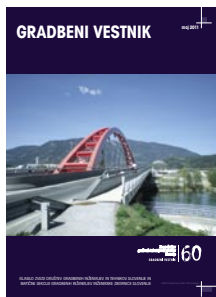




Zveza društev
gradbenih inženirjev in tehnikov
Slovenije
GRADBENI VESTNIK

60



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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, maj 2011, letnik 60, str. 133-156

Izdajatelj:

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

Izdajateljski svet:

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

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

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

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

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

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

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

Jubileji

stran 134

prof. dr. Darko Beg, univ. dipl. inž. grad.

OB 70-LETNICI PROF. DR. JURIJA BANOVCA

stran 135

Marija Rataj, dipl. inž. grad.

mag. Branko Kidrič, univ. dipl. inž. grad.

DRUŠTVO GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV CELJE OD ZAČETKA DELOVANJA DO DANES

Zveza društev
gradbenih inženirjev in tehnikov
Slovenije
GRADBENI VESTNIK

60

Članki • Papers

stran 138

Alexander Lehmden, dipl. ing.

Irena Hošpel, inž. grad.

ENERGETSKO UČINKOVITA GRADNJA Z OPEKO

ENERGY EFFICIENCY IN MASONRY BUILDINGS

stran 143

doc. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.

red. prof. dr. Mirko Pšunder, univ. dipl. inž. grad.

Marko Soršak, univ. dipl. gosp. inž.

OPTIMALNO PLANIRANJE POTI V GRADBENIŠTVU Z REŠEVANJEM PROBLEMA TRGOVSKEGA POTNIKA

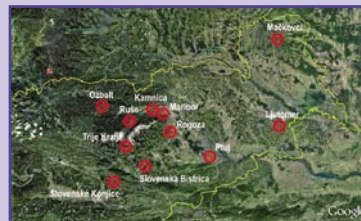
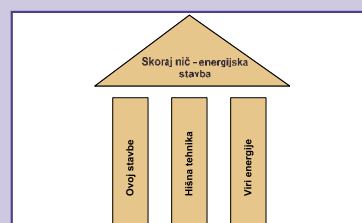
OPTIMAL ROUTE PLANNING IN CIVIL ENGINEERING BY SOLVING TRAVELING SALESMAN PROBLEM

stran 152

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.

ZAŠČITA KMETIJSKIH POVRŠIN IN PITNE PODTALNICE ZASLUŽI VEČJO POZORNOST

PROTECTION OF AGRICULTURE AREAS AND GROUND DRINKING WATER DESERVES MORE ATTENTION



Odmevi

stran 156

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

PRIPOMBE NA ODGOVOR AVTORJA DR. UROŠA KRAJNCA (GV, MAREC 2011)

stran 156

dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.

ODGOVOR AVTORJA NA PRIPOMBE NA ODGOVOR AVTORJA

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Most čez Dravo pri Beljaku, foto J. Duhovnik

JUBILEJ

OB 70-LETNICI PROF. DR. JURIJA BANOVCA



Aprila je svojo 70-letnico praznoval prof. dr. Jurij Banovec, redni profesor UL FGG za področji metalnih konstrukcij in stabilnost konstrukcij, v pokoju.

Rodil se je 28. aprila 1941 v Ljubljani, kjer je obiskoval osnovno šolo in gimnazijo ter leta 1959 maturiral. Istega leta se je vpisal na gradbeni oddelek FAGG, kjer je leta 1965 diplomiral in za svoje diplomsko delo prejel Prešernovo nagrado za študente. Med študijem je dve leti sodeloval kot pomožni asistent pri predmetu Trdnost in pomagal pri izdelavi skript in računskih primerov za ta predmet.

Po opravljeni vojaški obveznosti se je v marcu 1966 zaposlil v raziskovalnem oddelku Inštituta za metalne konstrukcije v Ljubljani, leta 1976 pa je svojo poklicno pot nadaljeval na Katedri za metalne konstrukcije (KMK) Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. V naziv docenta je bil izvoljen leta 1977, v naziv izrednega profesorja leta 1987 in v naziv rednega profesorja leta 1995.

Na FAGG in kasneje na FGG je opravljal številne pomembne funkcije: bil je predstojnik Katedre za metalne konstrukcije, predstojnik Oddelka za gradbeništvo in geodezijo in v obdobju med letoma 1997 in 2001 dekan fakultete.

Vrsto let je aktivno deloval kot član ali predsednik različnih organov takratne Raziskovalne skupnosti Slovenije.

Vsa leta službovanja na FGG je predaval predmeta Metalne konstrukcije II in Stabilnost konstrukcij ter sorodne predmete na podiplomskem študiju. Bil je mentor številnim diplomantom in vrsti magistrantov in doktorandov.

Zaradi za današnje čase precej nenavadnih razmer je podobno kot večina njegovih kolegov profesorjev doktoriral relativno pozno, leta 1986, z doktorsko disertacijo z naslovom Geometrijska in materialna nelinearnost pri ravninskih linijskih konstrukcijah, v kateri so bile med drugim predstavljene teoretične osnove njegovega popularnega računalniškega programa za nelinearno analizo okvirnih konstrukcij NONFRAN.

Prof. Jurij Banovec je v eni osebi združil izjemnega znanstvenika in odličnega inženirja. Pri svojem raziskovalnem delu je vedno imel pred očmi uporabo v inženirski praksi, pri čemer je morala teoretična podlaga vedno ostati trdna. Pri strokovnem delu je rešitve vedno temeljil na svojem bogatem teoretičnem znanju. Bil je med prvimi pri nas, ki je v reševanje strokovnih problemov uvajal nelinearne metode konstrukcijske mehanike.

Na tem mestu navedimo samo nekatere značilne primere reševanja zahtevnih strokovnih nalog: uporaba upogibne teorije plitvih lupin ob upoštevanju ekscentrično priključenih nosilcev pri sanaciji razpokane betonske lupinaste strehe bencinskega servisa na Prešernovi cesti v Ljubljani (1969); račun sidranih antenskih stolpov po teoriji drugega reda (1971 – prvi tak izračun pri nas); uporaba nelinearne analize pri sanaciji cilindričnih posod v Tovarni glinice in aluminija v Mostarju, kjer so med montažo nastopila velika odstopanja od načrtovane geometrije; nostrifikacija tehnične dokumentacije tipskih jeklenih hal Metalno Zenica, ki so bile s pomočjo metode plastičnih členkov sprojektirane s strani angleškega podjetja Sanders & Foster (1973); kontrola stabilnosti nosilne konstrukcije olimpijskega stadiona ZETRA v Sarajevu (1981); nelinearna analiza dolgih jeklenih pilotov v Luki Koper, ki so bili poškodovani zaradi horizontalnega pomika zemljine med gradnjo (1986).

Od raziskovalnih dosežkov omenimo samo nekaj ključnih: originalna analitična rešitev za ploščo, ojačeno z rebri, ki temelji na obnašanju neskončnega traku (1970); računski metoda za analizo paličnih in prednapetih vrstnih konstrukcij na osnovi metode sil (1974); nelinearna analiza linijskih konstrukcij, kjer je uporabil nekaj originalnih rešitev: končni element z dodatnimi prostostnimi stopnjami, mešan variacijski pristop (namesto osne deformacije je osnovna neznanca osna sila), originalna metoda plastičnih členkov, elastoplastična analiza (vključno z Bauschingerjevim efektom in zaostalimi napetostmi), upoštevanje velikih pomikov.

Zelo jasen rezultat teh raziskovalnih aktivnosti je bil prej omenjeni računalniški program za nelinearno analizo ravninskih okvirnih konstrukcij NONFRAN, ki je bil enako dober za raziskovalno in strokovno delo. Kar nekaj raziskovalcev je pri svojih magistrskih in dok-

torskih nalogah uporabilo ta računalniški program kot enega ključnih temeljev (razširitev na prostorske okvire z odprtim tankostenskim prerezom (D. Beg), postopna gradnja betonskih konstrukcij (J. Lopatič), račun časovnega poteka deformacij zaradi krčenja in tečenja betona (F. Saje), račun odziva na časovno spremenljivo požarno obtežbo (S. Srpčič)). Eden najvidnejših prispevkov prof. Jurija Banovca pa je prav gotovo vezan na uporabo programa NONFRAN v strokovni praksi in s tem povezano uvajanje nelinearnih računskih metod v naše projektivne biroje. Po zaslugi prof. Banovca so od začetka osemdesetih let slovenski projektanti, predvsem tisti, ki so se pretežno ukvarjali z jeklenimi konstrukcijami, pri svojem delu uporabljali teorijo drugega reda ob upoštevanju začetnih nepopolnosti – metodo, ki je danes standardizirana v Evrokodu 3, pred tridesetimi leti pa se je v svetovnem merilu uporabljala le izjemoma. Zaradi svoje izjemne strpnosti in pripravljenosti pomagati je prof. Jurij Banovec užival veliko zaupanje sodelavcev. Bil je znan po potrpežljivem razlaganju svojih idej. Če je šlo za znanstvene teme, so bile te razlage vedno podprte z legendarnimi izpeljavami na več listih, razmetanih po mizi, ki pa so po navadi bili označeni z zaporedno številko 1.

Sam sem se z njim in njegovimi izpeljavami srečal že kot študent tretjega letnika, ko se je leta 1976 zaposlil na Katedri za metalne konstrukcije FAGG. Takoj sva se zelo dobro ujela. Štejem si v veliko čast, da je bil moj učitelj in mentor v najširšem možnem pomenu in da je še vedno moj prijatelj. Zadnji semester dodiplomskega študija sem pod njegovim mentorstvom opravil po individualnem raziskovalno naravnem študijskem programu, potem pa je bil moj mentor pri diplomski, magistrski in doktoratu. Veliko raziskovalnih in strokovnih nalog sva opravila skupaj in svoje znanje in izkušnje je vedno na široko razdajal. Zlasti v prvih letih najinega sodelovanja je s svojo neizmerno potrpežljivostjo vedno na primeren način krotil mojo mladostno zaletavost in neučakanost.

Veseli me, da je prof. Jurij Banovec še vedno tak, kot je bil ob odhodu v pokoj: zanimiv sogovornik, v dobri fizični kondiciji in športno dejaven, ter da se rad vrača med nekdanje sodelavce. Sodelavci Katedre za metalne konstrukcije UL FGG mu ob 70-letnici iskreno čestitamo in želimo še mnogo zdravja in zadovoljstva.

prof. dr. Darko Beg
predstojnik Katedre za metalne konstrukcije
UL FGG

DRUŠTVO GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV CELJE OD ZAČETKA DELOVANJA DO DANES

Marija Rataj, dipl. inž. grad.
mag. Branko Kidrič, univ. dipl. inž. grad.

1 • UVOD

Začetki delovanja društva segajo v povojno obdobje, v leto 1946, ko so gradbeni zanese-njaki ustanovili Sekcijo gradbenih inženirjev in tehnikov Celje. V sekciji so delovali gradbeni strokovnjaki, arhitekti in geodeti. Takratni pobudniki so zapisali: »Porušena domovina je glasno klicala na pomoč prav nas gradbince. Zavedali smo se, da nas je na strokovnem področju malo, saj nam je vojna vihra krepko razredčila strokovnjake v gradbenih vrstah. Klicu domovine smo se odzvali z vso resnostjo in se vključevali v strokovno sekcijo, zavedajoč se, da bomo skupaj imeli več uspe-

ha pri razreševanju težkih nalog, ki so bile pred nami.«

Prva izobraževanja so gradbeni strokovnjaki v Celju začeli z organizacijo predavanj in tečajev v zasilnih kletnih prostorih. Udeleženci tečajev so bili bodoči kvalificirani gradbeni delavci. Iz teh tečajev je izšla vrsta dobrih gradbenih delovodij in tehnikov ter bodočih gradbenih inženirjev. Sekcija gradbincev je delovala v sklopu Društva inženirjev in tehnikov Celje, ki je pokrivalo območje celjskega okraja. Po ukinitvi okrajev leta 1965 so ostali v sekciji samo gradbeniki

iz občine Celje, iz drugih občin celjskega okraja naj bi se bili organizirali po občinah. Tako se je nekaj časa prekinila vez med gradbeniki celjskega območja. Zato so leta 1981 ponovno navezali stike z gradbeniki iz sosednjih občin: Šmarje pri Jelšah, Šentjur, Laško in Žalec.

Sekcija je v letu 1946 štela 18 članov. V letih do danes je članstvo naraščalo in upadalo. V letu 2010 je bilo plačanih 115 članarin. Nihanje članstva je povezano tudi z gospodarsko situacijo gradbeništva.

Društvo se je srečalo tudi s prostorsko problematiko, saj je ostalo brez društvenih prostorov in tudi brez dela arhivskega gradiva. Društvo sedaj domuje na sedežu podjetja Remont, d. d., v Celju.

2 • DRUŠTVENA DEJAVNOST

Delo društva se odvija na osnovi letnega programa, ki ga izvršni odbor predlaga in ga potrdi letna skupščina društva.

Cilj dela je stalno spodbujanje in širše spoznavanje novih dosežkov v gradbeništvu. Poudarek je na strokovnih ekskurzijah in predavanjih, ki naj bi pomagale članom k strokovnemu izpopolnjevanju in uveljavljanju strokovnega dela v širšem družbenem življenju.

Stalna naloga vseh članov je spodbujanje v delo čim več gradbenikov celjske regije, tudi če niso neposredno zaposleni v gradbeništvu. Tudi pri vključevanju članov v društva se srečujemo s problemom vključevanja mladih gradbenikov, da bi čutili pripadnost stanovskemu društvu. V letu 2000 so bili v Izvršni odbor društva izvoljeni predstavniki vseh gradbenih podjetij iz celjske regije. Ponovno je bolj zaživel društveno delovanje.

V jeseni 1997 so se predstavniki društva aktivno vključili v delo komisije pri ZDGIT, v reševanje statusa gradbenih tehnikov in njihove diskriminacije, ki je bila sprejeta z

Zakonom o graditvi objektov v jeseni 1996. Zadeva se je preko Ustavnega sodišča in dopolnitvijo ZGO rešila ugodno za gradbene tehnike.

Društvo dobro sodeluje s Srednjo šolo za gradbeništvo v Celju.

Pri delovanju društva se sedaj srečujemo v manjši zainteresiranosti tudi zaradi številnih stečajev gradbenih podjetij in razdrobitvi gradbenih ekip v manjše enote ali celo izgubo delovnih mest. Recesija je zarezala tudi v društveno aktivnost. Zato se sedaj trudimo, da bi bilo delovanje v okviru z društva kar najbolj privlačno in da bi s tem ohranili željo po druženju stanovskih kolegov.

