

marec 2023

letnik 72

Gradbeni vestnik

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



58

TRADICIONALNI KAZALCI ZVOČNE
IZOLATIVNOSTI NE ODRAŽAJO V CELOTI
ZVOČNOIZOLACIJSKE UČINKOVITOSTI PREGRAD

Gradbeni vestnik

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS),
Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana,
telefon 01 52 40 200
v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (IZS MSG),**
ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
Dušan Jukič
IZS MSG: **mag. Gregor Ficko**
mag. Jernej Nučič
mag. Mojca Ravnar Turk
UL FGG: **doc. dr. Matija Gams**
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina, glavni in odgovorni urednik**
doc. dr. Milan Kuhta

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:
Romana Hudin

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:
Kočevski tisk

Naklada: 450 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina
za individualne naročnike znaša 25,50 EUR;
za študente in upokojene 10,50 EUR;
za družbe, ustanove in samostojne podjetnike
188,50 EUR za en izvod revije; za
naročnike iz tujine 88,00 EUR.
V ceni je všteti DDV.
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:

Dvig in premik kolesarske brvi
čez reko Savo v Medvodah,
foto: prostovoljci ESC in Medvode

Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in
Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, marec 2023, letnik 72, str. 57-76

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

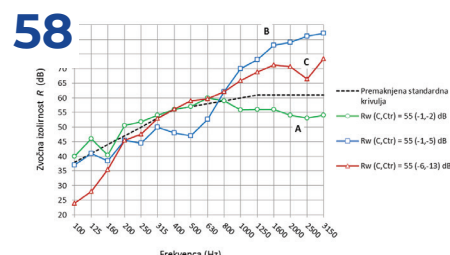
1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. 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 ali kratica ustanove, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: sebastjan.bratina@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

ČLANKI PAPERS

mag. Mihael Ramšak, univ. dipl. inž. grad.
**TRADICIONALNI KAZALCI ZVOČNE
IZOLATIVNOSTI NE ODRAŽAJO V CELOTI
ZVOČNOIZOLACIJSKE UČINKOVITOSTI PREGRAD
TRADITIONAL SOUND INSULATION
DESCRIPTORS DO NOT FULLY REFLECT THE
EFFICIENCY OF THE SOUND INSULATION
PERFORMANCE OF BARRIERS**



POROČILI S STROKOVNIH SREČANJ

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.
29. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH



GBC Slovenija
**KORAKI DO TRAJNOSTNE GRADNJE S
TOPLOTNIM OVOJEM STAVBE**



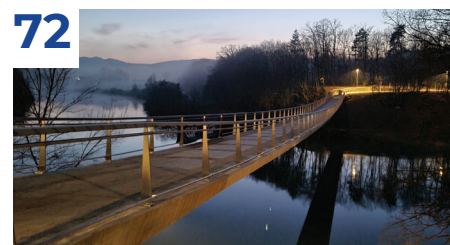
OBVESTILA DGIT

DGIT Novo mesto
**PROGRAM STROKOVNEGA POSVETA
»MOSTOVI POVEZUJEJO«**

71

FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

Ponting, d. o. o., Pipenbaher inženirji, d. o. o.
Danilo Malnar, CGP, d. d.
**GRADNJA MOSTU ZA PEŠCE IN
KOLESARJE V IRČI VASI**



NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

mag. Mihael Ramšak, univ. dipl. inž. grad.
mihael.ramsak@zag.si
Zavod za gradbeništvo Slovenije,
Dimičeva ulica 12, Ljubljana



Strokovni članek
UDK 534:628.517.2(078.7)

TRADICIONALNI KAZALCI ZVOČNE IZOLATIVNOSTI NE ODRAŽAJO V CELOTI ZVOČNOIZOLACIJSKE UČINKOVITOSTI PREGRAD

TRADITIONAL SOUND INSULATION DESCRIPTORS DO NOT FULLY REFLECT THE EFFICIENCY OF THE SOUND INSULATION PERFORMANCE OF BARRIERS

Povzetek

Tradicionalni način vrednotenja zvočne izolativnosti z enim številom sicer upošteva slabše zaznavanje zvoka nižjih frekvenc, ne upošteva pa spektra vira hrupa, pred katerim ga je treba izolirati. Zaradi tega so bile uvedene korekcije za spektralno prilagoditev, ki omogočajo oceniti, kakšna je dejanska zvočnoizolacijska učinkovitost pregrade za značilne vire hrupa. V prispevku je na konkretnih primerih predstavljena pomembnost vpliva frekvenčnega spektra zvočnih virov na velikost korekcij za spektralno prilagoditev ter s tem potreba, da se jih pri ocenjevanju zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad upošteva.

Ključne besede: kazalniki zvočne izolativnosti, korekcije za spektralno prilagoditev, zvočnoizolacijska učinkovitost

Summary

The traditional way of evaluating sound insulation with a single number takes into account the poorer sound perception of lower frequencies, but does not take into account the spectrum of the noise source from which we want to insulate. For this reason, spectrum adaptation terms have been introduced, which make it possible to estimate the efficiency of the sound insulation performance of barriers for typical noise sources. The paper presents some typical examples that show the importance of the spectrum adaptation terms for the evaluation of the sound insulation performance of barriers, taking into account the noise sources spectra.

Key words: sound insulation descriptors, spectrum adaptation terms, sound insulation efficiency

1 UVOD

Zvočna izolativnost materialov in konstrukcij je pri različnih frekvencah zvoka lahko različna. Pomembno je namreč, kako so materiali in konstrukcije mehansko vzbujeni, kako se na vzbujanje pri različnih frekvencah odzivajo ter kako zaradi tega sevajo zvok.

Poleg omenjenih fizikalnih vplivov je pri vrednotenju zvočne izolativnosti treba tudi upoštevati, da je človeško zaznavanje zvoka različnih frekvenc različno, in sicer nižje frekvence zvoka človek zaznava veliko manj kot višje frekvence. Nižja je frekvenca zvoka, manjša je občutljivost človeškega ušesa za tak zvok.

Za lažje vrednotenje, ocenjevanje in medsebojno primerjavo zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad je trenutno v uporabi standardni postopek izražanja z enim številom – kazalnikom zvočne izolativnosti ([SIST, 2021a], [SIST, 2021b]). Tradicionalni kazalniki zvočne izolativnosti ne vključujejo vpliva frekvenčnega spektra zvočnih virov na zvočnoizolacijsko učinkovitost pregrad, zato so bile kot dopolnitev vpeljane še korekcije za spektralno prilagoditev obstoječih kazalnikov zvočne izolativnosti ([SIST, 2021a], [SIST, 2021b]). Namen tega prispevka je na konkretnih primerih predstaviti vpliv frekvenčnega spektra zvočnih virov na velikost korekcij za spektralno prilagoditev ter s tem pokazati, kako pomembno jih je upoštevati pri ugotavljanju dejanske zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad.

2 IZOLATIVNOST PRED ZVOKOM V ZRAKU

Za vrednotenje izolativnosti ločilnih konstrukcij v stavbi pred zvokom v zraku se pri nas večinoma uporablja ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w , katere določitev temelji na vrednostih izolirnosti pred zvokom v zraku R , določenih v posameznih frekvenčnih pasovih ([RS MOP, 2012], [UL RS, 2012]). Vse nadaljnje razlage v prispevku pa se namesto na izolirnosti pred zvokom v zraku R seveda lahko nanašajo tudi na druge kazalnike, ki jih definira standard [SIST, 2021a], npr. na normirano razliko zvočnih ravni D_n , standardno razliko zvočnih ravni D_{nT} idr.

Izolirnost pred zvokom v zraku R je definirana z enačbo:

$$R = 10 \cdot \log \frac{P_{vpadla}}{P_{prepuščena}} \quad (\text{dB}), \quad (1)$$

kjer je:

- P_{vpadla} – na pregrado vpadla zvočna moč (W),
- $P_{prepuščena}$ – zvočna moč, prepuščena skozi pregrado (W).

Izolirnost pred zvokom v zraku iz enačbe (1) se lahko izrazi tudi z merljivimi vrednostmi ravni zvočnega tlaka [Hopkins, 2014]:

$$R = L_{vir} - L_{sprejem} + 10 \cdot \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{dB}), \quad (2)$$

kjer je:

- L_{vir} – povprečna raven zvočnega tlaka v prostoru z zvočnim virom (z referenčno vrednostjo 20 μPa),
- $L_{sprejem}$ – povprečna raven zvočnega tlaka v sprejemnem prostoru (dB),
- S – površina ločilne konstrukcije (m^2),
- A – ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora, s katero opredelimo vpliv prostornine in odmevnosti tega prostora (m^2).

Ekvivalentna absorpcijska površina A za odmevni prostor se določi z enačbo:

$$A = \frac{0,163 \cdot V}{T} \quad (\text{m}^2), \quad (3)$$

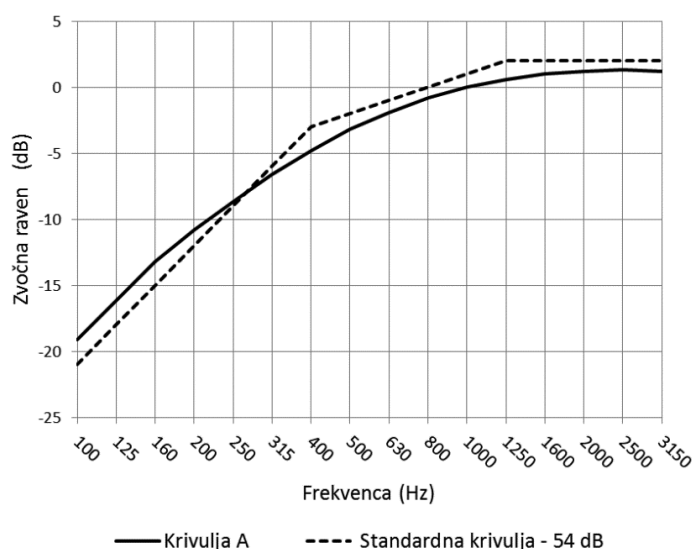
kjer je:

- V – prostornina varovanega prostora (m^3),
- T – odmevni čas v sprejemnem prostoru (s).

