevi, zmanjšana za korozijski dodatek cor

Vzdolžna napetost σ_x :

$$\sigma_x = \nu \cdot \sigma_\theta = 0,3 \cdot \sigma_\theta \quad (3)$$

$\nu = 0,3$ Poissonov koeficient

Von Misesova primerjalna napetost v steni cevi pri dvoosnem napetostnem stanju:

$$\begin{aligned} \sigma_{eq} &= \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_\theta^2 - \sigma_x \cdot \sigma_\theta} = \\ &= \sqrt{(0,3 \cdot \sigma_\theta)^2 + \sigma_\theta^2 - (0,3 \cdot \sigma_\theta) \cdot \sigma_\theta} = \\ &= 0,89 \sigma_\theta \end{aligned} \quad (4)$$

Ta napetost, povečana s faktorjem varnosti za notranji tlak C_{ip} , mora biti manjša od napetosti tečenja f_y izbranega materiala jekla:

$$C_{ip} \cdot \sigma_{eq} \leq f_y \quad (5)$$

$$C_{ip} \cdot 0,89 \cdot \sigma_\theta \leq f_y \quad (6)$$

$$C_{ip} \cdot 0,89 \cdot p_{in} \cdot \frac{R}{e} \leq f_y \quad (7)$$

$C_{ip} = 1,50$ faktor varnosti za notranji tlak

Iz česar izračunamo najmanjšo teoretično debelino cevi e :

$$e \geq \frac{0,89 \cdot C_{ip} \cdot p_{in} \cdot R}{f_y} \quad (8)$$

in najmanjšo potrebno debelino cevi t_{min} z upoštevanjem korozijskega dodatka cor :

$$t = e + cor \quad (9)$$

$$t_{min} \geq \frac{0,89 \cdot C_{ip} \cdot p_{in} \cdot R}{f_y} + cor \quad (10)$$

2.2.3 Pogoje enačbe modela dimenzioniranja na zunanji tlak

Jeklena cev je v predoru v vseh radialnih smereh podprta z okoliškim betonom in kamenino, ki tako bistveno povečata stabilnost cevne lupine na zunanji tlak. To sodelovanje okoliškega betona in kamenine moramo upoštevati pri dimenzioniranju cevne lupine (obloge) na zunanji tlak in je zajeto v poglavju 8.4 priporočil C.E.C.T.. Na ta način dobimo precej tanjšo steno cevi. Predstavljamo enačbe odpornosti gladke jeklene cevne obloge brez ojačitve, tj. brez ojačitvenih reber.

Največjo možno obodno napetost v steni cevi σ_N izračunamo z neenačbo A poglavja 8.4.1. priporočil C.E.C.T. tako, da izenačimo levi del neenačbe z desnim delom:

$$12 \cdot \left(\frac{R+e}{e} \right)^2 \cdot \left(\sigma_N + E^* \cdot \frac{j}{R} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_N}{E^*} \right)^{3/2} \leq f_y - \sigma_N \quad (11)$$

$$E^* = E/(1-\nu^2) \quad (12)$$

$$j/R = 1,0 \text{ ‰} = 0,001 \quad (13)$$

R	notranji radij cevi ($D/2$)
t	debelina stene cevovoda
cor	korozijski dodatek (2 mm)
e	za korozijski dodatek zmanjšana debelina stene cevi, teoretična debelina ($e = t - cor$)
E	modul elastičnosti jekla (21000 kN/cm ²)
$\nu = 0,3$	Poissonov koeficient
j/R	prazna vrzel med cevjo in okoliškim betonom (razpokana kamenina)
f_y	napetost tečenja jekla

Izpolnjen mora biti tudi pogoj:

$$\sigma_N \leq \varphi \cdot f_y \quad (14)$$

$\varphi = 0,7$ koeficient najvišje elastične napetosti, zgornja meja Hookove premice

Kritični zunanji tlak sedaj izračunamo z enačbo B-poglavja 8.4.1. priporočil C.E.C.T.:

$$p_{cr}^{-i} = \sigma_N \cdot \frac{e}{R+e} \cdot \left(1 + 0,35 \cdot \frac{R+e}{e} \cdot \frac{f_y - \sigma_N}{E^*} \right)^{-1} \quad (15)$$

Kritični zunanji tlak, ki ga lahko prenese jeklena cevna obloga p_{cr}^i , mora biti večji od projektne vrednosti zunanjega tlaka:

$$p_{cr}^{-i} \geq C_{ep} \cdot p_{ex} \quad (16)$$

$C_{ep} = 1,80$ faktor varnosti za zunanji tlak
 p_{ex} zunanji tlak (vodni tlak v višini terena nad odsekom cevi)

3 • OPTIMIZACIJA VISOKOTLAČNEGA JEKLENEGA CEVOVODA ČHE KOZJAK

V nadaljevanju predstavljamo primer optimizacije jeklene gladke obloge visokotlačnega cevovoda črpalne hidroelektrarne Kozjak pri Mariboru. Bodoča elektrarna ima že izgrajeno akumulacijsko jezero s 3 milijoni m³ vode, načrtovanih pa je bilo več variant jeklenih visokotlačnih cevovodov s tlakom več kot 1000 m vodnega stolpca (100 barov) različnih dolžin, do 2400 m in več. Dve Franci-sovi reverzibilni turbini bi zagotavljali elektriko 2 x 220 MW moči. Strokovnjaki IBE Ljubljana so leta 2011 izdelali idejni projekt elektrarne in izvedli osnovno dimenzioniranje poševnega cevovoda (Močnik, 2011). Za Varianto 1 (prva med več variantami) so npr. načrtovali porabo 12751,98 tone jekla kvalitete S 460. Varianto vertikalnega visokotlačnega cevovoda so načrtovali leta 2012 (Močnik, 2012).

Na Fakulteti za gradbeništvo UM smo v letih 2011–2012 izvedli optimizacijo visokotlačnega cevovoda vseh predvidenih poševnih variant (Kravanja, 2011). Nazadnje smo opravili še optimiranje vertikalne variante cevovoda (Kravanja, 2012). Poleg optimizacije cevovoda smo izdelali navodila za projektante. Za reševanje optimizacijskega problema smo uporabili nelinearno programiranje (NLP) in razvili optimizacijski model PIPEOPT. Optimirali smo maso jeklene stene cevovoda, podvrženo pogojem obtežb, napetosti in deformacij. Ko

je bila v iteracijskem računskem postopku izračunana najmanjša možna masa cevovoda, so bile izračunane tudi vse dimenzije. V članku predstavljamo optimizacijo dveh variant:

- poševni cevovod Varianta 1, tj. cevod z najdaljšo dolžino, in
- vertikalni cevod, tj. cevod z najvišjim zunanjim tlakom.

