





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 Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan 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 všteti DDV.

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

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, julij 2012, letnik 61, str. 145-168

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 presledkoma med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja 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

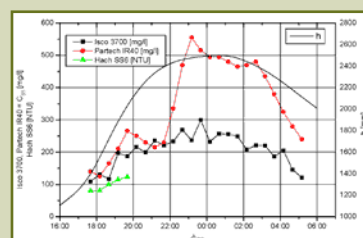
stran 146
SVETOVNI INŽENIRSKI FORUM 2012

Nagrajeni gradbeniki

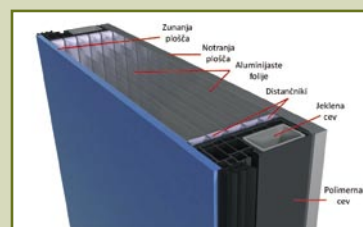
stran 150
VIKTOR MARKELJ PREJEL NAGRADO INŽENIRSKJE ZBORNICE SRBIJE

Članki • Papers

stran 151
prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.
METODE TERENSKIH MERITEV SUSPENDIRANIH SEDIMENTOV V REKAH
METHODS OF FIELD MEASUREMENTS OF SUSPENDED SEDIMENTS
IN RIVERS



stran 159
mag. Črtomir Remec, univ. dipl. inž. grad.
dr. Mojca Japelj Fir, prof. kem.
mag. Aleš Kralj, univ. dipl. inž. stroj.
dr. Matjaž Žnidaršič, univ. dipl. inž. stroj.
S PLINOM POLNJENI PANELI ZA VISOKOIZOLACIJSKE STAVBNE OVOJE
21. STOLETJA
GAS FILLED PANELS AS A HIGH INSULATION FOR BUILDING ENVELOPES
OF 21ST CENTURY



Mnenje

stran 167
Jasna Godina, univ. dipl. ekon.
V TEM TUNELU ŠE NI VIDETI IZHODA

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Nov fasadni panel Trimo na stavbi Belimed v Grosupljem,
foto Jure Počrvina, Trimo



World Engineering Forum 2012

www.wef2012.si

Svetovni inženirski forum 2012
Trajnostna gradnja za ljudi

Ljubljana, Slovenija
17. - 21. september 2012



SVETOVNI INŽENIRSKI FORUM 2012: TRAJNOSTNA GRADNJA ZA LJUDI 17.–21. SEPTEMBER 2012, LJUBLJANA, GRAND HOTEL UNION

Povabilo

Spoštovani kolegice in kolegi, dovolite nam, da vas ponovno povabimo na enkratni dogodek, Svetovni inženirski forum, ki bo pod naslovom Trajnostna gradnja za ljudi potekal od 17. do 21. septembra v Ljubljani, v Grand Hotelu Union.

Tematika foruma je skrbno izbrana. Skrb za trajnostno gradnjo ima poleg gospodarskega tudi socialno-kulturni in ekološki pomen, pri čemer se slednji z vse hitrejšimi podnebnimi spremembami in intenzivno rabo neobnovljivih virov primarnih energentov zelo hitro povečuje.

Iz tega razloga je junija v Rio de Janeiru, v Braziliji potekala konferenca Združenih narodov o trajnostnem razvoju. Taiste teme, ki so jih v Rio obravnavali na visokem, državnem nivoju bodo na forumu v Ljubljani obravnavane aplikativno, saj smo nedvomno inženirji tisti, ki lahko pomagamo najti ustrezne rešitve za trenutne in prihajajoče izzive, s katerimi se spopada človeštvo. Točno to priložnost vidi v našem forumu tudi Organizacija združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo (UNESCO), ki je prav zato tudi pokrovitelj ljubljanskega foruma.

S pozdravnim nagovorom bo forum odprl predsednik Republike Slovenije, dr. Danilo Türk.

Bogat strokoven program

Prvotno predstavljen program foruma je bil zaradi izkazanega izjemnega zanimanja za pogovor in razpravo o posameznih trajnostnih temah razširjen.

Eminentni govorniki iz tridesetih držav sveta bodo v okviru naslovne teme Trajnostna gradnja za ljudi na forumu tako razpravljali o:

- mestih in urbanem okolju,
- trajnostni infrastrukturi,
- zelenih stavbah in
- obvladovanju tveganja pred naravnimi nesrečami (Disaster/Risk Management).

Bogat strokoven program z navedbami govornikov in naslovov njihovih govorov najdete v nadaljevanju.

Skupaj s predstavniki inženirstva iz vsega sveta smo pripravili izredno zanimiv nabor predstavitev, zato smo prepričani, da boste lahko tudi vi v njem našli kaj zanimivega.

Okrogla miza

Drugi dan foruma bo potekala okrogla miza z naslovom **Zeleno gospodarstvo**. Vodil jo bo prejemnik nagrade IZS in predsednik Slovenskega društva za sončno energijo Marko Umberger, na njej pa bodo sodelovali predstavniki gospodarstva.

Tehnična ekskurzija

V okviru tehnične ekskurzije se bomo odpeljali v Idrijo in si ogledali Hidriin Inštitut Klima ter Rudnik živega srebra.

Program za mlade inženirje

Obsega sestanek tehničnega komiteja in spoznavno srečanje v ponedeljek, tehnični dogodek in ogled Ljubljane s kolesi v torek ter forum za mlade inženirje in tehnično ekskurzijo v četrtek. Več: <http://www.wef2012.si/forum/young-engineers/>.

Jezik foruma

Forum bo v celoti potekal v angleščini.

Kotizacija in prijava

Kotizacija za udeležbo na forumu znaša 500,00 EUR z DDV.

V kotizaciji je vključeno:

- udeležba na forumu 18. in 19. septembra,
- odmori in kosila,
- udeležba na sprejemu dobrodošlice v ponedeljek, 17. septembra,
- udeležba na otvoritvi razstave v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani v torek, 18. septembra*,
- udeležba na sprejemu na Ljubljanskem gradu v sredo, 19. septembra,
- udeležba na tehnični ekskurziji v petek, 21. septembra.

* Število kart za otvoritev razstave v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani je omejeno, zato bodo karte razdeljene glede na vrstni red prijav.

Vabimo vas na tudi na **Gala večerjo Svetovne zveze inženirskih organizacij**, ki bo potekala v Grand hotelu Union v četrtek, 20. septembra 2012. Cena večerje znaša 80,00 EUR z DDV in ni všteta v ceno kotizacije.

V primeru istočasne prijave več udeležencev priznamo naslednji **popust**: 20 % za skupino petih ali več ljudi, 30 % za skupino desetih ljudi ali več.

Registracija: <http://www.izs.si/wef-2012/prijava-registracija/>

Brezplačna udeležba za člane IZS dne 19.9.2012

Ob tej izredni priložnosti bo letos **Dan inženirjev** potekal kot drugi dan foruma, **v sredo, 19. septembra**, v Grand Hotel Union. Tega dne se boste člani IZS lahko brezplačno udeležili foruma. Potrebna pa bo predhodna registracija na: <http://www.izs.si/wef-2012/prijava-registracija/>.

V odmorih bomo mnenja delili z ostalimi kolegi. V bolj neformalnem ozračju bomo ta dan v večernih urah z druženjem nadaljevali v okviru **sprejema na Ljubljanskem gradu**, kjer bo podeljena tudi nagrada IZS.

V kolikor se želite udeležiti foruma tudi prvega dne, tj. v torek, 18. septembra, se morate registrirati in plačati enodnevno kotizacijo.

Vanjo je vključena tudi udeležba na **otvoritvi razstave "Modernistična stanovanjska arhitektura"**, ki bo potekala v **Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani**, s pričetkom ob 19:00 uri. Število kart za otvoritev je omejeno in bodo razdeljene na podlagi vrstnega reda prijav.

Dan kasneje, v četrtek, 20. septembra, vas vabimo na **Gala večerjo Svetovne zveze inženirskih organizacij**, ki bo potekala v Grand hotelu Union s pričetkom ob 19:00 uri, na kateri boste imeli priložnost srečati predstavnike nacionalnih inženirskih organizacij, članic Svetovne zveze inženirskih organizacij. Udeležba je mogoča proti plačilu in ob predhodni registraciji.

Registracija: <http://www.izs.si/wef-2012/prijava-registracija/>

V skladu s Pravilnikom o dodatnem prostovoljnem strokovnem izpopolnjevanju članov IZS bodo članom zbornice za udeležbo na forumu dne 18. 9. 2012 dodeljene **4 točke**.

Informacije o forumu v slovenščini

Obširne informacije o Svetovnem inženirskem forumu v slovenščini najdete na: <http://www.izs.si/wef-2012/>.

Dnevne novice

Dnevne novice o forumu, koristne informacije in zanimivosti s področja inženirstva objavljamo na Facebook-u in LinkedIn-u. Veseli bomo vašega LIKEa in LINKa.

Facebook: <http://www.facebook.com/izs.si>

LinkedIn: <http://www.linkedin.com/groups/WEF-2012-4409944>

Pregledni program foruma

2012 Svetovni inženirski forum: Trajnostna gradnja za ljudi

Pregledni program

	Nedelja 16. september	Ponedeljek 17. september	Torek 18. september	Sreda 19. september	Četrtek 20. september	Petek 21. september
	WFEO Sestanki tehničnih komitejev	WFEO Sestanki tehničnih komitejev	Svetovni inženirski forum Trajnostna gradnja za ljudi		WFEO Sestanek izvršnega odbora	Svetovni inženirski forum Trajnostna gradnja za ljudi
7:00						
8:00	Registracija	Registracija	Registracija	Registracija		
9:00						
10:00	Inženirstvo in okolje	Ženske v inženirstvu	Energija	Varstvo pred naravnimi nesrečami	Inofmriranje in komuniciranje	Mladi inženirji /Bodoči voditelji
11:00			Otvoritev foruma	Trajnostna infrastruktura	Zelene stavbe	Varstvo pred naravnimi nesrečami
12:00					WFEO Sestanek izvršnega odbora	Tehnična ekskurzija
13:00						
14:00						
15:00	Inženirstvo in okolje	Ženske v inženirstvu	Izobraževanje v inženirstvu	Inženirstvo in inovacijske tehnologije	Vseživljenjsko učenje	Antikorupcija
16:00			Registracija	Mesta in urbano okolje	Okrogla miza	Zelene stavbe
17:00				Zaključek foruma	Varstvo pred naravnimi nesrečami	WFEO Sestanek izvršnega odbora
18:00						
19:00		Sprejem dobrodošlice	Otvoritev razstave "Modernistična stanovanjska arhitektura"	Sprejem na Ljubljanskem gradu	WFEO Gala večerja	

Detajlni program

Tuesday, 18 September 2012



The Forum will be officially opened by the president of the Republic of Slovenia, **Dr. Danilo Türk**.

Opening Speeches



Prof. Dr. Gretchen Kalonji

Assistant Director - General for Natural Sciences at UNESCO



Maria Damanaki

European Commissioner for the Maritime Affairs and Fisheries



Jose Luis Irigoyen

World Bank, Director of the Transport, Water, Information and Communications Technologies Department



Irene Campos - Gomez

Minister of Housing and Human Settlements of Costa Rica, President of Pan American Federation of Engineering Societies



Dr. Romana Jordan Cizelj

Member of the EU Parliament from Slovenia

Cities and Urban Environment

Dr. Milan Medved	Slovenia	<i>Mining Engineering and Sustainable Development</i>
Robert Smodiš	Slovenia	<i>Alternative Lifestyle Solutions as Answers to Global Urbanisation Demands</i>
Dr. Strahinja Trpevski	F. Y. R. O. M.	<i>Challenges on the Path to Sustainable Construction for EU Candidate Countries</i>
Prof. Janez Koželj	Slovenia	<i>Sustainable Development of Ljubljana Capital in the Period of 2007-2011</i>
Assist. Prof. Seng Chuan Tan	Singapore	<i>A Singapore Story: From Concrete Jungle to Liveable City</i>
Prof. Dr. Xuedong Xu	P. R. China	<i>Chinese Rural Development</i>
Camilo Santamaría-Gamboá	Colombia	<i>Sustainable Cities: Stockholm and the New Neighbourhood of Hammarby</i>
Prof. Dr. Daniel Favrat	Switzerland	<i>Efficient Energy Systems for Buildings and Cities</i>
Prof. Dr. Lars Bylund	Sweden	<i>Creating Sustainable and Energy Autonomous Building and Urbanisations - the Preferable Solution for Emerging Societies</i>
Prof. Dr. Tai Sik Lee	South Korea	<i>Sustainable Engineering for Extreme Environments - Earth & Space</i>
Prof. Dr. Adel Al Menchawy	Egypt	<i>Ecoresorts - A Type of Sustainable Architecture</i>

Wednesday, 19 September 2012

Sustainable Infrastructure

Dr. Vilas Mujumdar	U. S. A.	<i>Sustainable and Resilient Infrastructure and Housing - A Need for Enhanced Quality of Life</i>
Mag. Danijel Zupančič	Slovenia	<i>The Aspect of Sustainable Development in Engineering Practice</i>
Prof. Dr. Carsten D. Ahrens	Germany	<i>Offshore Wind Energy and Civil Engineering in Germany - A Green and Sustainable Partnership</i>
Pradeep Chaturvedi	India	<i>Renewable Energy Systems: Contribution to Future Global Energy Supply</i>
Prof. Mauricio Porraz	Mexico	<i>Renewable Energy with Sea Tides</i>
Dr. Ana Mladenović	Slovenia	<i>Waste as a Resource in Building and Civil Engineering - the Current Situation in Slovenia</i>
Adj. Prof. David Hood	Australia	<i>Achieving Sustainability Outcomes from Infrastructure</i>
Albert Otto	Nigeria	<i>Sustainable Construction: Towards a Paradigm Shift in the Built Development Approach</i>
Miloš Todorović	Slovenia	<i>Benefits of BIM and a Multidisciplinary Collaborative Environment</i>
Dr. Emilio M. Colón, Eduardo Colón	Puerto Rico	<i>Tablets Simplify Construction Management</i>

Disaster Risk Management

Acad. Peter Fajfar	Slovenia	<i>Role of Structural Engineering in Seismic Risk Mitigation</i>
Prof. Kazutoshi Kan	Japan	<i>The Influence of Development on the Amount of Red-Clay Runoff in the Republic of Palau</i>
Dr. Marlene Kanga	Australia	<i>Systematic Natural Disaster Risk Management for Sustainable Development</i>
Dr. Kazumasa Ito	Japan	<i>Extraordinary Flood Risk Management Project in the Tokyo Metropolitan Area</i>
Assist. Prof. Dr. Stanislav Lenart	Slovenia	<i>Use of Reinforced Soil as a Natural Disaster Countermeasure</i>
Dr. Yumio Ishii	Japan	<i>Concept of Gross Damage and Mitigation Measures for Disaster Risk Management</i>
Dr. Vilas Mujumdar	U. S. A.	<i>Understanding the Vulnerability of Critical Infrastructure Systems to Reduce the Impact of Natural Hazards on Societal Functionality</i>
Dr. Chan Wirasinghe	Canada	<i>Analysis of False Tornado Warnings</i>
Dr. Leon Cizelj	Slovenia	<i>The Augmented Role of Education and Research in the Safety of Nuclear Power Plants</i>
Dr. Yasuyuki Shimizu	Japan	<i>Effects of the First Flood Control Plan and River Improvements on the Ishikari River Basin</i>
Prof. Dr. Matjaž Četina	Slovenia	<i>Computations of Dam-Break Waves in Slovenia</i>
Dr. Syunsuke Ikeda	Japan	<i>Recovery and Job Development in the Aftermath of the Great East Japan Earthquake - The Situation after One Year of the Disaster</i>
Dr. Keiko Tamura	Japan	<i>Web-Based Victims Master Database System for Effective Support in Victims' Life Reconstruction Process - A Study of the 2011 Earthquake off the Pacific Coast of Tohoku</i>
Ashok Basa	India	<i>The 2004 Indian Ocean Tsunami - Impact on India</i>

Green Buildings

Vincent Briard	France	<i>Replacing GreenWash with Environmental Performance - Making Buildings Truly Green</i>
Gerald Fuxjäger	Austria	<i>Green Buildings in Austria – Life Cycle Costs</i>
Dr. Ljudmila Koprivec	Slovenia	<i>The Influence of Contemporary Materials and Technologies on the Building Envelope</i>
Prof. Dr. Dragoslav Šumarac, Assist. Prof. Dr. Maja Todorović	Serbia	<i>The Way to Energy Efficient Buildings and the Savings Potential in the Republic of Serbia</i>
Rashid Abdelhamid	Palestine	<i>Reviving Mud-Brick Architecture in the Jordan Valley - Palestine</i>
Friderik Knez	Slovenia	<i>Environmental Balance of a House - A Case Study</i>
Mladenka Dabac	Croatia	<i>Energy Efficiency and the Certification Process in Croatia</i>
Barry Lynham	France	<i>Delivering Low Energy Buildings that Work in Reality</i>
Dr. Matjaž Žnidaršič	Slovenia	<i>A High-Tech Green Building</i>
Dr. Roumiana Zaharieva, Dr. Yana Kancheva	Bulgaria	<i>Measures to Decrease the Environmental Footprint of Concrete</i>
Mag. Sabina Jordan	Slovenia	<i>Ljubljana's Pilot Demonstration of an EU Project Cost Effective</i>
Dragan Vuković, Nebojša Adžić	Montenegro	<i>The First Private Environmental and Energy-Efficient Building in Montenegro - A Case Study</i>
Michael Dax	Germany	<i>DGNB Certification System in International Context</i>
Brian Kyle	Canada	<i>Green Building Rating Systems, Sustainability & Standardisation of practice</i>
Alexander Lehmden	Austria	<i>e4 Brick House 2020 - Nearly Zero Energy Building</i>
Prof. Dr. Ben Y. B. Chan	China	<i>Energy Efficiency of Fiber Reinforced Aluminium Building Envelope System</i>
Martin Feder	United Kingdom	<i>Reducing Energy Consumption in Buildings with StruxureWare System</i>
Paul Fesko	Canada	<i>Calgary's Water Centre, Five Years In: Challenges and Opportunities in the Commissioning and Operation of a LEED Gold Building</i>

VIKTOR MARKELJ PREJEL NAGRADO INŽENIRSKJE ZBORNICE SRBIJE

14. junija 2012 je Inženirska zbornica Srbije praznovala deveto obletnico obstoja. Že šesto leto zapored je podelila nagrade za izjemne dosežke v stroki. Letos sta nagrado kot prva tuja strokovnjaka prejela **Viktor Markelj** in **Martin Steinkuehler**. Nagrajena sta bila za izjemen dosežek pri realizaciji projekta mostu čez Savo v Beogradu, ki je bil ocenjen kot objekt izjemnega pomena tako po fizičnih lastnostih kot po zapletenosti in kakovosti tehničnih rešitev. Obema nagrajencema iskreno čestitamo.