Odmevni čas v prostoru je po definiciji čas, ki je potreben, da raven zvočnega tlaka v prostoru po izključitvi zvočnika s šumom pade za 60 dB.

Zvočna izolirnost R je za različne frekvence zvoka lahko različna, kar pomeni, da jo je za ločilno pregrado treba poznati na celotnem merodajnem frekvenčnem območju. Izražanje zvočne izolirnosti po frekvenčnih pasovih pa je za opis zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade nerodno, zato se po standardnem postopku iz vrednosti R za zvok v zraku izvednoti enoštevilična vrednost R_w , imenovana ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku ali tudi ovrednotena zvočna izolirnost. Enoštevilična vrednost R_w je ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku, določena z meritvami v laboratorijskih pogojih. Če se določa v terenskih razmerah, se označi kot R'_w , s črtico.

Mero za določanje vrednosti R_w predstavlja referenčna standardna krivulja [SIST, 2021a]. Vrednosti standardne krivulje so pri nižjih frekvencah znatno manjše od vrednosti pri visokih frekvencah, v frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 100 Hz so npr. za 23 dB nižje kot v frekvenčnih pasovih nad 1250 Hz. Razlog je, kot že omenjeno, v različnem zaznavanju ravni zvoka različnih frekvenc. V splošnem, kot že omenjeno, znatno manj zaznavamo nizke frekvence zvoka kot višje frekvence zvoka, zato je pri nižjih frekvencah potrebna manjša zvočna izolirnost kot pri višjih frekvencah. Oblika standardne krivulje v grobem sledi frekvenčnemu uteženju ravni zvoka po t. i. krivulji A, ki raven zvoka s frekvenčnim uteženjem prilagodi človekovemu dejanskemu zaznavanju ravni zvoka. V grafu na sliki 1 je predstavljena primerjava vrednosti korekcijske krivulje A ter vrednosti korekcij, ki ustrezajo frekvenčnemu uteženju zvočne izolirnosti s standardno krivuljo [Weber, 1999].



Slika 1. Primerjava frekvenčnega uteženja po korekcijski krivulji A in vzporedno premaknjene standardne krivulje.

Omenimo še, da je različna občutljivost za zvoke različnih frekvenc sicer odvisna tudi od jakosti zvoka, vendar za ravni zvoka v bivalnih prostorih, ki so v okviru sprejemljivih oziroma predpisanih vrednosti, v splošnem zadostuje uteženje ravni zvoka po korekcijski krivulji A.

Ovrednoteno izolirnost pred zvokom v zraku se iz celoštevilčnih vrednosti zvočne izolirnosti v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih določi tako, da se standardna krivulja premika vzporedno po korakih 1 dB toliko časa, da je vsota negativnih odstopanj krivulje zvočne izolirnosti od premaknjene standardne krivulje manjša ali enaka 32 dB. Negativna odstopanja so pri tem tista odstopanja, pri katerih je zvočna izolirnost v posameznem frekvenčnem pasu nižja od vrednosti premaknjene standardne krivulje v tem frekvenčnem pasu. Ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w je vrednost premaknjene standardne krivulje pri 500 Hz.

3 KOREKCIJE ZA SPEKTRALNO PRILAGODITEV ZVOČNE IZOLIRNOSTI

Bistvena pomanjkljivost tradicionalnega načina določanja enoštevilične vrednosti zvočne izolacije z uteženjem s pomočjo standardne krivulje, ki je sicer v praktični uporabi že od šestdesetih let prejšnjega stoletja [Gösele, 1965], je v tem, da na tak način določena enoštevilična vrednost ne predstavlja razlike ravni zvoka na obeh straneh pregrade, ki jo dejansko zaznamo. Enoštevilična vrednost poleg vpliva lastnosti pregrade na aproksimativen način sicer vključuje tudi frekvenčno uteženje glede na zaznavanje visokih in nizkih frekvenc zvoka (standardna krivulja v grafu na sliki 1), ne vključuje pa vpliva spektra zvoka, ki ga emitira zvočni vir. Ali drugače povedano: dejanska zvočnoizolacijska učinkovitost pregrade z ovrednoteno zvočno izolirnostjo R_w je za različne zvočne vire lahko različna, kar pomeni, da s stališča subjektivnega dojetja zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade R_w ni najbolj primeren kazalnik za njeno celovito vrednotenje. Da bi pri ugotavljanju zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade vključili tudi vpliv spektra zvočnega vira, se uvede način opisovanja z ovrednoteno zvočno izolirnostjo R_j , ki se za tip spektra j na glasni strani pregrade določi z enačbo [Weber, 1999]:

$$R_j = 10 \cdot \log \left(\frac{\sum_i L_{j,i} \cdot 10^{\frac{L_{j,i}}{10}}}{\sum_i 10^{\frac{(L_{j,i}-R_i)}{10}}} \right) = L_j - L_{j,tiha} \quad (\text{dB}), \quad (4)$$

kjer je:

- j – indeks, ki določa tip spektra zvoka na glasni strani,
- L_j – skupna raven zvoka za tip spektra j na glasni strani (dB),
- $L_{j,tiha}$ – skupna raven zvoka za tip spektra j na tihi strani (dB),
- $L_{j,i}$ – raven zvoka na glasni strani za tip spektra j, v frekvenčnem pasu i (dB),
- R_i – zvočna izolirnost v frekvenčnem pasu i (dB).

Ovrednotena enoštevilična vrednost zvočne izolirnosti R_j v enačbi (4) predstavlja razliko ravni zvoka na obeh straneh pregrade. Ker nas s stališča zaznavanja zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade zanima predvsem, kakšna je razlika med zvokom, ki ga slišimo na eno strani pregrade, in zvokom, ki ga slišimo na drugi strani pregrade, utežimo ravni zvoka L_j in $L_{j,tiha}$ na obeh straneh pregrade po krivulji A. Iz enačbe (4) tudi vidimo, da za določanje R_j (oziroma $R_{A,j}$, če sta ravni zvoka na obeh straneh pregrade uteženi po krivulji A) ne potrebujemo več standardne krivulje.

Če spekter $L_{j,i}$ v enačbi (4) utežimo po krivulji A in normaliziramo, tako da je $10 \cdot \log(\sum_i 10^{\frac{L_{A,j,i}}{10}}) = 0$, dobimo:

$$R_{A,j} = -10 \cdot \log \left(\sum_i 10^{\frac{(L_{A,j,i}-R_i)}{10}} \right) \quad (\text{dB}), \quad (4a)$$

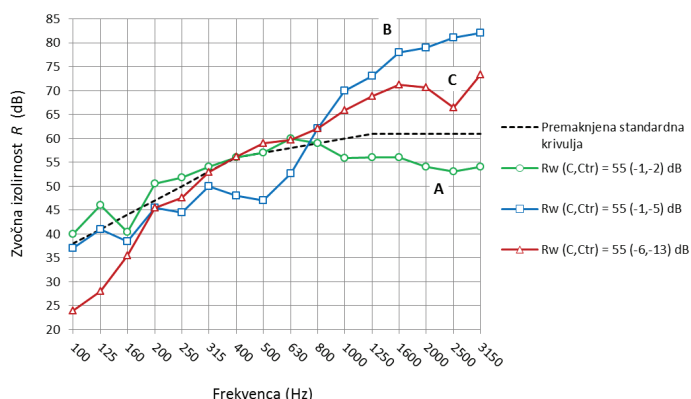
kjer je $L_{A,j,i}$ v enačbi (4a) v tem primeru po krivulji A uteženi normalizirani standardni spekter zvočnih ravni [SIST, 2021a]. Ta je za zdaj definiran le za dve skupini virov hrupa, in sicer za hrup prometa ter t. i. roza šum, ki naj bi v grobem predstavljal vse ostale vire hrupa, razen prometa [SIST, 2021a].

Povezava med obema ovrednotenima vrednostma izolirnosti pred zvokom v zraku $R_{A,j}$ in R_w je vzpostavljena preko korekcije za spektralno prilagoditev:

$$C_j = R_{A,j} - R_w \quad (\text{dB}). \quad (5)$$

Korekcija za spektralno prilagoditev C_j v enačbi (5) se za hrup prometa označi s C_{tr} , za ostale vire hrupa pa s C , brez indeksa.

V grafu na sliki 2 so predstavljene tri značilne krivulje zvočne izolirnosti, za katere je ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w sicer enaka, razlikujejo pa se korekcije za spektralno prilagoditev.



Slika 2. Primerjava krivulj zvočne izolirnosti, pripadajočih vrednosti ovrednotene zvočne izolirnosti ter korekcij za spektralno prilagoditev.

Krivulja A v grafu na sliki 2 je značilna za masivno steno z majhnimi odprtini, skozi katere je možen neposreden prenos zvoka, krivulja B je značilna za masivno steno, obloženo z izolacijsko oblogo z resonanco na frekvenčnem območju okoli 500 Hz, krivulja C pa je značilna za lahko montažno steno med stanovanji s sestavo, ki ima resonance na spodnjem delu merodajnega frekvenčnega območja.