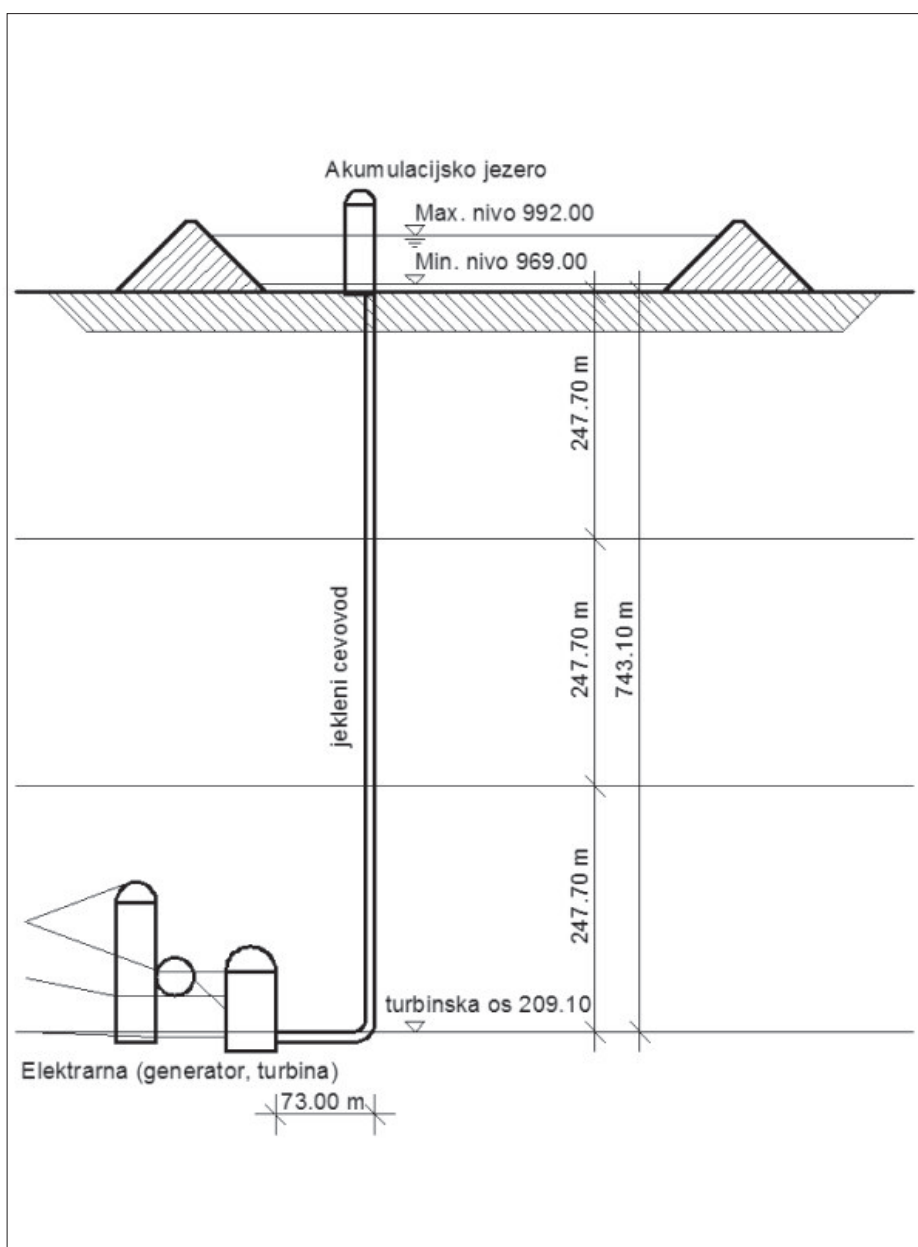
3.1 Optimizacija poševnega visokotlačnega cevovoda Varianta 1

Varianta 1 (z asinhronim generatorjem) ima predvideno dolžino visokotlačnega cevovoda 2471,03 m. Ker naj bi se dva vertikalna odseka dolžin po 67,97 m izdelala iz stene cevi z najmanjšo možno debelino, smo optimirali samo preostalo dolžino cevovoda $L = 2335,09$ m. V izračunu smo upoštevali jeklo visoke trdnosti, drobnozrnate strukture in dobre varivosti, poboljšano jeklo kvalitete S 690Q. Vhodni podatki vsebujejo premere cevi D od 3,90 m do 4,30 m, odsekovne dolžine cevi L_{sekt} od 144,10 m do 619,78 m, korozijski dodatek cor 2 mm, napetost tečenja jekla $f_y = 650$ N/mm², faktor varnosti za notranji vodni tlak $C_{ip} = 1,5$, faktor varnosti za zunanji vodni tlak $C_{ep} = 1,8$, največji notranji vodni tlak $p_{in} = 102,83$ barov (upoštevani je vodni udar 1028,30 m vodnega stolpca) in največji zunanji tlak $p_{ex} = 46,38$ bara.

Izračun optimizacije smo naredili s podprogramom GAMS/CONOPT2 (Druid, 1994), ki računa po metodi reduciranih gradientov. Za 6 različnih cevni odsekov Variante 1 smo definirali 6 različnih računskih modelov in naredili 6 izračunov (preglednica 1). Za vsak odsek smo v okolju GAMS v optimizacijski model PIPEOPT vstavili vse potrebne vhodne podatke, skalarje, in definirali začetne vrednosti spremenljivk ter njihove spodnje in zgornje meje (bližje ko definiramo začetne vrednosti spremenljivk k njihovim optimalnim vrednostim, hitreje bo program konvergiral). Zatem smo pognali program CONOPT2, ki je naredil izračun – nelinearno programiranje posameznega cevne odseka. Model PIPEOPT ni obsežen in obsega le 200 vrstic, 14 skalarjev (vhodni podatki), 6 pogojnih (ne)enačb, namensko funkcijo, 16 (ne)enačb mej spremenljivk in 2 ukazna stavka. Računski čas optimizacije je zato kratek. Na primer: za izračun odseka dolžine 363,66 m, kjer je bila izračunana največja debelina stene cevovoda, je program CONOPT2 potreboval 5 glavnih iteracij in manj kot 1 sekundo računskega časa. Delovni čas, ki vključuje vnos podatkov in interpretacijo rezultatov, je znašal 10 minut. Skupni delovni čas izračuna celotnega cevovoda Variante 1 je tako znašal samo 1 uro. Optimalni rezultat predstavlja najmanjšo izračunano možno maso jeklenega visokotlačnega cevovoda 9967,40 tone. Dobljene so tudi bile potrebne debeline jeklene stene t : od 20 mm do 63 mm (preglednica 1).