METODE TERENSKIH MERITEV SUSPENDIRANIH SEDIMENTOV V REKAH

METHODS OF FIELD MEASUREMENTS OF SUSPENDED SEDIMENTS IN RIVERS

prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.,

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 626/627

Povzetek | Naravna motnost (kalnost) v vodotokih je posledica različnih erozijskih pojavov v povirnih delih rek in erozijskega delovanja rek z rušenjem brežin in poglobljanjem rečnega dna. Rečno kalnost običajno ocenjujemo s terenskimi meritvami količine (koncentracije) in zrnivosti suspendiranih sedimentov v rečni vodi. V članku predstavljamo moderne terenske neposredne metode (odvzem vzorcev oziroma vzorčenje) ter posredne metode določanja zrnivosti in koncentracije suspendiranih sedimentov v rekah, opisujemo njihovo fizikalno ozadje ter poudarimo njihove prednosti in pomanjkljivosti. Poudarek je na metodah meritev motnosti, laserske difrakcije in zvočnega odbojnega sevanja. Prav merilniki ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) se vse pogosteje in uspešno uporabljajo za določanje pretoka suspendiranih snovi (zrnivosti in koncentracij). Predloženi pregled je teoretična osnova za načrtovanje monitoringa kalnosti na rekah, kjer je nujno terenske metode vzorčenja uskladiti z gostoto vzorčevalnih mest in pogostostjo vzorčenja.

Ključne besede: hidrologija, hidrometrija, kalnost, merilna tehnika, motnost, rečni sedimenti, zrnavost

Summary | Natural turbidity in watercourses is a consequence of different erosion processes in the upper parts of rivers and fluvial bank and riverbed erosion. Suspended loads are usually estimated by field measurements of the quantity (concentration) and granulometric composition of suspended sediment in the river water. In the paper, modern field direct sampling methods and surrogate sampling methods of fluvial suspended sediments' granulometric composition and concentrations are presented, their physical principles are described, and their advantages and disadvantages are stressed. The stress is given to measurement methods of turbidity, laser diffraction, and acoustic backscattering. It is Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) that is more and more frequently and successfully used for the determination of suspended loads (granulometric composition and concentration). The given overview is a theoretical basis for planning of hydrologic monitoring in rivers, where it is of great importance to harmonize field sampling methods and density of measuring sites and sampling frequency.

Key words: fluvial sediments, grain size distribution, hydrology, hydrometry, measuring techniques, suspended loads, turbidity

1 • UVOD

V članku v Gradbenem vestniku (Mikoš, 2012) smo podrobneje spoznali problematiko rečne kalnosti kot dela erozijsko-sedi-

mentacijskega kroga. Podrobneje so bile obravnavane enačbe za oceno hitrosti posedanja suspendiranih delcev za primer

prostega posedanja s poudarkom na prehodnem režimu med laminarnim tokom (linearni ali viskozni upor sredstva) in turbulentnim tokom (kvadratni ali dinamični upor sredstva). Obravnavo smo končali s prikazom odvisnosti vertikalne porazdelitve koncentracije suspendiranih snovi v reki od

Rousovega parametra, torej od hidravličnih razmer (strižne hitrosti) ter lastnosti tekočine in sedimentih delcev v posedanju (hitrost posedanja). S tem smo pridobili teoretične osnove, da za analizo letne kalnosti v izbranem hidrološkem prerezu na reki nujno potrebujemo meritve kalnosti, pri čemer moramo upoštevati zakonitosti dinamike rečne kalnosti, to je prostorske in časovne spreminljivosti koncentracij in zrnivosti suspendiranih snovi v reki (Walling, 2000).

Zato v tem prispevku prikazujemo načine terenskih meritev koncentracij in zrnivosti rečne kalnosti s poudarkom na različnih

metodah (tehnikah) ter njihovih prednostih in pomanjkljivostih. Pri tem namerno izpuščamo laboratorijske metode, kot so npr. ADV (Acoustic Doppler Velocimeter ((Nikora, 2002), (Hosseini, 2006))), FIT (Fiber optic In-stream Transmissometer (Campbell, 2005)) ali analiza digitalnih posnetkov gibanja delcev (Partical Imaging (Lee, 2009)). Gre za metode, ki so zaradi prednosti dela v laboratorijskih nadzorovanih razmerah drugačne od terenskih metod, predstavljenih v tem prispevku. Izpustili smo tudi nekatere druge metode, ki jih navaja literatura (IAEA, 2005), a se v praksi uporabljajo manj pogosto kot

npr. diferenčne tlačne sonde. Prav tako dajemo pri obravnavi rečne kalnosti poudarek količinski analizi in geomorfološkim procesom, čeprav vemo, da ima rečna kalnost velik vpliv tudi na kakovost rečne vode in na rečno bioto (Bilotta, 2008). Prispevek zaključujemo s prikazom nekaterih terenskih meritev v Sloveniji, opravljenih z raziskovalnim in razvojnim namenom in uporabo različnih metod, prikazana v tem prispevku, daje dobro izhodišče za načrtovanje monitoringa rečne kalnosti v izbranih terenskih razmerah in z znanim namenom.

2 • TERENSKÉ METODE ZA ZAJEM PODATKOV O SUSPENDIRANIH REČNIH SEDIMENTIH

Metoda	princip delovanja	prednosti	pomanjkljivosti
Stekleničenje	Merilno stekleno posodo potopimo v vodo (ročni odvzem) ali se med poplavnim valom napolni sama (samodejni odvzem) oziroma merilno plastično/teflonsko vrečko v hidrodinamično oblikovanem vzorčevalniku spustimo v vodni tok (izokinetični odvzem), analiza sledi ločeno	Preverjena metoda, omogoča določitev zrnivosti in koncentracije, možna točkovna meritev ali integrirana po vertikali, mnoge druge metode se umerjajo s to metodo	Slaba časovna ločljivost, invazivna metoda, brez laboratorijskega dela ni rezultatov, zahteva izurjeno terensko osebje, zajem vzorca ni nujno izokinetičen
Črpalno vzorčenje	Vzorec vode in sedimenta črpamo iz toka in kasneje analiziramo, uporabljamo različne sesalne črpalke (peristaltične, membranske)	Preverjena metoda, omogoča določitev zrnivosti in koncentracije, omogoča samodejno vzorčenje	Slaba časovna ločljivost, invazivna metoda, brez laboratorijskega dela ni rezultatov, pogosto zajem vzorca ni izokinetičen, omejena praktična sesalna višina
Akustična	Odboj zvoka od sedimenta se uporabi za določanje zrnivosti in koncentracije	Neinvazivna metoda, dobra prostorska in časovna ločljivost, tudi za večje globine	Slabo prevajanje odbitega zvočnega signala, slabljenje signala ob visokih koncentracijah delcev
Optična	Merimo odbojno sipanje pod različnimi koti ali prevajanje vidne ali infrardeče svetlobe skozi vzorec vode in sedimenta	Preprosta metoda, dobra časovna ločljivost, omogoča uporabo in zajemanje podatkov na daljavo, relativno poceni	Močno odvisna od zrnovostne sestave, invazivna metoda, samo točkovne meritve, pogosto onesaženje instrumenta
Odbojnost koncentriranega žarka	Merimo čas odboja laserskega žarka od površine delcev sedimenta	Ni odvisna od zrnovostne sestave, pokriva širok interval zrnivosti in koncentracij	Draga in invazivna metoda, samo točkovne meritve
Laserska difrakcija	Merimo odbojni kot laserskega žarka od površine delcev sedimenta	Ni odvisna od zrnovostne sestave	Nezanesljiva in draga, invazivna metoda, samo točkovne meritve, omejen interval zrnivosti
Jedrska	Merimo odbojno sipanje ali prevajanje žarkov gama ali rentgenskih žarkov skozi vzorec vode in sedimenta	Nizkoenergijska metoda, pokriva širok interval zrnivosti in koncentracij	Nizka občutljivost, razpadanje jedrskega vira sevanja, okoljski predpisi, invazivna metoda, samo točkovne meritve
Daljinski spektralni odboj	Daljinsko zaznavanje odboja in sipanja svetlobe od vodnih teles	Uporabna za večja območja	Slaba ločljivost, slaba uporabnost v rečnem okolju, odvisnost od zrnovostne sestave

Preglednica 1 • Terenske merilne metode za suspendirani rečni sediment (prirejeno po (Wren, 2000))

V preteklih letih se je razvila vrsta metod za terensko zajemanje podatkov o suspendiranem sedimentu v rečnem okolju, z različnimi principi delovanja ter zato tudi različnimi prednostmi in slabostmi, ki izhajajo iz principov njihovega delovanja (preglednica 1). Metode lahko delimo na neposredne metode, kjer suspendirani sediment na različne načine vzorčimo (fizično zajemamo v rečni vodi: stekleničenje, črpalno vzorčenje), in na posredne metode ali nadomestne (surogatne)

metode, kjer sedimenta ne vzorčimo, ampak njegovo zrnavost in koncentracijo ocenjujemo posredno z merilniki, ki oddajajo in sprejemajo mehansko (zvok, ultrazvok) ali elektromagnetno valovanje (infrardeča svetloba, vidna svetloba, laserska svetloba, rentgenski žarki in žarki gama). Prikazani pregled s svojimi prednostmi in slabostmi metod nakazuje možnost, da metode med seboj kombiniramo, in sicer zaradi njihove odvisnosti od zrnavostne sestave suspendiranih sedimentov, velike po-

rabe časa ali zahtevnosti uporabe. Optimalni terenski zajem podatkov o suspendiranih sedimentih kot del sistematičnega monitoringa bi lahko bila kombinacija izbranih metod, kjer vsakič izkoristimo prednosti posamezne metode in minimiziramo njene slabosti. Ker so v zadnjem času najbolj napredovale prav nadomestne metode (surogatne metode), za uvod povzemimo najpomembnejše fizikalne osnove valovanja v tekočini (rečni vodi) in trdni snovi (suspendiranih delcih).

3 • LASTNOSTI MEHANSKEGA IN ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA V REČNI VODI

Lastnosti mehanskega in elektromagnetnega valovanja uvrščamo med temeljna znanja osnov fizike. Za dobro razumevanje delovanja merilnih instrumentov za hidrometrične meritve v rečni vodi si najprej oglejmo osnovne lastnosti mehanskega valovanja oziroma posebno zanimivega področja akustike. Zvok ali zvočno valovanje je longitudinalno valovanje s frekvenco med 16 in 20.000 Hz; pri višjih frekvencah (do več milijonov Hz) govorimo o ultrazvoku (Kladnik, 1979). Zvočna emisija se v gradbeništvu uporablja za neporušne raziskave in testiranje materialov (jeklo, beton, skala ...) in konstrukcij (mostovi, stavbe, pregrade, tuneli ...) (Bajt, 2005). Merilnik, ki oddaja zvok z določeno frekvenco in določeno zvočno energijo, širi v prostor okoli sebe določen zvočni energijski tok, za katerega je značilna določena hitrost širjenja valov in pri čemer se zvočna energija v snovi, skozi katero se širi, v določeni meri absorbira. Za zvočno valovanje je tudi značilno, da se na meji sredstev z različnimi optičnimi lastnostmi

to valovanje delno odbija (reflektira). Delež odbitega valovanja je odvisen od razlike hitrosti širjenja valovanja pred mejo med sredstvom in za njo. Le redko se zgodi zrcalni odboj, saj je površina meje lahko zelo hrapava (nehomogenost je primerljivega velikostnega reda, kot je valovna dolžina valovanja) in nastopi difuzni odboj. Zvočno valovanje se na meji med sredstvom tudi lomi in nastane lom valovanja (refrakcija). Posebnosti valovanja so še totalni odboj, interferenca valovanja in uklon valovanja (Kladnik, 1979). Zdaj pa si podrobneje oglejmo še nekatere osnovne lastnosti elektromagnetnega valovanja (v nadaljevanju EM (Kladnik, 1977)) v rečni vodi. Vrsta hidrometričnih merilnih instrumentov oddaja (emitira) EM-valovanje različne valovne dolžine, pogosto v obliki infrardeče svetlobe (valovne dolžine med 8000 nm in 1 mm) ali laserske svetlobe (valovna frekvenca odvisna od laserskega vira te koherentne svetlobe, a običajno v območju vidne svetlobe: med 4000–8000 nm). Pri

širjenju EM-valovanja v rečni vodi (emisija) se del EM-valovanja absorbira v vodi, ob stiku z mineralno snovjo pa se zgodi interakcija EM-valovanja s to snovjo (delci kalnosti oziroma suspendiranimi delci – lebdeče plavine) in prav njihove lastnosti (velikost, gostota, oblika pa tudi količina – koncentracija) nas zanimajo. Posledice interakcije EM-valovanja z mineralno snovjo je delni odboj EM-valovanja (refleksija) na površini mineralne snovi, ki je pogosto hrapava, zato nastane difuzni odboj v različne smeri (in le redko zrcalni odboj), preostali del EM-valovanja se lomi in potuje skozi mineralno snov (transmisija). Pri bilanci vpadnega EM-valovanja se del valovanja izgubi (razlika med odbojnostjo in prepustnostjo) zaradi absorpcije EM-valovanja v mineralni snovi (sipanje EM-valovanja, odvisno od valovne dolžine EM-valovanja in lastnosti mineralne snovi).

V nadaljevanju po vrsti obravnavamo tri najbolj uporabne nadomestne metode (prirejeno po (Gray, 2009)), ki smo jih prikazali že v preglednici 1. Nekatere druge nadomestne metode, ki jih ne obravnavamo, kot je daljinski spektralni odboj, se še razvijajo (za uporabo multisppektralnih satelitskih posnetkov v ta namen glej npr. (Onderka, 2011)).

4 • NADOMESTNE TERENSKÉ METODE

4.1 Meritve motnosti

Motnost (turbidnost) je optična (snovna) lastnost vode (ali vzorca), da svetlobni žarki ne potujejo v ravni črti in neovirano, temveč se sipajo in pojemajo (atenuacija). Količinsko izmerjeno motnost izražamo z ustreznimi enotami motnosti (TU – turbidity units), in sicer glede na uporabljeni merilnik (povzeto po US Geological Survey National Field Manual v delu o motnosti (Anderson, 2000)):

a) formazinske nefelometrične enote (FNU) uporabimo skladno s standardom ISO 7027:1999 (Water quality – Determination of turbidity), kadar je kot sprejemnika glede na vpadni svetlobni žarek $90^\circ \pm 2,5^\circ$ (merimo sipanje – scattering) in uporabimo merilnik z LED-diodo kot virom svetlobe z valovno dolžino 860 ± 60 nm (monokromatska svetloba blizu infrardeče svetlobe). Kadar je omenjeni kot le $30^\circ \pm 15^\circ$

(merimo odbojno sipanje proti smeri valovanja), uporabimo enoto FBU (Formazin Backscatter Unit), in kadar je omenjeni kot 180° (merimo pojemanje oziroma atenuacijo žarka), uporabimo enoto FAU (Formazin Attenuation Unit).

b) nefelometrične enote motnosti (NTU) uporabimo skladno z EPA metodo (Environmental Protection Agency) 180.1, kadar je kot sprejemnika glede na vpadni svetlobni žarek $90^\circ \pm 30^\circ$ (merimo sipanje – scattering) in uporabimo merilnik z volframovo lučjo kot virom svetlobe z barvno temperaturo svetlobe med 2200 K in 3000 K in

z vrhom valovnih dolžin v intervalu med 400 nm in 680 nm (bela oziroma nemonokromatska svetloba). Kadar je omenjeni kot le $30^\circ \pm 15^\circ$ (merimo odbojno sipanje proti smeri valovanja), uporabimo enoto BU (Backscatter Unit), in kadar je omenjeni kot 180° (merimo pojemanje oziroma atenuacijo žarka), uporabimo enoto AU (Attenuation Unit).