Na pobudo članov društva so bile izdane naslednje strokovne brošure:

- Ureditev voda – osnova za razvoj
- Celju novo kanalizacijo
- Prometno vozlišče Celje in
- Preskrba Celja s pitno in tekočo vodo

Društva so do sedaj vodili naslednji predsedniki: Anton Komel, Pristovšek, Srečko Cvahta,

Lado Levstik, Vinko Javornik, Slavko Kukovec, Henrik Čmak, Lah, Martin Gorišek, Jože Vengust, Leander Litera, Danilo Senič in sedaj Branko Kidrič. Društvo ima svojo spletno stran, s katero želi spodbuditi svoje člane za skupno oblikovanje in informiranost.

Člani društva se s svojim delovanjem vključujejo v delo in razprave Zveze društev inženirjev in tehnikov Slovenije in sodelujejo v raznih strokovnih komisijah. Naši člani so bili tudi člani izdajateljskega sveta Gradbenega vestnika.

Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Celje je prispevalo tudi svoje predstavnike za predsednika ZDGIT Alberta Praprotnika in Marjana Vengusta. Član našega društva je tudi sedanjí predsednik ZDGIT Miro Vrbeč.

ZDGIT Slovenije je podelila častno članstvo tudi naslednjim članom društva: Henriku Čmaku, Ivanu Sovincu, Leandru Literi, Albertu Praprotniku, Martinu Gorišku, Andreju Komelu, Stanetu Petriču, Anici Končnik, Felicijanu Lebanu, Anici Kolenc, Slavku Kukovcu in Jožetu Vengustu.

Za zastavljene sprejete letne programe skrbita dve komisiji:

- komisija za izobraževanje in
- komisija za ekskurzije in družabnost.

3 • AKTIVNOSTI KOMISIJE ZA IZOBRAŽEVANJE

Organizirani so bili naslednji seminarji in predavanja:

- računalništvo v gradbeništvu,
- seminar o novem Pravilniku za armirani beton,
- projektiranje kanalizacije in čistilnih naprav in njihovo vzdrževanje,
- posvet o problematiki prometne ureditve mesta Celja in bližnje okolice,
- praktični primeri v upravnem postopku s področja Zakona o graditvi objektov,
- seminar o Zakonu o javnih naročilih,
- izobraževanje s področja Zakona o graditvi objekta,
- predavanje Uvod v trajno gradbeništvu.

Skupaj s Srednjo šolo za gradbeništvu sta bili organizirani dve okrogli mizi:

- okrogla miza Recesija v gradbeništvu in nove priložnosti in
- okrogla miza treh dekanov, nekdanjih dijakov Srednje šole za gradbeništvu in Celju.



Slika 1 • Okrogla miza treh dekanov, Celje, 16. 4. 2009

4 • KOMISIJA ZA EKSKURZIJE IN DRUŽABNOST

Društvo je organiziralo več strokovnih ekskurzij po Sloveniji in Jugoslaviji in družabna srečanja članov društva. Za družabnost članstva so bili organizirani vsakoletni plesi gradbenikov. Tradicija se je sedaj nekoliko prekinila, se pa družabnost odvija z vsakoletnim srečanjem članov društva ob koncu leta. Sočasno z izvedenimi ekskurzijami se poskrbi še za družabnost, z izvedbo ogleda krajevnega znamenitosti, kulturnega dogodka ali športnega dogodka tega dne. Večkrat so bili skupni ogledi gradbenega sejma v Gornji Radgoni in zagrebškega velesejma. Imeli smo tudi številne predstavitve novih gradbenih proizvodov in strojne opreme.

V letih od 1988 do 2000 so bile organizirane naslednje pomembnejše ekskurzije z ogledi:

- predor Karavanke,
- južna obvoznica Ljubljana,
- avtoceste mimo Blagovica,
- hidroelektrarna Vrhuvo,
- Atomska vas Podčetrtek,
- gradnja objektov v Krapinskih Toplicah,
- ogled Tovarne glinice in aluminija Kidričevo,
- obnovljen grad na Ptuj,

- gradbišče Doma starejših in podvoza v Šentjurju,
- hitra cesta v Mariboru,
- pregrada pri odlagališču odpadnih surovin Cinkarne.

Po letu 2000 so bile naslednje ekskurzije:

- trasa AC Vransko–Blagovica,
- ogled proizvodnje obratov Schiedel v Latkovi vasi in proizvodnje PUV, obrata PGM v Žalcu,
- sanacija mostu preko Savinje,
- izgradnja kanalizacijskega kolektorja GZ O v Celju,
- predor Trojane, ČN Celje,



Slika 2 • Most pod Mangartom, 28. 5. 2009

- viadukt Črni Kal,
- športna dvorana Golovec v Celju, nogometni stadion v Celju in podvoz na Mariborski cesti v Celju,
- čistilni napravi v Šmarju pri Jelšah in v Rogaški Slatini,
- wellness center in hotel v Podčetrtku, hotel in wellness center v Laškem,
- HE Boštanj, Nuklearna elektrarna v Krškem,
- proizvodnja Trimo Trebnje,
- Dom starejših, Steklarna ter podzemna garaža v Rogaški Slatini,
- Dom starejših in nadvoz v Štorah,

- CERO I in II ter toplarna v Celju,
- asfaltna baza in center za ravnanje z odpadnim gradbenim materialom v Veliki Pirešici,
- obnova in povečanje hotela Palace v Portorožu,
- kotlovnica na biomaso ter avto poligon in sončna elektrarna na Vranskem,
- črpalna elektrarna Avče, mostova v Logu pod Mangartom,
- proizvodnja v družbi Mik Celje,
- stadion Stožice, garažna hiša na Kongresnem trgu v Ljubljani,
- več manjših objektov v okolici Celje.

Organizirane so bile tri dvodnevne ekskurzije v druge države:

- prva leta 2001 v Olomouc na Češkem z ogledom starega mestnega jedra, izgradnje avtoceste v tem okrožju in čistilne naprave,
- druga zanimiva ekskurzija je bila ogled proizvodnje v tovarni opeke Wienerberger in proizvodnje plošč Rigips,
- v jeseni 2010 je bila ekskurzija v Beograd, z ogledom gradbišča mostu preko Save, gradnje cerkve sv. Save, razglednega in televizijskega stolpa na Avali in letalskega muzeja na Surčinu.

5 • SKLEP

V svoji bogati tradiciji delovanja je društvo povezovalo različne strokovnjake s področja gradbeništva. Z voljo in energijo so nadgrajevali in združevali svoje znanje in izkušnje, z odprtostjo do novih idej in napredka pa se je rado povezovalo tudi s stanovskimi kolegi iz podobnih združenj.

Ob tej priložnosti se želimo zahvaliti vsem, ki so nas po svojih močeh podpirali. Podjetjem in posameznikom za finančno pomoč, brez katere bi marsikateri projekt težko izpeljali, članom društva za uspešno realizacijo načrtovanih nalog pa tudi za osebni prispevek, kot pečat dobro obiskanih in uspešnih druženj. Verjamemo, da nam tudi v prihodnje ne bo zmanjkalo ambicij in energije, da kot dobri promotorji gradbenega poklica čim več in čim bolj pripomoremo k uveljavitvi in prepoznavnosti te panoge med mladimi.



Slika 2 • Beograd, 17. 9. 2010, na mostu čez Savo

ENERGETSKO UČINKOVITA GRADNJA Z OPEKO

ENERGY EFFICIENCY IN MASONRY BUILDINGS

Alexander Lehmden, dipl. ing.

Wienerberger AG, A-1100 Wien,
alexander.lehmden@wienerberger.com

Irena Hošpel, inž. grad.

Wienerberger Opekarna Ormož, d. d., SI-2270 Ormož,
irena.hospel@wienerberger.com

Strokovni članek

UDK: 693.22:699.86

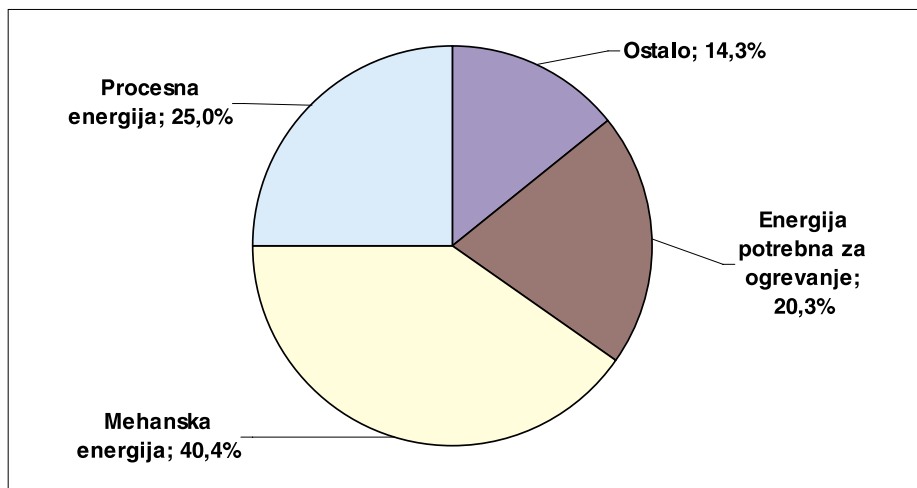
Povzetek | Spremenjena evropska zakonodaja na področju energetske učinkovitosti objektov bo spremenila izhodišča za načrtovanje stavb kot tudi bistvene kriterije za oceno njihove energetske učinkovitosti. V prihodnje bodo ovoj stavbe in ogrevalni sistemi energetske optimirani z vidika potrebe po primarni energiji in emisiji toplogrednih plinov. Sodoben koncept gradnje energetske učinkovitih opečnih hiš že danes izpolnjuje vse kriterije ob sprejemljivih stroških gradnje.

Summary | The recast of the European building directive "Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings" will change the way of designing and evaluating buildings in Europe. In future the building envelope, technical building systems and energy carriers should be harmonized resulting in low Primary energy demand and Greenhouse gas emissions. New house concepts of the brick industry fulfil these requirements already today in an affordable way.

1 • UVOD

V povprečju so zgradbe odgovorne za 40 % celotne porabe energije v Evropski uniji. Samo v Nemčiji je leta 2007 znašal delež toplote za ogrevanje prostorov 26,1 % v končni porabi energije in 20,3 % v potrebi po primarni energiji (slika 1).

Zmanjšanje porabe energije in uporaba energije iz obnovljivih virov v zgradbah je prav tako pomemben prispevek k znižanju energetske odvisnosti in emisij toplogrednih plinov v Evropski uniji. Skupaj z okrepljeno uporabo energije iz obnovljivih virov naj bi ukrepi za znižanje porabe energije v zgradbah pripomogli k temu, da bi v svetovnem merilu porast temperature ohranili pod 2 °C.



Slika 1 • Potreba po primarni energiji v letu 2007 v Nemčiji po povzročiteljih

2 • SKORAJ NIČENERGIJSKA HIŠA ZA KLIMATSKO PRIJAZNO EVROPO

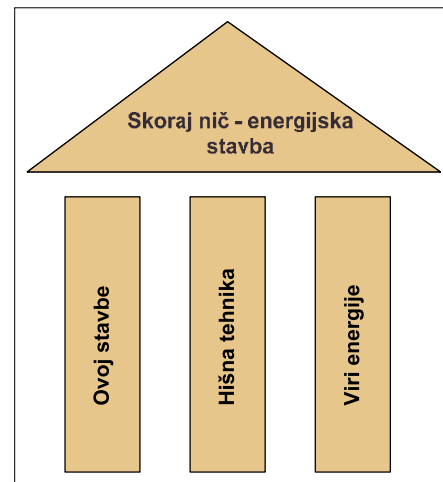
Evropski svet je marca 2007 ugotovil, da je potreben integrirani koncept za učinkovito klimatsko in energetske politiko, kajti glavni vir emisij toplogrednih plinov sta proizvodnja in uporaba energije: do leta 2020 naj bi se v primerjavi z letom 1990 emisije toplogrednih plinov zmanjšale za 20 %, delež obnovljivih virov energije pa povečal na 20 %. Nadaljnji, sicer neobvezujoči cilj pa je prizadevanje za povečanje energetske učinkovitosti za 20 %. Pomemben instrument za doseg te ciljev na področju zgradb je predelana smernica o skupni energetske učinkovitosti zgradb (EPBD-recast) evropskega parlamenta in sveta. V njej je predpisan »vozni red« za energetske učinkovito gradnjo prihodnosti.

Osrednji del spremenjene smernice je »skoraj ničenergijska stavba« in obvezujoča uvedba indikatorja »primarna energija« v vrednotenje zgradb. Z izrazom »skoraj ničenergijska

stavba« pojmuje zgradbo z zelo visoko skupno energetske učinkovitostjo. Neznatna potreba po energiji za grejto, hlajenje in toplo vodo se v pretežni meri pokriva z energijo iz obnovljivih virov – vključno z obnovljivo energijo, ki se proizvaja na isti lokaciji ali v bližini zgradbe.

Ta razvoj predstavlja spremembo v paradigmi pri vrednotenju energetske učinkovitosti zgradb. Če je bilo doslej težišče zelo enostransko usmerjeno v zniževanje energetske izgube ovojne stavbe, je žarišče nove smernice v trajni oskrbi z energijo in celostno obravnavanje zgradbe. Po zmanjšanju potrebe po energiji na stroškovno optimalni (ne na minimalni) nivo se bo le-ta pokrila z obnovljivimi viri energije. Tako sloni skoraj ničenergijska stavba stroškovno ugodno na treh stebrih: ovojne stavbe, hišna tehnika in viri energije (slika 2).

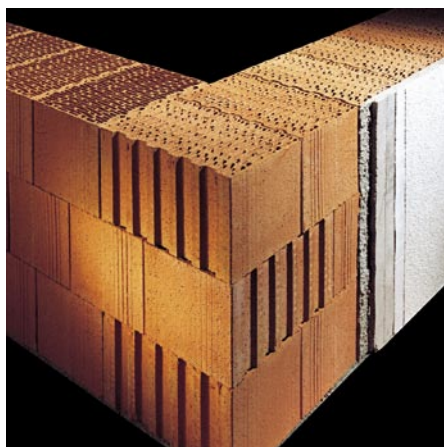
Delež skoraj ničenergijskih stavb naj bi se potem, ko bo smernica stopila v veljavo, kontinuirano stalno povečeval z namenskimi subvencijami. Od 31. decembra 2020 naj bi bile vse novozgrajene stavbe skoraj ničenergijske stavbe.



Slika 2 • Energetske učinkovite gradnje

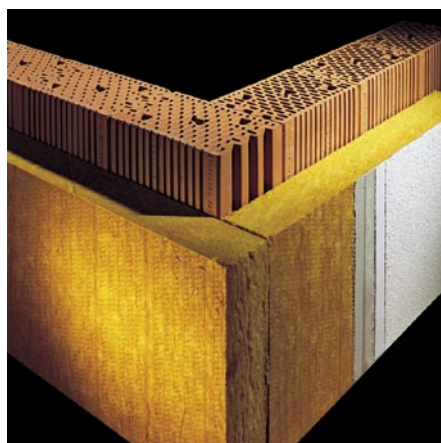
3 • OPEKA JE IDEALEN MATERIAL ZA ENERGETSKO UČINKOVITO GRADNJO

Opeka se fleksibilno prilagaja vsaki zahtevi. Načeloma so zahteve po toplotni zaščiti izpolnjene tako pri monolitnem (npr. POROTHERM 50 H.i PLAN $\lambda = 0,09$ W/mK, debelina zidu 50 cm; ali POROTON T7 $\lambda = 0,07$ W/mK, debelina zidu 36,5 cm) (Bednar, 2010) kakor tudi pri dodatno izoliranem zidu.