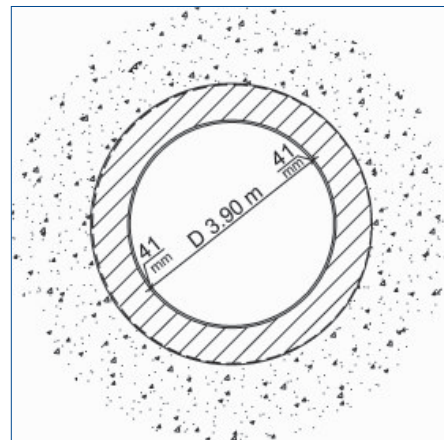
x (m)	p_{in} (m)	p_{ex} (m)	D (m)	t (mm)	L_{sect} (m)	ΣG (kg)
0,00	1028,30	150,00	3,90	41	144,10	574 214
108,15	926,19	200,00	3,90	37	356,87	1 282 025
465,00	885,62	348,53	3,90	50	465,02	2 264 948
930,00	832,76	463,88	4,10	63	363,66	2 352 133
1205,00	589,65	369,28	4,10	55	385,66	2 173 490
1480,00	293,91	42,06	4,30	20	619,78	1 320 598
Total:					2335,09	9 967 408

Preglednica 1 • Optimirana masa visokotlačnega cevovoda Kozjak, Varianta 1



Slika 3 • Vertikalna varianta visokotlačnega cevovoda ČHE Kozjak

Namesto najprej načrtovanih 12751,98 tone jekla S 460 smo z uporabo optimizacijske tehnike nelinearnega programiranja in jekla visoke trdnosti S 690Q izračunali maso 9967,41 tone, kar je 22 % prihranka mase cevovoda.



Slika 2 • Prerez skozi spodnji cevni odsek cevovoda ČHE Kozjak, Varianta 1

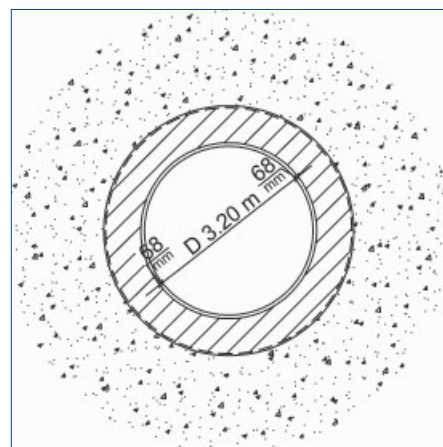
3.2 Optimizacija vertikalnega cevovoda

Vertikalni visokotlačni cevovod je projektiran kot varianta cevovoda v dolžini 784,06 m iz jekla S690Q (slika 3). Vhodni podatki za optimizacijski model PIPEOPT vsebujejo premere cevi D od 3,20 m do 4,00 m, odsekovne dolžine cevi L_{sect} od 9,00 m do 81,00 m, korozijski dodatek cor 2 mm, napetost tečenja jekla $f_y = 650 \text{ N/mm}^2$, faktor varnosti za notranji vodni tlak $C_{ip} = 1,5$, faktor varnosti za zunanji vodni tlak $C_{ep} = 1,8$, največji notranji vodni tlak $p_{in} = 94,92$ barov (upoštevane je vodni udar 949,20 m višine vodnega stolpca) in največji zunanji tlak $p_{ex} = 78,29$ bara (782,90 m višine vodnega stolpca).

Optimiranih je bilo 15 različnih cevni odsekov različnih premerov in dolžin (preglednica 2). Optimalni rezultat predstavlja izračunano najmanjšo možno maso visokotlačnega cevovoda 3165,34 tone. Izračunana je bila jeklena stena cevovoda v debelinah od 18 do 65 mm. Za izračun vertikalnega cevovoda smo potrebovali okoli 3 ure delovnega časa.

x (m)	p _{in} (m)	p _{ex} (m)	D (m)	f (mm)	L _{sect} (m)	ΣG (kg)
81,00	883,00	733,90	3,20	65	54,00	282 624
135,00	817,60	679,90		62	54,00	269 332
189,00	752,10	625,90		55	54,00	238 411
243,00	686,70	571,90		54	36,66	158 863
Spodnji del:						1 393 140
279,66	642,20	535,20	3,40	57	54,00	262 414
333,66	576,70	481,20		53	54,00	243 716
387,66	511,30	427,20		48	54,00	220 405
441,66	445,80	373,20		45	54,00	206 450
495,66	380,40	319,20		41	31,70	110 292
Srednji del:						1 043 277
527,36	341,90	287,50	3,60	41	54,00	198 800
581,36	276,50	233,50		36	54,00	174 316
635,36	211,00	179,50		31	54,00	149 899
689,36	145,60	125,50		27	54,00	130 414
743,36	78,10	69,50		21	31,70	59 446
775,06	39,80	37,80	4,00	18	9,00	16 052
Zgornji del:						728 927
Visokotlačni cevovod skupaj:						3 165 344

Preglednica 2 • Optimirana masa vertikalnega visokotlačnega cevovoda ČHE Kozjak



Slika 4 • Prerez skozi spodnji cevni odsek vertikalne variante cevovoda ČHE Kozjak

4 • ZAKLJUČEK

Članek opisuje optimizacijo gladke stene jeklenega visokotlačnega cevovoda, vgrajenega v izvrtani predor v hribino. Cevovod obravnavamo kot cevno jekleno oblogo brez sodelovanja hribine in okoliškega betona ter je dimenzioniran kot samonosilna jeklena cilindrična lupina brez ojačitvenih reber. Optimizacijo opravljamo z nelinearnim programiranjem, NLP. Za optimizacijo smo modelirali optimizacijski model PIPEOPT. Model sestavljajo vhodni podatki (skalarji), spremenljivke

in namenska funkcija, ki je podvržena sistemu (ne)linearnih (ne)enačb iz statične analize in dimenzioniranja cevovoda v skladu s priporočili C.E.C.T. Namenska funkcija definira maso jeklene stene cevovoda. Ko z modelom PIPEOPT v iteracijskem računskem postopku izračunamo najmanjšo možno maso cevovoda, so izračunane tudi vse spremenljivke – dimenzije in napetosti.

V zaključku smo predstavili primer optimizacije gladke jeklene obloge visokotlačnega

cevovoda črpalne hidroelektrarne Kozjak. Optimizacijo smo opravili z nelinearnim programiranjem, NLP. Za steno cevovoda smo predvideli poboljšano jeklo visoke trdnosti S 690Q. Prikazali smo optimizacijo mase dveh variant cevovodov: poševnega cevovoda Varianta 1, ki ima najdaljšo dolžino, in vertikalnega cevovoda, ki je obremenjen z najvišjim zunanjim tlakom. Na praktičnem primeru visokotlačnega cevovoda ČHE Kozjak smo dokazali, da je z uporabo modernih optimizacijskih metod in jekel visoke trdnosti mogoče izdelati lažje in cenejše konstrukcije jeklenih cevovodov.