V zadnjih dveh desetletjih je bilo razvitih več optičnih merilnikov, ki delujejo na enem od dveh optičnih principov:

- a) **transmisivnost** – merilnik izmeri del vidne svetlobe, ki se prepusti skozi vodo v ravni smeri (kot 180°) med virom svetlobe in sprejemnikom, ter s tem oceni pojemanje valovanja (atenuacija) zaradi koncentracije suspendiranih snovi. Merilniki se najpogosteje uporabljajo pri nižjih vrednostih motnosti in so predvsem primerni za pitno vodo. Znani proizvajalec in model je npr. Partechov monitor model 7200 s senzorjem motnosti, ki meri absorpcijo svetlobe valovne dolžine 960 nm, in sicer v različnih izvedbah: IR100 (0–200 mg/l), IR40 (0–1500 mg/l), IR15 (0–10 g/l) in IR8 (0–30 g/l) ali pa senzor motnosti Turbi-Tech 2000LA, ki meri absorpcijo infrardeče svetlobe valovne dolžine 860 nm (0–20 g/l) (www.partech.co.uk).
- b) **nefelometričnost** – merilnik izmeri del vidne ali infrardeče svetlobe, ki se odbojno sipa pod kotom (običajno 90° glede na vir svetlobe) do sprejemnika odbite svetlobe. Merilniki se lahko uporabljajo tudi pri višjih vrednostih motnosti (tudi do 500 g/l), vendar takrat odziv merilnikov ni več linearen. Znani proizvajalci in modeli so:
- YSI – multiparameterska sonda, npr. model 6600V2 s senzorjem model YSI 6136 (0–1000 NTU) (www.ysi.com);

- Forest Technology Systems – samočistilni digitalni senzor motnosti, model DTS-12 (0–1600 NTU) (www.ftshydrology.com);
- Campbell Scientific Inc. (prej D&A Instrument Company) – samočistilni senzorji, modeli OBS-3+ in OBS300 (do med 5 g/l in 10 g/l za glino in melj ter do med 50 g/l in 100 g/l za pesek) ter OBS-5+ (0,4–1000 NTU; do 50 g/l za glino in melj ter do 200 g/l za pesek) (www.campbellsci.co.uk);
- Hydrolabova multiparameterska sonda s štirižarčnim senzorjem motnosti (0–1000 NTU) ali samočistilnim senzorjem motnosti (0–3000 NTU) (www.hachhydromet.com);
- HACH – samočistilni senzor, model Solifast highline sc (od 0,001 mg/l do 500 g/l; od 0,001 do 4000 NTU), ali pa merilnik motnosti, model Surface Scatter 7 (0–9999 NTU) (www.hach-lange.com).

Merilniki motnosti se uporabljajo na terenu točkovno (meritev se opravi v zelo omejen delu tekočine tik ob merilniku), nimajo premičnih delov (razen morebitnega dodatnega brisalca pred lečo – virom in sprejemnikom svetlobe), enostavno so uporabni za neprekinjene meritve (vir napajanja običajno ni problematičen, prav tako zapis izmerjenih podatkov, problem predstavlja rast organizmov/alg na merilniku in zato sčasoma nastane dvig motnosti), vendar ne merijo zrnavostne sestave in dajejo dobre rezultate tam, kjer je zrnavostna sestava suspendiranih sedimentov relativno stabilna. Merilnike umerjamo na vzorce z znano masno koncentracijo suspendiranih snovi, pogosto se kot material uporablja formazin (vrsta polimera s predpisano zrnavostno sestavo), ki je kot standard nadomestil kaolinsko glino.

4.2 Laserska difrakcija

Tovrstni merilniki uporabljajo princip sipanja valovanja pod ostrim kotom v smeri gibanja valovanja in tako omogočijo oceno zrnavostne sestave suspendiranih delcev in na tej osnovi tudi oceno prostorninske gostote (če poznamo ali ocenimo gostoto delcev, pa lahko tudi ocenimo masne koncentracije). Način določanja je neodvisen od barve delcev in zrnavostne sestave, je pa občutljiv na obliko delcev, ki so privzeti v sferični obliki. Trenutno je na svetu le en proizvajalec tovrstnih merilnikov, Sequoia Scientific Inc. (www.sequoiasci.com), ki ponuja različne izvedenke teh merilnikov, najbolj zanimiv je potopni model LISST-SL v hidrodinamični obliki torpeda za spuščanje v vodni tok. Merilnik oceni zrnavostno sestavo suspendiranih sedimentov v 32 razredih, izbiramo lahko med intervalom 1,25–250 μm in 2,5–500 μm . Zanimiva je tudi prenosna terenska izvedenka LISST-Portable, ki deluje po enakem principu, vendar moramo vzorec za analizo odvzeti ročno ali samodejno, saj ta izvedenka ni potopna.

4.3 Zvočno odbojno sipanje

Pri obravnavi metod terenskega določanja zrnivosti in koncentracije suspendiranih snovi si najprej podrobneje oglejmo ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Merilnik, ki se je začel razvijati pred 20 leti, se danes rutinsko uporablja v številnih državah za meritve hitrosti in pretokov v velikih rekah (npr. (Muste, 2004a), (Muste, 2004b)). Kmalu se je ta merilnik pokazal kot uporaben tudi za meritve suspendiranih snovi (Reichel, 1994) in različne raziskave so v zadnjih 20 letih pokazale (za pregled glej preglednico 2), da je mogoče s to tehnologijo oceniti tudi kalnost (dejanski pretok kalnih delcev in lebdečih plavin). Enako velja za prodonosnost (dejan-

Model merilnika	Frekvenca ADCP	Širina, kot, št. žarkov	Maksimalni doseg	Mesto uporabe
Teledyne RD Instruments Workhorse H-ADCP	300 kHz 600 kHz	< 1° , 20° , 3 < 1° , 20° , 3	širine do 250 m širina do 85 m	reka Saône, Francija (Le Coz, 2007) reka Isere, Francija (Moore, 2011)
Teledyne RD Instruments Workhorse Rio Grande ADCP	1200 kHz	?, 20° , 3	globina do 21 m	Banatske reke, Romunija (Rotaru, 2006) reka Paraná, Argentina (Guerrero, 2011)
Teledyne RD Instruments ChannelMaster H-ADCP	1200 kHz	$1,5^\circ$, 20° , 2	širina do 20 m	reka Isere, Francija ((Moore, 2011), (Moore, 2012))
SonTek ADCP	500 kHz 1000 kHz 1500 kHz	$1,5^\circ$, 25° , 3 $1,5^\circ$, 25° , 3 $1,5^\circ$, 25° , 3	globina do 100 m globina do 30 m globina do 20 m	ustje reke Fraser, Kanada (Kostaschuk, 2005) reka Paraná, Argentina (Guerrero, 2011) laboratorij (Guerrero, 2012)

Preglednica 2 • Osnovne tehnične lastnosti izbranih ADCP (večina merilnikov omogoča meritve do 128 odsekov vzdolž posameznega žarka; podatki s spletnih strani: www.rdinstruments.com, www.sontek.com)

ski pretok rinjenih plavin), kar pa ni predmet obravnave v tem članku. Osnovna lastnost ADCP-instrumentov je sposobnost meriti odboj (moč nazaj odbitega zvočnega signala; angl. back scattering) od mineralnih delcev v suspendiranem stanju. Pri tem velja pravilo, da je magnituda odbitega valovanja od suspendiranih sedimentov v rečni vodi odvisna od frekvence valovanja, ki jo oddaja ADCP, ter koncentracije in velikosti suspendiranega sedimenta. V preglednici 3 je prikazana omenjena odvisnost za ADCP-instrumente priznanega proizvajalca SonTek (www.sontek.com, letos praznuje 20. obletnico delovanja), in sicer v obliki absorpcije zvoka v odvisnosti od frekvence ADCP.

Instrumente ADCP lahko uporabimo za meritve hitrosti in pretoka v rekah in obenem ocenimo koncentracijo suspendiranih sedimentov in

Frekvenca ADCP (kHz)	Absorpcijski faktor α (dB/m)	Velikost delcev ob največji občutljivosti instrumenta (μm)	Najmanjši premer delcev, ki ga še zazna instrument (μm)
3000	2,4	160	8
1500	0,6	320	16
750	0,15	640	30
500	0,067	960	50
250	0,017	1920	100

Preglednica 3 • Odvisnost absorpcije zvoka od uporabljene frekvence ADCP in pripadajoča optimalni premer in minimalni premer mineralnih delcev, ki jih instrument zazna (SonTek, 1997)

kalnost (pretok suspendiranih sedimentov); meritve lahko opravimo s fiksno postavljenimi (vodoravnimi) ADCP-merilniki na bregovih vo-

dotokov ali pa s premičnimi (navpično uporabljenimi) ADCP-merilniki z različnih premičnih platform (npr. čolnov).

5 • KALIBRACIJA NEPREKINJENIH MERITEV SUSPENDIRANIH SNOVI

Pri vseh nadomestnih (surogatnih) metodah za meritve suspendiranih snovi v rečni vodi se pojavi problem kalibracije merilnikov. Merilnike motnosti vode moramo, kot smo že omenili, stalno umerjati na suspenzije znanih koncentracij s standardiziranimi snovmi (običajno formazin). Tudi za merilnike, ki delujejo na osnovi laserske difrakcije, priporočamo občasne primerjave s klasično odvzetimi vzorci za kontrolo zrnastostne sestave in koncentracij suspendiranih snovi, čeprav merilnika ni treba umerjati.

Podrobneje si pogledajmo nujnost kalibracije pri ADCP-profilnih meritvah odbitega zvočnega valovanja (velja enako za horizontalne in vertikalne ADCP). Kalibracijo ADCP-meritev lahko opravimo na osnovi ene frekvence zvočnega valovanja ali več (uporabimo ADCP-merilnike različnih frekvenc), v veliki meri je to odvisno od zrnastostne sestave suspendiranih snovi. Ocena koncentracij suspendiranih snovi na osnovi odboja zvočnega valovanja, ki ga emitira ADCP-merilnik določene frekvence, je odvisna od kakovosti kalibracijske krivulje. V

rekah, kjer je stalno prisotna običajna kalnost, ne le poplavna kalnost, imamo torej opraviti z bimodalno kalnostjo (glinenomejasta frakcija in peščena frakcija). Zato moramo ločiti ti dve koncentraciji med seboj in opraviti dve kalibraciji. Izkušnje so pokazale, da je kalibracija ADCP-podatkov o odbojih EM-valovanja boljša za peščene frakcije kot za glinenomejaste. Tako nam ostane možnost, da naravno kalnost, če je prisotna in je običajno glinenomejaste sestave, ocenjujemo drugače in ne z merilniki ADCP. Metoda z analizo signala, ki ga nudi ADCP, je prav tako omejena na tisti del pretočnega prereza, ki ni čisto ob dnu, saj so odboji ob dnu reke problematični in ADCP daje slabe podatke o hitrosti in s tem tudi o koncentracijah lebdečih plavin blizu dna. Ker iz vertikalne porazdelitve koncentracij lebdečih plavin vemo, da je ta koncentracija za peščene frakcije največja prav ob dnu reke (npr. (Mikoš, 2012)), lahko zaključimo, da je ocena koncentracij kalnosti iz meritev ADCP podcenjena in da je dejanska kalnost večja od tako ocenjene vrednosti.

Za kalibracijo ADCP-meritev moramo ročno ali samodejno odvzeti (fizične) vzorce rečne vode skupaj s suspendiranimi sedimenti in nato v laboratoriju analizirati koncentracijo in zrnastost suspendiranih sedimentov. Ob tem je nujno zagotoviti izokinetični zajem, to je pogoj, da je vtok rečne vode v zajemni instrument enak hitrosti vode v neposredni bližini vtoka (torej da rečne vode niti ne srkamo v instrument niti je ne odpravimo stran od vtoka v instrument). Možno je uporabljati potopne vzorčevalnike, ki so hidrodinamično oblikovani tako, da nudijo v hitro tekoči vodi čim manjši upor (na hitro gledano, imajo obliko torpeda). Kot vidimo, je nujno terenske meritve suspendiranih sedimentov v rečnem okolju opravljati z različnimi merilniki, kjer eno vrsto merilnikov uporabimo za neprekinjene meritve (predvsem v času poplavnih valov), drugo vrsto merilnikov pa uporabimo občasno z namenom kalibriranja neprekinjenih meritev. Po uspešno rešenem kalibriranju merilnikov nas za konkretne terenske razmere čaka še preračun meritev pretokov vode in meritev motnosti v časovne serije koncentracij suspendiranih snovi in končno kalnosti (npr. (Rasmussen, 2009)), kar presega okvir tega prispevka.

6 • SLOVENSKE IZKUŠNJE Z RAZISKOVALNIMI MERITVAMI SUSPENDIRANEGA SEDIMENTA V REKAH

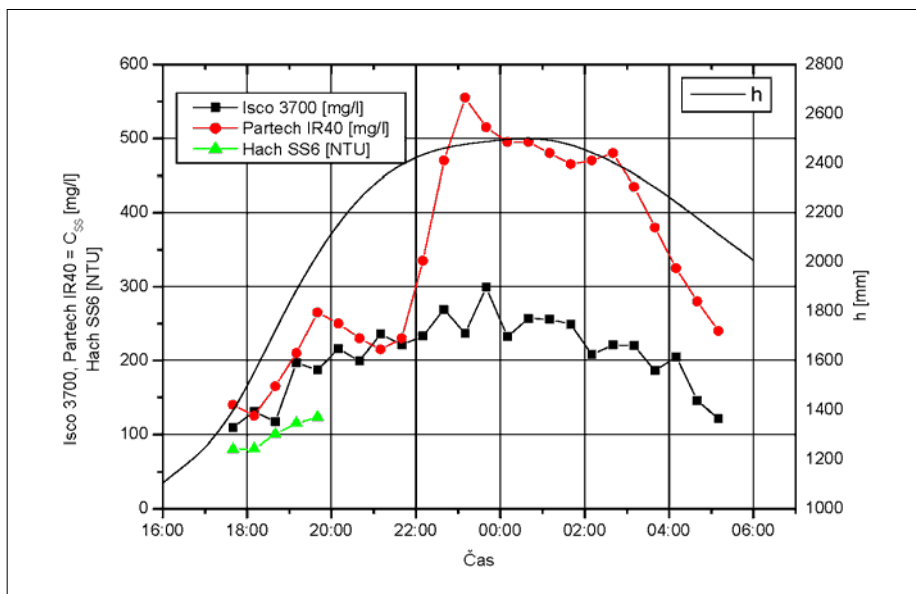
Namen tega kratkega prikaza ni podati pregleda rezultatov ali izkušenj uradnega

državnega monitoringa suspendiranih snovi, ki ga izvaja Agencija Republike Slovenije za

okolje (ARSO). V preteklosti se je namreč ta monitoring opravljal in se še danes opravlja le na nekaj izbranih merilnih mestih s klasičnimi metodami vzorčenja. Bolj je namen tega prikaza povedati, da tudi v Sloveniji preizkušamo novejšo, nadomestno metodo, ki so v središču pozornosti tega prispevka.