Opazimo lahko, da so vrednosti korekcij za spektralno prilagoditev odvisne od tega, na katerem delu frekvenčnega območja je glede na trend naraščanja zvočne izolirnosti s frekvenco prisoten padec zvočne izolirnosti. Absolutno sta najmanjši korekciji C in C_{tr} v primeru krivulje A, kjer je padec zvočne izolirnosti prisoten pri višjih frekvencah zvoka. V primeru krivulje B, kjer je padec zvočne izolirnosti prisoten na sredini merodajnega frekvenčnega območja, je večja negativna vrednost korekcije le v primeru C_{tr} . V primeru krivulje C, kjer pa je padec zvočne izolirnosti prisoten pri spodnjih frekvencah merodajnega fre-

kvenčnega območja, sta večji negativni vrednosti obeh korekcij, C in C_{tr} .

Največja je razlika vrednosti ($R_w + C_{tr}$) med krivuljama A in C, ki znaša (53-42) = 11 dB. Čeprav je torej ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w krivulj A in C enaka (= 55 dB), znaša razlika med njima v zvočnoizolacijski učinkovitosti pred hrupom prometa 11 dB, kar je znatna razlika.

4 IZOLATIVNOST PRED UDARNIM ZVOKOM

Izolacijo prostora pod medetažno konstrukcijo pred udarnim zvokom opredelimo z ravno udarnega zvoka v tem prostoru, ki nastane pri vzburjanju medetažne konstrukcije nad tem prostorom s standardnim virom udarnega zvoka [SIST, 2021b]. Standardni vir udarnega zvoka je naprava, ki povzroča padanje standardno sestavljenih in oblikovanih cilindričnih kovinskih kladiv iz predpisane višine v predpisanem časovnem zaporedju na podno konstrukcijo (slika 3). Za ugotavljanje izolativnosti pred udarnim zvokom je bil standardni vir vpeljan predvsem zato, ker je z njegovo uporabo omogočena primerljivost ugotovljenih izolativnosti konstrukcij pred udarnim zvokom.



Slika 3. Standardni vir udarnega zvoka.

Iz izmerjenih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v terenskih razmerah določimo v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka z enačbo:

$$L'_n = L'_u + 10 \cdot \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \quad (\text{dB}), \quad (6)$$

kjer je:

- L'_u – izmerjena raven zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih (dB),
- A – ekvivalentna absorpcijska površina prostora pod medetažno konstrukcijo,
- A_0 – referenčna vrednost ekvivalentne absorpcijske površine = 10 m².

Iz celoštevilčnih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih se določi enoštevilično vrednost izolacije pred udarnim zvokom, imenovano ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki predstavlja vrednost po standardnem postopku premaknjene standardne krivulje pri 500 Hz [SIST, 2021b]. Določi se tako, da se standardna krivulja premika vzporedno po korakih 1 dB toliko časa, da je vsota negativnih odstopanj krivulje normiranih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka L'_n od premaknjene standardne krivulje manjša ali enaka 32 dB. Negativna odstopanja so v tem primeru tista odstopanja, pri katerih je v posameznem frekvenčnem pasu vrednost L'_n višja od vrednosti premaknjene standardne krivulje v tem frekvenčnem pasu.

Vrednost $L'_{n,w}$ je ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka, določena z meritvami v terenskih razmerah. V kolikor se določa v laboratorijskih pogojih, se označi kot $L'_{n,w}$ brez črtice.

5 KOREKCIJA ZA SPEKTRALNO PRILAGODITEV NORMIRANE RAVNI ZVOČNEGA TLAKA UDARNEGA ZVOKA

V praksi se je vrednotenje izolativnosti pred udarnim zvokom z ovrednoteno normirano ravno zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$ kot mero za oceno ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi hoje po konstrukciji izkazalo za dokaj primerno, niso pa pri tem dovolj upošteevane izstopajoče višje ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka pri nižjih frekvencah. Zaradi tega je bila v standardu [SIST, 2021b] vpeljana korekcija za spektralno prilagoditev C_l , katere namen je prilagoditi enoštevilično vrednost $L'_{n,w}$ na tak način, da bo v njej zajet tudi poudarjen vpliv višjih ravni udarnega zvoka pri nižjih frekvencah. Korekcija C_l je za terenske razmere definirana z naslednjo enačbo:

$$C_l = L'_{n,\text{sum}} - 15 - L'_{n,w} \quad (7)$$

$L'_{n,\text{sum}}$ je energijska vsota ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem območju med 100 Hz in 2,5 kHz:

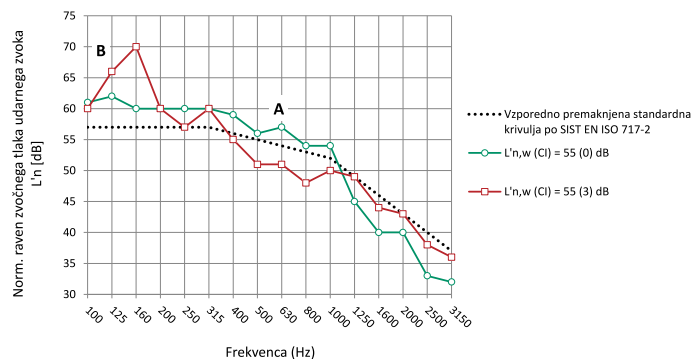
$$L'_{n,\text{sum}} = 10 \cdot \log\left(\sum_i 10^{0,1L'_{n,i}}\right) \quad (8)$$

$L'_{n,i}$ so ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na tem frekvenčnem območju.

V spektralno korigirani enoštevilični vrednosti ($L'_{n,w} + C_l$) je torej upoštevano, da je udarni zvok posledica vzburjanja konstrukcije s hojo po njej.

V grafu na sliki 4 sta predstavljeni normirani ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v terčnih frekvenčnih pasovih za dva primera konstrukcij z enako vrednostjo $L'_{n,w}$ in različnima vrednostma korekcije za spektralno prilagoditev C_l . Opazimo lahko, da znaša $C_l = 0$ dB v primeru, ko krivulja vrednosti L'_n

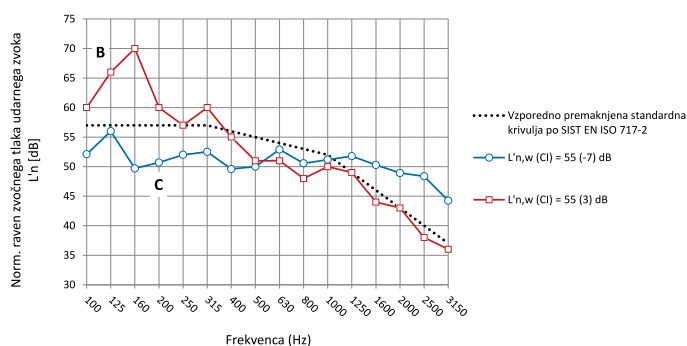
bolj ali manj sledi poteku referenčne krivulje, brez izrazitih odstopanj od nje (krivulja A), v primeru pa, ko je v spodnjem delu frekvenčnega območja bolj izrazito odstopanje vrednosti $L'_{n,w}$ od standardne krivulje, vrednost korekcije za spektralno prilagoditev v konkretnem primeru naraste na $C_1 = 3$ dB (krivulja B).



Slika 4. Primerjava krivulj normiranih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, pripadajočih vrednosti ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka ter korekcij za spektralno prilagoditev.

Frekvenčna odvisnost ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v primeru krivulje B v grafu na sliki 4 je značilna za solidno izveden plavajoči cementni estrih na armiranobetonski nosilni plošči, brez togih povezav cementnega estriha z ostalo konstrukcijo (zvočnih mostov). Zaradi »pretogega« elastičnega sloja pod cementnim estrihom se resonančna frekvenca nihajnega sistema »cementni estrih (masa) - elastični sloj pod estrihom (vzmet) - armiranobetonska plošča (masa)« v konkretnem primeru nahaja v frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 160 Hz, torej v merodajnem frekvenčnem območju. Pri resonančni frekvenci in na frekvenčnem območju okoli nje je zaradi tega normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$ največja, kar pomeni, da je izolativnost konstrukcije pred udarnim zvokom najmanjša. Na višino premaknjene standardne krivulje, določene na podlagi meritev s standardnim virom udarnega zvoka, vplivajo v tem primeru višje vrednosti normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka pri nižjih frekvencah. Ker je vzbujanje konstrukcije s hojo največje ravno pri nižjih frekvencah zvoka, to bistveno vpliva na zvočnoizolacijsko učinkovitost konstrukcije pri vzbujanju s hojo. Vrednost $L'_{n,w}$ določena na podlagi meritev s standardnim virom udarnega zvoka, v tem primeru ne odraža v celoti izolacijske sposobnosti konstrukcije pred hrupom zaradi hoje po njej, zato je potrebna spektralna korekcija. Spektralno prilagojena ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L'_{n,w} + C_1$) je v konkretnem primeru za 3 dB večja od $L'_{n,w}$, kar pomeni, da je dejanska zvočno izolacijska učinkovitost konstrukcije pred udarnim zvokom zaradi hoje za 3 dB manjša, kot jo pokaže meritev s standardnim virom udarnega zvoka.