5 • LITERATURA

- Abadie, J., Carpenter, J., Generalization of the Wolfe reduced gradient method to the case of nonlinear constraints. In: Fletcher, R. (ur.) Optimization, New York: Academic Press, str. 37–47, 1969.
- Amstutz, E., Das Einbeulen von Schacht- und Stollenpanzerungen, Schweizerische Bauzeitung, 68, 9, str. 102, 1950.
- Brooke, A., Kendrick, D., Meeraus, A., GAMS - A User's Guide, Scientific Press, Redwood City, CA, 1988.
- C.E.C.T., Recommendations for the design, manufacture and erection of steel penstocks of welded construction for hydro electric installations, European Committee for boilermaking and kindred steel structures, Prepared by the »Penstock« Section, 1979.
- Drudd, A. S., CONOPT, A Large-Scale GRG Code. ORSA Journal on Computing, 6 (2), pp. 207–216, 1994.
- EN 1993-1-6:2007, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures, 2007.
- EN 1993-4-3:2001, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 4-3: Pipelines, 2001.
- Hestenes, M. R., Multiplier and gradient methods. J. Optim. Theory Appl. 4, str. 303–320, 1969.
- Horikawa, K., Watanabe, N., Application of Extra-High Tensile Strength Steel for Hydropower Plants in Japan, Conference on High Strength Steels for Hydropower Plants, Takasaki, 3-1 do 3-8.
- John, F., Extremum problems with inequalities as subsidiary conditions. Studies and Essays presented to Richard Courant on his 60th birthday, New York: Interscience, str. 187–204, 1948.
- Karush, W., Minima of functions of several variables with inequalities as side conditions, Department of Mathematics, University of Chicago, Chicago, 1939.
- Kollbrunner, C. F., Milosavljević, S., Beitrag zur Berechnung von auf Au endruck beanspruchten kreiszylindrischen Rohren, Verlag Leemann Zürich, 1956.
- Kravanja, S., Faith, Š., Rztresen, J., Zelenko, B., Bedenik, B., Visokotlačni cevovod, jeklena obloga in razdelilnik za hidroelektrarno Chiew Larn na Tajskem. Gradbeni vestnik, ISSN 0017-2774, 1988, let. 37, št. 4/5/6, str. 86–90.
- Kravanja, S., The optimization of penstock with the recommendations for the design of steel liner and the collaboration of the rock, The recommendations for the dimensioning and optimization of steel penstock, (Optimizacija cevovoda z izhodišči za načrtovanje jeklene obloge in sodelovanja hribine, Izhodišča za dimenzioniranje in optimizacijo jeklenega cevovoda), Kozjak PSP, Faculty of Civil Engineering, University of Maribor, 2011.
- Kravanja, S., The optimization of penstock with the recommendations for the design of steel liner and the collaboration of the rock, Variant the Vertical penstock, The recommendations for the dimensioning and optimization of steel penstock, (Optimizacija cevovoda z izhodišči za načrtovanje jeklene obloge in sodelovanja hribine, Varianta vertikalni cevovod – kaverna, Izhodišča za dimenzioniranje in optimizacijo jeklenega cevovoda), Kozjak PSP, Faculty of Civil Engineering, University of Maribor, 2012.
- Kuhn, H.W., Tucker, A. W., Nonlinear programming. In: Neyman, J. (ur.) Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley: University of California Press, str. 481–492, 1951.
- Miki, C., Development of high strength and high performance steels and their use in bridge structures, International Seminar on Long Span Bridge Aerodynamics Perspective ISBAP`98, Kobe, Japonska, 1998.
- Močnik, I., Kimovec, J., Penstock dimensioning, 3. civil construction design, Penstock, Kozjak PSP, IBE Ljubljana, 2011.
- Močnik, I., Technical Report, 3. civil construction design, 3/18 Penstock – cavern type, Kozjak PSP, IBE Ljubljana, 2012.
- Powell, M. J. D., A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations. In: Proceedings 1977 Dundee Conference on Numerical Analysis, Lecture Notes in Mathematics. Berlin: Springer-Verlag, 1978.
- Powell, M. J. D., A method for nonlinear constraints in minimization problems. In: Fletcher, R. (ur.) Optimization, New York: Academic Press, str. 238–298, 1969.
- Schmit, L. A., Structural Design by Systematic Synthesis, Proceedings of 2nd Conference on Electronic Computation, ASCE, New York, str. 105–122, 1960.
- Timoshenko, S., Theory of plates and shells, McGraw-Hill, New York, London, 1940.
- Wolfe, P., Methods of nonlinear programming. In: Abadie J. (ur.) Nonlinear Programming, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, str. 97–131, 1967.

3. RAZVOJNA OS – KAKO NADOKNADITI IZGUBLJENI ČAS MED LETOMA 2010 IN 2015?

UVOD

DCM, društvo za ceste severovzhodne Slovenije, je pod pokroviteljstvom ministrstva za infrastrukturo, v sodelovanju z Občino Prevalje, Inženirsko zbornico Slovenije, GZS, Območno zbornico Koroške, Regionalno razvojno agencijo Koroške in DRC, družbo za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 15. oktobra 2015 v Prevaljah organiziralo enodnevni strokovni posvet z naslovom 3. RAZVOJNA OS – KAKO NADOKNADITI IZGUBLJENI ČAS MED LETOMA 2010 IN 2015?

Pred letošnjim, že petim posvetovanjem o 3. razvojni osi so bila posvetovanja v Mariboru 2006., v Slovenj Gradcu 2007., v Velenju 2009. in na Otočcu 2011.

5. POSVET O TRETJI RAZVOJNI OSI

3. razvojna os je pomemben vseslovenski projekt, ki je v zadnjih petih letih doživel padec intenzivnosti, še več: porajati so se začeli določeni dvomi o upravičenosti realizacije. Kljub vsemu sta bili v tem času sprejeti dve uredbi o državnem prostorskem načrtu za en odsek v južnem delu in za drugi odsek v severnem delu. Namen posvetovanja je bil osvetliti dogajanja v zadnjih letih in poiskati odgovore na odprta vprašanja, z namenom podati nov impulz realizaciji projekta.

Predstavljeni so bili naslednji prispevki:

– **Učinkovito prometno ogrožje kot pogoj nacionalne varnosti Slovenije** – prof. mag.

Peter Gabrijelčič, Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani

- **Zlato pravilo vlaganja v investicije** – Slovenko Henigman, Gospodarska zbornica Slovenije
- **Celovit pregled nad dosedanje realizacijo projekta 3. razvojne osi na Koroškem in kako naprej** – Uroš Rozman, Regionalna regijska razvojna agencija za Koroško
- **Strategija razvoja prometa v republiki Sloveniji** – mag. Matjaž Vrčko, Ministrstvo Republike Slovenije za infrastrukturo
- **Celovita prometna študija Republike Slovenije s poudarkom na 3. razvojni osi** – mag. Gregor Pretnar, PNZ, d. o. o.
- **Dosedanji potek aktivnosti pri umeščanju trase 3. razvojne osi v prostor** – Barbara Radovan, Ministrstvo Republike Slovenije za okolje in prostor
- **Nova vloga DARS-a pri realizaciji projekta 3. razvojne osi** – Janez Kušnik, DARS
- **Predvideni ukrepi na državnem cestnem omrežju na območju 3. razvojne osi** – Tomaž Willenpart, Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo
- **Statistični pogled na 3. razvojno os skozi oči policije** – mag. Elvis A. Herbay, Policijska uprava Celje