6.1 Meritve KSH na reki Reki (HACH SS-6)

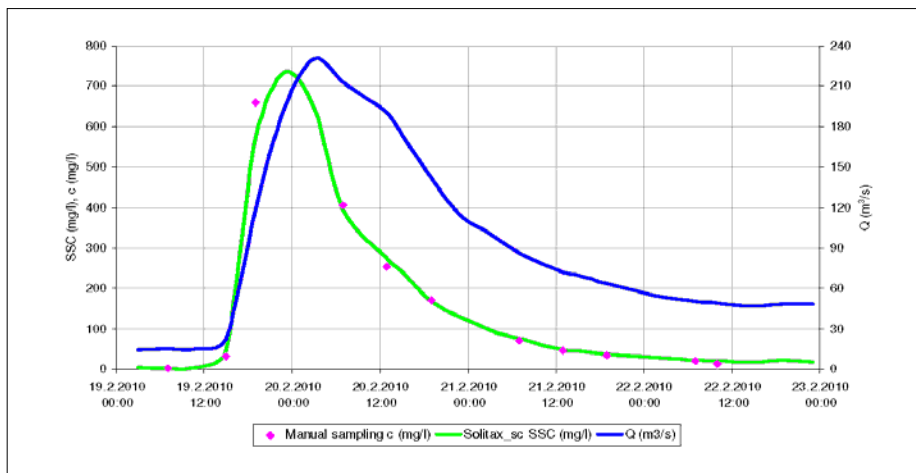
Za meritve kalnosti (vsebnosti suspendiranih snovi) smo v preteklosti na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani že uporabili turbidimeter Hach Surface Scatter Turbidimeter 6 (nujen odzvem in dovod rečne vode), infrardeči merilnik suspendiranih snovi Partech IR40 (ročna uporaba ali pritrjen na brežini vodotoka) in prenosni vzorčevalnik vode ISCO 3700 (samodejni zajem vzorcev rečne vode). Pri meritvah kalnosti na reki Reki leta 2000 smo opazili precejšnje razlike med merilniki (slika 1). Korelacija med merjenimi vrednostmi NTU in koncentracijo suspendiranih snovi (mg/l) kot tudi korelacija med neposredno metodo (vzorčenje z ISCO 3700) in metodo z infrardečo svetlobo (Partech IR40) je bila le zadovoljiva ($R \sim 0.85$ oziroma $R^2 \sim 0.70$). Izkušnje z meritvami blatnih tokov v strugi potoka Grajšček v Lokavcu pri Ajdovščini, ki so ob močnih nalivih tekli s plazou Slano blato, pa so bili prekoncentrirani (visoka vsebnost suspendiranih snovi) in merilnik Partech IR40 ni več deloval. Sicer so se merilniki Partech uspešno uporabljali drugje, recimo v Veliki Britaniji (IR40; (Wass, 1997)).



Slika 1 • Meritve rečne kalnosti na notranjski Reki 29. in 30. marca 2000 – vodostaj v mm (črna) in koncentracija suspendiranih snovi v mg/l, merjena s pomočjo Partech IR40 (rdeča) in Hach Surface Scatter Turbidimeter 6 (zelena) ter preverjena z vzorčenjem s pomočjo vzorčevalnika ISCO 3700 (črna) (Brilly, 2005)

6.2 Meritve v VP Suha na Sori (OBS-3a in Solitax_sc)

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) je v okviru lastnega razvoja v letu 2006 na vodomerni postaji Suha na reki Sori testirala merilnik OBS-3+ (Ulaga, 2009), saj je ugotovila, da je za monitoring suspendiranega materiala, ki ga ARSO izvaja v Sloveniji, predvsem primeren prenosni merilnik motnosti. Meritve so primerjali z rezultati laboratorijskih analiz vzorcev, odvzetih s samodejnim vzorčevalnikom. Na isti vodomerni postaji so nadaljevali meritve z merilnikom HACH SOLITAX sc, od junija do decembra 2007 še testno (Ravnik, 2010), v letu 2010 že tudi operativno (slika 2). Glede na lastne izkušnje daje ARSO modelu HACH Solitax-sx prednost pred OBS-3+. Merilniki HACH serije Solitax so se uspešno uporabili v različnih okoljih: na rekah v majhnih območjih ($< 50 \text{ km}^2$) v Baskiji, Španija (Zabaleta, 2007), na reki Isere v Franciji (Moore, 2011) in v zaledju (do 25.000 km^2) velikih rečnih akumulacij v Kansasu, ZDA ((Lee, 2008), (Juracek, 2011)).



Slika 2 • Meritve na VP Suha na reki Sori februarja 2010 – hidrogram v m^3/s (modra barva) in koncentracija suspendiranih snovi v mg/l, merjena s pomočjo SOLITAX_sc (zelena barva) ter primerjena z ročnim vzorčenjem rečne kalnosti (Ulaga, 2010)

7 • SKLEP

V prispevku smo prikazali prednosti in pomanjkljivosti izbranih terenskih metod

za zajem podatkov o suspendiranih rečnih sedimentih, gre za podatke o prostorninskih

(masnih) koncentracijah in njihovi zrnastosti sestavi. Obravnavo smo nadaljevali s prikazom osnovnih (fizikalnih) zakonitosti mehanskega in elektromagnetnega valovanja v tekočini (rečni vodi). Predvsem so nas zanimala tiste nadomestne (surogatne) me-

tode, ki temeljijo na naslednjih treh principih: motnosti (transmisivnost in nefelometričnost rečne vode), laserske difrakcije in zvočnega odbojnega sipanja. Za te tri metode smo prikazali osnovne zakonitosti delovanja in

predstavili nekatere izvedbe merilnikov. Nadalje smo poudarili nujnost stalne/občasne kalibracije merilnikov in kalibracije izmerjenih podatkov o suspendiranih sedimentih z drugimi merilniki ali drugimi metodami,

predvsem če opravljamo neprekinjene meritve z le eno vrsto merilnikov. Prispevke smo končali s kratkim prikazom uporabe nekaterih v tem prispevku prikazanih merilnikov v Sloveniji v preteklosti.

8 • ZAHVALA

Raziskave rečnih sedimentov potekajo v okviru dela v raziskovalnem programu P2-0180 Hid-

rotehnika, hidravlika in geotehnika, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost

Republike Slovenije. Avtor se zahvaljuje HSE Investu, d. o. o., iz Maribora za sofinanciranje.

9 • LITERATURA

- Anderson, C. W., Turbidity (Version 2.1, 9/2005), Section 6.7, U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 9, Handbooks for Water-Resources Investigations, Chapter A6 Field Measurements, str. 55, 2005. Povzeto po: http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/Section6.7_v2.1.pdf.
- Bajt, Ž., Legat, A., Šelih, J., Spremljanje napredovanja poškodb upogibno obremenjenih armiranobetonskih elementov z analizo akustične emisije, Gradbeni vestnik, letnik 54, št. 4, 95–102, 2005.
- Bilotta, G. S., Brazier, R. E., Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota, Water Research, letnik 42, št. 12, 2849–2861, 2008.
- Brilly, M., Globevnik, L., Štravs, L., Rusjan, S., Eksperimentalna porečja v Sloveniji, Zbornik Raziskave s področja geodezije in geofizike 2004, 47–59, 2005. Povzeto po: http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2005/SZGG_05_Brilly_et_al.pdf.
- Campbell, C. G., Laycak, D. T., Hoppes, W., Tran, N. T., Shi, F. G., High concentration suspended sediment measurements using a continuous fiber optic in-stream transmissometer, Journal of Hydrology, letnik 311, št. 1–4, 244–253, 2005.
- Gray, J. R., Gartner, J. W., Technological advances in suspended-sediment surrogate monitoring, Water Resources Research, letnik 45, WOOD29, 2009.
- Guerrero, M., Szupiany, R. N., Amsler, M., Comparison of acoustic backscattering techniques for suspended sediments investigation, Flow Measurement and Instrumentation, letnik 22, št. 5, 392–401, 2011.
- Guerrero, M., Rütger, N., Szupiany, R., Laboratory validation of acoustic current profiler (ADCP) techniques for suspended sediment investigations, Flow Measurement and Instrumentation, letnik 23, št. 1, 40–48, 2012.
- Hosseini, S., Shamsai, A., Ataie-Ashtiani, B., Synchronous measurements of the velocity and concentration in low density turbidity currents using an Acoustic Doppler Velocimeter, Flow Measurement and Instrumentation, letnik 17, št. 1, 59–68, 2006.
- IAEA, Fluvial sediment transport, Analytical techniques for measuring sediment load. IAEA-TECDOC-1461, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, str. 61, 2005.
- Juracek, K. E., Suspended-sediment loads, reservoir sediment trap efficiency, and upstream and downstream channel stability for Kanopolis and Turtle Creek Lakes, Kansas, 2008-10, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5187, str. 35, povzeto po: <http://pubs.usgs.gov/sir/2011/5187/pdf/sir2011-5187.pdf>, 2011.
- Kladnik, R., Osnove fizike, I. del, 3. izdaja, Državna založba Slovenije, str. 285, 1979.
- Kladnik, R., Osnove fizike, II. del, 2. izdaja, Državna založba Slovenije, str. 343, 1977.
- Kostaschuk, R., Best, J., Villard, P., Peakall, J., Franklin, M., Measuring flow velocity and sediment transport with an acoustic Doppler current profiler, Geomorphology, letnik 68, št. 1–2, 25–37, 2005.
- Le Coz, J., Pierrefeu, G., Brochot, J. F., Paquier, A., Chastan, B., Lagouy, M., Suspended-load dynamics during floods in the river Saône, France, V: 10th International Symposium on River Sedimentation, Moscow, Russia, 1–4 August 2007, str. 11, povzeto po: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/50/92/47/PDF/LY2007-PUB00023167.pdf>, 2007.
- Lee, C. J., Rasmusen, P. P., Ziegler, A. C., Characterization of suspended-sediment loading to and from John Redmond Reservoir, east-central Kansas, 2007–2008, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008-5123, str. 25, povzeto po: http://pubs.usgs.gov/sir/2008/5123/pdf/sir2008_5123.pdf, 2008.

- Lee, C., Wu, C. H., Hoopes, J. A., Simultaneous particle size and concentration measurements using a back-lighted particle imaging system, *Flow Measurement and Instrumentation*, letnik 20, št. 4–5, 189–199, 2009.
- Mikoš, M., Kalnost v rekah kot del erozijsko-sedimentacijskega kroga, *Gradbeni vestnik*, letnik 61, št. 6, 129–136, 2012.
- Moore, S. A., Le Coz, J., Hurther, D., Paquier, A., On the Use of Horizontal-ADCPs for Sediment Flux Measurements, *Proceedings of the 34th IAHR World Congress*, Brisbane, Australia, 3659–3666, 2011.
- Moore, S. A., Le Coz, J., Hurther, D., Paquier, A., On the application of horizontal ADCPs to suspended sediment transport surveys in rivers, *Continental Shelf Research*, 2012.
- Muste, M., Yu, K., Spasojevic, M., Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; Part I: moving-vessel measurements, *Flow Measurement and Instrumentation*, letnik 15, št. 1, 1–16, 2004a.
- Muste, M., Yu, K., Pratt, T., Abraham, D., Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; Part II: fixed-vessel measurements, *Flow Measurement and Instrumentation*, letnik 15, št. 1, 17–28, 2004b.
- Nikora, V. I., Goring, D. G., Fluctuation of suspended sediment concentration and turbulent sediment fluxes an open channel flow, *Journal of Hydraulic Engineering*, letnik 128, 214–224, 2002.
- Onderka, M., Rodný, M., Velísková, Y., Suspended particulate matter concentrations retrieved from self-calibrated multispectral satellite imagery, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, letnik 59, št. 4, 251–261, 2011.
- Rasmusen, P. P., Fray, J. R., Glysson, G. D., Ziegler, A. C., Guidelines and procedures for computing time-series suspended-sediment concentrations and loads from in-stream turbidity-sensor and streamflow data, *U.S. Geological Survey Techniques and Methods*, Book 3, Ch.C4, str. 52, povzeto po: <http://pubs.usgs.gov/tm/tm3c4/pdf/TM3C4.pdf>, 2011.
- Ravnik, L., Ulaga, F., Vrednotenje vsebnosti suspendiranega materiala s pomočjo merilnika SOLITAX sc, *Hidrološki letopis Slovenije 2007*, I. del: Razvoj na področju hidrološkega monitoringa, ARSO MOP, Ljubljana, 32–38, 2010.
- Reichel, G., Nachtnebel, H. P., Suspended sediment monitoring in a fluvial environment: advantages and limitations applying an acoustic Doppler current profiler, *Water Research*, letnik 28, št. 4, 751–761, 1994.
- Rotaru, E., Le Coz, J., Drobot, R., Adler, M. J., Dramais, G., ADcp Measurements of Suspended Sediment Fluxes in Banat Rivers, Romania, *Conference Proceedings Balwois 2006*, str. 13, povzeto po: http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-545.pdf, 2006.
- SonTek, SonTek Doppler current meters – using signal strength to monitor suspended sediment concentration, *SonTek Application Notes*, San Diego, str. 7, 1997.
- Ulaga, F., Ravnik, L., Meritve suspendiranega materiala z avtomatskim merilnikom OBS-3+ (D&A Instrument Company), *Hidrološki letopis Slovenije 2006*, ARSO MOP, Ljubljana, 22–26, 2009.
- Ulaga, F., Ravnik, L., Testing of Automatic Turbidity Sensor Solitax_sc and Evaluation of Suspended Sediment in Rivers, *Proceedings BALWOIS 2010 – Ohrid, Republic of Macedonia*, str. 8, 2010.
- Walling, D. E., Owens, P. N., Waterfall, B. D., Leeks, G. J. L., Wass, P. D., The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK, *Science of The Total Environment*, letnik 251–252, 205–222, 2000.
- Wass, P. D., Marks, S. D., Finch, J. W., Leeks, G. J. L., Ingram, J. K., Monitoring and preliminary interpretation of in-river turbidity and remote sensed imagery for suspended sediment transport studies in the Humber catchment, *The Science of the Total Environment*, letnik 194/195, 263–283, 1997.
- Wren, D. G., Barkdoll, B. D., Kuhnle, R. A., Derrow, R. W., Field techniques for suspended-sediment measurement, *Journal of Hydraulic Engineering*, letnik 126, št. 2, 97–104, 2000.
- Zabaleta, A., Martínez, M., Uriarte, J. A., Antigüedad, I., Factors controlling suspended sediment yield during runoff events in small headwater catchments of the Basque Country, *CATENA*, letnik 71, št.1, 179–190, 2007.

S PLINOM POLNJENI PANELI ZA VISOKOIZOLACIJSKE STAVBNE OVOJE 21. STOLETJA

GAS FILLED PANELS AS A HIGH INSULATION FOR BUILDING ENVELOPES OF 21ST CENTURY

dr. Mojca Japelj Fir, prof. kem.
mag. Aleš Kralj, univ. dipl. inž. stroj.
dr. Matjaž Žnidaršič, univ. dipl. inž. stroj.
mag. Črtomir Remec, univ. dipl. inž. grad.

CBS Inštitut, d. o. o., Prijateljeva cesta 12, 8210 Trebnje

Znanstveni članek
UDK 699.86

Povzetek | Rast cene nafte in omejeni, lahko dostopni naravni viri energije so v zadnjih letih izredno pospešili razvoj novih energijsko varčnih materialov in sistemov. Tudi v gradbeništvu se je v gospodarsko razviti Evropi veliko storilo v smeri varčne rabe energije. Sprejeti so bili ostrejši predpisi in standardi, ki so vplivali tudi na razvoj novih stavbnih ovojev. V prispevku je najprej predstavljen pregled stanja tehnike pri naprednih toplotnih izolacijah. V nadaljevanju pa je podrobno predstavljen Trimov novi s plinom polnjeni toplotnoizolacijski panel Qbiss Air. Obravnavani so vidiki toplotne prehodnosti, zvočne izolacije, vodotesnosti, požarne odpornosti in mejnih stanj uporabnosti.

Ključne besede: s plinom polnjeni panel, fasadni element, obešena fasada, toplotna izolacija

Summary | Oil price growth and otherwise limited natural resources have in recent year accelerated the development of novel energy saving materials and systems. The field of construction was no exception. Economically developed Europe has done a lot in the direction of the energy conservation. New mandatory guidelines and regulation were adopted that resulted in novel developments in the field of the building envelopes. In the paper, first a review of the state of the art in the field of the advanced thermal insulation is presented. In the following sections there is detailed description of the Trimo novel gas filled insulation panel Qbiss Air. The aspects of thermal, sound and fire performance are considered as well as tightness and serviceability limit states.

Key words: gas filled panel, façade element, curtain wall, thermal insulation

1 • UVOD

Rast cene nafte in omejeni, lahko dostopni naravni viri energije so v zadnjih letih izredno pospešili razvoj novih energijsko varčnih materialov in sistemov. Tudi v gradbeništvu se je v gospodarsko razviti Evropi veliko storilo v smeri varčne rabe energije. Državni predpisi (PURES) in zahteve po dodatni izolaciji stavb so pospešili razvoj izolacijskih materialov z

bistveno boljšimi toplotnoizolacijskimi lastnostmi. Z uporabo klasičnih izolacijskih materialov, kot so steklena in mineralna volna, ekspanzirani (EPS) in ekstrudirani polistiren (XPS) ter različne poliuretanske (PUR, PIR) in fenolne pene (PF), se povečuje debelina izolacijskega sloja na zunanjih stenah stavb, da bi se dosegla zadostna toplotna izolativnost

($U < 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$). Povečana debelina izolacijskega sloja predstavlja dodatno težo in hkrati obremenitev za konstrukcijo ter je pogosto moteča z arhitekturnega stališča, še posebno za primere obnove stavb. Prav zaradi slednjega se v gradbeništvu povečuje uporaba materialov z bistveno boljšimi toplotnoizolacijskimi lastnostmi, ki so bili do sedaj zaradi višje cene le redko uporabljeni (nanopene – aerogeli, vakuumski paneli, s plinom polnjeni paneli). Poleg že omenjene težnje po čim varčnejši rabi energije v gradbeništvu je treba pri gradnji

novih objektov in obnovi stavb upoštevati še temeljna načela trajnostne gradnje. To so medsebojno vplivni vidiki graditve objektov: okoljski, ekonomski in družbeni. Za vse materiale, tudi izolacijske, je treba ovrednotiti njihov vpliv na okolje, kar je neposredno povezano z ekonomskim vplivom in družbeno sprejemljivostjo. Še posebno to velja za nove materiale, za katere nimamo bogatih preteklih izkušenj uporabe in realne ocene življenjske dobe, ki ni podana na osnovi pospešenih trajnostnih testov. Kljub temu se čedalje več novih materialov uveljavlja pri gradnji stavb, čeprav je splošno znano, da

se gradbeništvo kot stroka pri velikih novostih pogosto počasi odziva.