Ravno obratno kot v opisanem primeru velja za frekvenčno odvisnost ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v prime-



Slika 5. Primerjava krivulj normiranih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka s slabšo izolativnostjo pri nizkih frekvencah ter s slabšo izolativnostjo pri visokih frekvencah, pripadajočih vrednosti ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka ter korekcij za spektralno prilagoditev.

ru krivulje C v grafu na sliki 5, ki je značilna za plavajoči cementni estrih na armiranobetonski nosilni plošči, kjer obstajajo togi stiki med plavajočim estrihom in masivnimi stenami.

Na višino premaknjene standardne krivulje v tem primeru vplivajo višje vrednosti normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka pri višjih frekvencah, ki so posledica omejenega togega stika plavajočega cementnega estriha z masivnimi stenami stavbe. Ker pa hoja po takšni konstrukciji močnejše vzbuja konstrukcijo pri nižjih frekvencah zvoka, slabša zvočna izolativnost konstrukcije pri višjih frekvencah v tem primeru ne vpliva bistveno na njeno zvočnoizolacijsko učinkovitost pri vzbujanju konstrukcije s hojo. Podobno kot v prejšnjem primeru je zato potrebna spektralna korekcija [SIST, 2021b]. Tako spektralno prilagojena ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L'_{n,w} + C_1$) je v konkretnem primeru za 7 dB manjša od $L'_{n,w}$, kar z drugimi besedami pomeni, da je zvočno izolacijska učinkovitost konstrukcije pred udarnim zvokom zaradi hoje za 7 dB večja, kot jo pokaže meritev s standardnim virom udarnega zvoka.

V obeh navedenih primerih je torej vrednost $L'_{n,w}$ sicer enaka, se pa zvočnoizolacijski učinkovitosti pri vzbujanju obeh konstrukcij s hojo razlikujeta za $(58-48) = 10$ dB, kar je seveda znatna razlika.

6 SKLEP

Vpliv frekvenčnega spektra zvočnih virov na velikost potrebnih korekcij za spektralno prilagoditev ter s tem na dejansko zvočnoizolacijsko učinkovitost pregrad je lahko znaten, kar pomeni, da jih je za celovito oceno dejanske zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad treba upoštevati. Zahteve obstoječih predpisov glede minimalne potrebne vrednosti kazalnikov zvočne izolativnosti v stavbah ([RS MOP, 2012], [UL RS, 2012]) sicer vključujejo korekcije za spektralno prilagoditev C_{tr} v primeru zvočne izolativnosti fasad, medtem ko pri zahtevah za zvočno izolativnost notranjih ločilnih konstrukcij korekcije za zdaj niso vključene.

O možni vpeljavi korekcij tudi v teh primerih bi veljalo razmisliti ob naslednjih spremembah in dopolnitvah Tehnične smernice.

Omeniti je tudi treba, da obstoječi kazalniki zvočne izolativnosti upoštevajo le zvok na frekvenčnem območju 100 Hz–3,15 kHz. Zaradi vse bolj razširjene uporabe lahkih konstrukcij, kjer se lahko za problematično izkaže tudi zvočna izolativnost na frekvenčnem območju pod 100 Hz, pa se kaže tudi vedno večja potreba po uvedbi spektralno prilagojenih kazalnikov zvočne izolativnosti na razširjenem frekvenčnem območju med 50 Hz in 5 kHz, kar pa je glede na težave z merilno negotovostjo meritev zvoka na območju nižjih frekvenc pod 100 Hz ter s tem povezanega vrednotenja in ocenjevanja zvočne izolativnosti pri nižjih frekvencah še vedno predmet strokovnih razprav in raziskav ([Rasmussen, 2019], [Scholl, 2011]).

7 VIRI

Gösele, K., Zur bewertung der Schalldämmung von Bauteilen nach Sollkurven, *Acta Acustica united with Acustica*, 15, 264-270, 1965.

Hopkins, C., *Sound Insulation*, 2nd ed., Routledge, London, New York, 2014.

Rasmussen, B., Machimbarrena, M., Developing of international acoustic classification scheme for dwellings - From chaos & challenges to compromises & consensus?, Zbornik 48. mednarodne konference *Internoise 2019: Noise control for a better environment*, Madrid, Junij 16-19, 2019.

RS MOP, Tehnična smernica TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, št. 35101-453/2011, 2012.

Scholl, W., Lang, J., Wittstock, V., Rating of sound insulation at present and in future. The revision of ISO 717, *Acta Acustica united with Acustica*, 97, 686-698, 2011.

SIST, SIST EN ISO 717-1 Akustika - vrednotenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku, 2021a.

SIST, SIST EN ISO 717-2 Akustika - vrednotenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom, 2021b.

UL RS, Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah, Uradni list RS št.10/12, Uradni list Republike Slovenije, 816-818, 2012.

Weber, L., Koch S., Anwendung von Spektrum-Anpassungswerten, Teil 1: Luftschalldämmung, *Bauphysiku*, 21, Heft 4, 167-170, 1999.

29. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH

IRMA – Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije je v sodelovanju z IZS organiziral 29. slovenski kolokvij o betonih z naslovom Kontraktorski beton za globoko temeljenje. Kolokvij je potekal 15. 12. 2022 virtualno preko spleta s 130 udeleženci. Pobuda za obravnavo naslovne tematike lanskega kolokvija izhaja predvsem iz najnovejših ugotovitev obsežnih raziskav kontraktorskega betona, ki so se izvajale v okviru projekta Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteri-

stik končnih mešanic kontraktorskega betona (KB) za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (DIAFRAGMA NSRAO). V osnovi je bil kolokvij razdeljen na dva tematska sklopa. V prvem se je obravnaval kontraktorski beton, ki se uporablja pri globokem temeljenju, v drugem delu pa so bili predstavljeni projekti, pri katerih se je uporabljajo globoko temeljenje. Podrobnejši potek kolokvija je razviden iz programa (slika 1).

29. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH	
KONTRAKTORSKI BETON ZA GLOBOKO TEMELJENJE TREMIE CONCRETE FOR DEEP FOUNDATION 29 th SLOVENIAN COLLOQUIUM ON CONCRETE	
PROGRAM	
9:00	Pozdravni govor / Welcome speech: mag. Črtomir Remec, Predsednik Inženirske zbornice Slovenije
9:20	Mag. Sandi Viršek, ARAO Projekt odlagališča nizko in srednje radioaktivnih odpadkov (NSRAO) v Sloveniji / Low and Intermediate Level Waste Disposal Project in Slovenia
10:00	Dr. Jakob Šušteršič, IRMA in Mag. Bojan Hertl, ARAO Predstavitve projekta Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (DIAFRAGMA NSRAO) / Presentation of the project Study on the production, workability and characteristics of the final mixes of tremie concrete for the diaphragm - primary lining of the silo of the LILW repository (LILW DIAPHRAGM)
10:40	Prof. Dr. Violeta Bokan Bosiljkov, UL FGG Osnovne značilnosti kontraktorskega betona / Basic characteristics of tremie concrete
11:10	Doc. Dr. Grega Trtnik in Dr. Andraž Hočevar, IGMAT, Rok Ercegovič in Sandi Drolc, IRMA Reološke meritve svežega kontraktorskega betona v okviru projekta DIAFRAGMA NSRAO / Rheological measurements of fresh tremie concrete in the framework of the LILW DIAPHRAGM project
11:50	Izr. Prof. Dr. Vojkan Jovičić, IRGO Globoko temeljenje mostu za pešce Millennium v Londonu / Deep Foundations of pedestrian Millennium Bridge, London
12:20	Odmor / Break time
12:50	Dr.h.c. Marjan Pipenbaher, Ponting Most Pelješac, Hrvaška - projektiranje in gradnja / Pelješac bridge, Croatia - Design and construction
13:50	Dr. Johannes Horvath, Lafarge Avstrijski standardi za diafragme in uvrstane pilote / Austrian standards for deep foundations like diaphragm walls and bored piles
14:20	V. Prof. Dr. Miloš Lazović, Doc. Dr. Marija Lazović Radovanović in Janko Radovanović, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu Primeri dubokog fundiranja u Srbiji / Examples of deep foundations in Serbia
14:50	Doc. Dr. Karmen Fifer, Maja Simon, Laura Vovčko, David Bogataj, Dr. Pavel Žvanut, Slavko Pandža, Rafael Kajzer, Mojca Škerl, Barbara Likar, Dr. Vilma Ducman, ZAG Zunanja kontrola kakovosti pri izvajanju globokega temeljenja / External quality control for deep foundation work
15:20	Andrej Unetič, HSE - Invest Zaščita gradbene jame na HE Krško z vodnjaki in vmesnimi stenami / Protection of a construction excavation at the HPP Krško with wells and intermediate walls
15:50	Zaključek kolokvija / Conclusion of the colloquium

Slika 1. Program predavanj v okviru 29. slovenskega kolokvija o betonih.

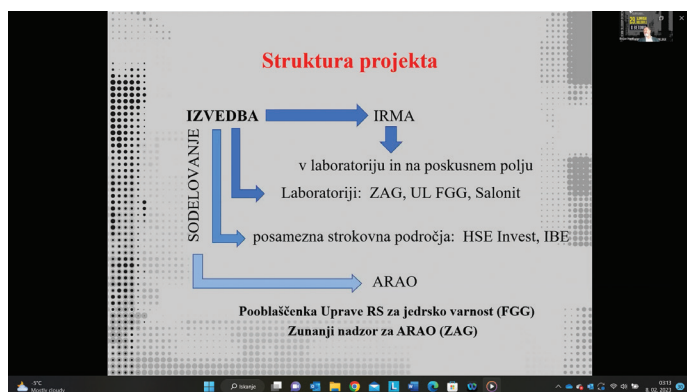
V uvodu kolokvija je mag. Črtomir Remec, predsednik IZS, podal pozdravni govor. Poudaril je pomen stalnega izobraževanja na celotnem področju gradbene stroke, pri čemer je izpostavil področje tehnologije betona kot povezovalni člen posameznih področij v inženirski praksi. Prav tako pa povezuje inženirsko prakso z arhitekturnimi zasnovami posameznih konstrukcijskih elementov in objektov.