Posveta se je udeležilo več kot 100 udeležencev iz različnih podjetij in ustanov, med njimi so bili tudi poslanci državnega zbora, župani občin s sodelavci, ki gravitirajo na 3. razvojno

os, gostje iz Avstrije in študenti Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru. Peto posvetovanje na temo 3. razvojne osi je bilo izredno strokovno in je prineslo – ob odličnem vodenju g. Slavka Bobovnika – pravi vpogled na dosedanje delo in okoliščine razvoja projekta. S prispevki in z diskusijo med udeleženci in govorniki so bili identificirani naslednji razlogi za zastoj pri realizaciji projekta:

- a) politična neenotnost na državnem in lokalnem nivoju,
- b) nedorečena izhodišča za načrtovanje novih infrastrukturnih projektov,
- c) nedorečen sistem cestninjenja,
- d) nedorečen sistem financiranja,
- e) razdeljenost pristojnosti med več investitorji,
- f) nenehne spremembe zakonodaje pri urejanju prostora,
- g) gospodarska kriza,
- h) neustrezno in neenotno informiranje javnosti o stališčih države o poteku in realizaciji projekta.

ZAKLJUČKI POSVETA

Iz vseh prispevkov in konstruktivne razprave, v katero so bili vključeni sodelujoči strokovnjaki, lokalna skupnost, civilna iniciativa ter predstavniki državnih organov in institucij, so bili sprejeti naslednji zaključki:

1. Izgubljenega časa v obdobju zadnjih pet let ni mogoče nadoknaditi, je pa mogoče





projekt nadaljevati in odpraviti okoliščine, ki so povzročile zastoj pri realizaciji projekta 3. razvojne osi.

2. Zastoj oziroma ustavitve postopkov umeščanja v prostor je treba pri pristojnih organih/ministrstvih nemudoma odpraviti in omogočiti dokončanje postopkov s sprejemom ustreznih prostorskih aktov. Hkrati je treba nadaljevati aktivnosti pri pripravi gradnje na vseh odsekih, kjer so trase s sprejetjem DPN že umeščene v prostor.
3. Dejstvo je, da se je 3. razvojna os v strateških dokumentih prvič pojavila v letu 1974 in bila dokončno identificirana v Strategiji prostorskega razvoja Republike Slovenije v letu 2004. Napačna sporočilnost države je, da se v dokumentu, kot je Strategija razvoja Republike Slovenije 2014–2020, ne upošteva nesporne pomembnosti ureditve primernejše prometne dostopnosti obrobij Slovenije (Koroška in Bela krajina) do avtocestnega omrežja za uravnotežen demografski in gospodarski razvoj Republike Slovenije. Urbanisti so opozorili na »cefranje« obrobij Slovenije in njihove navezave na druga (tuja) okolja in gospodarstva. Zato je jasen zaključek, da pomen 3. razvojne osi ni le posodobljena prometna infrastruktura, temveč ima širši družbenogospodarski pomen.
4. Treba je pripraviti operativni plan razvoja prometne infrastrukture tako, da bo omogočal ustrezen prostorski razvoj za več generacij, hkrati pa izvedljivost glede na ekonomske zmožnosti države in zmožnosti pridobitve investicijskih sredstev. Predlagamo, da se pripravi program etapne in fazne gradnje, ki vpliva na investicijski potencial kot tudi na stopnjo prometne varnosti. Izvede naj se preveritev možnosti javno-zasebnega partnerstva in preveri poslovni model DARS-a na način statusnega javno-zasebnega partnerstva z zainteresiranim strateškim partnerjem, kar bi pospešilo razvoj prometne infrastrukture v državi in s sinergijskimi učinki prispevalo k širšemu družbenemu razvoju.
5. Hkrati z načrtovanjem in izvajanjem nove infrastrukture mora država poskrbeti za povečanje stopnje prometne varnosti na obstoječi infrastrukturi, kar pa na nekaterih delih brez nove infrastrukture ni več mogoče.
6. Lokalne skupnosti in regije morajo pripraviti jasna in nedvoumna stališča o potrebah razvoja, saj brez enotnih stališč ni možno zaključiti postopkov prostorskega umeščanja infrastrukturnih objektov. Lokal-



na skupnost mora biti enovito organizirana in vodena, saj lahko le tako zagotovi ustrezen dialog s pristojnimi resorji.

7. Država mora čim prej sprejeti stališče do načina cestninjenja na 3. razvojni osi, saj tudi to vpliva na projektne rešitve.
8. Vzpostaviti je treba stabilno organizacijsko strukturo za vodenje investicij, ki ne more

biti znotraj ministrstva (npr. DARS z ustreznimi pooblastili in odgovornostjo do tovrstnih investicij).

9. Država mora zagotoviti neprestano sodelovanje in informiranje Avstrije, Hrvaške in evropskih institucij o tem projektu, saj se je izkazalo, da potrebne izmenjave informacij ni.

10. Zagotoviti je treba čim bolj konstantno financiranje in planiranje infrastrukturnih projektov, saj velika nihanja navzgor kot tudi navzdol pomenijo velik problem in tveganja za domače gospodarstvo. Podpiramo prizadevanja ministrstva z infrastrukturo, da se uvede cestninski ali bencinski cent z začetkom zbiranja 1. januarja 2016. Zbrani denar, ki ga državljani plačujemo pri registraciji motornih vozil kot nadomestilo za uporabo cest, se mora takoj vrniti k svojemu namenu in zagotoviti stabilno financiranje vzdrževanja javnih cest.

Zaključki so bili posredovani vsem udeležencem in odločevalcem. Za posameznike, institucije, družbe in strokovno javnost smo na spletno stran društva <http://www.dcm-svs.si/> v povezavi s predstavljenim posvetovanjem namestili zbornik posvetovanja z referati, zaključke posvetovanja, PP-predstavitve posameznih avtorjev, seznam pokroviteljev in nekaj fotografij.

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2016

S E M I N A R	I Z P I T	
	Osnovni in dopolnilni	Revidiranje
1.–3. 2. 2016	23. 3. 2016 (po potrebi še 22. 3.)	22. 3. 2016
4.–6. 4. 2016	25. 5. 2016 (po potrebi še 24. 5.)	24. 5. 2016
10.–12. 10. 2016	30. 11. 2016 (po potrebi še 29. 11.)	26. 10. 2016

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana;**

Telefon: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199;

e-naslov: gradb.zveza@siol.net; gradbeni.vestnik@siol.net.

Uradne ure:

od ponedeljka do četrтка od 9.00 do 14.00 ure; v petek NI URADNIH UR za stranke!

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
2. odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
3. odgovorno vodenje posameznih del
4. Investicijski procesi in vodenje projektov (za kandidate, ki opravljajo dopolnilni strokovni izpit; predavanje se odvija v okviru rednih seminarjev).
5. Kandidati lahko poslušajo posamezna predavanja v okviru rednih seminarjev.