Slika 3 • Monolitno zidovje

Neodvisno za katero vrsto zidu se odločimo, opeka po naslednjih štirih značilnostih izstopa od drugih gradbenih materialov:



Slika 4 • Dodatno izoliran zid

• **Optimalna toplotna zaščita:** Visoko porozirane opečne črepinje in fino strukturirana geometrija lukenj zmanjšajo tok toplote skozi opeko na minimum (opeka POROTHERM, ki je brušena, dosega toplotno prevodnost tudi do 0,12 W/mK). Z dodatnim polnjenjem lukenj z izolirnimi materiali se te lastnosti še izboljšajo (npr.: opečni zidak POROTON T7 425 PLAN, polnjen z izolacijskim materialom na osnovi perlit, dosega toplotno prevodnost 0,07 W/mK).

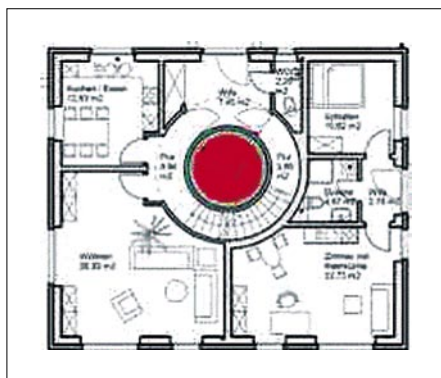
• **Zračna tesnost ovojne stavbe in tesnost pred vetrom:** Notranji mavčni omet po celotni površini regulira vlažnost v zraku v notranjem prostoru in reducira izgube zaradi prezračevanja.

• **Visoka akumulacijska masa:** Masivne stene z visoko akumulacijsko maso delujejo kot akumulator, ki lahko toploto shrani in odda. To poskrbi za temperaturno ravnovesje in udobno klimo v prostoru tako pozimi kot tudi poleti in zniža stroške ogrevanja in hlajenja. Z masivnim zidovjem se lahko prihrani več kot 10 % stroškov za ogrevanje (Desmet, 2009).

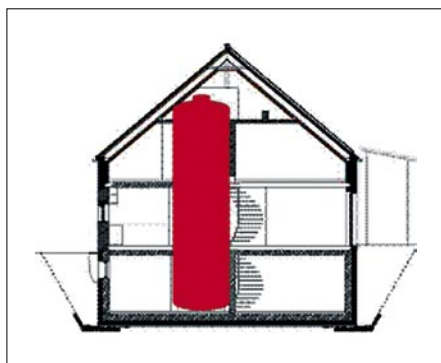
• **Dokazano ni toplotnih mostov:** Poleg zidne opeke ponuja Wienerberger tudi opečna polnila, okenske preklade in lepilo Dryfix za zid. Za te prilagojene komponente so bili izdelani priključni detajli, pri katerih skoraj ni toplotnih mostov. Toplotni mostovi povzročajo več kot 10 % transmisijskih toplotnih izgub ((EnEV, 2009), preglednica 2: Najvišje vrednosti specifičnih toplotnih izgub). Z dobro rešenimi detajli lahko preprečimo te toplotne izgube. Za energetske učinkovite hiše je obširno načrtovanje detajlov neizogibno potrebno.

4 • SONČNA HIŠA JE ŽE DANES SKORAJ NIČENERGIJSKA HIŠA

Sončna hiša, ki je zgrajena v nemškem kraju Regensburg, kaže smer, v katero želi Evropa s skoraj ničenergijsko hišo (SOHI, 2009). Koncept temelji na kombinaciji sončne ener-



Slika 5a • Tloris hiše v Regensburgu



Slika 5b • Prezrez hiše v Regensburgu

gije, obnovljivih virov energije in optimalne toplotne izolacije masivnega ovoja hiše. Jedro koncepta sončne hiše (slike 5a, 5b in 5c), ki ga je razvil arhitekt Georg Dasch, predstavlja integrirani vodni zalogovnik, ki oskrbuje celotno hišo z energijo za toplo vodo in ogrevanje. Pri tem se energija v celoti pripravlja s solarnimi kolektorji. Dodatno pa masivni opečni zid skrbi za akumulacijo toplote in ugodno klimo v prostoru v vsakem letnem času. Visoka stopnja akumulacije pri opeki ohranja zgradbo pozimi udobno toplo, poleti pa prijetno hladno.



Slika 5c • Sončna hiša v kraju Regensburg, ki je 100-odstotno solarno ogrevana nizkoenergijska hiša, zgrajena z opeko Schlagmann T8 in 83 m² sončnih kolektorjev

Wienerberger je skupaj s podjetjem Schlagmann v Regensburgu zgradil prvo zgolj solar- no ogrevano masivno opečno hišo v Nemčiji. Hiša je bila zgrajena s toplotnoizolativnimi zidaki z U-vrednostjo 0,18 W/m²K, ki ne potrebujejo dodatne toplotne izolacije na zunanem zidu. Od ustanovitve inštituta Sonnenhaus leta 2004 je bilo pod njegovim nadzorom zgrajenih preko 300 solarno ogrevanih skoraj ničenergijskih hiš. **Približno 90 % teh hiš je bilo zgrajenih v masivni opečni izvedbi.** Samo v tem letu so člani tega inštituta zgradili 128 sončnih hiš. To je trend, ki bo v prihodnosti vodil do ponudb teh objektov po sistemu »ključ v roke« (podatki o objektih so na spletni strani www.sonnenhaus-institut.de/solar-haeuser.php5).

5 • KONCEPT e⁴

5.1 Wienerbergerjev koncept e⁴ združuje ekologijo, energetska učinkovitost, gospodarnost in bivalno ugodje

Uspešni koncepti hiš morajo biti dovolj individualni, da se lahko fleksibilno prilagajajo potrebam stanovalcev. Tukaj ni mogoča uniformirana rešitev, ki bi bila primerna za vsako gradbišče in vsakega človeka. Vendarle pa odlikujejo moderne trajne zgradbe štiri značilnosti: razumna raba energije, upoštevanje okolja, zagotavljanje kakovosti življenja in dosegljivost za vse ljudi.

Te štiri značilnosti je Wienerberger združil

v konceptu hiše e⁴ (slika 6). E⁴ zagotavlja manjšo porabo energije, manj emisij CO₂, nižje stroške gradnje in nižje energetske stroške, vendar višjo kakovost življenja. Zlasti kakovost življenja (kakovost zraka v prostoru: Sentinel Haus Institut <http://www.sentinel-haus.eu/> (SEHI, 2010), prostorska klima: visoke akumulacijske sposobnosti opeke poleti ohranjajo prijetno hladen prostor, opečni zid zelo dobro uravnava zračno vlago v prostoru, možnost oblikovanja – opeka je majhen element, ki omogoča prilagajanje različnim arhitekturnim zahtevam) je tista, ki je zelo močno povezana



Slika 6 • Koncept e⁴ predstavlja sodobno in učinkovito gradnjo

z naravnim gradbenim materialom – opeko. Tako kot sončna hiša tudi masivna hiša e⁴ (v obeh primerih gre za isti koncept ovoja stavbe, razlika je v deležu izvora energije, s katerim oskrbujemo objekt – v primeru solarne hiše pridobimo več kot 50 % potrebne energije za ogrevanje iz solarnih celic, medtem ko pri masivni hiši e⁴ večino toplotne energije pridobimo s pomočjo lesenih peletov) večino porabljene energije pokriva z obnovljivimi viri energije. K temu sodijo biomasa, toplota iz okolja in sončna energija z možnostjo individualnega kombiniranja.

Primer potenciala energetske učinkovite gradnje je stanovanjski dvojček arhitektov DI Peter Schaffer v avstrijskem Aurachu (slika 7). Zaradi možnosti kasnejše primerjave porabe energije za ogrevanje se polovica hiše ogreva s peleti, druga polovica hiše pa s toplotno črpalko. Obe polovici dodatno proizvajata elektriko s sistemom fotovoltaike. Sistem fotovoltaike je sestavljen iz 28 modulov s skupno površino 36 m² z največjo zmogljivostjo



Slika 7 • Ekološki dvojček v kraju Aurach

4,76 kWp. Z delno oddajo proizvedene elektrike v javno omrežje dosežata obe polovici hiše izravnavo v bilanci CO₂ in bilanci primar-

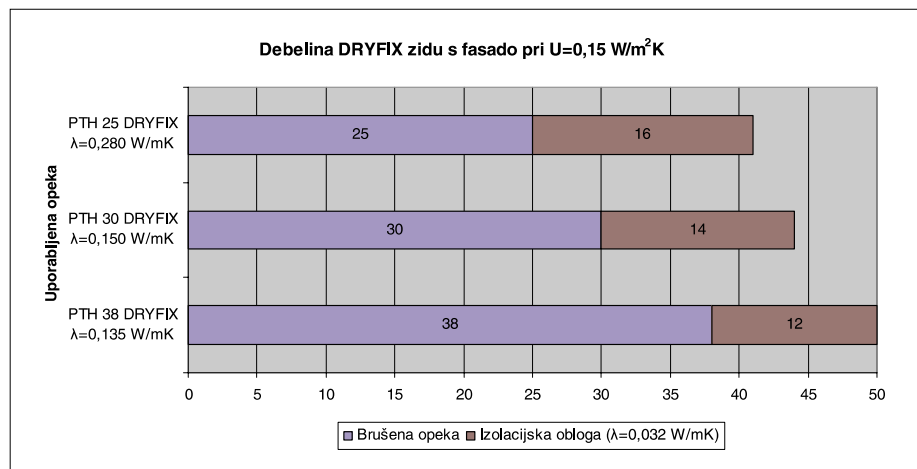
ne energije. Čeprav ovoj stavbe ni ekstremno izoliran, jo potreba po energiji za ogrevanje le 33 kW/m²a.

6 • OPEKA ZA ENERGETSKO UČINKOVITO IN PASIVNO GRADNJO

Opeka kot gradbeni material se odlično prilagaja vsaki zahtevi. Izpolnjuje vse pogoje za gradnjo energijsko varčnih hiš po smernicah trajnostnega razvoja, ki vsebujejo integrirane rešitve s številnimi prednostmi, kot so energetska učinkovitost, ekologija, ekonomska upravičenost, prijetno in zdravo bivalno okolje. Pri konceptu **pasivne hiše** je ovoj hiše izjemno močno izoliran, saj mora biti toplotna prehodnost nižja od 0,15 W/m²K, po novih predlogih celo nižja od 0,10 W/m²K. Vgrajen je tudi prezračevalni sistem, ki minimalizira toplotne izgube zaradi prezračevanja in omogoča kakovostno bivalno okolje. Za toplotno energijo skrbi toplotna črpalka s pomožnim električnim grelnikom. **Energijsko učinkovita hiša ima** dobro izoliran ovoj stavbe in je opremljena s pečjo na lesene pelete, ki pokriva celotne toplotne potrebe objekta po energiji iz ekološko prijaznih obnovljivih virov.

Brušena opeka z odličnimi izolacijskimi lastnostmi in veliko akumulacijo toplote zagotavlja

stabilno in prijetno mikroklimo. V diagramu so prikazane rešitve doseganja priporočene toplotne prehodnosti U = 0,15 W/m²K ob uporabi brušene opeke različnih debelin (slika 8).



Slika 8 • Debelina zidu pasivne hiše pri gradnji z opeko Dryfix

7 • PRIMERI DOBRE PRAKSE NEH IN PH IZ OPEKE POROTHERM



Slika 9 • Enodružinska pasivna hiša

7.1 Pasivna hiša

Ogrevana površina: **161 m²**

Potrebna energija za ogrevanje po PHPP (Passive House Planning Package – programski paket za izračun energetske bilance za hiše v pasivnem standardu, ki je skladen s SIST EN 13790 in EPBD-recast): **15 kWh/m²a**

Zrakotesnost: **0,59 h⁻¹**

Leto izgradnje: **2010–2011**

Sistem gradnje: **Masivne stene iz opeke POROTHERM PROFI Sistem DRYFIX s toplotno izolacijo iz kamene volne**

Vodenje in načrtovanje PZI: **Zelena gradnja, d. o. o., Šmartinska cesta 106, Ljubljana**



Slika 10 • Enodružinska nizkoenergijska hiša

7.2 Nizkoenergijska hiša

Ogrevana površina: **186 m²**

Potrebna energija za ogrevanje po PHPP (Passive House Planning Package – programski paket za izračun energetske bilance za hiše v pasivnem standardu, ki je skladen s SIST EN 13790 in EPBD-recast) (PID, 2010): **18 kWh/m²a**

Zrakotesnost: **0,58 h⁻¹**

Leto izgradnje: **2010**

Sistem gradnje: **Masivne stene iz opeke POROTHERM s toplotno izolacijo iz kamene volne**

Vodenje in načrtovanje PZI: **Zelena gradnja, d. o. o., Šmartinska cesta 106, Ljubljana**

8 • SKLEP

Z jasno odločitvijo Evropske unije po letu 2010, graditi samo še skoraj ničenergijske hiše, bo opeka (npr. brušena opeka POROTHERM PROFI, ki pri debelini zidu 30 cm in 38 cm dosega toplotno prevodnost od 0,139 W/mK do 0,12 W/mK) kot univerzalni deseteroborec tudi v prihodnosti ostala idealni gradbeni material za

gradnjo kakovostnih zgradb. Njena visoka stopnja akumulacije (opeka POROTHERM 38 PROFI – 300 kg/m²), optimalna toplotna zaščita (nizka toplotna prevodnost zidakov in homogeni zid, brez toplotnih mostov na vertikalnih in horizontalnih spojnica zidakov), varna obdelava in predvsem njeno naravno

poreklo tvorijo temelj za energetske učinkovite koncepte hiš. Energetska učinkovitost objekta ni odvisna le od ovojne stavbe, ampak tudi od izvora energije, s katero se objekt oskrbuje, in od ogrevalne tehnike, ki se v objektu uporablja. Kot kažejo realizirani projekti s strani opečne industrije, je skoraj ničenergijska hiša že danes ob optimizaciji ovojne stavbe, hišne tehnike in virov energije mogoča in dosegljiva z opečnim materialom.