V prvem predavanju je mag. Sandi Viršek, direktor ARAO in velik poznavalec varnostnih analiz odlagališč NSRAO, prikazal pregled stanja izgrajenih NSRAO v Evropi in Sloveniji. Poudaril je pomen izvedbe številnih raziskovalnih projektov v okviru projektiranja in pripravljanih del za izgradnjo odlagališča na Vrbini pri Krškem (slika 2). Pri izgradnji silosa odlagališča NSRAO je predstavil beton kot primarni material.



Slika 2. Posnetek zaslona s predavanja mag. Sandija Virška.

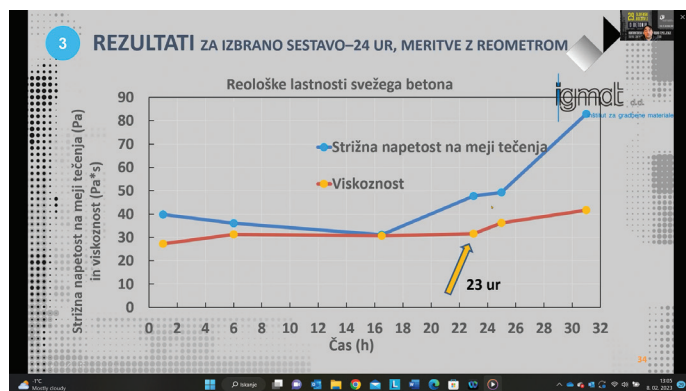
V drugem predavanju sta mag. Bojan Hertl, ARAO, in dr. Jakob Šušteršič, IRMA, predstavila projekt Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona (KB) za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (DIAFRAGMA NSRAO). Za izvedbo projekta je bilo pomembno dobro sodelovanje vseh sodelujočih laboratorijev in posameznikov (slika 3). Predvidena debelina diafragme oziroma primarne obloge silosa znaša 1,5 m, zato se kontraktorski beton, ki se bo vgradil v diafragmo, prišteva med masivne betone. Ti betoni imajo bistveno drugačne karakteristike, pogoje proizvodnje, vgradnje in nege v času strjevanja kot klasični



Slika 3. Posnetek zaslona s predavanja mag. Bojana Hertla in dr. Jakoba Šušteršiča.

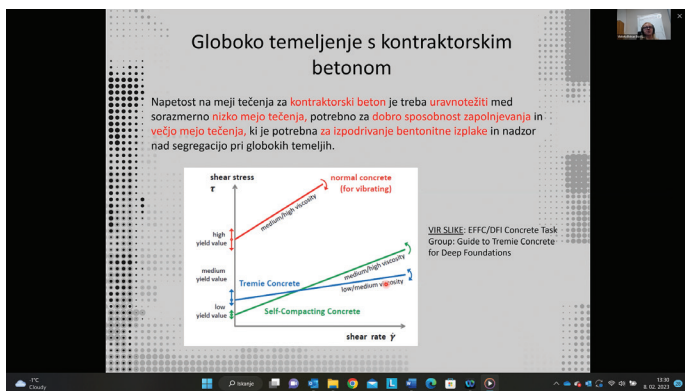
(normalni konstrukcijski) betoni. Obravnavani kontraktorski beton mora poleg običajnih kriterijev, ki veljajo za izgradnjo diafragme, izpolnjevati tudi dodatne kriterije, določene v projektu za izgradnjo silosa odlagališča NSRAO. Na predavanju so bili podani rezultati laboratorijskih preiskav strjenega kontraktorskega betona, izdelava poskusnega polja in rezultati preiskav na poskusnem polju.

Zaradi pomembnosti in obsežnosti preiskav svežega kontraktorskega betona so bili dobljeni rezultati obravnavani in podani v posebnem referatu z naslovom Reološke meritve svežega kontraktorskega betona v okviru projekta DIAFRAGMA NSRAO, ki ga je predstavil Rok Ercegovič, IRMA, pri pripravi referata pa so sodelovali še doc. dr. Grega Trtnik in dr. Andraž Hočevar, oba IGMAT, ter Sandi Drolc, IRMA. Konsistenca svežega kontraktorskega betona se je merila po dveh standardnih metodah, ki se uporabljata za meritve samozgoščevalnega betona: razlez s posedom in L-zabojnik. Vzporedno so se izvajale tudi meritve viskoznosti z reometrom (slika 4). Dobljena je relativno dobra korelacija med rezultati obeh meritev. Z zmernim zmanjševanjem razleza s posedom v odvisnosti od časa meritve se zmerno povečuje viskoznost svežega kontraktorskega betona. Dobljena je tudi relativno dobra korelacija rezultatov meritev začetka vezanja kontraktorskega betona, ki se je izvajala po standardni metodi s penetrometrom za beton in malto ter po metodi z ultrazvokom. Kljub temu se ocenjuje, da je meritev z ultrazvokom natančnejša metoda, s katero se določi tudi konec vezanja betona.



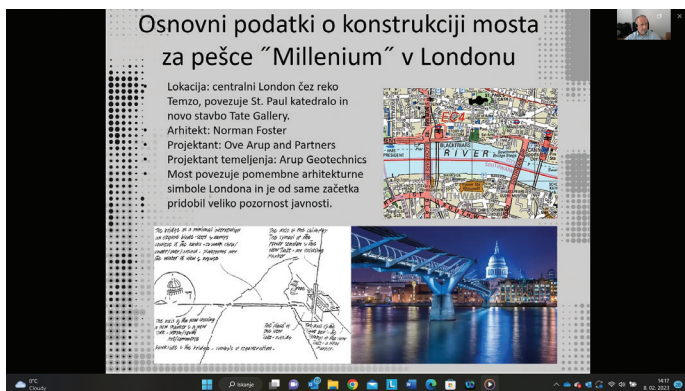
Slika 4. Posnetek zaslona s predavanja Roka Ercegoviča s soavtorji.

Prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, dekanica UL FGG, je podala referat z naslovom Osnovne značilnosti kontraktorskega betona. Najprej je podala zgodovinski pregled začetka in nadaljnega razvoja ter uporabe kontraktorskega betona. Sledil je pregled osnovnih lastnosti svežega kontraktorskega betona, ki so pomembne za dobro vgrajenost po celi globini diafragme ali pilota, pri čemer mora biti med vgrajevanjem sposoben popolno izriniti bentonitno izplako. Prikazala je razliko med kontraktorskim betonom in samozgoščevalnim betonom kakor tudi običajnim betonom, ki se zgoščuje z vibriranjem (slika 5). Podala je osnove za projektiranje sestave kontraktorskega betona, pri čemer je treba upoštevati kriterije, ki so nekoliko drugačni kot pri običajnih betonih. Ena od posebnih lastnosti, ki so značilne za kontraktorski beton, je izcejanje vode, za katero je na koncu predavanja predstavila metodo meritve.



Slika 5. Posnetek zaslona s predavanja prof. dr. Violete Bokan Bosiljkov.

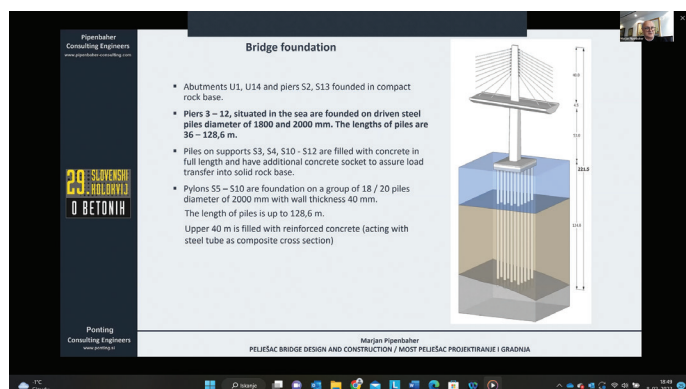
V zadnjem predavanju prvega dela kolokvija je izr. prof. dr. Vojkan Jovičič predstavil referat z naslovom Globoko temeljenje mostu za pešce Millennium v Londonu (slika 6). Pri projektiranju in modeliranju globokega temeljenja je sodeloval tudi avtor referata, s čimer je zelo nazorno predstavil bistvene vplivne parametre in uporabljene postopke projektiranja in modeliranja. Celotno predavanje je razdelil na dva dela. V prvem, uvodnem delu je podal osnovne značilnosti globokega temeljenja. V drugem, obširnejšem delu pa je obravnaval konkreten primer, ki ga je razdelil na tri glavna poglavja: osnovni podatki o konstrukciji mostu Millennium v Londonu, globoko temeljenje opornikov na pilotih in globoko temeljenje stebrov na vodnjakih.



Slika 6. Posnetek zaslona s predavanja izr. prof. dr. Vojkana Jovičiča.