Novi državni predpisi o varčni rabi energije in načela trajnostne gradnje so spodbudili tudi slovensko podjetje Trimo, d. d., da je leta 2008 pričelo razvoj novega, tankega, visokoizolativnega gradbenega elementa Qbiss Air v okviru projekta Modularni aktivni sistemi za javne zgradbe (MAKSI, RIP 08). Pri projektu so poleg Trimovih razvojnikov in raziskovalcev CBS Inštituta sodelovali še raziskovalci različnih slovenskih institucij znanja (FS-LNMS, FGG, ZAG) ter slovenski in tuji poslovni part-

nerji podjetja Trimo, d. d. Izdelek Qbiss Air, ki je nastal, je izkazal visoko stopnjo inovativnosti in je zaščiteno s tremi mednarodnimi patenti, kjer vsak od njih pokriva specifično delno tehnično rešitev.

V nadaljevanju prispevka je podrobneje predstavljen razvoj novega visokoizolacijskega gradbenega elementa Qbiss Air, in sicer v raziskovalnem, razvojnem in tržnem pogledu. Opravljena je primerjalna analiza lastnosti in cen sodobnih izolacijskih materialov in elementov v gradbeništvo ter predstavljeni stanje tehnike in trendi razvoja novih izolacijskih materialov.

2 • STANJE TEHNIKE TOPLOTNOIZOLACIJSKIH GRADBENIH MATERIALOV

Na trgu in posledično tudi v stanju tehnike obstaja potreba po izolacijskih materialih s toplotno prevodnostjo, nižjo od zraka ($\lambda_{\text{zrak}} = 0,024 \text{ W/mK}$). Toplotna prevodnost zraka je pravzaprav mejnik za merilo učinkovitosti toplotnoizolacijskega materiala.

2.1 Trdni izolacijski materiali – odprtočelični

Najpogosteje uporabljena in prepoznana izolacijska materiala sta mineralna ali steklena volna, ki ima toplotno prevodnost med 0,036 in 0,044 W/mK, in polistiren s toplotno prevodnostjo od 0,032 do 0,040 W/mK. V obeh materialih so ujeti zračni mehurčki, ki preprečujejo neposreden toplotni tok skozi material. Kljub temu se njuni toplotni prevodnosti ne moreta približati toplotni prevodnosti zraka. Steklena vlakna v mineralni volni in polimerna osnova polistirena, ki služijo kot podpora posameznemu izolacijskemu materialu, so namreč preveliki toplotni prevodniki. Ne glede na njuno slabšo toplotno prevodnost v primerjavi z zrakom sta tako mineralna volna kot polistiren prepoznana kot poceni, enostavno vgradljiva in trajna izolacijska materiala.

2.2 Penjeni izolacijski materiali – zaprtocelični

Najbolj znani penjeni izolacijski gradbeni materiali so poliuretanske pene s toplotno prevodnostjo med 0,028 in 0,036 W/mK in fenolne pene s toplotno prevodnostjo od 0,018 do 0,028 W/mK. Nizka toplotna prevodnost pen je posledica ujetega penilnega plina v njihovi strukturi, najpogostejša penilna plina pa sta pentan in ogljikov dioksid (CO_2). Kljub relativno nizki toplotni prevodnosti pen je vprašljiva trajnost toplotne izolativnosti. Raziskave ((Muhlenkamp, 1983), (Mukhopadhyaya, 2008)) kažejo, da je penilne pline težko zadržati v strukturi polimerne pene ne glede na to, da so tovrstni materiali prevlečeni s kovinskimi folijami. Tako ima na primer požarno obstojnejša poliizocianouratna (PIR) pena na začetku toplotno prevodnost pod 0,020 W/mK. Že po nekaj mesecih pa ima lahko pena zaradi uhajanja penilnega plina za več kot polovico višjo toplotno prevodnost, in sicer 0,035 W/mK.

Manj znani penjeni izolacijski materiali so polimerne nanopene. V stanju tehnike ((Bayer, 2010), (Strey, 2002)) so že poročali o trdnih nanopenah, ki imajo trajno toplotno prevodnost pod 0,020 W/mK. Vendar pa je proizvod-

nja takšnih pen zelo zahtevna in je trenutno še vedno na laboratorijski ravni.

Tudi aerogeli (slika 1) sodijo med nanopene. Laboratorijsko pripravljene aerogeli lahko dosežejo toplotno prevodnost 0,004 W/mK. Komercialno dostopni aerogeli pa imajo toplotno prevodnost med 0,014 in 0,020 W/mK (Aspen, 2009). V primerjavi s prej omenjenimi penami aerogeli niso konstrukcijski materiali, zato zahtevajo dodatno mehansko podporo, ki je lahko okvir panela ali ojačitev z vlakni. Prav ta mehanska podpora aerogelom onemogoča, da bi bili tudi dobri zvočni izolatorji. Njihova največja prednost pa je prosojnost, zato jih lahko uporabimo za prosojne stene (Baefens, 2011). Prve aerogele je že leta 1931 izdelal Samuel Stephens Kistler (Kistler, 1931). Čeprav so aerogeli že zelo dolgo prisotni na trgu, so še vedno zelo drag material, saj je njihova proizvodnja zelo zahtevna, časovno in energijsko potratna ter nevarna zaradi eksplozije pod superkritičnimi pogoji.



Slika 1 • Silicijev aerogel

3 • STANJE TEHNIKE TOPLOTNOIZOLACIJSKIH GRADBENIH ELEMENTOV

Toplotnoizolacijski gradbeni elementi so paneli, sestavljeni iz izolacijskega materiala, ki največkrat zaradi lastne nenosilnosti potrebuje še konstrukcijo oziroma nosilni

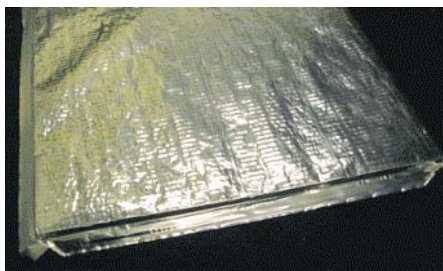
okvir. Prav to pri izolacijskih gradbenih elementih predstavlja največje toplotne izgube, zato opravljajo intenzivne raziskave, da se izdelata toplotno čim manj prevoden okvir ob

čim nižji toplotni prevodnosti izolacijskega jedra.

Prej omenjene aerogele bi lahko prištevali tudi k toplotnoizolacijskim gradbenim elementom, vendar pa smo se v prispevku osredotočili predvsem na tiste, ki jih po izdelavi ne moremo več preoblikovati ali rezati.

3.1 Vakuumski izolativni panel (VIP)

Velik preboj z vidika izjemnih toplotnih izolacijskih lastnosti je bil poleg aerogelov narejen tudi na področju vakuumskih izolativnih panelov (VIP), saj ti dosežejo toplotno prevodnost tudi $0,005 \text{ W/mK}$ (Erb, 2005). VIP, ki so primerni za gradbeništvo, so srednje trdni pravokotni paneli, zaščiteni z aluminijasto folijo in s sredico iz silicijevega prahu, iz katere je izsesan zrak (slika 2). Takšni paneli so po prostornini cenovno primerljivi z aerogeli, vendar pa je toplotna prevodnost trikrat manjša, zato so v gradbeništvu bolj zastopani. Slabosti vakuumskih izolacijskih panelov so, da jih ne smemo upogibati, rezati in slabo izolirajo zvok (Cauberg, 2007). Poleg omenjenega je vprašljiva tudi njihova trajnost, predvsem kako dolgo lahko zadržijo vakuum. Tanka zaščitna aluminijasta folija je namreč občutljiva na kemijske in mehanske poškodbe, najbolj pa na vlago, ki spodbudi korozijo predvsem na mestih stikov aluminijaste folije.



Slika 2 • Primer vakuumskega izolacijskega panela (VIP)

3.2 S plinom polnjeni panel (GFP)

Najbolj znani s plinom polnjeni paneli so izolacijska stekla, največ pa k izolativnosti prispeva uporaba izolacijskih plinov, kot so argon, ksenon, kripton. V literaturi je bilo enokomorno izolacijsko steklo prvič omenjeno leta 1920 (Heller, 1920), medtem ko je ideja o netransparentnem, večkomornem s plinom polnjenim izolacijskem panelu prvi predstavil švedski izumitelj Karel Munters leta 1931 (Munters, 1931). Več kot 50 let kasneje je trg pokazal zanimanje za dvokomorno izolacijska stekla, ki so danes vedno pogostejše vgrajena, še posebno na javnih novogradnjah in obnovah stavb. V povprečju je toplotna prehodnost dvokomornega izolacijskega stekla skozi sredico (U_g) $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, z okvirjem (U_w) pa $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ali več. Za tako tanke elemente, kot so izolacijska stekla (v povprečju 36 mm), je dobljena toplotna prehodnost zelo dober rezultat. Z nadaljnjim večanjem števila komor pri izolacijskih steklih kot tudi pri netransparentnih s plinom polnjenih panelih bi toplot-

no prehodnost elementov še izboljšali, toda največjo oviro predstavljata teža elementov in obvladovanje ekspanzije izolacijskega plina pri povišani temperaturi. Pri transparentnih s plinom polnjenih elementih je poleg toplotne prehodnosti elementa pomemben še faktor solarnih dobitkov (g).

3.3 Visokoizolativni gradbeni element Qbiss Air

Visokoizolativni gradbeni element Qbiss Air je sestavljen iz večkomornega s plinom polnjenega izolacijskega jedra, ki ga omejujeja zunanja in notranja plošča, plošči pa sta med seboj povezani z nosilno polimerno letvijo oziroma cevjo (slika 3). Izolacijsko jedro ima okvir iz hibridnih distančnikov (podobno kot sodobna visokoizolativna izolacijska stekla), med katerimi so napete aluminijaste folije, ki omejujejo stene plinskih komor. Zunanja plošča je plinotesna, kot so steklo, visokotlačni laminat s kovinsko folijo in kamen na aluminijastem satovju, notranja plošča pa je mavčno-vlaknena plošča. Nosilna polimerna letev je iz poliamida, ki je ojačen s steklenimi vlakni. Po potrebi lahko polimerno letev še dodatno ojačimo z jekleno cevjo. Element Qbiss Air je dobavljiv v dimenzijah od $300 \times 500 \text{ mm}$ do $4000 \times 1250 \text{ mm}$.

Idejna rešitev elementa Qbiss Air je bila zasnovana s temeljitim pregledom stanja znanosti in tehnike na področju izolacijskih materialov in elementov. Poleg toplotne izolativnosti smo pri načrtovanju omenjenega izdelka sledili še zahtevam sodobne gradnje po zvočni izolativnosti, plino- in vodotesnosti, požarni obstoj-

nosti, mehanskih obremenitvah ter trajnosti in življenjski dobi.

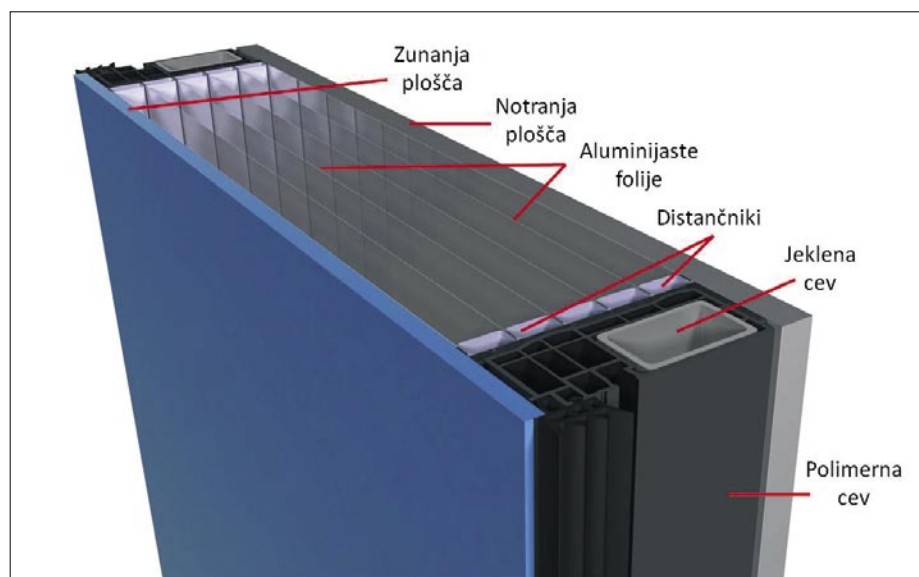
3.3.1 Toplotna izolativnost elementa Qbiss Air

Največji prispevek k visoki toplotni izolativnosti elementa Qbiss Air ima njegovo večkomorno s plinom polnjeno izolacijsko jedro.

Toplotna prehodnost celotnega panela je odvisna od prehoda toplote skozi plin v panelu in prehoda toplote skozi nosilno strukturo panela. Najbolje izolirajo tisti elementi, ki imajo zelo velike celice in zelo malo nosilne strukture. Najbližje temu so izolacijska stekla, ki so lahko velika tudi do $6 \times 3,2 \text{ m}^2$. To je bilo prvo izhodišče za izolacijsko jedro Qbiss Air, ki je običajno sestavljeno iz petih s plinom polnjenih komor.

K toplotni prehodnosti prispeva tudi sevanje toplote med komponentami izolacije. Toplotno sevanje v veliki meri omejimo s kovinskimi folijami z nizko emisivnostjo. Zaradi plinotesnosti in nizke emisivnosti smo za pregrado med posameznimi komorami izolacijskega jedra elementa Qbiss Air uporabili tanke aluminijaste folije.

Pri panelih, polnjenih s plinom (GFP), moramo upoštevati tudi prenos toplote s kroženjem oziroma konvekcijo plinov. Konvekcijo omejimo z debelino komore in izbiro izolacijskega plina. Na primer pri enokomornih izolacijskih steklih, kjer je uporabljen izolacijski plin argon, in jih najpogosteje uporabljamo v srednji Evropi (minimalna zunanja temperatura do $-20 \text{ }^\circ\text{C}$), je tipična debelina komore 16 mm. Pri večkomornih sistemih lahko debelino komor



Slika 3 • Struktura plinsko polnjenega panela Qbiss Air

povečamo, saj je zaradi manjše temperaturne razlike med posameznimi komorami konvektivna sila manjša. V primeru elementa Qbiss Air, ki ima pet s plinom polnjenih komor, smo za izolacijski plin uporabili ogljikov dioksid (CO₂), optimalna debelina komore pa je 20 mm.

Pri načrtovanju izolacijskega jedra Qbiss Air je bil velik izziv, kateri izolacijski plin izbrati in kako izdelati večkomorni s plinom polnjeni panel, da bo mogoče obvladovati ekspanzijo plina in da bo toplotna prehodnost končnega elementa z nosilno konstrukcijo in tesnili 0,25 W/m²K ali nižja.

Izum večkomornega GFP, ki ga je leta 1931 predlagal Munters (Munters, 1931), ni bil funkcionalen. Njegova rešitev je temeljila na majhnih in zelo ozkih kovinskih komorah (debeline 5 mm ali manj), v katerih so izolacijski plini z visoko molekularno maso, kot so SF₆, CH₃Cl, CCl₂F₂, CH₃Br, C₂H₆l. Skozi sredico je panel dosegal nizke toplotne prehodnosti, velike izgube pa so bile na robu oziroma okvirju panela.

Tudi rešitev Krucka in Cura (Kruck, 1988) iz leta 1988 je bila podobna Muntersovi, le da so uporabili za izolacijske pline hladilne pline, na primer freone, za pregrado med 3 in 5 mm debelimi komorami pa kovinske folije. Te so se na sredini lahko dotikale in tako pokvarile izolacijsko sposobnost večkomornega GFP.

Nekaj let kasneje je skupina Brenta Griffitha (Griffith, 1995) predlagala GFP z izolacijskim plinom ksenon, z možnostjo uporabe tudi cenejših, kot sta argon in zrak. Preizkusili so različne konfiguracije GFP, kot ekonomsko

najboljšo rešitev pa so predlagali satovju podobno GFP, komore v njem pa so vrečam podobno polnile. Ocenili so, da bi 1 m² debeline 100 mm z argonom polnjeni GFP stal 8 US dolarjev (leta 1995) in je danes tudi komercialno dobavljiv (GFP Insulation, 2007).