9 • LITERATURA

- Bednar, T., Jung, M., Technischer Bericht – Wärmebrückenberechnungen PTH 38 H.i und PTH 50 H.i, TU-Wien, Zentrum für Bauphysik und Bauakustik, 2010.
- Desmet Energie, Project 32-7402 – Wienerberger Massief Passiefhuis, študija, 2009.
- Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, 2010.
- EnEV Bundesregierung, Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, Bundesgesetzblatt 2009 Teil I Nr.23, Berlin, 2009.
- PID, Passive House Planning Package – programski paket za izračun energetske bilance za pasivne hiše, ki je skladen s SIST EN 13790 in EPBD-recast, Passivhaus Institut Darmstadt, 2010.
- SEHI, <http://www.sentinel-haus.eu/>, 2010.
- SOHI, Sonnenhaus-Institut e.V., Sonnenhaus Lehner – Massives Ziegelhaus 100 % mit Sonnenenergie beheizt, 2008.
- SOHI, www.sonnenhaus-institut.de, 2009.

OPTIMALNO PLANIRANJE POTI V GRADBENIŠTVU Z REŠEVANJEM PROBLEMA TRGOVSKEGA POTNIKA

OPTIMAL ROUTE PLANNING IN CIVIL ENGINEERING BY SOLVING TRAVELING SALESMAN PROBLEM

doc. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.
red. prof. dr. Mirko Pšunder, univ. dipl. inž. grad.

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

Marko Soršak, univ. dipl. gosp. inž.

Štajerski inženiring, d. o. o.,
Hočka cesta 31 h, 2311 Hoče

Strokovni članek

UDK: 65.012.2:69

Povzetek | Problem trgovskega potnika (PTP) predstavlja enega najbolj znanih problemov kombinatorične optimizacije. Reševanje PTP izkazuje pomemben aplikativni potencial za gradbeništvo. Zato je namen pričujočega članka približati reševanje PTP širši gradbeniški skupnosti. V članku so predstavljeni formulacija PTP, uporabnost optimizacijskega modela PTP ter nekateri komercialno dostopni programski paketi, ki se lahko uporabijo za modeliranje in reševanje PTP. Na koncu članka je predstavljen primer optimalnega planiranja poti z reševanjem PTP.

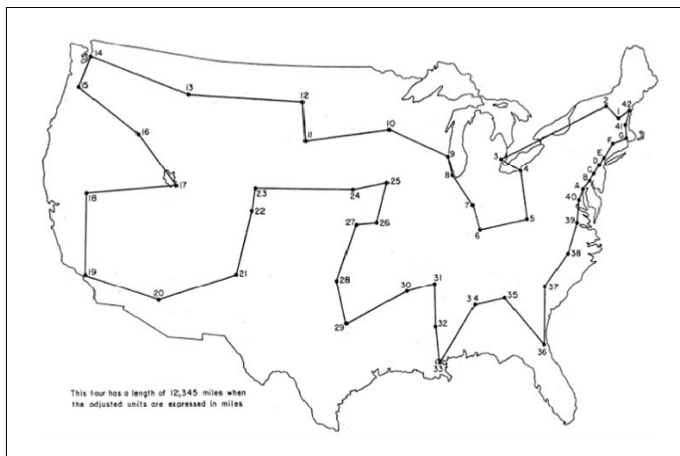
Summary | The traveling salesman problem (TSP) represents a well-known combinatorial optimization problem. Solving the TSP includes significant potential for civil engineering. In this way, the aim of this paper is to bring forward the solution of the TSP to the wider construction community. The paper presents the TSP formulation, the applicability of the TSP optimization model and the commercially available program packages for modelling and solving the TSP. An example of the optimal route planning by solving the TSP is presented at the end of the paper.

1 • UVOD

Problem trgovskega potnika (PTP) predstavlja enega najbolj znanih problemov kombinatorične optimizacije. PTP obravnava optimalno planiranje enkratnega obiska vseh podanih lokacij na seznamu po najkrajši mogoči poti, pri čemer morajo biti znane njihove medsebojne oddaljenosti. Kljub enostavni formulaciji se PTP zaradi svoje kombinatoričnosti uvršča med težko rešljive optimizacijske probleme.

Začetek intenzivnega raziskovanja PTP s pomočjo računalnikov lahko umestimo v leto 1954, ko so George Dantzig, Ray Fulkerson in Selmer Johnson (Dantzig, 1954) objavili metodo za optimalno reševanje obsežnega PTP. Dantzig in njegova sodelavca so v omenjeni raziskavi uporabili predlagano metodo za reševanje PTP na množici 49 mest v Združenih državah Amerike in pridobljeni optimalni rezultat tudi predstavili, glej sliko 1.

Poznejši razvoj računalnikov in povečevanje njihovih zmogljivosti je številnim uporabnikom omogočil uspešno reševanje vedno bolj kombinatoričnih PTP ob sprejemljivo dolgem računskem času. Pomembnejši mejniki v zgodovini reševanja kombinatoričnih PTP so predstavljeni v preglednici 1.



Slika 1 • Optimalna rešitev PTP na množici 49 mest v ZDA (Dantzig, 1954)

Leto	Avtorji	Kombinatoričnost PTP
1954	Dantzig, Fulkerson in Johnson	49 vozlišč
1971	Held in Karp	64 vozlišč
1975	Camerini, Fratta in Maffioli	67 vozlišč
1977	Grötschel	120 vozlišč
1980	Crowder in Padberg	318 vozlišč
1987	Padberg in Rinaldi	532 vozlišč
1987	Grötschel in Holland	666 vozlišč
1991	Padberg in Rinaldi	2392 vozlišč
1995	Applegate, Bixby, Chvátal in Cook	7397 vozlišč
1998	Applegate, Bixby, Chvátal in Cook	13.509 vozlišč
2001	Applegate, Bixby, Chvátal in Cook	15.112 vozlišč
2004	Applegate, Bixby, Chvátal, Cook in Helsgaun	24.978 vozlišč
2007	Cook, Espinoza in Goycoolea	33.810 vozlišč
2009	Applegate, Bixby, Chvátal, Cook, Espinoza, Goycoolea in Helsgaun	85.900 vozlišč

Preglednica 1 • Pomembnejši mejniki v zgodovini reševanja kombinatoričnih PTP

Izmed številnih pomembnih dosežkov zadnjega desetletja na področju raziskav in aplikacij PTP lahko izpostavimo zanimiv prispevek, ki so ga leta 2004 predstavili David Applegate, Robert Bixby, Vašek Chvátal, William Cook in Keld Helsgaun. V omenjenem prispevku so avtorji s pomočjo reševanja PTP izračunali optimalni potek in minimalno dolžino poti (približno 72.500 km), ki jo je treba opraviti za obisk 24.978 švedskih mest, glej sliko 2.

Prav tako je treba izpostaviti prispevek (Applegate, 2009), v katerem je bila predstavljena optimalna rešitev za PTP na množici 85.900 vozlišč. Za reševanje ome-

njenega PTP je bila uporabljena metoda vezanja in omejevanja ter posebno generiranje celoštevilskih rezov. Prispevek (Applegate, 2009) je zanimiv, ker poroča o uspešnem izračunu optimalne rešitve za kombinatorični PTP, ki vsebuje rekordno veliko množico vozlišč.

Na ta način je mogoče ugotoviti, da reševanje PTP izkazuje pomemben aplikativni potencial za gradbeništvo. Pomembnost PTP za gradbeni menedžment nakazujejo njegove aplikacije, kot so planiranje avtomatizirane vgradnje črpnega betona v objekt z računalniško krmiljeno opremo (Kunigahalli, 1998), planiranje dobave svežega betona

(Feng, 2004), planiranje transporta materiala (Lei, 2009), planiranje serijske proizvodnje polizdelkov (Shixin, 2010), planiranje obhodov gradbišč pri zagotavljanju varstva pri delu (Cheng, 2010). Zato je osnovni namen pričujočega članka približati reševanje PTP širši gradbeniški skupnosti. V nadaljevanju članka so predstavljeni formulacija PTP, uporabnost optimizacijskega modela PTP in nekateri komercialno dostopni programski paketi, ki se lahko uporabijo za modeliranje in reševanje PTP. Na koncu članka je predstavljen primer optimalnega planiranja poti v gradbeništvo z reševanjem PTP.



Slika 2 • Optimalna rešitev PTP na množici 24.978 švedskih mest (Applegate, 2004)

2 • FORMULACIJA PROBLEMA TRGOVSKEGA POTNIKA

2.1 Splošna formulacija optimizacijskega problema

PTP v svoji osnovni obliki predstavlja optimizacijski problem mešanega celoštevilskega linearnega programiranja (MILP). S pomočjo MILP lahko v splošnem rešujemo linearne optimizacijske probleme z zveznimi in diskretnimi spremenljivkami. Pri tem so lahko diskretne spremenljivke definirane kot celoštevilske spremenljivke ali pa kot binarne 0–1 spremenljivke. Splošni optimizacijski problem MILP lahko zapišemo v naslednji obliki:

$$\begin{aligned} \min z &= \mathbf{c}^T \mathbf{x} + \mathbf{d}^T \mathbf{y} \\ \text{p.p.} \\ \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{B} \mathbf{y} &\leq \mathbf{b} \end{aligned} \quad (\text{MILP})$$

$$\mathbf{x} \in \mathbf{X} = \{\mathbf{x} \mid \mathbf{x} \in \mathbf{R}, \mathbf{x}^{\text{SP}} \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{x}^{\text{ZG}}\}, \quad \mathbf{y} \in \mathbf{Y} = \{0, 1\}^m$$

kjer so:

- z namenska funkcija,
- $\mathbf{c}^T, \mathbf{d}^T$ transponirana vektorja konstant namen-
ske funkcije,
- \mathbf{x} vektor zveznih spremenljivk,
- \mathbf{y} vektor binarnih 0–1 spremenljivk,
- \mathbf{A}, \mathbf{B} matriki konstant linearnih pogojnih
(ne)enačb,
- \mathbf{b} vektor konstant linearnih pogojnih
(ne)enačb,
- \mathbf{X} definicijsko območje možnih rešitev
zveznih spremenljivk,
- \mathbf{Y} definicijsko območje možnih rešitev bi-
narnih 0–1 spremenljivk,
- \mathbf{R} evklidski prostor realnih števil,
- \mathbf{x}^{SP} spodnja meja vektorja zveznih spremen-
ljivk,
- \mathbf{x}^{ZG} zgornja meja vektorja zveznih spremen-
ljivk.

Pri reševanju optimizacijskih problemov z MILP morajo biti namenska funkcija in pogo-
jne (ne)enačbe spremenljivk formulirane z
linearnimi funkcijami. Z vektorjem binarnih
spremenljivk \mathbf{y} in s pomočjo logičnih pogojnih
(ne)enačb definiramo diskretne odločitve, ki
jih optimizacijski algoritem med optimiranjem
rešuje sočasno z zveznimi odločitvami. Vsaki
alternativi pridružimo binarno spremenljivko
tako, da vrednost $y = 1$ pomeni izbor, vrednost
 $y = 0$ pa zavrnitev alternative.

2.2 Modelna formulacija optimizacijskega problema

Formulacija PTP je precej enostavna. Trgovski potnik ima nalogo, da mora natanko enkrat obiskati vse lokacije na podanem seznamu, pri čemer mora za obisk lokacij na seznamu opraviti najkrajšo pot. Trgovski potnik začne pot iz izhodiščne lokacije in se po opravljeni poti na izhodiščno lokacijo tudi vrne. V matematičnem pomenu PTP predstavlja optimizacijski problem iskanja t. i. minimalnega Hamiltonovega cikla, tj. sprehoda po grafu, v katerem je vsako njegovo vozlišče obiskano natanko enkrat, razen prvega, ki je obiskano na začetku in potem na koncu opravljene poti (Wilson in Watkins, 1990). Modelno formulacijo za PTP lahko predstavimo v naslednji obliki:

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{i,j} y_{i,j} \\ \text{p.p.} \\ \sum_{j=1}^n y_{i,j} &= 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n y_{i,j} &= 1 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \\ t_i - t_j &\leq n(1 - y_{i,j}) - 1 \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \\ y_{i,j} &\in \{0, 1\} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \\ t_i &\in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (\text{PTP})$$

kjer so:

- z namenska funkcija: utež skupne poti,
- i indeks: obravnavana lokacija,
- j indeks: sledeča lokacija,
- n konstanta: število vseh lokacij,
- t_i spremenljivka: zaporedna številka obravna-
vane lokacije na skupni poti,
- $d_{i,j}$ konstanta: utež povezave med obravna-
vano in sledečo lokacijo,
- $y_{i,j}$ spremenljivka: odločitev o izboru ali zavrnit-
vi povezave med lokacijama.

Optimizacijski model PTP lahko predstavimo na sledeči način: vozlišča (indeksi) so lokacije, ki jih mora trgovski potnik obiskati, povezave med vozlišči pa so poti, ki jih mora potnik opraviti, da pride iz ene lokacije v drugo. Povezave med vozlišči so lahko različno dolge in lahko imajo različne omejitve (npr. omejitve hitrosti). Namenska funkcija PTP predstavlja utež skupne poti, ki je definirana kot vsota zmnožkov uteži $d_{i,j}$ in binarnih 0–1 spremenljivk $y_{i,j}$ po povezavah med lokacijami i in j , kjer sta $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$. Utež povezave $d_{i,j}$ običajno predstavlja dolžino poti, čas vožnje ali stroške za prevoz od obravnavane lokacije i do sledeče lokacije j . Na ta način lahko namenska funkcija PTP predstavlja skupno dolžino poti, skupni čas vožnje ali pa skupne prevozne stroške za obisk vseh lokacij, ki so določene na seznamu.

Binarne 0–1 odločitvene spremenljivke $y_{i,j}$ so v modelni formulaciji uporabljene za diskretne odločitve o izboru ($y_{i,j} = 1$) ali pa zavrnitvi ($y_{i,j} = 0$) povezave med lokacijami. Pogojni enačbi $\sum_j y_{i,j} = 1$ in $\sum_i y_{i,j} = 1$ zagotavljata, da mora potnik, ki zapusti obravnavano lokacijo, obiskati natanko eno sledečo lokacijo ter da mora potnik prispeti na sledečo lokacijo z natanko ene predhodne lokacije. Omenjeni pogojni enačbi zagotavljata, da bo vsaka lokacija obiskana natanko enkrat, razen prve, ki bo hkrati tudi zadnja obiskana lokacija na skupni poti.