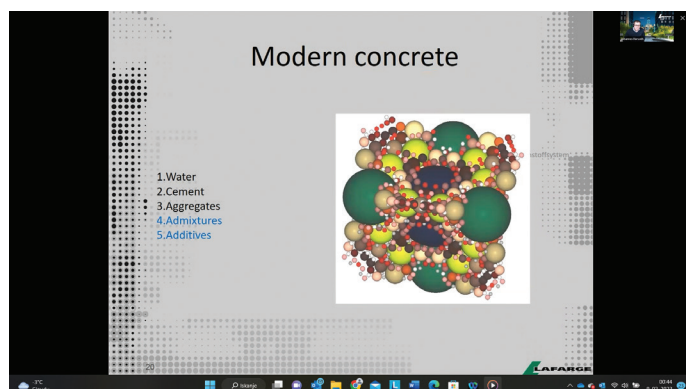
Drugi, popoldanski del kolokvija se je začel s predavanjem dr.h.c. Marjana Pipenbaherja, PONTING, glavnega projektanta mostu, ki povezuje polotok Pelješac s kopnim. V referatu z naslovom Most Pelješac, Hrvaška - projektiranje in gradnja je predstavil zasnovo projekta, potek projektiranja in aktivno sodelovanje ter sprotne reševanje detajlov pri izvedbi mostu. Poudaril je tri ključne parametre projekta: geomehanika (globoko temeljenje v morju; globina morja variira med 7 in 28 m) (slika 7), obremenitev vetra in potresa. Most s skupno dolžino med osmi opornikov 2404 m in celotno dolžino mostu 2440 m spada med pet največjih mostov v Evropi. Predstavil je naslednje izzive projektiranja: konstrukcijski pol-integralni

koncept mostu; arhitektura mostu – umirjena vključitev mostu v pokrajino zaliva Pelješac; tehnologija gradnje (gradnja na morju); varnost in stabilnost mostu v fazi gradnje in med obratovanjem; stroški gradnje in vzdrževanja; nosilnost pilotov, analiza zabijanja in ponovnega zabijanja pilotov, preskusi (učinki postavitve); zagotavljanje določene geometrije nadgradnje (projektiranje, nadzor in popravljanje odklonov med gradnjo); zagotavljanje trajnosti (podaljšana življenjska doba 130 let); načrtovanje sistema za opazovanje mostu; prometna varnost – projektiranje protivetrnih barier; zagotavljanje kakovosti proizvodnje in gradnje.



Slika 7. Posnetek zaslona s predavanja dr.h.c. Marjana Pipenbaherja.

V drugem, popoldanskem predavanju je dr. Johannes Horvath, LAFARGE Zementwerke GmbH – Dunaj, predstavil referat z naslovom Avstrijski standardi za diafragme in uvtane pilote. Prikazal je, kako v Avstriji uporabljajo te standarde pri projektiranju kontraktorskega betona za diafragme in uvtane pilote. Avstrijski standardi obravnavajo vidike projektiranja, vključno z reologijo betona, projektiranjem betonske mešanice, detajli armature, zaščitnim slojem betona in pravili dobre prakse za vgrajevanje betona. Poleg standardov je predstavil tudi smernice, ki se uporabljajo za projektiranje in proizvodnjo kontraktorskega betona za gradnjo diafragme in za uvtane pilote. Za projektiranje in uporabo kontraktorskega betona se uporabljajo tudi smernice za betone z visoko konsistenco. To so sodobni betoni, ki se uporabljajo tudi za gradnjo drugih konstrukcijskih elementov (slika 8).



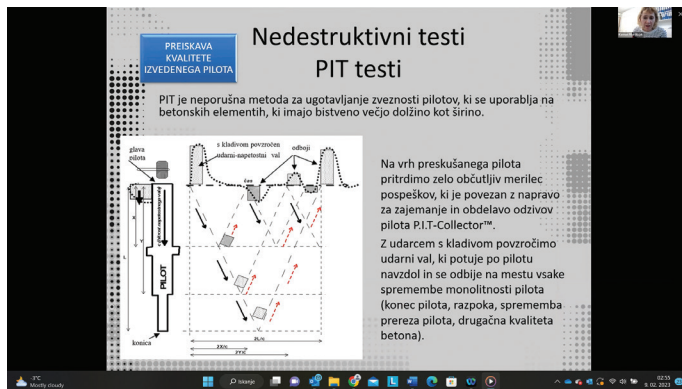
Slika 8. Posnetek zaslona s predavanja dr. Johannes Horvatha.

Prof. dr. Miloš Lazović je skupaj s soavtorjema, doc. dr. Marijo Lazović Radovanović in Jankom Radovanovićem, vsi z gradbene fakultete Univerze v Beogradu, predstavil referat z naslovom Primeri globokega temeljenja v Srbiji. V predavanju je prikazal več zgrajenih objektov v Srbiji s posebnim poudarkom na uporabi specifičnega betona za gradnjo obodnih sten. Pri vseh predstavljenih projektih so sodelovali pri projektiranju in grajenju. Eden izmed načinov izvedbe tovrstnih zaščitnih konstrukcij temeljnih jam je gradnja »top down« (slika 9). Bistveni element pri projektiranju in izvedbi temeljnih jam je zaščitna stena temeljne jame. Ta stena je, odvisno od geoloških razmer v zemljini, največkrat izvedena kot stena iz armiranobetonske diafragme ali kot zastor iz uvrtnih pilotov. Pri vsakem od predstavljenih projektov je obstajal specifičen problem, ki so ga reševali že v fazi projektiranja.



Slika 9. Posnetek zaslona s predavanja prof. dr. Miloša Lazovića s soavtorji.

Referat z naslovom Zunanja kontrola kakovosti pri izvajanju globokega temeljenja je predstavila doc. dr. Karmen Fifer Bizjak, ki ga je pripravila skupaj s sodelavci, specialisti z različnih področji dejavnosti Zavoda za gradbeništvo (ZAG): Maja Simon, Laura Vovčko, David Bogataj, dr. Pavel Žvanut, Slavko Pandža, Rafael Kajzer, Mojca Škerl, Barbara Likar, dr. Vilma Ducman. V referatu je predstavila sistem zunanje kontrole kakovosti (ZKK) za armiranobetonske (AB) uvrtnane pilote in za tehnologijo slopov Jet Grouting, ki se uporablja za izboljšanje temeljnih tal. Ker globoki temelji niso dostopni, se zelo težko nadzirajo njihova oblika, kvaliteta in globina vpetosti v ustrezno podlago, zato je pred in med izvedbo globokega temeljenja potrebna obsežna kontrola kvalitete vgradnje in vgrajenih materialov. Zunanja kontrola kakovosti slopov Jet Grouting se nekoliko razlikuje od uvrtnih pilotov ZKK. Pred pričetkom del se izvede testno polje, s čimer se preveri in po potrebi prilagodi projektirane parametre injektiranja (pritisek injekcijske mase, vodocementno razmerje, hitrost rotiranja drogova ...), da se dosežeta želeni (projektirani) premer ter nosilnost slopov Jet Grouting. Predstavila je tudi neporušne metode kontrole izvedbe pilotov, ki se delijo na dve skupini glede na mesto in način izvedbe meritve: PIT (Pile Integrity Testing) meritve zveznosti pilotov (slika 10) in CHA (Cross-hole Analyses).



Slika 10. Posnetek zaslona s predavanja doc. dr. Karmen Fifer Bizjak s soavtorji.

Zadnji referat kolokvija z naslovom Zaščita gradbene jame na HE Krško z vodnjaki in vmesnimi stenami je predstavil Andrej Unetič, HSE-Invest. Hidroelektrarna Krško je četrta hidroelektrarna v spodnjem toku reke Save in je bila to edina hidroelektrarna, grajena v dveh ločenih gradbenih jamah. Zaradi ozkega kanjona reke Save in obstoječih infrastrukturnih ureditev, železnice na levem bregu in glavne ceste na desnem bregu, je bila najprej formirana gradbena jama za prelivna polja, po zaključku gradbenih del in montaži hidromehanske opreme štirih prelivnih polj pa je bila izvedena še druga gradbena jama, ki je služila za gradnjo strojničnega dela hidroelektrarne. Poglavitni element zaščite obeh gradbenih jam je bila betonska vodnjaška stena – sestavljena iz vodnjakov in vmesnimi stenami – ki je predstavljala vodotesno bariero med reko Savo in posamezno gradbeno jamo ves čas gradnje (slika 11). Gre za začasno masivno betonsko konstrukcijo, ki se je izvajala po postopku kontraktorskega betoniranja. Po zaključku gradbenih del na objektu hidroelektrarne je bila stena v celoti porušena.



Slika 11. Posnetek zaslona s predavanja Andreja Unetiča.

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.



Slovensko združenje za trajnostno gradnjo

GBC Slovenija – KORAKI DO TRAJNOSTNE GRADNJE S TOPLOTNIM OVOJEM STAVBE

3. marec 2023, strokovno izobraževanje v prostorih JUB Akademije
JUB, Dol pri Ljubljani 28, Dol pri Ljubljani



V Ljubljani, 6. marca 2023: Slovensko združenje za trajnostno gradnjo GBC Slovenija je 3. marca v prostorih JUB Akademije v Dolu pri Ljubljani organiziralo strokovno srečanje, na katerem so izpostavili ključne vidike izvedbe toplotnega ovoja stavbe po merilih trajnostne gradnje, se posvetili vse bolj aktualnim izzivom pri razogličanju stavb in zaradi vse večjih potreb po proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov tudi kriterijem za vgradnjo sončnih elektrarn na strehe in fasade bivalnih, poslovnih in industrijskih objektov. Izobraževanja, ki je potekalo v nabito polni mavrični predavalnici, se je udeležilo kar 110

slušateljev s področja gradbeništva in urejanja prostora, med njimi projektanti in arhitekti iz vrst IZS in ZAPS, upravniki večstanovanjskih stavb ter drugi strokovnjaki, ki so upravljavsko, okoljsko ali ekonomsko vpeti v trajnostno gradnjo. Dogodek, ki ga je povezoval dr. Iztok Kamenski, predsednik UOGBCS Slovenija, sodelovali podjetja JUB, JUBHome, Wienerberger Slovenija, Knauf Insulation, F. Leskovec in URSA Slovenija, predavanji na temo sončnih elektrarn in aktualnih nepovratnih spodbud pa sta prispevala še predstavnika Agencije za prestrukturiranje energetike (ApE) ter Eko sklada.