Z našo raziskavo smo odpravili dve pomanjkljivosti obstoječih tehničnih rešitev: izolacijsko vrečo se lahko uporablja le kot polnilo, pri čemer se z naraščajočo temperaturo plini raztezajo, s tem pa se večja tudi prostornina vreče. Za sodobne izolacijske materiale se pričakuje, da se jih uporablja v debelini 100 do 150 mm in da prenesejo temperaturni režim od -40 °C do 80 °C. V primeru GFP bi se plin v poletnih mesecih razširil minimalno za 10 %, pozimi pa za prav toliko skrčil. Če v GFP uporabimo plinsko polnilo v vreči, pozimi ne bi opazili nikakršnih težav, medtem ko bi se poleti lahko dogajale poškodbe.

Satovju podoben GFP ima še eno slabost. Zaradi satovja izkazuje večjo toplotno prevodnost skozi polimerne folije, iz katerih so narejene plinsko polnjene vrečke. To bi lahko popolnoma izničilo, če bi plinsko bariero namestili na okvir GFP.

V okviru naše raziskave smo potrdili, da je za uporabo plinsko polnjenih panelov najprimernejše kontinentalno podnebje in zato najbolj optimalna debelina komore 20 mm. Pregrade med komorami so lahko iz kovinskih folij ali PET-folij z nizkoemisivnim nanosom. Pomembno je, da folije niso popolnoma napete, temveč so konkavne, da lahko kompenzirajo raztezanje in krčenje plinov. Ker so komore dovolj debele, se folije kljub nenapeto-

sti na sredini ne dotikajo in ohranjajo odlično toplotno izolativnost posamezne komore.

Preverili smo tudi danes najpogosteje uporabljene izolacijske pline in med njimi potrdili pet potencialnih izolacijskih plinov, ki so predvsem okoljsko pa tudi ekonomsko sprejemljivi (preglednica 1).

V preglednici 1 so navedeni bistveni ekološki podatki in aplikacijske kalkulacije za posamezne pline. Vključena je tudi ocena CO₂ odtisa za produkcijo plina. Ti podatki ponazarjajo, koliko energije je potrebne za pridobitev posameznega plina v primerjavi s CO₂. Za slednjega je proizvodna energija najnižja, zato smo ocenili, da je najbolj optimalna rešitev. Naša ocena temelji neposredno iz cene plinov, pri čemer smo se oprli na teorijo termoeconomije (Ayres, 2002), ki pravi, da cena predstavlja direktne in indirektno energijske vložke, da izdelamo produkt.

Glede na podatke izkazuje plin CO₂ velik potencial kot izolacijski plin, saj je boljši izolator kot argon, ki se ga danes najpogosteje uporablja kot izolacijski plin v oknih. CO₂ je odporen proti UV-obsevanju (filtrirano skozi atmosfero in zaščiteno s kaljenim steklom) in celo absorbira nekaj IR-sevanja, kar pomaga preprečevati izmenjavo toplote med komorami. Tudi glede na stroške in ekološki vidik je CO₂ najboljša izbira. Ima najmanjši vpliv na toplogredni učinek v atmosferi, ker je stranski produkt pri proizvodnji drugih plinov, materialov in ne zahteva dodatne energije, da ga pripravimo.

Izolacijska plina CHF₃ in CH₂F₂ sta najboljša izbira za zamenjavo dragega kriptona, ki se

Izolacijski plin (kemijska oznaka in generično ime)	Molekulska masa	Toplotna prevodnost (W/mK)	Kondenzacijska temperatura	Specifična toplotna kapaciteta (Cp) (J/kgK)	Potencial toplogrednega učinka (GWP), stabilnost	Ocena CO ₂ odtisa	Cena (€/l plina)
Ar (argon)	40	0,0172	-186 °C	520	0 stabilen	4,5	0,01
Kr (kripton)	83,8	0,0094	-153 °C	247	0 stabilen	410	0,9
CO ₂ (ogljikov dioksid)	44	0,0149	-55,6 °C	824	1 stabilen	1	0,0022
CHF ₃ (fluoroform, R23)	70	0,014	-82,0 °C	736	12.000 fotokatalitska razgradnja	27	*0,06
CH ₂ F ₂ (difluorometan, R32)	52	0,012	-51,7 °C	826	550 fotokatalitska razgradnja	23	*0,05

* Cena je bila pridobljena za vzorec (majhna količina).

Preglednica 1 • Pregled lastnosti izbranih izolacijskih plinov pri 10 °C ter njihovi ekološki in proizvodnji podatki

	*PIR-/PF-pena	Nanopena	Aerogel	Vakuumski izolacijski panel (VIP)	Qbiss Air
Toplotna prevodnost (W/mK)	0,034 (starana)	0,020 (pričakovana)	0,014–0,020	0,005 (povprečna)	0,010–0,020
Cena izolacijskega jedra (€/m ³)	100	>>100	2000	1500	100 (CO ₂ + okvir + dodatni elementi)
Cena na dobljeni Ug** = 0,2 W/m ² K (€)	12	>12	160	30	8 (za s CO ₂ poljnjeni GFP)
Zvočna izolirnost (Rw) pri Ug = 0,2 W/m ² K (dB)	25	25 (stisnjena pena)	>40	27	>46

* Samo za primerjavo.

** Ug se nanaša na toplotno prehodnost materiala ali elementa skozi sredico.

Preglednica 2 • Primerjava naprednih izolacijskih sistemov

ga na svetovni ravni ne proizvede dovolj, da bi ga lahko množično uporabili v gradbeništvu. Slabost plinov CHF₃ in CH₂F₂ je njun dokaj visoki potencial toplogrednega učinka. Čeprav sta oba fluorirana ogljikovodika in se razgradata pod vplivom UV-svetlobe, ne predstavljata negativnega učinka na klimatske razmere.

V primeru Qbiss Air je bil kot najbolj optimalen izolacijski plin izbran CO₂. S strukturo petih komor debeline 20 mm, kjer so pregrade med komorami iz aluminijastih folij, smo izmerili toplotno prehodnost jedra 0,17 W/m²K.

V preglednici 2 je primerjava naprednih izolacijskih sistemov glede na Qbiss Air.

3.3.2 Zvočna izolativnost elementa Qbiss Air

Zvočna izolirnost (Rw) gradbenih materialov postaja vse bolj pomembna, še posebno za graditelje v mestnih jedrih in pri gradnji industrijskih kompleksov, kjer je treba zavarovati okolico pred hrupom. Vpliv zvočne izolirnosti materiala se kaže v znižanju jakosti zvoka/hrupa, ki se prebije skozi material. Jakost zvoka, ki ga ustvarimo s pogovorom, je 65 dB, hrup prometa in motornih orodij pa je minimalno 80 dB (Tratnik, 2005).

Zvočna izolirnost do 55 dB se enostavno doseže s težko betonsko gradnjo, saj je masa eden ključnih dejavnikov, ki učinkovito zaduši zvok. V primeru elementov Qbiss Air, ki jih prištevamo med lahke gradbene elemente, v osnovni varianti dosežemo zvočno izolirnost 46 dB, kar je zelo dobro v primerjavi z drugimi vrstami lahke gradnje, kjer je zvočna izolirnost običajno pod 40 dB (Medved, 2010).

Pri zasnovi zvočne izolirnosti elementov Qbiss Air smo izkoristili izkušnje s področja izolacijskih stekel, ki pri debelini 24 mm (4 mm steklo–16 mm plinska komora–4 mm steklo)

zadušijo že 32 dB hrupa, medtem ko kombinacija z masivnejšim ali lepljenim steklom že poveča zvočno izolirnost na 40 dB.

Zvok, ki ga človeško uho zazna, je mehansko valovanje v območju med 20 in 20.000 Hz. Ko zvok naleti na oviro, kot je stena, jo skuša udarna energija zvočnega vala premakniti oziroma ji vsiliti svoje nihanje. Če je stena v neposrednem stiku z naslednjo oviro, se bo valovanje zvoka preneslo naprej. Zato je zelo pomembno, da je med zunanjo in notranjo steno lahkega gradbenega elementa material z bistveno drugačno gostoto/togostjo, saj se zvok najbolj oslabi pri prehodu skozi plasti z nizko gostoto, posledično tudi nizko togostjo. Plast plina v izolacijskem steklu na ta način uspešno zaduši valovanje steklene plošče. Enako velja tudi za lepljena stekla, kjer je med dvema steklenima ploščama mehko lepilo polivinil butiral (PVB), ki zaradi manjše togosti še dodatno prispeva k dušenju zvoka.

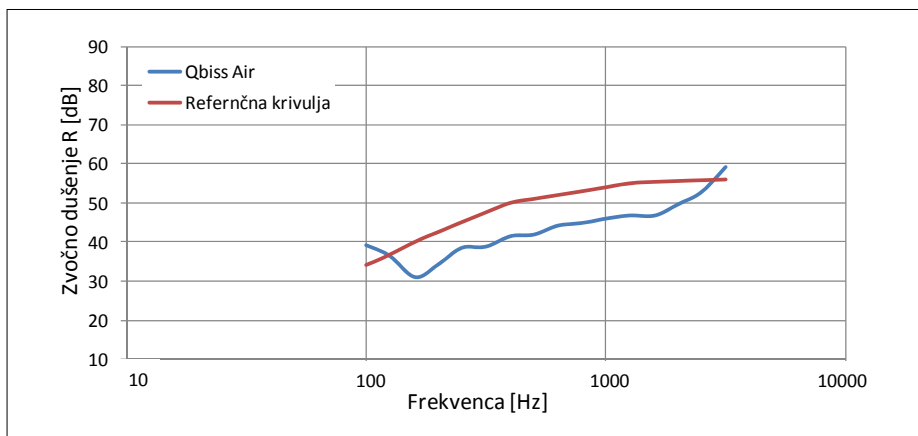
K dušenju zvoka prispeva tudi razdalja med notranjo in zunanjo ploščo: večja ko je, bolj učinkovito je dušenje.

Enak princip dušenja zvoka smo uporabili pri načrtovanju zvočne izolirnosti elementa Qbiss Air. Osnovna zunanja plošča je 8 mm kaljeno steklo ali 12 mm visokotlačni laminat (HPL), ki imata površinsko gostoto 19 kg/m². Na notranji strani je 15 mm mavčno-vlaknena plošča, ki ima površinsko gostoto 18 kg/m². Razdalja med notranjo in zunanjo ploščo je 100 mm, med ploščama pa je plin CO₂. Povezava med ploščama je samo preko okvirja, ki je na plošči pritrjen z mehkim lepilom. Z osnovno strukturo elementa Qbiss Air, ki tehta z že vgrajeno podkonstrukcijo 44 kg/m² elementa, smo dosegli zvočno izolirnost 46 dB (sliki 4, 5).

Zvočna izolirnost elementa Qbiss Air lahko še izboljšamo, če zunanje kaljeno steklo nadomestimo z debelejšim lepljenim steklom, na notranji strani pa dodamo mavčno-kartonske plošče. Če te z dodatno podkonstrukcijo odmaknemo od osnovne mavčno-vlaknene plošče za minimalno 5 cm, še dodatno izboljšamo zvočno izolirnost kot tudi toplotno izolativnost.



Slika 4 • Postavitev testne stene za preizkus zvočne izolirnosti elementov Qbiss Air na notranji strani (leva slika) in zunanji strani (desna slika)



Slika 5 • Diagram meritve zvočne izolirnosti elementov Qbiss Air

3.3.3 Vodotesnost in zrakotesnost fasadnega sistema Qbiss Air

Vodotesnost in zrakotesnost sta zelo pomembna parametra za obešene fasadne sisteme, med katere spada tudi fasadni sistem Qbiss Air. Od vodotesnosti in zrakotesnosti je namreč odvisna uporabnost in trajnost fasadnega sistema ter še zlasti udobje bivanja v tako zgrajenih stavbah. Vsak element Qbiss Air je popolnoma vodotesen, saj je sestavljen iz zunanje plošče (steklo, HPL) in notranje plošče (impregnirana ojačana mavčna ploščica), med katerima je plinotesno toplotno izolacijsko jedro, polnjeno z izolacijskim plinom. Vodotesnost in zrakotesnost sistema Qbiss Air zagotavljajo tesnilke iz EPDM-gume na zunanji strani in protipožarna poliuretanska pena na notranji strani v regi med posameznimi elementi. EPDM-tesnilke v 20 mm regi med posameznimi elementi so dvodelne: vertikalne so prefabricirane na elementu, horizontalne pa se vgrajujejo na gradbišču. Po montaži in pozicioniranju elementov na končno lego se z notranje strani stavbe v rege med elementi vbrizga elastično protipožarno peno in nato še parozaporno folijo. Sledi zaključna obloga iz mavčno-kartonskih plošč.

Vodotesnost in zrakotesnost smo testirali po standardih SIST EN 12865 in SIST EN 14509, tako kot se testira večino sten in fasadnih sistemov. Rezultati so v primerjavi z drugimi obešenimi fasadnimi sistemi na trgu zelo ugodni, saj z osnovno izvedbo dosežemo razred A -1200 Pa (preglednica 3). Večina konkurenčnih sistemov dosega le 600 Pa (razred B).

3.3.4 Požarna obstojnost fasadnega sistema Qbiss Air

Za bivalne zgradbe, še posebno tiste, ki so javnega značaja (vrtci, šole, bolnišnice, zdravstveni domovi, domovi starejših občanov ...), je pomembna njihova požarna varnost, saj je treba ljudi pravočasno evakuirati v primeru požara. Pri gradnji takšnih stavb moramo upoštevati naslednje dejavnike:

- koliko časa je stena sposobna zadrževati napredovanje ognja od znotraj navzven in napredovanje požara po fasadi v druga nadstropja;
- koliko energije se sprosti pri gorenju (entalpija gorenja);
- kakšna je škodljivost nastalih dimnih plinov pri gorenju in drugih produktov gorenja;

- kako vpliva požar na konstrukcijske lastnosti fasadnega ovoja in stavbe.

Prefabricirani fasadni elementi in montažne stene, ki so izdelane iz mineralne volne in/ali mavčnih plošč, so s stališča požarne varnosti najbolj zaželeni. Mineralna volna je negorljiva in zaradi dobre toplotne izolativnosti zelo dobro ovira napredovanje požara. Mavčne plošče pa so s stališča zaviranja požara izjemne. V svoji strukturi imajo približno 20 % kristalno vezane vode, ki se pri povišani temperaturi in med požarom sprošča na površini ploščice in jo s tem tudi hladi. Poleg tega nudi mavčna ploščica visoko bivalno ugodje, saj izravnava vlago v prostoru.

To smo upoštevali tudi pri zasnovi elementa Qbiss Air, zato je na njegovi notranji strani 15 mm mavčno-vlaknena ploščica, ki jo odlikujejo bistveno boljše mehanske lastnosti v primerjavi z običajno mavčno-kartonsko ploščo. Ko je Qbiss Air že vgrajen, se notranjo steno še dodatno obloži z vsaj 10 mm debelo mavčno-kartonsko ploščo, s čimer zaščitimo stik med dvema elementoma Qbiss Air in izboljšamo požarno varnost stene. Takšno postavitve smo preizkusili tudi pri požaru. Rezultat testa je pokazal, da je stena sposobna zadrževati požar minimalno 60 minut. V našem konkretnem primeru je ogenj prebil steno v 78. minuti (sliki 6 in 7).

Požarna obstojnost je pri elementih Qbiss Air nastavljliva, kar pomeni, da vgrajene elemente, če je treba, dodatno obložimo z mavčnimi ploščami. Tako z dodatno najmanj 10 mm debelo mavčno ploščo zagotovimo minimalno 60 minut požarne varnosti, z debelejšimi mavčno-kartonskimi ploščami pa tudi 120 minut požarne varnosti in po potrebi še več.

3.3.5 Mejna stanja uporabnosti elementov Qbiss Air

Ključno za uporabnost vsakega obešenega sistema je mejno stanje uporabnosti (MSU), ki temelji na mnogih karakteristikah posameznih elementov in njihovega odziva na vplive okolja. Pri razvoju mehanskih lastnosti elementov Qbiss Air smo upoštevali osnovne ideje in priporočila, podana v standardih Evrokod.