Pogojna neenačba $t_i - t_j \leq n(1 - y_{i,j}) - 1$ služi za določitev vrstnega reda, po katerem mora potnik obiskovati lokacije na poti. Omenjena pogojna neenačba deluje na naslednji način. Če je izbrana pot med dvema lokacijama, potem se zaporedna številka sledeče lokacije v primerjavi z zaporedno številko obravnavane lokacije poveča za ena. Pri tem je treba poudariti, da so zaporedne številke lokacij na poti določene s pozitivnimi celimi števili od 1 do n . Če pot med lokacijama ni izbrana, potem desna stran neenačbe $t_j \geq t_i + 1 - n$ izkazuje negativno vrednost za vse t_i , ki so manjši od $n - 1$, in vrednost nič, ko je t_i enak $n - 1$. Ob predpostavki pozitivnih zaporednih števil lokacij omenjena neenačba pri $y_{i,j} = 0$ ne bo odločilna za izbor t_j . Sistem predstavljenih pogojnih enačb in neenačb optimizacijskega modela PTP zagotavlja, da izračunana minimalna skupna dolžina poti hkrati predstavlja tudi minimalni Hamiltonov cikel. PTP je lahko simetričen ali pa nesimetričen. Pri simetričnih PTP za uteži povezav med lokacijami velja, da so $d_{i,j} = d_{j,i}$. To pomeni, da je posamezna utež neodvisna od smeri povezave med lokacijama. Na ta način je, na

primer, čas vožnje za pot v smeri od lokacije i do lokacije j enak času vožnje za enako pot v nasprotni smeri, tj. od lokacije j do lokacije i . Pri nesimetričnih PTP je lahko $d_{ij} \neq d_{ji}$, kar pomeni, da je vrednost uteži odvisna od smeri povezave. Primer odvisnosti uteži od smeri povezave je, recimo, čas vožnje po avtocesti, ko je pas avtoceste v eni smeri delno zaprt zaradi obnovitvenih del in zaradi tega velja na njegovo

prevoznem delu bolj restriktivna omejitev hitrosti, medtem ko takšne omejitve hitrosti za promet v drugi smeri ni. V takšnem primeru tudi čas vožnje za enako pot po avtocesti, vendar v različnih smereh, ne more biti enak.

PTP predstavlja optimizacijski problem MILP z $n^2 + n$ odločitvenih spremenljivk in $2n + n(n - 1)$ pogojnih (ne)enačb. Omenili smo, da se PTP uvršča med težko rešljive pro-

bleme kombinatorične optimizacije. PTP pri polnem grafu vsebuje $(n - 1)!$ Hamiltonovih ciklov, tj. možnih rešitev. Prav zaradi tega za PTP še vedno vlada izjemno zanimanje med raziskovalci, čeprav se na tem optimizacijskem problemu intenzivno raziskuje praktično že od tridesetih let prejšnjega stoletja, glej npr. reference ((Larusic, 2011), (Majumdar, 2011), (Chen, 2011)).

3 • UPORABNOST OPTIMIZACIJSKEGA MODELA PROBLEMA TRGOVSKEGA POTNIKA

PTP ni aktualen le v teoretičnem smislu, ampak tudi z vidika praktične uporabnosti. Poleg prikazane osnovne formulacije PTP obstajajo še druge različice tega optimizacijskega problema. Ena od različic je PTP z možnim ponavljanjem obiska lokacij, kjer se pogoj, da mora biti lokacija obiskana natanko enkrat, spremeni v manj restriktivni pogoj, tj., da mora biti lokacija obiskana vsaj enkrat. Poseben primer so PTP z več potniki, pri katerih mora vsako od lokacij obiskati vsaj en potnik.

Zelo pogosto je obravnavana tudi različica, ki se imenuje evklidski PTP, kjer so lokacije opredeljene s koordinatami in razporejene v dvo- ali tridimenzionalnem prostoru, dolžine poti med njimi pa so določene z evklidskimi razdaljami. Ena od pogostih aplikacij PTP je optimalno planiranje poti za dostavo blaga poslovnim partnerjem na oddaljenih lokacijah

s pomočjo prevoznih sredstev iz voznega parka podjetja (Christofides, 1985). Z reševanjem omenjene različice PTP se določi optimalni vrstni red obiskov poslovnih partnerjev in se za vsako lokacijo določi prevozno sredstvo iz voznega parka podjetja, s katerim se bo opravil obisk. Pri tem PTP običajno vsebuje dodatne časovne omejitve za obisk poslovnih partnerjev in tudi omejitve kapacitet prevoznih sredstev.

Zelo znana je tudi aplikacija PTP, ki obravnava optimalno planiranje zaporedja izvedbe del v proizvodnem obratu (Garfinkel, 1985). Omenjeno aplikacijo PTP lahko predstavimo na naslednji način. V proizvodnem obratu je treba v delovni izmeni opraviti n -število različnih del. Indeks $i = 1, 2, 3 \dots n$ določa obravnavano delo, indeks $j = 1, 2, 3 \dots n$ pa neposredno sledenče delo. Pri tem se dela ne morejo

opravljati vzporedno, lahko pa se izvedejo v kateremkoli zaporedju. Po dokončanju vsakega obravnavanega dela i ter pred pričetkom neposredno sledenčega dela j je treba v proizvodnem obratu opraviti pripravljala dela, ki zahtevajo čas d_{ij} . Osnovni namen reševanja omenjene različice PTP je poiskati optimalno zaporedje izvajanja del, tako da bo skupni čas pripravljalnih del najkrajši.

Zanimiva je tudi aplikacija PTP za določanje optimalnega zaporedja poti, ki jih mora skladiščnik opraviti, ko prejme naročilo stranke za dostavo raznovrstnega blaga, ki je na več različnih lokacijah v velikem centralnem skladišču (Ratliff, 1983). Skladiščnik mora ob prejemu naročila obiskati vse lokacije, na katerih so različni kosi naročenega blaga, vse kose prevzeti in jih stranki dostaviti. V obojestranskem interesu stranke in skladiščnika je, da se blago čim prej dostavi. Za skladiščnika to lahko pomeni najkrajšo skupno pot, ki jo mora opraviti po skladišču, za stranko pa to pomeni najkrajši čas od predaje naročila do prevzema blaga.

4 • RAČUNALNIŠKO MODELIRANJE IN REŠEVANJE PROBLEMA TRGOVSKEGA POTNIKA

Za računalniško modeliranje in reševanje PTP ima uporabnik na voljo številno komercialno dostopno programsko opremo. Za modeliranje kombinatoričnih PTP je priporočljivo uporabiti algebrajske modelirne jezike, kot so npr. AIMMS (Bisschop, 1999), AMPL (Fourer, 1990), GAMS (Brooke, 1988), LINGO (Lindo, 1988). Sintaksa algebrajskih modelirnih jezikov je fleksibilna in omogoča, da se lahko s pomočjo indeksiranja tudi obsežni optimizacijski modeli zapišejo v kompaktni obliki.

Pri modeliranju PTP je mogoče uporabiti tudi različne interaktivne računalniške jezike, med katerimi lahko izpostavimo programska paketa Mathematica (Wolfram, 1988) in Mat-

lab (Moler, 1980), ki se najpogosteje uporabljata. Med uporabniki so zelo priljubljeno orodje za modeliranje PTP tudi modelirne preglednice. Eden najpogosteje uporabljenih programskih orodij za modeliranje optimizacijskih problemov s pomočjo preglednic je Microsoftov paket Excel z enim od dodatkov za optimizacijo, kot so npr. Solver, Evolver ali What'sBest. Modelirne preglednice so uporabno orodje predvsem za modeliranje manj do srednje obsežnih PTP, ki vsebujejo zmerno število parametrov, ki jih je treba vstaviti v preglednico.

Omenili smo, da PTP v svoji osnovni obliki predstavlja optimizacijski problem MILP. Za reševanje problemov MILP so uporabniku

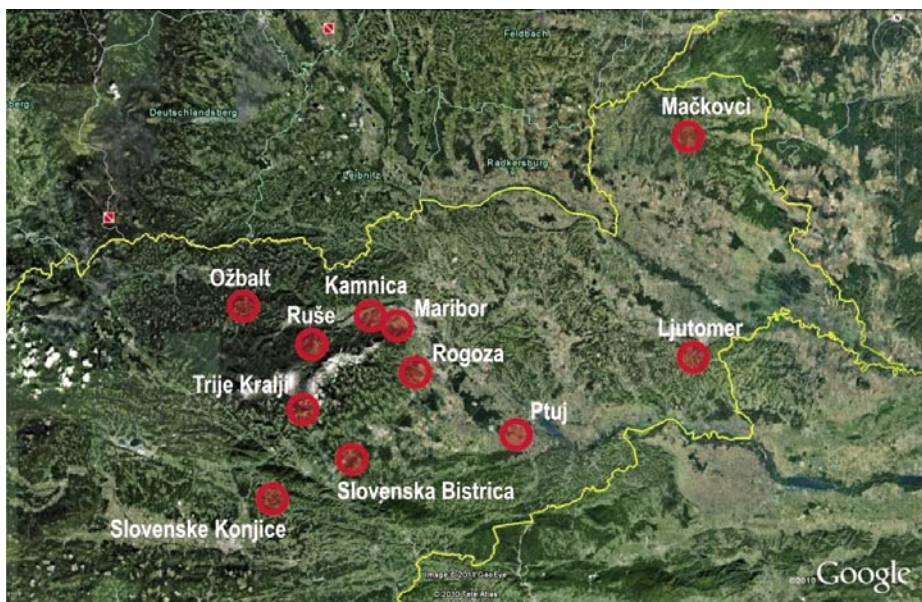
na razpolago številni učinkoviti in komercialno dostopni optimizacijski algoritmi, kot so npr. CPLEX (CPLEX, 1988), LINDO (Scharge, 1986), OSL (IBM Corporation, 1991). Ponudniki komercialnih programskih paketov za modeliranje običajno navedejo optimizacijske algoritme, ki jih podpira njihov modelirnik. Reševanje PTP je mogoče opraviti tudi preko svetovnega spleta. Eden od možnih načinov je uporaba odprtih programov, ki so na strežniku NEOS (Czyzyk, 1998). Na omejenem strežniku je mogoče zaslediti številne povezave do komercialnih optimizacijskih programov, priročnike za njihovo uporabo, rezultate testov in raziskav na področju optimizacije, različne publikacije ipd.

5 • PRIMER

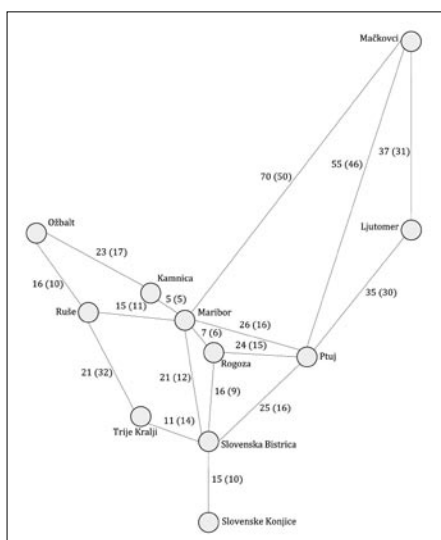
V nadaljevanju bomo na primeru iz gradbeništva predstavili optimalno planiranje poti s pomočjo reševanja PTP. Primer obravnava optimalno planiranje vrstnega reda obiskov nadzornika na naslednjih gradbiščih:

- izgradnja srednenapetostnega (SN) in nizkonapetostnega (NN) kablovoda v Ožbaltu,
- izgradnja deponije drogov v Rušah,
- izgradnja vila bloka v Kamnici,
- izgradnja transformatorske postaje (TP), SN in NN kablovoda pri Treh kraljih na Pohorju,

- rekonstrukcija dveh stanovanj v Slovenski Bistrici,
- dograditev 110 kV stikališča v Slovenskih Konjicah,
- izgradnja razdelilne transformatorske postaje (RTP) na Ptuj,
- izgradnja stanovanjskega naselja Maj v Rogozi,
- adaptacija RTP v Ljutomeru,
- izgradnja RTP v Mačkovcih,



Slika 3 • Geografski položaj lokacij gradbišč



Slika 4 • Graf povezav med lokacijami gradbišč z razdaljami in časi za premostitev poti

Pot d_{ij} :	∞	5	∞	15	∞	21	7	26	∞	70
	∞	5	∞	15	∞	21	7	26	∞	70
5	∞	∞	23	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
∞	23	∞	∞	16	∞	∞	∞	∞	∞	∞
15	∞	∞	∞	∞	21	∞	∞	∞	∞	∞
∞	∞	∞	∞	21	∞	11	∞	∞	∞	∞
21	∞	∞	∞	∞	∞	11	∞	16	25	∞
7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	16	∞	24	∞
26	∞	∞	∞	∞	∞	∞	25	24	∞	35
∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	35	∞
70	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	55	37	∞

Preglednica 2 • Matrika uteži d_{ij} za problem minimizacije skupne dolžine poti

- rekonstrukcija zgradbe Hotel Ocean v Mariboru in
- izgradnja stanovanjsko-poslovnega objekta v Mariboru.

Slika 3 predstavlja zemljevid, s katerega je razviden geografski položaj obravnavanih lokacij, ki jih je treba obiskovati pri izvajanju nadzora gradbišč.

V proces planiranja so vključene samo tiste poti (povezave med lokacijami), ki jih nadzornik pri svojem delu najpogosteje uporablja. Razdalje med lokacijami gradbišč in časi za premostitev poti so pridobljeni s pomočjo programa Telefonski imenik Slovenije z aplikacijo, ki se uporablja za izdajo oziroma izpolnitev potnih nalogov (TIS, 2011). Razdalje in časi, ki so potrebni za premostitev poti med lokacijami gradbišč v Mariboru, se zanemarijo. Pri oblikovanju modela za optimalno planiranje poti je predpostavljeno, da sta dolžina poti in potrebni čas pri premostitvi razdalj med gradbišči v obeh smereh enaka.

Za boljše predstavitev obravnavanega optimizacijskega problema je na sliki 4 predstavljen graf povezav med lokacijami gradbišč z razdaljami in časi, ki so potrebni za premostitev poti. Pri tem je treba poudariti, da prikazane razdalje in časi za premostitev poti med lokacijami gradbišč niso sorazmerni. Razdalje med lokacijami gradbišč so v grafu na sliki 4 podane v kilometrih in so zaokrožene na celoštevilsko vrednost (glej prvo številko na povezavi). Potrebni časi za premostitev poti med lokacijami gradbišč so na sliki 4 prikazani v minutah in so prav tako zaokroženi na

celoštevilsko vrednost (glej številko v oklepaju na povezavi).

Sedež nadzornika je v Mariboru. Izvajanje nalog nadzornika poleg različnih del v pisarni na sedežu podjetja obsega tudi obisk gradbišč na seznamu dvakrat tedensko. Za delo v pisarni je na voljo en dan v tednu, druge štiri dni pa so na voljo za obisk gradbišč. Ob obisku vsakega gradbišča se običajno porabi okoli 30 minut delovnega časa. Prav tako je vsak delovni dan na voljo 30 minut časa za malico. Obisk gradbišč se začne iz pisarne na sedežu podjetja v Mariboru. Z reševanjem PTP je treba določiti najkrajšo možno pot, ki jo je treba opraviti pri izvajanju nadzora na predstavljenih gradbiščih, in tudi vrstni red obiskov gradbišč. Po drugi strani je treba z reševanjem PTP ugotoviti, ali je mogoče v dveh dneh obiskati vsa gradbišča in koliko znaša minimalni čas, ki ga je treba rezervirati za obisk vseh gradbišč.