Predavatelji so v ospredje postavili veliko odgovornost gradbenega sektorja za trajnostne izboljšave pri gradnji stavb, saj te porabijo skoraj polovico vse energije in surovin in so ključne za doseganje cilja zmanjšanja emisij toplogrednih plinov. Osredotočili so se na energijsko učinkovitost stavb in pomembnost vgradnje kakovostnih in certificiranih toplotnoizolacijskih sistemov, kjer imajo ključno vlogo uporabljeni gradbeni materiali. Ti morajo izpolnjevati vse zahteve trajnostne gradnje, vse od projektiranja do izvedbe, vključujoč celotni življenjski cikel stavb in vpetost v krožno gospodarstvo. Gradnja mora temeljiti na trajnostni rabi virov, ki omogočajo uporabo okoljsko sprejemljivih surovin in recikliranje gradbenih materialov.



Ovoj stavbe je zelo pomemben konstrukcijski element trajnostne gradnje, saj mora uporabnikom dajati varnost, udobnost ter trajnost v smislu funkcionalnosti in estetskih lastnosti, kar ima velik vpliv na življenjsko dobo in dodano vrednost objek-

ta. Predavatelji so predstavili tudi fasadne rešitve iz opečnih elementov in podrobnosti gradnje sodobnih hiš z ICF-sistemom, vključno s sistemom tesnjenja, pa tudi sodobne načine in možnosti izvedbe dekorativnih slojev na kontaktnih fasadah. Udeleženci so za vgradnjo fasadnih sistemov pridobili še ključne informacije o načinih sidranja vseh vrst izolacij ter se seznanili s prednostmi izolacijskih materialov iz kamene in steklene mineralne volne, EPS ter z novo generacijo izdelkov za izolacijo fasad in podzidkov. Na izobraževanju so pozornost posvetili še zakonodajnim vidikom trajnostne gradnje ter predpisanim tehničnim smernicam na področju požarne varnosti, predstavili pa tudi nove tehnične zahteve, ki jih pri izvedbi toplotne izolacije fasade od februarja dalje predpisuje Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 3) in jih za pridobitev subvencij predpisuje tudi Eko sklad.

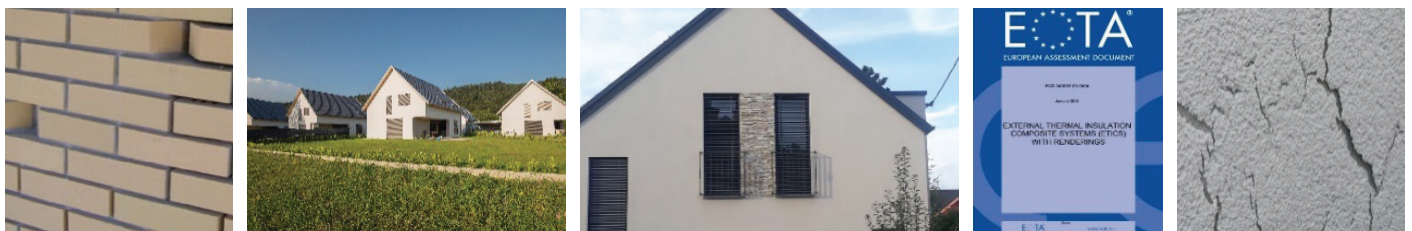
sistemi, ki morajo biti testirani v fasadnem sistemu. Za fasadne sisteme lahko proizvajalec pridobi tudi okoljsko deklaracijo proizvoda EPD, ki predstavlja enotno merljiv vpliv na okolje v življenjskem ciklu proizvoda.



ta. Predavatelji so udeležencem predstavili fasadne rešitve in karakteristike posameznih materialov ter prednosti trajnostnih izolacijskih materialov za kontaktne ETICS in prezračevane fasade. Posebej so omenili nujnost izvedbe zrakotesne izved-

Predstavniki Agencije za prestrukturiranje energetike (ApE) je udeležence med drugim seznanil z veljavno zakonodajo ter spremembo Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije iz leta 2022, lani decembra pa je bil sprejet tudi Pravilnik o tehničnih zahtevah za priključitev in obratovanje vtične proizvodne naprave na obnovljive vire energije (SE do 600 W). Prikazal je primere slabih in dobrih

Predstavniki Agencije za prestrukturiranje energetike (ApE) je udeležence med drugim seznanil z veljavno zakonodajo ter spremembo Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije iz leta 2022, lani decembra pa je bil sprejet tudi Pravilnik o tehničnih zahtevah za priključitev in obratovanje vtične proizvodne naprave na obnovljive vire energije (SE do 600 W). Prikazal je primere slabih in dobrih





praks pri umeščanju sončnih elektrarn na strehe in fasade ter izzive, ki v prihodnje čakajo arhitekta in projektanta pri snovanju njihove integracije na objekte. Predstavnik Eko sklada je v sklepnem delu izobraževanja predstavil še pogoje javnega razpisa za nepovratne finančne spodbude za sončne elektrarne za (individualno ali skupnostno) samooskrbo gospodinjstev ali malih poslovnih odjemalcev z električno energijo (z baterijskim hranilnikom ali brez). Upravičenci, ki so hkrati tudi odjemalci električne energije, morajo na Eko sklad oddati popolno vlogo z izpolnjenim obrazcem Vloga 104SUB-SO22 ter predpisane priloge, nepovratna finančna spodbuda pa se po izdani dokončni odločbi izplača predvidoma v 60 dneh.



Fotografije: arhiv GBC Slovenija



Več informacij: dr. Iztok Kamenski, predsednik UO GBC Slovenija, M: 041 716 845,
E: info@gbc-slovenia.si; W: www.gbc-slovenia.si



DGIT Novo mesto

STROKOVNI POSVET »MOSTOVI POVEZUJEJO«

21. april 2023, Hotel Šport na Otočcu

#			Vsebina	Predavatelj	Naslov predavanja
	08:00	08:10	Uvodni pozdrav	predsednik DGIT NM, predsednik PO	
P1	08:10	08:50	Projektiranje mostov	dr.h.c. Marjan Pipenbaher	Projekti 6 novih mostov preko reke Krke v Novem mestu
P2	08:50	09:15	Projektiranje mostov	Tomaž Weingerl	Projektiranje mostov s tehnologijo nateznih trakov
P3	09:15	09:40	Gradnja mostov	Danilo Malnar	Gradnja peš mostov Irča vas in Loka – Kandija v Novem mestu
P4	09:40	10:05	Gradnja mostov	Iztok Likar	Tehnologije gradnje rasponske konstrukcije mostu Irča vas
	10:05	10:35	Odmor za kavo in prigrizek		
P5	10:35	11:00	Upravljanje infrastrukture	dr. Matej Kušar	Upravljanje s premostitvenimi objekti v upravljanju DARS
P6	11:00	11:25	Nadzor na projektiranju	doc. dr. Bojan Čas, doc. dr. Peter Češarek	Revizija turistične brvi v Celju
P7	11:25	11:50	Prometne obremenitve	Martin Hauptman	Vpliv preobremenjenih tovornih vozil na infrastrukturo
P8	11:50	12:30	Mostovi, dediščina	Gorazd Humar	Mostovi na Slovenskem
	12:30	13:00	Zbor članov		
	13:00		Kosilo za vse udeležence		

Več informacij o prijavi na dogodek na voljo na <https://www.dgitsm.si/>

FOTOREPORTAŽA GRADNJA MOSTU ZA PEŠCE IN KOLESARJE V IRČI VASI



Slika 1. Povezana oba bregova reke Krke, februar 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).

Lokacija: Irča vas, Novo mesto

Investitor: Mestna občina Novo mesto

Avtorji zasnove mostu: Dr.h.c. Marjan Pipenbaher, udig, Tomaž Weingerl, udig, Blaž Budja, udia

Projektant: JV Ponting, d. o. o., in Pipenbaher inženirji, d. o. o.

Inženir: Projekt, d. d., Nova Gorica

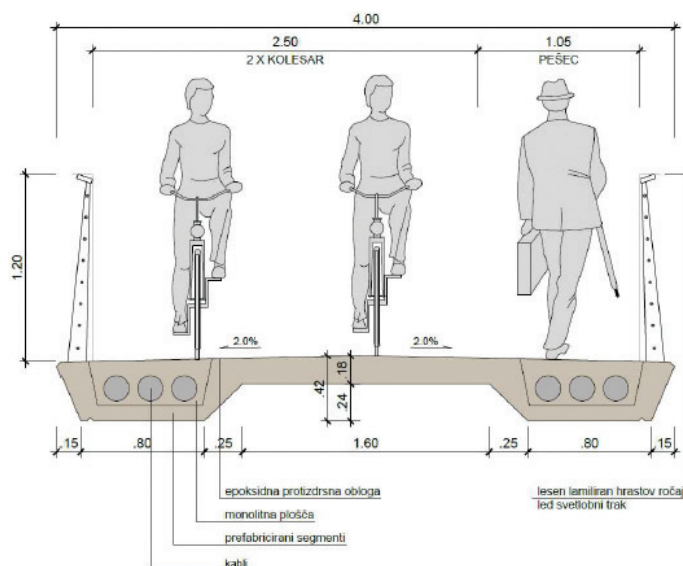
Izvajalec: JV CGP, d. d., in Freyssinet Adria, d. o. o.