(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS - MSG:

<http://www.izs.si>, v rubriki »Strokovni izpiti«)

Cena za udeležbo na seminarju (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih pod 1., 2. in 3. točko znaša 623,22 EUR z DDV, pod 4. točko pa 89,10 EUR z DDV. Cena za obisk posameznega predavanja (točka 5) je 89,10 EUR z DDV.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni račun ZDGITS: **SI56 0201 7001 5398 955**.

Prijavo je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje 14 dni pred pričetkom seminarja! Prijavni obrazec je mogoče dobiti na spletni strani ZDGITS (<http://www.zveza-dgits.si>).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 25).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije o strokovnih izpiti in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS <http://www.izs.si>, po telefonu (01) 547-33-19 (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 10.00 do 12.00 ure; v torek od 14.00 do 16.00 ure) ali osebno na sedežu IZS (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 8.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).

VSEBINA LETNIKA 64/2015

Članki - Papers

Bojc, I., Štrukelj, A., ZNAČILNOSTI GRADNJE MOSTOV NA OBSTOJEČEM ŽELEZNIŠKEM OMREŽJU, CHARACTERISTICS OF BRIDGE CONSTRUCTION ON EXISTING RAILWAY NETWORK, september, stran 202.

Cipot, G., Markelj, V., RIBJA BRV ČEZ LJUBLJANICO MED RIBJIM TRGOM IN GERBERJEVIM STOPNIŠČEM V LJUBLJANI, »RIBJA BRV« FOOTBRIDGE OVER LJUBLJANICA BETWEEN RIBJI TRG SQUARE AND GERBER STAIRCASE IN LJUBLJANA, marec, stran 59.

Čermelj, B., Sinur, F., Može, P., Beg, D., CIKLIČNO OBNAŠANJE VARJENIH OJAČANIH SPOJEV PREČKA-STEGER, EKSPERIMENTALNI TESTI, CYCLIC BEHAVIOUR OF WELDED STIFFENED BEAM-TO-COLUMN JOINTS, EXPERIMENTAL TESTS, maj, stran 114.

Dolšak, D., Bezak, N., Šraj, M., POMEMBOST POZNAVANJA ČASOVNE PORAZDELITVE PADAVIN ZNOTRAJ PADAVINSKEGA DOGODKA V VODARSKI PRAKSI, IMPORTANCE OF KNOWING TEMPORAL DISTRIBUTION OF PRECIPITATION WITHIN PRECIPITATION EVENT IN WATER ENGINEERING, oktober, stran 231.

Huč, S., Rozman, M., Kolšek, J., Hozjan, T., PERFORMANČNI NAČIN PROJEKTIRANJA POŽARNE ODPORNOSTI LEPLJENEGA LESENEGA NOSILCA – 1. DEL: MODELIRANJE RAZVOJA POŽARA V RAČUNALNIŠKEM PROGRAMU FDS, PERFORMANCE-BASED APPROACH TO FIRE SAFETY DESIGN OF GLULAM BEAM – PART 1: MODELLING THE DEVELOPMENT OF FIRE WITH THE FDS SOFTWARE, april, stran 91.

Istenič Starčič, A., Ogrič, N., Turk, Ž., POGLED NA ŠTUDIJSKI PROCES SKOZI ANALIZO PRAKTIČNEGA USPOSABLJANJA, VIEW ON LEARNING PROCESS BY ANALYSING PRACTICAL TRAINING, november, stran 254.

Jazbec, A., Klemenčič, M., Medved, T., Unuk, Ž., Urbanč, M., Kravanja, S., NAGRAJENI JEKLENI MOST ŠTUDENTOV FG IZ MARIBORA NA MEDNARODNEM TEKMOVANJU DECO 2014 V CARIGRADU, AWARD-WINNING STEEL BRIDGE MADE BY STUDENTS FROM THE FG MARIBOR AT THE INTERNATIONAL COMPETITION DECO 2014 IN ISTANBUL, januar, stran 13.

Jenko, M., Dovjak, M., Kunič, R., POMEN VSEBOVANE ENERGIJE V IZBRANIH GRADBENIH PROIZVODIH ZA IZREDNO UČINKOVITE TO-

PLOTNE OVOJE STAVB, IMPORTANCE OF EMBODIED ENERGY IN SELECTED CONSTRUCTIONAL PRODUCTS FOR HIGHLY EFFICIENT THERMAL ENVELOPES, junij, stran 145.

Kolbl, S., Panjan, J., PRIMERJAVA PREZRAČEVALNIH SISTEMOV NA KČN IN NJIHOVA UČINKOVITOST PRI PORABI ENERGIJE, COMPARISON OF WASTEWATER TREATMENT PLANT AERATION SYSTEMS AND THEIR ENERGY USAGE EFFICIENCY, november, stran 246.

Kravanja, S., OPTIMIZACIJA JEKLENE GLADKE STENSKE OBLOGE VISOKOTLAČNEGA CEVODODA, OPTIMIZATION OF STEEL LINER FOR HIGH-PRESSURE PENSTOCK, december, stran 280

Kukec, A., Krainer, A., Dovjak, M., MOŽNI NEGATIVNI VPLIVI PREKOMERNE VLAŽNOSTI NOTRANJEGA OKOLJA V STAVBAH NA ZDRAVJE UPORABNIKOV, POSSIBLE ADVERSE EFFECTS OF BUILDING DAMPNESS ON OCCUPANTS' HEALTH, februar, stran 36.

Kušar, M., Šelih, J., VPLIV PRISOTNOSTI VODE NA PROPADANJE ARMIRANOBETONSKIH MOSTOV, INFLUENCE OF WATER ON DETERIORATION OF REINFORCED BRIDGES, december, stran 272

Malovrh Rebec, K., Klanjšek Gunde, M., Knez, F., INTEGRALNI OPIS SVETIL IN SVETLOBNIH VIROV, INTEGRAL LIGHTING PARAMETRIZATION, februar, stran 47.

Pečenko, R., Huč, S., Hozjan, T., PERFORMANČNI NAČIN PROJEKTIRANJA POŽARNE ODPORNOSTI LEPLJENEGA LESENEGA NOSILCA – 2. DEL: TOPLOTNA IN MEHANSKA ANALIZA, PERFORMANCE – BASED APPROACH TO FIRE SAFETY DESIGN OF GLULAM BEAM – PART 2: THERMAL AND MECHANICAL ANALYSIS, junij, stran 134.

Pirc, J., Turk, G., Žura, M., UPORABA ROBUSTNE STATISTIKE PRI DOLOČEVANJU POTOVALNIH ČASOV NA AVTOCESTAH, USING OF ROBUST STATISTICS FOR TRAVEL TIME ESTIMATION ON HIGHWAYS, september, stran 211.