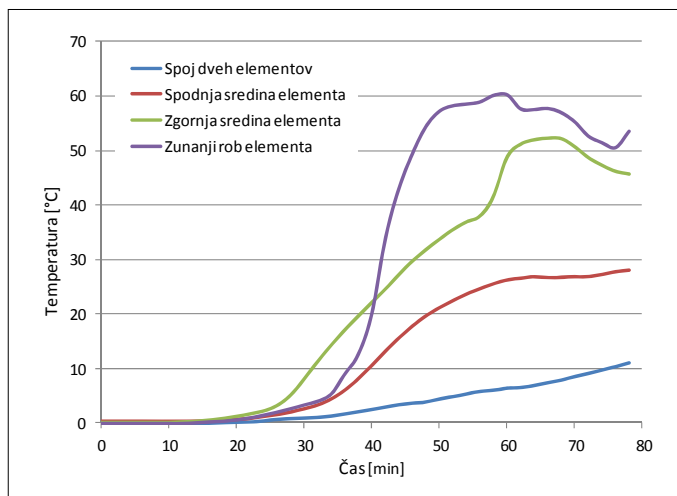
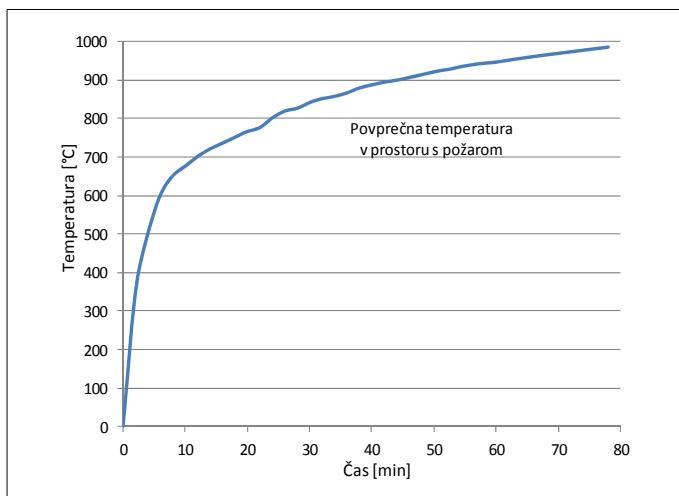
Nosilna konstrukcija (slika 3) je zasnovana na toplotno manj prevodnih distančnikih, ki so med seboj strukturno povezani. Togost in dolgotrajno ravnost panela (neodvisno od viskoelastičnih učinkov) zagotavlja polimerna letev, ki je dodatno ojačana z jekleno cevjo in povezuje zunanjo in notranjo ploščo. Polimerna letev je iz ekstrudiranega poliamida, ki vsebuje 40 % steklenih vlaken, pocinkana jeklena cev pa je standardna pravokotna cev

Pogoji preizkusa:

1. Obremenitev na ± 1200 Pa – suho, preverjanje tesnosti – zrakotesnost.
2. Obremenitev od 450 Pa v korakih po 150 Pa (40 ciklov) – sunki vetra (5 s) s pršenjem vode do 3050 Pa – vodotesnost.
3. Obremenitev 4 h sunki vetra 1200 Pa s pršenjem vode.
4. Obremenitev 14 h samo pršenje vode.
5. Obremenitev 4 h sunki vetra 1200 Pa s pršenjem vode.

Rezultat: Na vzorcu ni preboja vlage po preizkusu.

Preglednica 3 • Primer testiranja vodotesnosti



Slika 6 • Diagram povprečne temperature v prostoru s požarom (levo) in na zunanji steni elementa Qbiss Air na mestih spoja dveh elementov, v spodnji in zgornji sredini ter na zunanjem robu elementa (desno)



Slika 7 • Začetek požarnega testa (levo) in konec testa (desno). Ogenj je steno Qbiss Air prebil v 78. minuti

50 x 30 x 2,5 mm. Stik med zunanjo ploščo, polimerno letvijo in notranjo ploščo je zagotovljen s 3 mm debelim nanosom polisulfida, ki pa je rahlo modificiran glede na obstoječi polisulfid za izolacijska stekla, saj ima poleg tesnilnih lastnosti tudi lastnosti strukturnega lepila in 40 % nižjo toplotno prevodnost.

Takšna struktura elementa Qbiss Air je bila izhodišče za določanje mejnega stanja uporabnosti (Beg, 2010a). Najprej smo v sodelovanju s Fakulteto za strojništvo opravili numerično analizo (MKE) nosilnosti karakterističnega modulnega elementa Qbiss Air (4 x 1,25 m) z različnimi kombinacijami obtežb (različne debeline stekla in vrsta stekla – lepljeno steklo) ((Halilović, 2010), (Halilović 2011)). Rezultate numerične analize smo preveri-

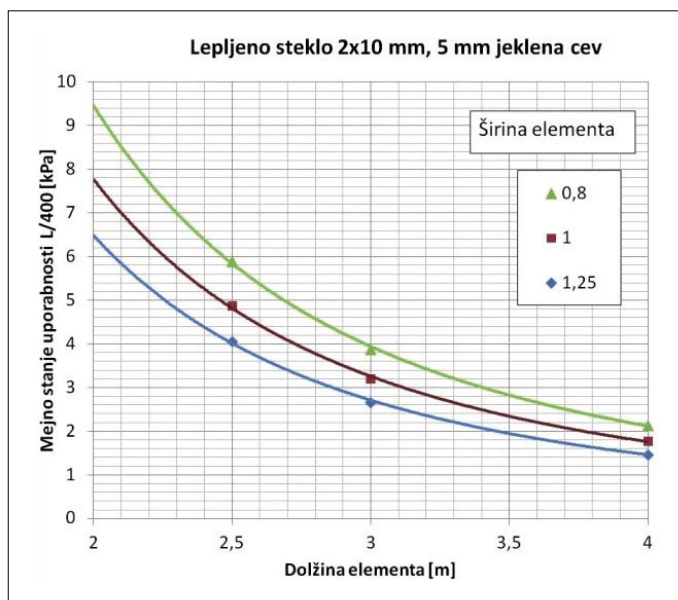
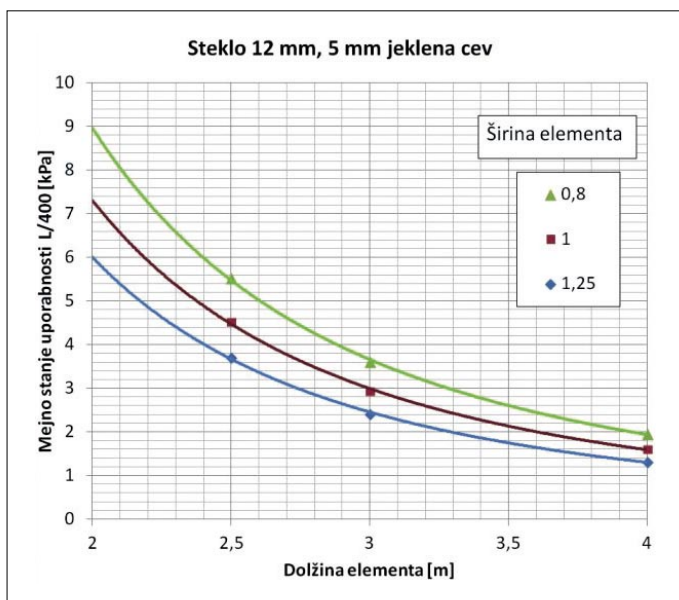
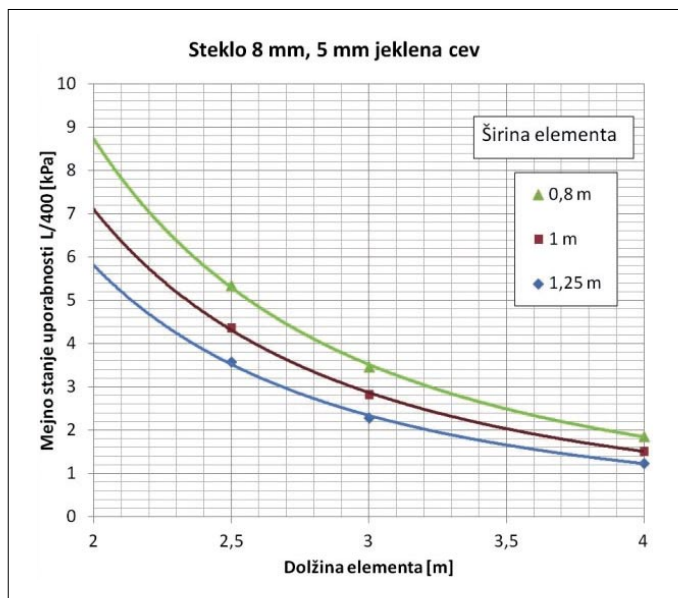
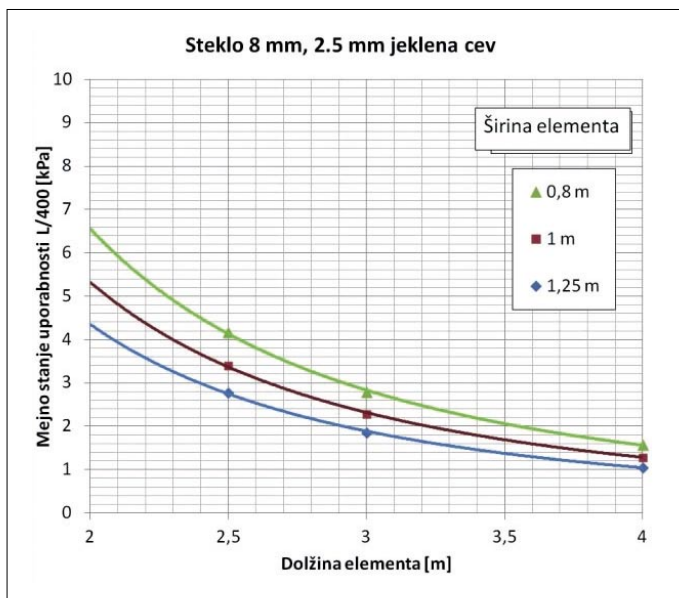
li tudi z dejanskimi meritvami povесov na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo (Beg, 2010b) ter dokazali ustreznost računskega modela za določanje MSU, ki od dejanskih meritev odstopa manj kot 5 %. Preverjeni računski model je bil potrjen in certificiran v Zavodu za gradbeništvo kot veljavno orodje za določevanje MSU za elemente Qbiss Air.

Z računskim modelom in preizkusi smo dokazali, da struktura elementa Qbiss Air zagotavlja primerno togost za panele do dolžine 4 m in širine 1,25 m, ne da bi bilo pri tem treba dodati še dodatno zunanjo ojačitev.

Za hitro določanje mejnih stanj uporabnosti smo izdelali tudi diagrame, ki popisujejo odvisnosti MSU od velikosti in sestave elementov Qbiss Air pri pomiku L/400 (slika 8).

3.3.5 Trajnost in življenjska doba elementa Qbiss Air

Vse močnejša ozaveščenost ljudi za okolje in obdobje recesije pritiska na ponudnike novih materialov, elementov in proizvodov, da bi bili ti cenovno ugodni, trajni in okolju prijazni. Pri načrtovanju elementa Qbiss Air smo uporabili materiale, ki okoljsko niso sporni in imajo že preverjeno dolgo življenjsko dobo. Vgrajeni materiali, ki jih lahko recikliramo, so steklo, mavčne plošče, aluminijaste folije, hibridni distančniki in polimeri. Manj primerna za ponovno uporabo so le lepila, ki predstavljajo manj kot 5 % teže elementa in jih je treba po razgradnji elementa primerno uničiti (sežgati). To pomeni, da so materiali, vgrajeni v element Qbiss Air, vsaj 95 % ponovno uporabljivi.



Slika 8 • Diagrami MSU za različne debeline in vrste stekla ter debeline jeklene cevi v odvisnosti od dolžine in širine elementov Qbiss Air

Materiali, ki so vgrajeni, imajo izredno dolgo življenjsko dobo. Kaljeno steklo ima minimalno 50 let življenjske dobe. Mavčna plošča je prav tako zelo vzdržljiv material, v kolikor ni izpostavljena pretirani vlagi. Aluminijaste folije so v izolacijskem jedru zavarovane pred vlago, ki povzroča belo korozijo. Pretežni del hibrid-

nega distančnika je narejen iz nerjavnega jekla, polimerna letev pa je iz vzdržljivega poliamida, ki vsebuje 40 % steklenih vlaken, ki prevzemajo notranje napetosti v materialu. Trajnost oziroma življenjsko dobo smo preverili tudi za lepila. Na izbranih lepilih za element Qbiss Air so bili opravljeni oziroma

še vedno potekajo pospešeni dolgotrajni trajnostni testi, ki nakazujejo na izredno dolgo življenjsko dobo materialov oziroma vsaj 25 let normalne uporabe. Nekaj realnih izkušenj lahko povzamemo le s področja izolacijskih stekel, ki imajo ob kvalitetni izdelavi tudi več kot 50-letno življenjsko dobo.

4 • SKLEP

Da bi dosegli visoko koristnost izdelka, smo se pri snovanju, kolikor je bilo mogoče, izogibali uporabi plastičnih materialov in kovin,

ki obremenjujejo rabo naravnih virov. Izdelek je v bistvu votel in s tem optimalen z vidika rabe mineralnih konstrukcijskih gradiv za dosega-

nje zelenih toplotnih, zvočnih, mehanskih, požarnih lastnosti in ugodja bivanja. Predlagana rešitev predstavlja skoraj matematični optimum. Menimo, da s tem izdelkom ponujamo učinkovito rešitev lahkega fasadnega ovoja za visoke stavbe 21. stoletja.

5 • LITERATURA

- Aspen Aerogels, INC, povzeto po: http://www.aerogel.si/1_aspen_aerogels.htm, 2009.
- Ayres, U. R., Warr, B., Useful work and information as drivers of growth, INSEAD Working papers, Francija, 2002.
- Baetens, R., Jelle, B., Gustavsen, A., Grynning, S., Gas-filled panels for building applications: A state-of-the-art review, Energy and Buildings 42, str. 1969–1975, 2010.
- Baetens, R., Jelle, B. P., Gustavsen, A., Aerogel Insulation for Building Applications: A state-of-the-art review, Energy and Buildings, št. 43, str. 761–769, 2011.
- Bayer AG, Double the Insulating Performance, Reduced Energy Consumption, Polyurethane Nanofoams for Thermal Insulation, povzeto po: <http://www.press.bayer.com/>, oktober 2010.
- Beg, D., Poročilo o pregledu Poročila o numerični analizi fasadnih panelov Trimo (Faza 5 in Faza 8) laboratorija za numerično modeliranje in simulacije v mehaniki UL FS, FGG, Ljubljana, oktober, 2010.
- Beg, D., Pavlovčič, L., Gorenc, B., Sinur, F., Poročilo eksperimentalnih preiskav: VITP-paneli Trimo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, maj, 2010.
- Cauberg, H., Tenpierik, M., Sound Reduction of Vacuum Insulation Based Sandwich Panels, A. Beck et al. (eds.), Proceedings of the 8th International Vacuum Insulation Symposium, ZAE-Bayern/UniWue, Würzburg, 18.–19. september, str. 1–8, 2007.
- Erb, M., Symons, W., Vacuum Insulation Panel Properties and Building Applications, Energy Conversation in Buildings & Community Systems Programme, ECBCS Annex 39, 2005.
- GFP Insulation, povzeto po: <http://www.gfpinsulation.com/>, 2007.
- Griffith, B., Arasteh, D., Türler, D., Gas-Filled Panels: An Update on Applications in the Building Thermal Envelope, Proceedings of the BETEC fall symposium »Superinsulations and the building envelope«, 14. november, Washington DC, 1995.
- Halilovič, M., Vrh, M., Štok, B., Določitev mejnih stanj uporabnosti in nosilnosti za VITP-panel, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, julij 2010.
- Halilovič, M., Vrh, M., Štok, B., Numerical Model of the Qbiss Air panel, Laboratorij za numerično modeliranje in simulacije v mehaniki (LNMS), Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, december 2011.
- Heller, O., Improved Window Pane, Patent GB141678A, 1920.
- Kistler, S. S., Coherent Expanded Aerogels and Jellies, Nature, št. 127, str. 741, 1931.
- Kruck, R. W., Cur, O. N., Heavy Gas-filled Multilayer Insulation Panels and Method of Manufacture Thereof, Patent US4959111, 1988.
- Medved, S., Gradbena fizika, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2010.
- Muhlenkamp, S. P., Johnson, S. E., In-Place Thermal Aging of Polyurethane Foam Roof Insulations, Proceedings of the 7th Conference on Roofing Technology, NBS/NRCA, str. 49–55, 1983.
- Mukhopadhyaya, P., Kumaran, M. K., Long-Term Thermal Resistance of Closed-Cell Foam Insulation, 3rd Global Insulation Conference and Exhibition, 16.–17. oktober, Barcelona, Španija, NBS/NRCA, str. 1–12, 2008.
- Munters, K., Heat Insulation, Patent US1969621A1, 1931.
- Strey, R., Sottmann, T., Schwan, M., Foamed Material and Method for the Production of said Foamed Material, Patent EP1576038, 2002.
- Tratnik, E., Prenehajte s tem hrupom!, Priručnik z osnovnimi informacijami in navodili. Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, povzeto po: <http://osha.europa.eu/fop/slovenia/sl/et2005/PDF/ET2005-hrup.pdf>, 2005.