S slike 4 je razvidno, da povezave med lokacijami gradbišč ne tvorijo Hamiltonovega grafa. Namreč, pri Hamiltonovem grafu je mogoče vsako njegovo vozlišče obiskati natančno enkrat, razen prvega vozlišča, ki ga je mogoče obiskati na začetku in potem na koncu opravljene poti. V obravnavanem primeru je treba iti dvakrat skozi Slovensko Bistrico, če želimo obiskati gradbišče v Slovenskih Konjicah. Zato bomo pri reševanju optimizacijskega problema odmislili gradbišče v Slovenskih Konjicah, k pridobljeni optimalni rešitvi pa bomo na koncu prišli dvakratno razdaljo oziroma dvakratni čas

za premostitev poti od Slovenske Bistrice do Slovenskih Konjic.

Najprej določimo množico lokacij gradbišč $i = 1, 2, 3 \dots n$ brez Slovenskih Konjic: (1) Maribor, (2) Kamnica, (3) Ožbalt, (4) Ruše, (5) Trije kralji, (6) Slovenska Bistrica, (7) Rogoza, (8) Ptuj, (9) Ljutomer in (10) Mačkovci. Obisk gradbišč se začne iz pisarne na sedežu podjetja v Mariboru, kar pomeni, da je $t_1 = 1$. Vse druge lokacije gradbišč na podanem seznamu, to so $i = 2, 3 \dots 10$, se po opravljeni optimizaciji oštevilčijo z zaporedno številko lokacije na skupni poti, za katero velja $2 \leq t_i \leq 10$. Matrika uteži namenske funkcije d_{ij} (km) za problem minimizacije skupne dolžine poti je predstavljena v preglednici 2.

Simbol ∞ označuje tista polja matrike d_{ij} pri katerih ni povezave med lokacije i in lokacije j . Za rešitev zastavljene optimizacijske naloge je uporabljena predstavljena modelna formulacija za PTP. Za modeliranje PTP je uporabljen algebrski modelni jezik GAMS (General Algebraic Modelling System) (Brooke, 1988). Optimizacijski model MILP za obravnavani primer vsebuje namensko funkcijo, 110 pogojnih (ne)enačb (10 enačb $\sum_j y_{ij} = 1$, 10 enačb $\sum_i y_{ij} = 1$ in 90 neenačb $t_i - t_j \leq n(1 - y_{ij}) - 1$), spremenljivko namenske funkcije z in 110 odločitvenih spremenljivk (100 spremenljivk y_{ij} in 10 spremenljivk t_i). Za izračun optimalne rešitve obravnavanega PTP je uporabljen programski paket CPLEX (CPLEX Optimization Inc., 1988).

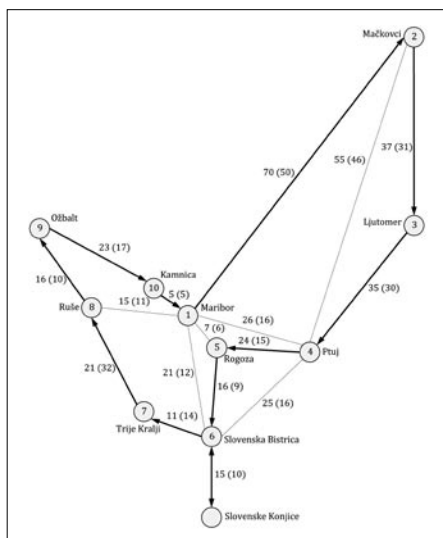
Na sliki 5 je predstavljena izračunana optimalna rešitev za obravnavani problem mini-

mizacije skupne dolžine poti, ki upošteva minimalni Hamiltonov cikel. Pridobljena minimalna skupna dolžina poti znaša 288 km in vključuje izračunani minimalni Hamiltonov cikel dolžine 258 km, ki mu je naknadno prišteja dvakratna dolžina poti od gradbišča v Slovenski Bistrici do gradbišča v Slovenskih Konjicah, tj. 30 km.

S slike 5 je razvidno, da so lokacije gradbišč na skupni poti oštevilčene s števkami od 1 do 10, ki predstavljajo optimalne vrednosti spremenljivk t_i do t_{10} (gradbišče v Slovenskih Konjicah ni oštevilčeno, ker ni bilo vključeno v optimizacijo). Tako je, na primer, v zaporedju desetih lokacij gradbišč v Rogozi oštevilčeno kot peta lokacija, tj. $t_7 = 5$. Predstavljena rešitev minimalne skupne poti predvideva, da bo gradbišče v Slovenskih Konjicah obiskano takoj za gradbiščem v Slovenski Bistrici, tj. v okviru obiska šeste lokacije.

Matrika uteži namenske funkcije d_{ij} (min) za problem minimizacije skupnega časa za obisk gradbišč je prikazana v preglednici 3.

Pri reševanju problema minimizacije skupnega časa za obisk gradbišč je bila izračunana enaka rešitev poteka skupne poti kot pri minimizaciji skupne dolžine poti, glej sliko 5. Časovni potek obiskov gradbišč za pridobljeno rešitev, ki upošteva minimalni Hamiltonov cikel, je prikazan v preglednici 4.



Slika 5 • Rešitev minimalne skupne dolžine poti, ki upošteva minimalni Hamiltonov cikel

Čas $d_{i,j}$:	∞	5	∞	11	∞	12	6	16	∞	50
5	∞	∞	17	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
∞	17	∞	10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
11	∞	∞	10	∞	32	∞	∞	∞	∞	∞
∞	∞	∞	∞	32	∞	14	∞	∞	∞	∞
12	∞	∞	∞	∞	14	∞	9	16	∞	∞
6	∞	∞	∞	∞	∞	9	∞	15	∞	∞
16	∞	∞	∞	∞	∞	16	15	∞	30	46
∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	30	∞	31
50	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	46	31	∞

Preglednica 3 • Matrika uteži d_{ij} za problem minimizacije skupnega časa za obisk gradbišč

Gradbišče	Čas za pot do sledeče lokacije (min)	Čas na gradbišču (min)	Skupni čas (min)
Maribor [†]	50	60	110
Mačkovci	31	30	61
Ljutomer	30	30	60
Ptuj	15	30	45
Rogoza	9	30	39
Slovenska Bistrica	10	30	40
Slovenske Konjice	10	30	40
Slovenska Bistrica	14	0	14
Trije kralji	32	30	62
Ruše	10	30	40
Ožbalt	17	30	47
Kamnica	5	30	35
Malica [‡]			60
Skupaj:	233	360	653

Opombe: [†] Za ogled dveh gradbišč v Mariboru se porabi 2-krat 30 minut.

[‡] V dveh delovnih dneh se za malico porabi 2-krat 30 minut.

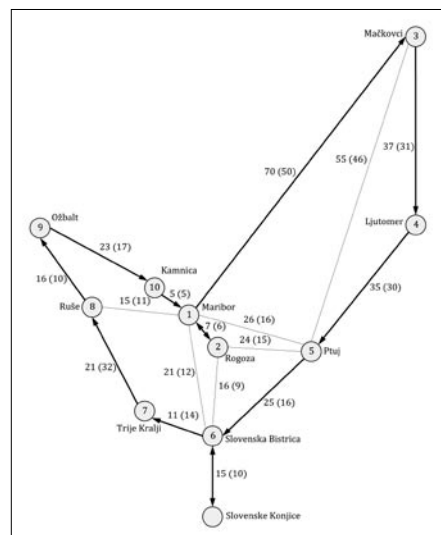
Preglednica 4 • Časovni potek obiska gradbišč za rešitev, ki upošteva minimalni Hamiltonov cikel

Gradbišče	Čas za pot do sledeče lokacije (min)	Čas na gradbišču (min)	Skupni čas (min)
Maribor [†]	6	60	110
Rogoza	6	30	61
Maribor	50	0	60
Mačkovci	31	30	45
Ljutomer	30	30	39
Ptuj	16	30	45
Slovenska Bistrica	10	30	40
Slovenske Konjice	10	30	40
Slovenska Bistrica	14	0	14
Trije kralji	32	30	62
Ruše	10	30	40
Ožbalt	17	30	47
Kamnica	5	30	35
Malica [‡]			60
Skupaj:	237	360	657

Opombe: [†] Za ogled dveh gradbišč v Mariboru se porabi 2-krat 30 minut.

[‡] V dveh delovnih dneh se za malico porabi 2-krat 30 minut.

Preglednica 5 • Časovni potek obiska gradbišč za rešitev, ki upošteva ponavljanje obiska lokacij



Slika 6 • Rešitev minimalne skupne dolžine poti, ki upošteva ponavljanje obiskov lokacij

Iz preglednice 4 je razvidno, da minimalni skupni čas za potovanje po celotni dolžini poti znaša 233 minut in vključuje 213 minut časa za minimalni Hamiltonov cikel, ki mu je naknadno prištet dvakratni čas za pot od gradbišča v Slovenski Bistrici do gradbišča v Slovenskih Konjicah, tj. 20 minut. Za obiske gradbišč na seznamu je treba rezervirati najmanj 653 minut. Pridobljeni optimalni načrt obiskov gradbišč kaže, da je treba predvideti 233 minut za premostitev poti od gradbišča do gradbišča, 360 minut za ogled gradbišč in 60 minut za malico. Iz rešitve je razvidno, da je mogoče opraviti enkratni obisk vseh gradbišč na seznamu v okviru dveh delovnih dni (tj. 16 ur oziroma 960 minut), ki sta za to na voljo.

Poskusimo zdaj poiskati boljšo rešitev za minimalno skupno dolžino poti, tako da omogočimo ponavljanje obiska lokacij na seznamu. Pogoji, da mora biti lokacija obiskana natanko enkrat, spremenimo v manj restriktivni pogoj, tj., da mora biti lokacija obiskana vsaj enkrat, in ponovimo izračun optimalne rešitve obravnavanega PTP. Pridobljena rešitev minimalne skupne dolžine poti, ki upošteva ponavljanje obiska lokacij, je prikazana na sliki 6.

Minimalna skupna dolžina poti pri rešitvi, ki upošteva ponavljanje obiska lokacij, znaša 287 km in vključuje izračunano minimalno pot dolžine 257 km za obisk vseh lokacij gradbišč, ki so bile vključene v optimizacijo, in naknadno prištet dvakratno dolžino poti od gradbišča v Slovenski Bistrici do gradbišča v Slovenskih Konjicah, tj. 30 km. Minimalna

skupna dolžina poti za rešitev, ki upošteva večkratni obisk lokacij, je za en km krajša od minimalne skupne dolžine poti za rešitev, ki upošteva minimalni Hamiltonov cikel.

Rešitev, ki upošteva večkratni obisk lokacij, predvideva, da se iz pisarne v Mariboru najprej opravi obisk gradbišča v Rogozi in se nato vrne nazaj v Maribor, šele potem pa se nadaljuje z obiskom drugih gradbišč. Zaradi predhodno opravljenega obiska v Rogozi se

lahko po obisku gradbišča na Ptuj opravi obisk gradbišča v Slovenski Bistrici in izpusti gradbišče v Rogozi. Pri novi rešitvi je treba prevoziti 14 km za pot Maribor–Rogoza–Maribor in 25 km za pot Ptuj–Slovenska Bistrica, tj. skupaj 39 km. Pri rešitvi, ki je upoštevala minimalni Hamiltonov cikel, je bilo treba za obisk istih lokacij gradbišč prevoziti 40 km, tj. 24 km za pot Ptuj–Rogoza in 16 km za pot Rogoza–Slovenska Bistrica.

Vidimo, da je mogoče z upoštevanjem manj restriktivnih pogojev, ki omogočajo večkratni obisk lokacij, doseči rešitev, ki izkazuje krajšo skupno dolžino poti. Po drugi strani omenjena rešitev izkazuje štiri minute daljši skupni čas, ki ga je treba rezervirati za obisk vseh gradbišč. V preglednici 5 je predstavljen časovni potek obiska gradbišč za rešitev, ki upošteva ponavljanje obiska lokacij.

6 • SKLEP

V članku je bilo predstavljeno optimalno planiranje poti v gradbeništvu z reševanjem PTP. Osnovni namen predstavljenega članka je bil približati reševanje PTP širši gradbeniški skupnosti. V ta namen so bili predstavljeni formulacija PTP, uporabnost optimizacijskega modela PTP ter nekateri komercialno dostopni programski paketi, ki se lahko koristno uporabijo pri modeliranju in reševanju PTP. Široka komercialna dostopnost programskih paketov za modeliranje in optimizacijo dajejo reševanju PTP pomemben aplikativni potencial

za gradbeništvu. Na koncu članka je bil predstavljen enostaven primer iz gradbeništvu, kjer je bilo obravnavano optimalno planiranje poti s pomočjo reševanja PTP.

S predstavljeno uporabnost optimizacijskega modela PTP smo pokazali, da ga je mogoče (z večjimi ali manjšimi modifikacijami) koristno uporabiti tudi pri reševanju drugih, trgovskemu potniku sorodnih optimizacijskih problemov. Tako je mogoče model PTP v gradbeništvu koristno uporabiti za optimalno planiranje dobave, transporta in vgradnje gradbenih

materialov, polizdelkov ali izdelkov, planiranje serijske in masovne proizvodnje, planiranje obhodov gradbišč pri kontroli kakovosti, izvajanju nadzorstva ali zagotavljanju varstva pri delu, planiranje poti in angažiranje prevoznih sredstev, upravljanje skladišč.

PTP v splošnem predstavlja težko rešljivi problem kombinatorične optimizacije. Po drugi strani je treba na koncu poudariti, da PTP, s katerimi se največkrat soočamo v vsakdanji gradbeniški praksi, niso pretirano kombinatorični in jih je mogoče povsem zadovoljivo reševati s komercialno dostopnimi programskimi paketi za optimizacijo. Na ta način se lahko model PTP v številnih primerih izkaže kot učinkovito alternativo orodje gradbenega menedžmenta.

7 • LITERATURA

- Applegate, D., Bixby, R., Chvátal, V., Cook, W., Finding cuts in the TSP (A preliminary report), DIMACS Technical Report 95-05, 1995.
- Applegate, D., Bixby, R., Chvátal, V., Cook, W., On the solution of travelling salesman problems, Documenta Mathematica (Journal der Deutschen Mathematiker-Vereinigung), International Congress of Mathematicians, str. 645–656, 1998.
- Applegate, D., Bixby, R., Chvátal, V., Cook, W., TSP cuts which do not conform to the template paradigm, Computational Combinatorial Optimization, Optimal or Provably Near-Optimal Solutions, Volume 2241 of Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, London, str. 261–304, 2001.
- Applegate, D., Bixby, R., Chvátal, V., Cook, W., The traveling salesman problem: a computational study, Princeton University Press, Princeton, 2006.
- Applegate, D., Bixby, R., Chvátal, V., Cook, W. The traveling salesman problem, <http://www.tsp.gatech.edu/>, 2004.
- Applegate, D., Bixby, R. E., Chvátal, V., Cook, W., Espinoza, D., Goycoolea, M., Helsgaun, K., Certification of an optimal TSP tour through 85.900 cities. Operations Research Letters, 37(1), str. 11–15, 2009.
- Bisschop, J. J., Roelofs, M., AIMMS: the language reference, Haarlem: Paragon Decision Technology BV, 1999.
- Brooke, A., Kendrick, D., and Meeraus, A., GAMS – a user's guide, Redwood City: Scientific Press, 1988.
- Camerini, P. M., Fratta, L., Maffioli, F., On improving relaxation methods by modified gradient techniques, Mathematical Programming Study, 4, str. 26–34, 1975.
- Chen, S. M., Chien, C. Y. Parallelized genetic ant colony systems for solving the traveling salesman problem, Expert Systems with Applications 38(4), str. 3873–3883, 2011.
- Cheng, M. Y., Huang, K. Y. Genetic algorithm-based chaos clustering approach for nonlinear optimization, Journal of Marine Science and Technology 18(3), str. 435–441, 2010.
- Cook, W., Espinoza, D., Goycoolea, M., Computing with domino-parity inequalities for the TSP, INFORMS Journal on Computing 19(3), str. 356–365, 2007.
- CPLEX Optimization Inc., Using the CPLEX linear optimizer, Houston, 1988.