Rak, G., VKLJUČITEV HIDRAVLICNE ANALIZE ODOČNIH RAZMER PRI NAČRTOVANJU GRADBENIH FAZ, THE INTEGRATION OF THE HYDRAULIC ANALYSIS OF RUNOFF REGIME IN PLANNING OF THE CONSTRUCTION PHASES, marec, stran 70.

Rejec, P., UPORABA MOBILNE APLIKACIJE @MOBILEBOX NA GRADBISČU, USE OF MOBILE AP-

PLICATION @MOBILEBOX AT CONSTRUCTION SITE, april, stran 101.

Rismal, M., VODNA AKUMULACIJA VONARJE JE ŽE 26 LET PRAZNA, RESERVOIR VONARJE HAS BEEN EMPTY FOR 26 YEARS, februar, stran 30.

Rismal, M., IZKUŠNJE PTUJSKE ČISTILNE NAPRAVE – VODNOGOSPODARSKA IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA, EXPERIENCES OF PTUJ WWTP – WATER MANAGEMENT AND ECOLOGICAL PROBLEMS, april, stran 83.

Rismal, M., ALTERNATIVNI MODEL ZA DIMENZIONIRANJE ČISTILNIH NAPRAV, ALTERNATIVE MODEL FOR THE DESIGN OF WASTE WATER TREATMENT PLANT, avgust, stran 189.

Sodnik, J., Kogovšek, B., Mikoš, M., VLAGANJA V VODNO INFRASTRUKTURO V SLOVENIJI IN AVSTRIJI, INVESTMENTS INTO WATER INFRASTRUCTURE IN SLOVENIA AND IN AUSTRIA, januar, stran 3.

Struna, E., Malnar, D., GRADNJA SOVPREŽNE PREKLADNE KONSTRUKCIJE NADVOZA NAD ŽELEZNIŠKO PROGO, CONSTRUCTION OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE OVERPASS DECK OVER RAILWAY, avgust, stran 182.

Treven, A., Bonča, M., Zupan, D., RAČUNSKI MODELI ZA MEHANSKO ANALIZO DALJNOVODNIH VODNIKOV, COMPUTATIONAL MODELS FOR MECHANICAL ANALYSIS OF CONDUCTORS FOR OVERHEAD LINES, julij, stran 169.

Vukobratović, V., Fajfar, P., ETAŽNI SPEKTRI POSPEŠKOV ZA POTRESNO PROJEKTIRANJE IN OCENJEVANJE OPREME STAVB, FLOOR ACCELERATION SPECTRA FOR SEISMIC DESIGN AND ASSESSMENT OF EQUIPMENT IN BUILDINGS, julij, stran 158.

Zgonc, B., INTEROPERABILNOST ŽELEZNIŠKEGA SISTEMA IN ODPRTA VPRAŠANJA PRI NJENEM UVAJANJU, INTEROPERABILITY OF RAILWAY SYSTEM AND OPEN QUESTIONS IN ITS IMPLEMENTATION, oktober, stran 222.

Žižmond, J., Dolšek, M., PROJEKTNI POSPEŠEK TAL Z UPOŠTEVANJEM CILJNE VERJETNOSTI PORUŠITVE, DESIGN GROUND ACCELERATION BY CONSIDERING TARGET COLLAPSE RISK, maj, stran 123.

Voščilo

Kryžanowski, A., VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS, december, stran 266

In memoriam

Bole, D., Di Batista, M., Kobal, R., Prah, L., Milan Brečko, inž. grad., 1947-2014, januar, stran 2.

Legat, A., Šušteršič, J., Jaš Žnidarič, univ. dipl. inž. grad., 1931-2014, marec, stran 58.

Nagrajeni gradbeniki

NAGRADE REPUBLIKE SLOVENIJE 2015, december, stran 267

NAGRADE INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE 2015, december, stran 269

Jubilej

Panjan, J., Prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad., 85-letnik, april, stran 82.

Nova knjiga

Di Batista, M., Slovenski avtocestni križ, Med vrhovi in brezni, januar, stran 22.

Terminološki kotichek

Brunčič, A., Kuhta, M., Zaščitni ali krovni?, januar, stran 27.

Kuhta, M., Brunčič, A., Člen(sk)i in členk(ast)i, oktober, stran 239.

Poročila s strokovnih in znanstvenih srečanj

Godec, A., Stergar, B., Projekti in razvoj slovenske železniške infrastrukture, marec, stran 79.

Juvan, S., 25. Mišičev vodarski dan 2014, maj, stran 3 ovitka.

Lopatič, J., 36. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, april, stran 111.

Ravnikar Turk, M., Jovičič, V., 15. Šukljjetovi dnevi, februar, stran 55.

Stergar, B., 3. razvojna os – kako nadoknaditi izgubljeni čas med letoma 2010 in 2015?, december, stran 287

Štandeker, K., Mednarodna konferenca Moving beyond risks: Organizing for resilience, november, stran 261.

Dejavnost DGIT

Preskar, J., Širjenje znanja v DGIT Novo mesto, julij, stran 178.

Dejavnost strokovnih združenj

Slivnik, L., Združenje The construction history society, junij, stran 155.

Obvestila ZDGITS

Vabilo na skupščino, april, stran 110.

Poročilo s skupščine, avgust, stran 198.

Pripravljalni seminar za strokovne izpite, avgust, stran 200.

Pripravljalni seminarji in izpitni roki za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2016, december, stran 290

Razpis

Razpis nagrad IZS, julij, stran 179.

Vabilo

26. Mišičev vodarski dan 2015, november, stran 264.

Vsebina letnika 64/2015

december, stran 291

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

Novi diplomanti

Okorn, E., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 3 ovitka; april, stran 3 ovi-

ka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 180 in stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; oktober, strani 242, 243, 244 in stran 3 ovitka; november, stran 3 ovitka; december, stran 3 ovitka.

Koledar prireditev

Okorn, E., januar, stran 4 ovitka; februar, stran 4 ovitka; marec, stran 4 ovitka; april, stran 4 ovitka; maj, stran 4 ovitka; junij, stran 4 ovitka; julij, stran 4 ovitka; avgust, stran 4 ovitka; september, stran 4 ovitka; oktober, stran 4 ovitka; november, stran 4 ovitka; december, stran 4 ovitka.

Naslovnice

Arhiv Gasilske brigade Ljubljana, Pogorišče hladilnice Mercator v Zalogu, september.

Arhiv HESS, Gradbišče HE Brežice, avgust.

Arhiv Snaga, Javno podjetje d.o.o. Ljubljana, Regijski center za ravnanje z odpadki Ljubljana, julij.

Dominko, D., Nadvoz Hajdina nad železniško progo Pragersko - Ptuj, februar.

Dominko, D., Podvoz Stražgonjca na železniški progi Pragersko - Hodoš, april.

Duhovnik, J., Protiploplavna ureditev Meže na Ravnah na Koroškem, junij.

Klemenčič, D., Podvoz Jablane na železniški progi Pragersko - Hodoš, marec.