V TEM TUNELU ŠE NI VIDETI IZHODA

Nedvomno vsi ugotavljamo, da je gradbeništvo tisti del gospodarstva, ki ga je kriza najbolj prizadela, in da ima prav gradbeništvo visok učinek na druge segmente gospodarstva. Že od leta 2009 opazimo ogromne indekse upada vrednosti gradbenih del, še bolj pa je skrb vzbujajoč upad čistega dobička oziroma se večina gradbenih podjetij v zadnjih letih bori z izgubami. Zaradi stečajev največjih gradbenih podjetij se je tudi število zaposlenih v gradbeništvu razpolovilo in je tako ogrožen socialni položaj v številnih družinah.

Zaradi odmevnih tajkunskih prevzemov in dolgotrajnih stečajnih postopkov je tudi javno mnenje pod vtisom, da vladajo v gradbenih podjetjih nezakonitosti do zaposlenih, neupoštevanje rokov izvedb, neplačila dobaviteljem ... Nesmiselno je, da se vsi državljani s tem ukvarjamo in nad tem zgražamo, saj je dolžnost države in pravosodnih organov, da s primerno zakonodajo in s pravočasnim ukrepanjem preprečijo ali vsaj ustavijo vse nezakonitosti.

Radi bi opozorili, da to ni pravilo in da se v marsikaterem gradbenem podjetju po vseh močeh

trudimo, da izpolnjujemo vse zakonske obveze pa tudi ohranimo moralna načela poslovanja. Kljub temu nam ni prihranjena nobena težava, s katero se v teh časih srečujemo v gradbeništvu.

Druga problematika se nanaša na postopke pri pridobivanju gradbenih dovoljenj. Že večkrat je bilo opozorjeno tudi ministrstvo in gradbinci pričakujemo, da bodo dane zaveze za poenostavitev postopkov čim prej realizirane.

Uspešnost gradbenih podjetij je odvisna tudi od prakse izbire izvajalcev na javnih razpisih v

gradbeništvu po najnižji ceni, kar so v drugih državah (na primer v Italiji) že davno ukinili. To namreč vodi v slabšo kvaliteto storitev, vgrajenih materialov, zamude pri rokih izvedbe ... Postopki revizije oddaje javnih naročil pa vodijo v zamude že pri začetku izbire izvajalcev in s tem pri začetku investicije. Posledično se gradbenim podjetjem to pozna pri likvidnostnih težavah in zamudah pri plačilih dobaviteljem in davčnih obveznostih.

Tu vidimo tudi nalogo Urada za varstvo konkurence, ki skrbi za to, da se v visokih ponudbenih cenah ne bi skrivale nezakonitosti, pri preizkušanih – dumpinških cenah pa ni varovalke, ki bi nerealne ponudbe izločila.

V nasprotju z našimi gradbinci, ki se v tujini srečujemo z velikimi birokratskimi, kulturnimi in zakonskimi ovirami, pa tuja podjetja sedanjo situacijo izkoriščajo za prodor na že tako oslabljen slovenski gradbeni trg.

Prav tako pričakujemo od države, da s primernimi ukrepi regulira obseg gradbenega trga, predvsem z odpravo kreditnega krča pri bankah za zasebne investicije in bolj enakomerno razporejenimi javnimi investicijami. Dogaja se nam, da je eno leto za ca. 800 mio. javnih razpisov, naslednje pa ne preseže 100 mio., tako da nam je vsakršno planiranje sredstev, mehanizacije, zaposlenih ipd. izredno oteženo.

Gradbena podjetja imamo vse večje probleme pri zagotavljanju likvidnih sredstev za poslovanje. Zaradi velike gospodarske krize in zaostrenih razmer v gradbeništvu se pri naročanju gradbenih materialov za našo dejavnost čedalje pogosteje srečujemo s pogojem za delno predplačilo, kar vpliva na večje potrebe po obratnem kapitalu. Pridobivanje avansov od investitorjev (od 10 do 30 %), s katerimi bi zagotavljali del prepotrebnih obratnih sredstev, pa na domačem trgu praviloma ni mogoče.

Zaradi vse pogostejših stečajev gradbincev in s tem povezanimi prekinitvami del na posameznih projektih se je tudi med investitorje naselil strah, koga izbrati, da bo lahko v roku dokončal prevzeta dela in ne bo vmes propadel.

Zato se že pojavljajo pri javnih razpisih tudi zahteve, da se mora ponudnik izvajalec na javnem razpisu izkazati tudi z izjavo banke, da ga bo kreditirala v primeru izbora. Zaradi časovnega zamika med oddajo ponudbe in končnim izborom ponudnika (kar lahko pomeni tudi do šest mesecev) je pridobitev navedene izjave oziroma sklepa banke zelo težko pridobiti. Pri bankah se glede na vsesplošno slabo situacijo v gradbeništvu in zaradi zaostrenih gospodarskih razmer v državi vedno bolj uveljavlja bojazen za izdajanje zavez za kreditiranje gradbeništvu v bližnji prihodnosti. Banke

brez zagotovitve dodatnih zavarovanj (kot da bi šlo za odobritev kredita že ob oddaji ponudbe) izjav za eventualno kreditiranje v primeru izbora ponudnika praviloma ne izdajajo.

Tudi odobravanje različnih premostitvenih kreditov gradbenim podjetjem za že sklenjene projekte banke pogojujejo z vse ostrejšimi ukrepi predvsem pri zavarovanjih (zavarovanje z realnim premoženjem, katerega ocenjena tržna vrednost večkratno presega znesek kredita), kar pa ob nižanju tržnih vrednosti in nelikvidnosti nepremičninskega trga gradbinci vse težje zagotavljamo.

Tudi zagotavljanje bančnih garancij za prevzeta in zaključena dela predstavlja vedno večji problem. Pridobitev ustrezne bančne garancije za izvajalca gradbenih storitev je problem, obenem pa je to tudi velik strošek. Ker je po Obligacijskem zakoniku določena odgovornost za gradnjo deset let od predaje gradnje naročniku, je v večini razpisnih pogojev pri javnih naročilih pogoj za sklenitev gradbene pogodbe tudi pridobitev najprej izjave banke o izdaji bančne garancije, kasneje pa bančna garancija za dobro izvedbo del in v končni fazi bančna garancija za odpravo napak v garancijski dobi za dobo deset let.

V preteklosti so banke za odobrene garancije običajno imele te zavarovane z menicami podjetja, zdaj so zahteve bank, da so tudi odobrene garancije in izjave o izdaji bančnih garancij pokrite z realnim zavarovanjem, to je običajno z vpisom hipotek na nepremičninah, saj denarnih sredstev, vezanih pri banki, za ta namen zaradi težke likvidnostne situacije ni več. Glede na to, da so zahteve razpisov, da so bančne garancije izdane v vrednosti do 10 % od predračunske vrednosti ponudbe oziroma sklenjene pogodbe, pomeni to za gradbinca v celotni dobi garantiranja (izvedba projekta in garancijska doba) strošek do 3 % celotne vrednosti gradbene pogodbe.

Poleg stroškovnega vidika pa predstavljajo izdane bančne garancije za gradbince še večji problem zato, ker jim za celotno dobo veljavnosti povečujejo izpostavljenost pri bankah. Garancije za banko predstavljajo enako izpostavljenost kot kredit, čeprav je to le potencialna izpostavljenost. Zaradi dolge dobe veljavnosti garancij (brez vmesnega zniževanja vrednosti) predstavlja kumulativa vseh odobrenih garancij v podjetju vse večji problem pri našem poslovanju zaradi navedenega povečevanja izpostavljenosti pri bankah. Tako poslovanje poleg vseh drugih problemov z likvidnimi finančnimi sredstvi vedno bolj veže sredstva podjetja v nepremičninah, saj mora podjetje z ustreznim fondom nepremičnin kriti izdane bančne garancije, brez možnosti pro-

daje, dokler se garancije ne sprostijo. Izdane garancije tako vse bolj postajajo pomemben parameter pri večanju zadolženosti podjetja do bank. Predvsem togost glede sproščanja garancij vse bolj bremeni poslovanje z bankami. Zaradi desetletne garancijske dobe dinamike zmanjševanja izpostavljenosti iz naslova garancij skoraj ni, izpostavljenost iz garancije se zmanjša šele po preteku garancije, v nasprotju npr. z ureditvijo pri kreditih. Glede na obseg del v zadnjih letih in s tem izdanih garancij, ki vežejo zastavljene nepremičnine, je vse več situacij, da se zdaj srečujemo s problemom pridobitve že same izjave banke za odobritev garancije zaradi velike izpostavljenosti do banke, oziroma je zdaj nemogoče pridobiti nove, v kolikor nimamo več možnosti ustreznega zavarovanja (običajno z zastavitvijo nepremičnine). Zlasti ta problem izstopa, če želimo konkurirati na razpisih večjih vrednosti, s tem pa postajamo nekonkurenčni v primerjavi z velikimi tujimi podjetji, ki imajo za sabo večji lastni kapital in tudi finančno spremljavo tujih bank, s katerimi poslujejo.

V zadnjem času pa se velika nelikvidnost pojavlja tudi pri proračunskih porabnikih sredstev, kar še dodatno povzroča večjo nelikvidnost poslovanja za tisti del investicij, ki se financirajo iz proračunskih sredstev. Vse navedeno skupaj z vse večjimi birokratskimi zahtevami pri izpeljavi celotnih postopkov, od priprave ponudbe do izbire izvajalca ter sklenitve pogodbe, povzroča, da je končna realizacija posameznih projektov časovno težko določljiva oziroma nepredvidljiva, kar onemogoča realno načrtovanje finančnih in materialnih resursov za uspešno poslovanje podjetja.

Ugotavljamo, da postajamo vse bolj nekonkurenčni, zlasti v primerjavi s tujimi ponudniki, saj so ti finančno in materialno močnejši, predvsem pa imajo za sabo ustrezno finančno spremljavo svojih finančnih institucij, kar jim omogoča, da kandidirajo predvsem na razpisih večjih vrednosti, s tem pa bolj obvladujejo trg. Posledično to za nas pomeni, da bomo v bližnji prihodnosti lahko nastopali le kot podizvajalci pri posameznih projektih.

Vse pristojne pozivamo k ureditvi zgoraj navedenih problematik, pa tudi k povečanju naložb v obnovljive vire, posodobitev in razvoj komunalne infrastrukture in energetske sanacije stavb. Predvsem pa si želimo, da bi pristojna ministrstva našim stanovskim organizacijam in združenjem prisluhnila in naše (tudi individualne) pobude upoštevala pri sprejemanju nujno potrebnih sprememb v zakonodaji.

**Jasna Godina, univ. dipl. ekon.
GODINA d.o.o. Hrpelec**

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Primož Šestan, Primerjava delovanja programskih orodij za izračun porabe energije v stavbah, mentor doc. dr. Živa Kristl, somentor asist. dr. Mitja Košir

Gašper Bregar, In-situ določanje vpliva vlage in propadanja materiala na mehanske lastnosti zidovine, mentor doc. dr. Vlatko Bosiljkov, somentor asist. Meta Kržan

Anja Berus, Slepi in slabovidni v prometu, mentor doc. dr. Tomaž Maher

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Ana Nuša Žnidar, Vpliv nekaterih dejavnikov na cene rabljenih stanovanj – študija primera v četrtini skupnosti Ljubljana – Vič, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Matija Brecelj, Analiza upogibno obremenjenih vzdolžno ojačenih polnostenskih nosilcev, mentor prof. dr. Darko Beg, somentor asist. dr. Franc Sinur

Luka Vidic, Primerjava tehničnih predpisov za potresno analizo rezervoarjev, mentor prof. dr. Darko Beg, somentor asist. dr. Franc Sinur

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Sebastjan Kuder, Primerjava anizotropnih materialnih modelov v računalniškem programu PLAXIS, Mentor izr. prof. dr. Janko Logar

DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Gorazd Novak, Hitrostno polje vodnega toka v območju bočnega preliva, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor doc. dr. Tom Bajcar

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Andrej Golob, Analiza časovnih parametrov hidrograma za izbrana področja, mentor doc. dr. Mojca Šraj, somentor prof. dr. Mitja Brilly

Urška Kocijančič, EU zakonodaja s področja odpadnih voda in medsebojna primerjava večjih mlekarn v Republiki Sloveniji, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor dr. Darko Drev

Maja Bečaj, Vzorčenje in analiza komunalnih odpadkov, mentor izr. prof. dr. Viktor Grilc

Miran Boštjančič, Obdelava stranskih proizvodov oljarske industrije v Slovenski Istri, mentor prof. dr. Boris Kompare, somentor asist. dr. Matej Uršič

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Peter Hribar, Prenova kamnite hiše, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor Aljoša Klobučar, univ. dipl. inž. grad.

Jernej Kreslin, Predstavitve in uporaba sodobnih opažnih sistemov, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj

Klemen Markota, Fasadni ovoj: uporaba naravnih okolju prijaznih materialov, mentor doc. dr. Vesna Žegarac Leskovar, somentor red. prof. dr. Miroslav Premrov

Leon Friš, Presoja možnih rešitev rekonstrukcije križišča na regionalni cesti R1 – 226/1256 Ravne – Dravograd (križišče Ravne kino), mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor doc. dr. Marko Renčelj

Sandy Ragolič, Protikorozijska in protipožarna zaščita jeklenih konstrukcij, mentor red. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Tomaž Žula

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jernea Brezovnik, Tehnologija izvedbe podzemne parkirne hiše Kongresni trg v Ljubljani, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentor doc. dr. Borut Macuh in Vukašin Ačanski, univ. dipl. inž. grad.

Marjeta Čič, Celotna toplotna prevodnost in delež toplotnih mostov ovoja stavbe izračunana s programskim paketom, mentor doc. dr. Marko Pinterič

Peter Fekonja, Uporaba programskih orodij pri projektiranju konstrukcijskih elementov Medgeneracijskega središča Koper, mentor doc. dr. Milan Kuhta

Jan Lukman, Presoja možnih rešitev rekonstrukcije križišča na Partizanski ulici v Slovenski Bistrici, mentor doc. dr. Marko Renčelj, somentorja izr. prof. dr. Matjaž Šraml in Sašo Turnšek, univ. dipl. inž. grad.

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

Borut Ribič, Primerjava okvirne in križno lepljene masivne panelne montažne lesene stanovanjske gradnje z vidika stroškov materiala, mentorja red. prof. dr. Miroslav Premrov – FG in doc. dr. Andreja Lutar Skerbinjek – EPF, somentor doc. dr. Vesna Žegarac Leskovar

INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA-SMER GRADBENIŠTVO – Bolonjski študijski program 1. stopnje

Študij je zaključil z diplomskim izpitom: **Tomaž Žnuderl**

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

KOLEDAR PRIREDITEV

16.-21.9.2012

IWA World Water Congress
Busan, Koreja
www.iwa2012busan.org

17.9.-21.9.2012

WEF 2012
Word Engineering Forum "Sustainable Construction for People" and the Annual WFEO Meeting
Hotel Union, Ljubljana, Slovenija
www.wef2012.si
wef2012.forum@gmail.com

19. in 21.9.2012

18th IABSE Congress
Innovative Infrastructure – Toward Human Urbanism
Seoul, Koreja
www.iabse2012.org

20. in 21.9.2012

3rd International Workshop
Design of Concrete Structures using Eurocodes
Dunaj, Avstrija
<http://workshop-EC2.conf.tuwien.ac.at>

19. in 20.10.2012

Geodetski dan: Geodezija pri upravljanju z vodami
Dolenjske Toplice, Slovenija
mojca.kosmatin-fras@fgg.uni-lj.si

24. in 25.10.2012

11. slovenski kongres o cestah in prometu
Portorož, Slovenija
www.drc.si

31.10.-3.11.2012

ASCE
6th Congress on Forensic Engineering
San Francisco, Kalifornija, ZDA
<http://content.asce.org/conferences/forensics2012/index.html>

7.-9.11.2012

International Symposium on Earthquake - induced Landslides
Kiryu, Japonska
<http://geotech.ce.gunma-u.ac.jp/~isel/index.html>

19.-20.11.2012

Fifth Australian small bridges conference
Surfers Paradise, Queensland, Avstralija
www.smallbridgesconference.com

22.-23.12.2012

ICESE 2012
International Conference on Earthquake and Structural Engineering
Bangkok, Tajska
www.waset.org/conferences/2012/bangkok/icese

22.-24.4.2013

FIB Symposium
Engineering a concrete future: technology, modelling & construction
Tel Aviv, Izrael
<http://www.fib2013tel-aviv.co.il/index.ehtml>

6.-8.5.2013

International IABSE Spring Conference
Assessment, Upgrading and Refurbishment of Infrastructures
Rotterdam, Nizozemska
www.iabse2013rotterdam.nl

24.-26.7.2013

ICSA 2013
2nd International Conference on Structures and Architecture
Guimares, Portugalska
www.icsa2013.arquitectura.uminho.pt

24.-27.9.2013

26th IABSE Symposium
Long Span Bridge and Roof Structures - Development, Design and Implementation
Kolkata, Indija
www.bridgeweb.com/MemberPages/Article.aspx?typeid=5&id=2443

2.-6.6.2014

3rd World Landslide Forum "Landslide risk mitigation: Constructing a safe geo-environment"
Peking, Kitajska
www.wlf3.org

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