- Crowder, H., Padberg, M. W., Solving large-scale symmetric travelling salesman problems to optimality, *Management Science*, 26(5), str. 495–509, 1980.
- Czyzyk, J., Mesnier, M. P., Moré, J. J. The NEOS Server, *IEEE Computational Science and Engineering* 5(3), str. 68–75, 1998.
- Dantzig, G. B., Fulkerson, D. R., Johnson, S. M., Solution of a large scale traveling salesman problem, *Operations Research* 2(4), str. 393–410, 1954.
- Feng, C. W., Cheng, T. M., Wu, H. T. Optimizing the schedule of dispatching RMC trucks through genetic algorithms, *Automation in Construction* 13(3), str. 327–340, 2004.
- Fourer, R., Gay, D. M., Kermighan, B. W. A modelling language for mathematical programming, *Management Science* 36(5), str. 519–554, 1990.
- Google Earth, <http://www.google.com/earth/index.html>, 2011.
- Grötschel, M., Polyedrische charakterisierungen kombinatorischer optimierungsprobleme, Anton Hain Verlag, Meisenheim/Glan, 1977.
- Grötschel, M., Holland, O., A cutting plane algorithm for minimum perfect 2-matchings, *Computing*, 39 (4), str. 327–344, 1987.
- Held, M., Karp, R. M., The traveling-salesman problem and minimum spanning trees: part II, *Mathematical Programming*, 1(1), str. 6–25, 1971.
- IBM Corporation, Optimization subroutine library guide and reference, Release 2, New York, 1991.
- Kunigahalli, R., Veeramani, D. Computer-aided process planning for CNC pumped-concrete placement, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 13(4), str. 275–288, 1998.
- Larusic, J., Punnen, A. P. The balanced traveling salesman problem, *Computers and Operations Research* 38(5), str. 868–875, 2011.
- Lei, Z., Hongqi, H., Stochastic disturbance recovery theory and rotation algorithm on the traveling salesman problem in material transportation, *Proceedings of the 2nd International Conference on Transportation Engineering*, Chengdu, China, str. 1578–1583, 2009.
- Lindo Systems Inc., LINGO modelling system, 1988.
- Majumdar, J., Bhunia, A. K. Genetic algorithm for asymmetric traveling salesman problem with imprecise travel times, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 235(9), str. 3063–3075, 2011.
- Moler, C. B., MATLAB user's guide, Technical Report CS81-1, Albuquerque: University of New Mexico, Department of Computer Science, 1980.
- Padberg, M., Rinaldi, G., Optimization of a 532-city symmetric traveling salesman problem by branch and cut, *Operations Research Letters* 6(1), str. 1–7, 1987.
- Padberg, M., Rinaldi, G., A branch-and-cut algorithm for the resolution of large-scale symmetric traveling salesman problems, *SIAM Review* 33(1), str. 60–100, 1991.
- Schrage, L., Linear, integer and quadratic programming with LINDO, Palo Alto: Scientific Press, 1986.
- Shixin, L. Model and algorithm for hot rolling batch planning in steel plants, *International Journal of Information and Management Sciences* 21(3), str. 247–263, 2010.
- Telefonski imenik Slovenije, <http://www.itis.si/>, 2011.
- Wilson, R. J., Watkins, J. J., *Graphs: an introductory approach – a first course in discrete mathematics*, New York: John Wiley & Sons, 1990.
- Wolfram, S., *Mathematica: A system for doing mathematics by computer*. Redwood City: Addison–Wesley, 1988.

ZAŠČITA KMETIJSKIH POVRŠIN IN PITNE PODTALNICE ZASLUŽI VEČJO POZORNOST

PROTECTION OF AGRICULTURE AREAS AND GROUND DRINKING WATER DESERVES MORE ATTENTION

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
Barjanska 68, Ljubljana

Strokovni članek
UDK: 502.6:628.196:631.4

Povzetek | Slovenija ima le ca. 20 % ravninskega sveta z bogatimi zalogami pitne podtalnice, urbanizacijo in deficitarnim kmetijstvom s samo 800 m² orne zemlje na prebivalca. Zato je gospodarna izraba tega ravninskega prostora pomembna. Članek obravnava dva primera aktivne zaščite pitne podtalnice z vodno zaveso, ki potrebuje od konvencionalnih varnostnih pasov bistveno manj površin, ki so tako sproščene za kmetijstvo.

Summary | In Slovenia, there are only about 20 % of flat areas with rich ground water reservoirs, urbanisation and deficitary agriculture with only 800 m²/habita. This calls for rational management of this flat part of the country. The paper describes two examples of active drinking ground water protection with water curtain which needs, in compaiison to conventional protective ways, smaller number of areas and so the rest of them might be used for agricultural purposes.

1 • UVOD

Poleg velikega bogastva rek in jezer ima Slovenija v podzemnih vodah dolomitnih hribin največ v kraških apnencih in v podtalnici peščeno-prodnih naplavin slovenskih rek, skupaj ca. 31,6 m³/s (ARSO, 2002) samo v prodnih naplavinah pa 18,8 m³/s ali več kot polovico vseh podzemnih voda. Samo s to podtalnico bi lahko oskrbeli s pitno vodo preko

deset milijonov, skupaj s kraškimi podtalnicami, ki sodijo po lastnostih med površinske vode, pa 18 do 20 milijonov prebivalcev.

To je veliko naravno bogastvo, ki ga tudi danes še ne moremo niti ne znamo dovolj realno oceniti.

Kljub nezamenljivosti pa vode in njene zaščite ni mogoče obravnavati ločeno, ampak v okviru

integralnega načrtovanja in gospodarjenja s prostorom. To je kompleksna in zahtevna naloga države z dolgoročnimi posledicami za ekonomski razvoj in varovanje naravnega okolja v celoti.

V tem prispevku obravnavamo problem kolizije pri zagotavljanju dveh za življenje elementarnih potreb varovanja virov pitne vode in plodne zemlje za pridelovanje hrane z namenom, da bi pokazali na ta segment celostnega gospodarjenja s prostorom in mogoče rešitve.

2 • SPECIFIČNA PROBLEMATIKA SLOVENIJE KONFLIKT S KMETIJSTVOM IN DISPERZNO URBANIZACIJO

Zaradi geografskih značilnosti Slovenije je varovanje pitne vode večji problem, kot bi lahko sklepali po omenjenih velikih zalogah

pitne vode. Gozdovi pokrivajo kar 66 % njene površine 20.273 km². Za kmetijstvo pa je na voljo le 27,76 % površin³, ostalo pa porabi

urbanizacija, prometnice itd., tako da ostaja za zaščito podtalnice v ravninskih predelih, kjer so njene glavne zaloge, le malo prostih površin. V Evropi na primer je delež njiv v celotnem kmetijstvu ca. 55 % ali 2000 do 3000 m² na prebivalca (Jesenšek, 2010). V Sloveniji pa le 35 % ali na prebivalca le 800 m² obdelovalnih površin, kar pomeni, da imamo v

proizvodnji hrane ca. 35% primanjkljaj. Zato je treba plodne površine intenzivno izkoriščati in

varovati pred drugimi posegi, kot so zazidava, prometnice itd. Za zaščito pitne podtalnice pa

izbirati rešitve, kolikor je mogoče prostorsko racionalne.

3 • KLJUB GLOBALIZACIJI OSTAJATA ZA ŽIVLJENJE ESENCIALNA SAMOOSKRBA Z VODO IN HRANO TEMELJ RAZVOJNE STRATEGIJE VSAKE UREJENE DRŽAVE

Ob velikem vodnem bogastvu pa Slovenija, kot vemo, po proizvodnji hrane ni samozadostna. Problem je, da skupna površina ravninskega sveta, kjer je v dolinah rek največ pitne podtalnice, ni večja od ca. 2000 km² ali le ca. 10 % površine celotne države¹. Od te površine pa zavzema kmetijstvo 56,60 %,

pozidava in prometnice 34,45 %, vode in drugo pa 6,75 %, kar pomeni, da ostane na ravninah za zaščito črpane pitne podtalnice le 2,2 % površine.

Zaradi velike gozdnatosti Slovenije, preko 60 %, ostane za poselitev manj kot 40 %. Gozsta poselitve na teh območjih pa je ca. 290

preb./km², skoraj trikrat večja od povprečne, tj. 100 preb./km². Velika disperznost poselitve v Sloveniji pa problem zaščite podtalnice dodatno otežuje. Tipičen primer je poselitev na najbolj plodnih tleh Savinjske doline. V Nemčiji, na primer, pa ostane za poselitev 70 % površine, gozdov je le 30 %. (V obeh primerih alpski svet ni upoštevan.) Pri 2000 m² orne zemlje na prebivalca pa je obremenitev prostih površin zaradi večje koncentracije prebivalstva v mestih kljub večji povprečni poselitvi 229 preb./km² manjša kot v Sloveniji.

4 • TVEGANJE PRED ONESNAŽENJEM PODTALNICE ZMANJŠUJEJO PREDPISANA VODOVARSTVENA OBMOČJA (VVO) – RANLJIVOST PODTALNICE

Po ARSO lahko obravnavamo varnost pitne podtalnice in vodonosnikov pred onesnaženjem po ranljivosti in tveganju. Ranljivost podtalnice je večja pri plitvih vodonosnikih brez nepropustnih krovnih plasti, če je podtalnica blizu površine. Tveganje pred onesnaženjem pa narašča z intenzivnejšim kmetijstvom, prometom in urbanizacijo. Po

ARSO¹ so največja tveganja pri podtalnicah Ljubljanskega polja in v spodnji Savinjski dolini.

Največjo ranljivost, z izjemo Sorškega in Kranjskega polja, pa kažejo vsi največji rezervoarji podtalnice talne vode Ljubljanskega, Dravskega polja, Spodnje Savinske doline in Pomurja.

Pri poselitvi in kmetijstvu ostane v ravninskem delu Slovenije za zaščito pitne podtalnice le ca. 2 % prostih površin. Pitna podtalnica pa je pod največjim tveganjem ravno pri največjih vodovodih, kot sta ljubljanski in mariborski vodovod.

Velika kolizija interesov med pitno vodo in kmetijstvom je v tudi Savinjski dolini in žitnici Slovenije, v Pomurju.

Primeri onesnaženj pred leti na Dravskem polju v ljubljanski in mariborski podtalnici (onesnaženje s pesticidi, nitrati, trihalometani itd.) pa kažejo, da še tako razsežni VVO ne zadostujejo.

5 • AKTIVNA ZAŠČITA PODTALNICE OMOGOČA VEČ VODE IN BOLJŠO ZAŠČITO PRED ONESNAŽENJEM NA MANJŠIH POVRŠINAH ZAŠČITNIH PASOV.



Slika 1 • Črpališče regionalnega mariborskega vodovoda na Vrbanek plateau, ki oskrbuje z vodo 17 občin in 200.000 prebivalcev. Linije infiltracijskih vodnjakov za bogatenje podtalnice na vzhodni strani črpališča še čakajo na izvedbo



Slika 2 • Varovano območje črpališča skupinskega vodovoda Ormož za štiri občine z 19.000 prebivalci. Na sliki sta vidna dva varnostna rezervoarja s štirimi pokritimi bazeni za bogatenje podtalnice

Za ilustracijo sta predstavljeni črpališči ormoškega (slika 1) in mariborskega vodovoda (sliki 2 in 3) z aktivno zaščito podtalnice. V obeh primerih je z bogatenjem na isti površini črpališča večkrat povečana prvotna zmogljivost črpališča, hkrati pa je z bogatenjem podtalnice ustvarjena vodna zavesa proti mestu (Maribor) in proti kmetijskim površinam (Ormož), s katero je v vodnjake obeh črpališč preprečen vdor pod mestom oziroma pod njuvami onesnažene podtalnice, kar je potrjeno s primeri onesnaženja podtalnice v Mariboru s trihalometani, v Ormožu pa s pesticidi in nitrati.

V vodovodih Ormoža in Ljutomera pa se z bogatenjem iz črpane podtalnice že v samem vodonosniku odstrani tudi naravno prisotno železo, mangan in amonij, z naravnimi biokemičnimi procesi brez vseh kemikalij in čistilne naprave, ki bi bila sicer potrebna.

Kaj pomeni uporaba aktivne zaščite za kmetijstvo in stroške vodovoda, povesta sliki vodnih črpališč v Mariboru in Ormožu. Na črpališču vodovoda Ormož zadostuje za popolno zaščito črpane podtalnice pogozdena površina črpališča ca. 21 ha. To pa pomeni kar 78-krat manjšo površino od 1760 ha (za I., II. in III. razred zaščite 65 ha, 95 ha in 1600 ha), kolikor je za VVO določena po sedanjih predpisih.

Če povzamemo, ima aktivna zaščita pred pasivno tri prednosti: omogoča praktično



Slika 3 • Pogled na črpališče mariborskega vodovoda na Vrbanek plateau z druge strani pokaže na bližino mesta. Zaradi debele krovne plasti je tudi na ožjem zaščitnem pasu črpališča mogoča kmetijska proizvodnja brez pesticidov ob odmerjeni uporabi umetnih gnojil. Zaradi bližine mesta pa bi bilo mogoče po vzoru črpališča Hadrholf v Zürichu te površine uporabiti tudi za rekreacijske in parkovne površine

popolni nadzor nad količino in kakovostjo obogatene pitne podtalnice, sedaj predpisane velike površine VVO vrača kmetijstvu v normalno uporabo po splošnih okoljevarstvenih predpisih za dopustno uporabo gnojil, pesti-

cidov itd., in tretjič, vodovode razbremenjuje plačevanje znatnih odškodnin kmetom. Aktivna zaščita je tako v korist obema antagonistoma, kmetijstvu in preskrbi s pitno vodo, oziroma vodovodom.