Koren, P., Podvoz na progi Šentjur - Poljčane, november.

Kuhta, M., Podvoz Grlava na železniški progi Pragersko-Hodoš, januar.

Mlakar, R., Nadvoz preko železnice v Hajdini, oktober.

Štok, E., Arena za hokej v Astani, Kazahstan, december.

Validum, d.o.o., Gradbišče Centralne čistilne naprave Nova Gorica, maj.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

POPRAVEK: V novembrski številki Gradbenega vestnika so bili objavljeni napačni podatki, pri čemer so bili zamenjani priimki diplomantov. Pravilni podatki so:

VISOKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Marjan Bradica, Optimizacija izbire in koordinacije podizvajalcev z modelno-lokacijskimi metodami, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek
Miran Osterman, Analiza toplotne bilance pred in po energetski obnovi OŠ Fara, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

Robert Klemenčič, Vakuumsko okno in problem anodno varjene-ga gibljivega roba, mentor doc. dr. Mitja Košir

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNAL- NEGA INŽENIRSTVA

Natalija Rupreht, Prehajanje rib v ribji stezi na Ambroževem trgu, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor mag. Andrej Vidmar

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Jelka Helena Kodre, Geotehnične analize kasete za odlaganje ba-granega materiala v Luki Koper, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor asist. mag. Sebastijan Kuder

Klemen Petrovič, Ogliščni odtis produktov in sestavljenih konstrukcijskih sklopov, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Rok Rojko, Optimizacija tehnologij mehanske obdelave odpadkov v Cero Ajdovščina, mentor doc. dr. Darko Drev

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Blaž Hren, Ureditve manjših vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture, mentor doc. dr. Simon Rusjan, somentor viš. pred. mag. Jošt Sodnik

DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Nuša Lazar Sinkovič, Projektiranje armiranobetonskih okvirnih stavb na osnovi potresnega tveganja in poenostavljenih nelinearnih modelov, mentor izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Kristjan Svetina, Izdelava računalniškega programa za izračun difuzije vodne pare po standardu SIST EN ISO 13788, mentor doc. dr. Mitja Košir

Nejc Avguštin, Primerjava energetskih bilanc javnih stavb, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentor doc. dr. Mitja Košir

Miha Oblak, Načrtovanje stavb z zmanjšanim vplivom na okolje, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentor doc. dr. Roman Kunič

I. STOPNJA - VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Marko Prša, Prosta in odprtokodna programska oprema v gradbeništvu, mentor doc. dr. Matevž Dolenc

Nuša Mernik, Izdelava energetske izkaznice za tri enostanovanjske stavbe iz treh različnih časovnih obdobij, mentor doc. dr. Mitja Košir

Anton Hočevnar, Uporaba virtualne resničnosti v gradbeništvu, mentor doc. dr. Matevž Dolenc

Silva Dolenc, Analiza projekta sanacije plazov v Dašnici, mentorica izr. prof. dr. Jana Šelih, somentor izr. prof. dr. Janko Logar

II. STOPNJA - MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Jan Hlastec, Obnašanje tlačno obremenjenih enojno simetričnih jeklenih profilov, mentor doc. dr. Franc Sinur, somentor doc. dr. Primož Može

Primož Zelenec, Prednapeta membranska konstrukcija za prekritje kolesarnice, mentor prof. dr. Boštjan Brank

DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Blaž Zoubek, Vpliv stikov na potresni odziv montažnih armirano-betonskih konstrukcij, mentorica prof. dr. Tatjana Isaković

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

I. STOPNJA - VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Janja Lenart, Primerjava ekonomičnosti pasivne in nič energijske hiše v zidani izvedbi, mentorica doc. dr. Nataša Šuman, somentorica asist. Maja Žigart

Napaka je nastala pri pripravi podatkov na FGG, za kar se prizadevam opravičujemo.

Rubriko ureja • Eva Okorn, gradb.zveza@siol.net

KOLEDAR PRIREDITEV

14.-17.2.2016

Geotechnical and Structural Engineering Congress
Phoenix, Arizona, ZDA
www.geo-structures.org/

7.-11.3.2016

6. mednarodna znanstveno-strokovna konferenca "Gradjevinarstvo – nauka i praksa", GNP 2016
Žabljak, Črna Gora
www.gnp.ac.me

16.-18.3.2016

SBE 16 MALTA – Europe and the Mediterranean: Towards a Sustainable Built Environment
Valletta, Malta
www.sbe16malta.org

30.-31.3.2016

ICTE'16 - International Conference on Traffic Engineering
Praga, Češka
<http://teconference.com/>

5.-7.4.2016

EE & RES 2016 – South-East European Congress & Exhibition on Energy Efficiency and Renewable Energy
Sofija, Bolgarija
<http://viaexpo.com/en/pages/ee-re-congress>

22.-28.4.2016

WTC – World Tunnel Congress
San Francisco, ZDA
www.wtc2016.us/

8.-11.5.2016

**IABSE Conference Guangzhou 2016
Bridges and Structures Sustainability-Seeking Intelligent Solutions**
Guangzhou, Kitajska
www.iabse.org/Guangzhou2016

24.-29.5.2016

1st European and Mediterranean Structural Engineering and Construction Conference
Istanbul, Turčija
www.isec-society.org/EURO_MED_SEC_01/

25.-27.5.2016

3rd International Conference with Exhibition "S.ARCH 2016 – Next Architecture"
Budva, Črna Gora
www.s-arch.net/

9.-10.6.2016

Drugi srpski kongres o putevima
Beograd, Srbija
www.kongresoputevima.rs

22.-24.6.2016

2. CESB16 – Central Europe towards Sustainable Building 2016
Praga, Češka
www.cesb.cz

17.-22.7.2016

35th International Conference on Coastal Engineering
Istanbul, Turčija
<http://icce2016.com/en/>

27.-29.7.2016

3rd International Conference on Structures and Architecture
Guimaraes, Portugalska
www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/

22.-25.8.2016

WCTE – World Conference on Timber Engineering
Dunaj, Avstrija
<http://wcte2016.conf.tuwien.ac.at/home/>

19.-21.9.2016

International Conference on Accelerated Pavement Testing
San Jose, Kostarika
www.apt-conference.com/

21.-23.9.2016

19th IABSE Conference "Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment"
Stockholm, Švedska
www.iabse.org/stockholm2016

5.-6.10.2016

ICABE 2016 – International Conference on Architecture and Built Environment
Kuala Lumpur, Malezija
<https://icabe2016.wordpress.com>

16.-19.10.2016

IALCCE2016 – 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering
Delft, Nizozemska
www.ialcce2016.org

17.-19.10.2016

SBE16-Thessaloniki International Conference "Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale"
Solun, Grčija
<http://sbe16-thessaloniki.gr/>

Rubriko ureja • **Eva Okorn**, ki sprejema predloge
za objavo na e-naslov: gradb.zveza@siol.net