6 • MOČ NARAVNIH PROCESOV

Procesi umetnega bogatenja pri aktivni zaščiti podtalnice potekajo povsem enako kot pri naravni podtalnici. Dobra kakovost naravno ali umetno obogatene podtalnice je posledica velike aktivnosti mikroorganizmov, najbolj v krovni plasti zemljine, precejanja in njenih adsorpcijskih sposobnosti. Analize pa dokazujejo, da slovenske reke niso

onesnažene s kemičnimi onesnažili (pesticidi, težke kovine itd.), ki niso dostopna biokemični razgradnji. Vsekakor pa so koncentracije teh onesnaženj v podtalnici tudi z nitrati bistveno večje.

To pa samo potrjuje naravovarstveno zahtevo – toksične snovi se morajo izločiti iz vode že na kraju nastanka.

Razlika med aktivno zaščito v Mariboru in Ormožu je le, da se za čiščenje rečne vode pred bogatenjem v prvem primeru uporabi inducirana obrežna filtracija vode iz Drave, v drugem pa ponikanje dravske vode preko bioloških filtrov.

Izkušnje iz obeh primerov pa so že uporabljene pri velikem načrtu preskrbe s pitno vodo Pomurja.

7 • ZAKLJUČKI

Skrb za vodo in plodna tla sodi med pomembne naloge integralnega načrtovanja voda in prostora. V prispevku je nakazan način za premagovanje neizogibnega konflikta v rabi prostora med pitno vodo, varovanjem plodnih tal za prehransko samooskrbo, pozidavo, promet in drugimi potrebami po prostoru.

Medtem ko je mogoče po opisanih izkušnjah z uporabo prostorsko manj zahtevnih načinov varovanja pitne vode ohraniti več plodnih tal za kmetijstvo, pa problem ekstenzivnega širjenja pozidave, kot je videti, strateško še vedno ni rešen.

Namesto pozidave plodnih tal za nova satelit-

ska naselja in objekte bi bilo treba bolj izkoristiti manj plodna kraška območja in območja, ki jih zaraščajo gozdovi, ki niso daleč od večjih središč. Če upoštevamo vrednost sicer izgubljene kmetijske zemlje in zalog podtalnice, bi nižja cena takšnih zemljišč kmalu povrnila večje začetne stroške infrastrukture. Načrtovana zazidava nad Podutikom pri Ljubljani je spodbudni primer v tej smeri.

8 • LITERATURA

ARSO, STROKOVNE PODLAGE ZA RAZGLASITEV OGROŽENOSTI PODZEMNE VODE V REPUBLIKI SLOVENIJI, Zakonodaja: Viler Kovačič, A., Ranljivost: Uhan, J., Andjelov, M., Kranjc, S., Obremenjenost: Krajnc, M., Zupan, M., Kolenc, A., Rejc, M., Tveganje: Brancelj, I., Čarni, D., GIS: Bat, M., Ljubljana, julij 2002.

Jesenšek, M., Slovenija na dnu evropske lestvice, Delo, 29. 7. 2010.

PRIPOMBE NA ODGOVOR AVTORJA DR. UROŠA KRAJNCA (GV, MAREC 2011)

Opravičujem se gospodu dr. Urošu Krajncu za moje očitno slabo razumljive strokovne pripombe na njegov članek *Čistilna naprava Sevnica 1999–2010* (GV, januar 2011), saj iz njegovih odgovorov (GV, marec 2011) sklepam, da jih deloma ni ali pa jih je narobe razumel.

Ne nameravam se podrobneje spuščati v analizo vseh odgovorov, vendar želim opozoriti zgolj na naslednja dejstva ...

V članku (točka 2.2) se sicer mimogrede navaja, da ima čistilna naprava Sevnica tudi tako imenovano terciarno čiščenje, vendar pa avtor temu nasprotno (pod točko 5.2) izrecno navaja, da je bila ČČN Sevnica projektirana po (v preglednici 2 natančno navedenih) zakonsko predpisanih mejnih vrednostih za koncentracijo parametrov na iztoku čistilne naprave Sevnica, ki v skladu z uredbo veljajo zgolj in izrecno za zmogljivostni velikostni razred ČČN med ≥ 2.000 PE in < 10.000 PE (!!!). Torej je bil dejanski zahtevani učinek čiščenja ČČN Sevnica določen brez upoštevanja mejnih vrednosti za koncentracijo in učinek čiščenja celotnega dušika in celotnega fosforja! Preden bo torej avtor v prihodnje ponovno ožigosal mojo strokovno pripombo kot *povsem izmišljeno trditve* (citaf), mu svetujem, da najprej preveri, kaj je v strokovnem članku pod točko 5.2 sploh zapisal.

Na mojo pripombo, da stroka ne pozna strokovnega pojma »delnega« aerobnega stabiliziranega blata« se avtor v odgovoru sklicuje na januarske rezultate čiščenja odpadnih voda in na rezultate kemijskih analiz odpadkov. Ker očitno govori o popolnoma različnih stvareh, naj iz slovarja in opisa izrazov (prof. dr. Milenko Roš:

Biološko čiščenje odpadne vode) za stabilizirano blato citiram naslednji opis tega strokovnega izraza: »Blato, katerega biološka razgradljivost je s stabilizacijo zmanjšana pod določeno vrednost.« Da ne bo nesporazuma še definicija za aerobno presnovo: »Razkroj suspendiranih in raztopljenih organskih snovi v prisotnosti raztopljenega kisika.« Tudi v tej strokovni knjigi nikjer ne zasledim strokovnega izraza ali opisa delno stabiliziranega blata. Vsekakor pa priporočam avtorju, da si kupi ta slovenski priročnik, saj so v njem definirani tudi drugi strokovni pojmi in izrazi s tega področja stroke.

Kar se tiče v odgovoru navedenih fantastičnih januarskih rezultatov čiščenja na ČN Sevnica, pa sem vznemirjen, saj očitno ta čistilna naprava po zgolj polletnem obratovanju, v (predvsem za eliminacijo dušika) neugodnemu zimskemu obdobju, pri nekoliko neobičajnem razmerju BPK/KPK itd. presega celo 99-odstotni učinek čiščenja. Čestitam! Na tako fantastične rezultate namreč nisem še naletel v moji več kot 40-letni tuji in domači strokovni praksi, kaj šele v strokovni literaturi. (Mimogrede: v strokovnem članku ali odgovoru se pričakuje natančne izračune, čeprav je dejanska računaska razlika majhna; torej naj bi v preglednici januarskih rezultatov čiščenja znašal učinek po KPK okoli 98 %.)

V članku (točka 5.1) se avtor za določanje hidravlične obremenitve ČN Sevnica sklicuje na upoštevanje zahtev nemških smernic (ATV – A 131). Tudi v 3. odgovoru se sklicuje na te smernice (ATV – A128). V poglavju 6.1 se avtor celo ogorčeno pritožuje nad nekaterimi tujimi eksperti,

ki naj bi te, v Sloveniji stalno uporabljajoče se nemške ATV-predpise niti ne poznali!!! (Mimogrede: kakor je razvidno, avtor tudi ne zna razlikovati med (državnimi) zakonodajnimi predpisi in ATV-strokovnimi (oziroma DWA) smernicami!) Na mojo strokovno pripombo, da se pri prevzemanju greznicnih vsebin na čistilne naprave, ki so manjše od 10.000 PE, zavestno kršijo nemške DWA-smernice, pa mi avtor naenkrat odgovarja, da so te strokovne smernice v Sloveniji neveljavne, saj so (te nemške smernice, na katere se je ravnokar še skliceval) po njegovih besedah za zastalo Slovenijo prezahtevne. Morda pa je avtor pri tem zgolj prezrl dejstvo, da se je nekdanje neodvisno nemško strokovno združenje ATV e. V. pred leti preimenovalo v DWA e. V. (www.dwa.de) – in te označbe veljajo le za ene in iste smernice?

Mimogrede: nemške smernice in norme uporabljamo, ker ni adekvatnih slovenskih smernic ali norm. Poleg tega naj še navedem, da prepoved prevzema vsebin greznic na čistilne naprave velikosti < 10.000 PE ne izhaja iz poljubno določene »hišne številke«, temveč je določena na podlagi ustreznih mnogoštevilnih obratovalnih izkušenj. Manjše čistilne naprave namreč niso sposobne prenesti teh zelo visokih obtežbenih sunkov brez hudih ekoloških posledic in škode.

Kar pa se navedenega števila slovenskih komunalnih čistilnih naprav tiče, na žalost kvantiteta ne nadomešča kvaliteto. Strinjam se z avtorjem, da so se slovenski projektanti veliko učili na lastnih napakah, vendar pa se bister projektant uči predvsem na tujih napakah.

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

ODGOVOR AVTORJA NA PRIPOMBE NA ODGOVOR AVTORJA

Glede na določene ponovne dvome g. Franca Maleinerja, univ. dipl. kom. inž., podajam nekaj odgovorov na ključne pripombe.

Trditve Maleiner: ... stroka ne pozna strokovnega pojma »delnega« aerobnega stabiliziranega blata, se avtor v odgovoru sklicuje na januarske rezultate čiščenja odpadnih voda in na rezultate kemijskih analiz odpadkov.

Odgovor: Izraz delna aerobna stabilizacija blata je povzet po projektu čistilne naprave, katerega nisem avtor, si ga ne lastim in sem ga samo povzel. Odgovor je šel v smeri, da je veliko pomembnejše kot to, ali projektant uporabil neki izraz, dejansko delovanje čistilne naprave. Po podatkih, ki mi jih je posredovala Komunala Sevnica, ki obratuje s čistilno napravo, so rezultati čiščenja zelo dobri.

Trditve Maleiner: Torej je bil dejanski zahtevani učinek čiščenja ČČN Sevnica določen brez upoštevanja mejnih vrednosti za koncentracijo in učinek čiščenja celotnega dušika in celotnega fosforja!

Odgovor: Čistilna naprava Sevnica dosegla učinek čiščenja glede celotnega dušika 5,9 mg N_{org}/l – zakonska meja je 15 mg/l. Prav tako ima čistilna naprava vključeno čiščenje fosforja, kar je razvidno iz opisa naprave.

Trditve Maleiner: Poleg tega naj še navedem, da prepoved prevzema vsebin greznic na čistilne naprave velikosti < 10.000 PE ne izhaja iz poljubno določene »hišne številke«, temveč je določena na podlagi ustreznih mnogoštevilnih obratovalnih izkušenj. Manjše čistilne naprave

namreč niso sposobne prenesti teh zelo visokih obtežbenih sunkov brez hudih ekoloških posledic in škode.

Odgovor: Trditve, da čistilna naprava s kapaciteto 9900 PE ne sme prevzeti vsebine greznic, če bi imela kapaciteto 10.000 PE, pa bi jih lahko (odstopanje 1 %!), je na istem nivoju, kot da je voznja na nekem cestnem odseku z 99 km/h varna, s 100 km/h pa nevarna glede na prometni znak. V obeh primerih gre za predpis, ki ima raje okrogle številke, ki se lažje memorirajo, kot pa za vsebino.

S tem z moje strani razpravo na temo čistilna naprava Sevnica zaključujem.

dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Katja Mešiček, Ocena stabilnosti svežih malt z metodo električne prevodnosti, mentor izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor izr. prof. dr. Zvonko Jagličič

Denis Tomažič, Analiza zastoja pri gradnji objekta EDA Center, mentor viš. pred. dr. Aleksander Srdić

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Miha Ulčar, Celovito upravljanje s tveganjem pri oskrbi s pitno vodo, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor doc. dr. Nataša Aťanasova

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Urša Vidmar, Primerjava vertikalnih in horizontalnih sistemov rastlinskih čistilnih naprav, mentor prof. dr. Boris Kompare, somentor asist. dr. Matej Uršič

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Dominik Peternelj, Gradnja viadukta Lešnica, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor viš. pred. Viktor Markelj

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jernej Dolinšek, Načrtovanje voziščne konstrukcije z upoštevanjem trajnih deformacij v nevezani nosilni plasti, mentor izr. prof. dr. Bojan Žlender, somentor dr. Helena Vrecl Kojc

Barbara Vrtič, Analiza cestno – infrastrukturnih elementov ob osnovnih šolah lociranih ob državnem cestnem omrežju, mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor doc. dr. Marko Renčelj

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

Vesna Petrovič, Tehnologija gradnje in presoja ekonomske upravičenosti pasivne montažne hiše iz lahke okvirne konstrukcije, mentorja doc. dr. Andrej Štrukelj – FG in doc. dr. Andreja Lutar Skerbinjek – EPF, somentor izr. prof. dr. Dean Korošak

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

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejemaajo Gradbeni vestnik (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLEDAR PRIREDITEV

6.-8.6.2011

Urban Transport 2011

Pisa, Italija

www.wessex.ac.uk/11-conferences/urbantransport-2011.html

8.-10.6.2011

fib Symposium: "Concrete engineering for excellence and efficiency"

Praga, Češka

www.fib2011prague.com

11.-12.6.2011

ZIDAM 2011 – gradbeni sejem in tekmovanje zidarjev

Renče pri Novi Gorici, Slovenija

www.zidam.si

13.-15.6.2011

AMCM 2011

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

Krakov, Poljska

www.amcm2011.pk.edu.pl

15.-17.6.2011

ICMS 2011

12th International Conference on Metal Structures

Wroclaw, Poljska

www.icms2011.pwr.wroc.pl/index_pliki/Page300.htm

4.-6.7.2011

EURODYN 2011

8th International Conference on Structural Dynamics

Leuven, Belgija

<http://conf.ti.kviv.be/Eurodyn2011/>

6.-8.7.2011

Footbridge 2011

Wroclaw, Poljska

www.footbridge2011.pwr.wroc.pl

10.-15.7.2011

13th International Conference on Wind Engineering

Amsterdam, Nizozemska

www.icwe13.org

1.-4.8.2011

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

Zürich, Švica

www.icasp11.ethz.ch

7.-11.8.2011

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

Christchurch, Nova Zelandija

www.hpc-2011.com

4.-9.9.2011

WEC 2011

World Engineers Convention

Geneva, Švica

www.wec2011.ch

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and

IABSE Symposium

London, Anglija

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

25.-30.9.2011

24th World Road Congress

Mexico City, Mehika

www.piarc.org/en/

3.-7.10.2011

Mechanics of Masonry Structures

Fisciano, Italija

www.cism.it/courses/C1110

22.-25.10.2011

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

Salt Lake City, Utah, ZDA

<https://neforum.pci.org/eweb/startpage.aspx?site=2010conv&design=no>

16.-18.11.2011

10. mednarodni simpozij o gradnji predorov in podzemnih prostorov

Kongresni center MONS, Ljubljana, Slovenija

www.ifa-slovenia.si

24.-25.11.2011

13. kolokvij o asfaltnih in bitumnih

Kranjska Gora, Slovenija

www.zdruzenje-zas.si

11.-14.6.2012

Concrete structures for a sustainable community

Stockholm, Švedska

johan.silfwerbrand@cbi.se

8.-12.7.2012

10th International Conference on Concrete Pavements

Québec City, Québec, Kanada

www.concretepavements.org

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