Vrednost del: 2,11 mio. EUR brez DDV (objekt sofinancira Evropski kohezijski sklad)

Brv za pešce in kolesarje čez Krko pri Irči vasi je zasnovana po tehnologiji nateznih trakov (Stress Ribbon Bridge). Le 42 centimetrov debela in 4 metre široka konstrukcija z razponom 130 m je na obeh bregovih zasidrana v betonska bloka, ki sta globoko temeljena na vodnjakih in zasidrana s trajnimi geotehničnimi sidri v kompaktno skalnato osnovo. Most je brez podpor v strugi in v enem razponu dolžine 130 metrov premošča reko Krko. Najnižja točka mosta je približno štiri metre nad gladino stoletnih voda oz. bo ob normalnem vodostaju približno 11 metrov nad gladino reke.

Izbrana zasnova mostu kot natezni trak je ena izmed najsodobnejših tipov konstrukcijskih zasnov mostov. Zelo tanka betonska konstrukcija, sestavljena iz 46 prefabriciranih armiranobetonskih elementov, je položena na jeklene kabelske vrvi, ki potekajo v obliki verižnice. S prednapenjanjem s kablji znotraj betonskega preseka pohodna konstrukcija dobi bistveno večjo togost in je manj občutljiva za dinamične obtežbe.

Betonski prefabricirani elementi so širine 4,0 m in dolžine 2,4 m. Debelina elementov se v prečni smeri spreminja od 42 cm na robu do 17 cm v srednjem delu. Na pohodni površini mostu je predvidena epoksidna poliuretanska prevleka.



Slika 2. Karakteristični prečni prerez brvi Irča vasi.



Slika 3. Pripravljen betonski segment iz delavnice, november 2021 (foto: Danilo Malnar).

Gradnjo konstrukcije lahko razvrstimo v naslednje gradbene faze:

- izvedba podporne konstrukcije (vodnjaki elipsastega prečnega prereza in betonski oporniki);
- napenjanje geotehničnih sider 1. faze,
- napenjanje kablov 1. faze,
- napenjanje geotehničnih sider 2. faze,
- polaganje prefabriciranih betonskih elementov na napete kable,
- povezava segmentov z izvedbo monolitne plošče,
- napenjanje kablov 2. faze (zagotovitev togosti in stabilnosti konstrukcije),
- finalna faza (montaža ograje, razsvetljava).



Slika 4 do 6. Izkop in vgradnja armature v vodnjak 1, marec-april 2022 (foto: Danilo Malnar).



Slika 7. Vgradnja zaščitnih cevi za geotehnična sidra na vodnjaku 1, april 2022 (foto: Danilo Malnar).



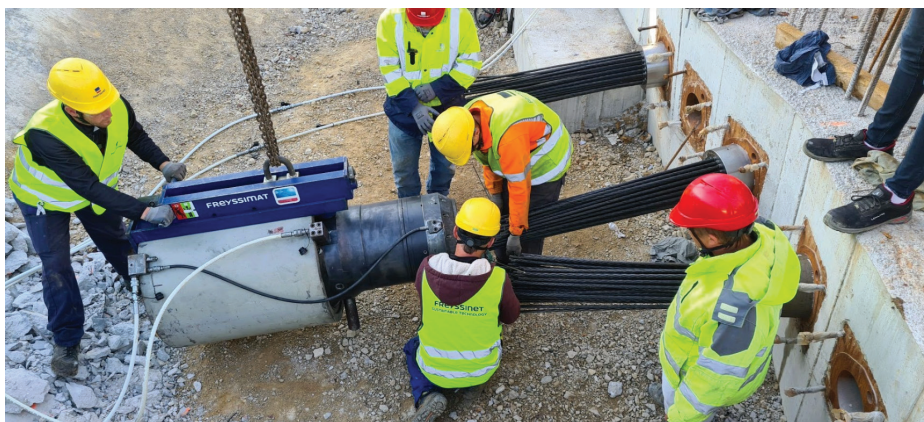
Slika 8. Zabetonirana začetna faza opornika, maj 2022 (foto: Danilo Malnar).



Slika 9. Vgradnja prve zaščitne cevi kablov prekladne konstrukcije, september 2022 (foto: Danilo Malnar).



Slika 10. Pripravljene 4 zaščitne cevi z vgrajenimi kabli za napenjanje, oktober 2022 (foto: Danilo Malnar).



Slika 11. Montaža napenjalke za napenjanje kablov 1.faze, oktober 2022 (foto: Danilo Malnar).



Slika 12 in 13. Vgradnja predizdelanih betonskih segmentov, oktober 2022 (foto: Ponting, d. o. o.).



Slika 14. Vgradnja prefabriciranih betonskih segmentov, oktober 2022 (foto: Ponting, d. o. o.).



Slika 15. Voziščna konstrukcija po zabetoniranju prečnih in vzdolžnih reber, ki povežejo konstrukcijo v monolitno celoto (foto: Pipenbaher inženirji, d. o. o.).

Obremenilna preizkušnja se je izvedla s kontinuirano obremenitvijo preko celotnega mostu v skupni masi 70,4 tone. Most se je obremenil še z dvema asimetričnima obremenitvama s polovico mase vozil. Na mostu so se izvedle tudi dinamične obremenitve. Obremenilna preizkušnja se je izvajala pod vodstvom red. prof. dr. Andreja Štruklja iz UM FGPA in v sodelovanju s kolegi iz ZAG-a.



Slika 16. Obremenilna preizkušnja, marec 2023 (foto: Pipenbaher inženirji, d. o. o.).

Odprtje mostu je predvideno v aprilu. Do takrat je treba še dokončati montažo ograje, priključiti razsvetljavo ter izvesti oblogo pohodne površine.



Slika 17. Pogled na most z razponom 130 m, marec 2023 (foto: Pipenbaher inženirji, d. o. o.).

Avtorji: Ponting, d. o. o., Pipenbaher inženirji, d. o. o., Danilo Malnar, CGP, d. d.

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Mateja Zobarič, Dokazovanje učinkovitosti požarnih zaščit armiranobetonskih konstrukcij, mentorica doc. dr. Jerneja Češarek Kolšek, somentor doc. dr. Peter Češarek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=144618>

Dušan Kašič, Analiza stroškov in koristi posameznih ukrepov pri projektiranju nizkoenergijske enodružinske hiše, mentor doc. dr. Jure Kokalj, somentor doc. dr. Luka Pajek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=144503>

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Tim Poglajen, Dimenzioniranje gladkih armiranobetonskih plošč na stebrih, mentor doc. dr. Jože Lopatič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=144617>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije, Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

Žiga Poltrini, Potresna analiza in načrtovanje utrditvenih ukrepov za objekt kulturne dediščine ob upoštevanju zahtev druge generacije Evrokodov, mentor prof. dr. Vlatko Bosiljkov;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=144504>

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

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

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Žiga Štrajhar, Odstopanja gradbenih in obrtniških del glede na gradbene tolerance, mentorica izr. prof. dr. Nataša Šuman;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=83799&lang=eng>

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

Univerza v Ljubljani



UNESCO Chair on Water-related
Disaster Risk Reduction
University of Ljubljana, Slovenia



Katedra za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah
je zaenkrat edina UNESCO katedra na Univerzi v Ljubljani, ki izobražuje in raziskuje na področjih naravoslovne in inženirske hidrologije in reševanja z njo povezanih izzivov 21. stoletja - stoletja voda. Obenem deluje v smeri razumevanja in uresničevanja vzdržnega razvoja doma in po svetu.



www.unesco-floods.eu/si/

4.-6.4.2023

**S.ARCH BERLIN – 10th International Conference on
Architecture and Built Environment**

Berlin, Nemčija
www.s-arch.net/s-arch-berlin

21.4.2023

**DGIT Novo mesto – Strokovni posvet
“Mostovi povezujejo”**

Otočec, Slovenija
www.dgitnm.si

22.-23.5.2023

**SMARTINCS'23 - Conference on Self-Healing,
Multifunctional and Advanced Repair
Technologies in Cementitious Systems**

Gent, Belgija
<https://smartincs.ugent.be/index.php/conference>

24.-25.5.2023

Dan ZBS 2023 – 20 let združenja

Lipica, Slovenija
www.zabeton.si

24.-26.5.2023

**ICSCER 2023 - 7th International Conference on
Structure and Civil Engineering Research**

Madrid, Španija
www.icscer.org/

29.-31.5.2023

**15th International Conference
Underground Construction Prague 2023**

Praga, Češka
www.ucprague.com/

7.-9.6.2023

**17DECGE – 17th Danube - European Conference on
Geotechnical Engineering**

Bukarešta, Romunija
<https://17decge.ro/>

25.-28.6.2023

**9ICEG - 9th International Congress on
Environmental Geotechnics**

Hania, Kreta, Grčija
www.iceg2022.org

26.-28.6.2023

**NUMGE 2023 - 10th European Conference on
Numerical Methods in Geotechnical Engineering**

London, Anglija
www.imperial.ac.uk/numerical-methods-in-geotechnical-engineering/

20.-23.8.2023

**INTER-NOISE 2023 — 52nd International Congress and
Exposition on Noise Control Engineering**

Čiba, Japonska
<https://internoise2023.org>

3.-6.9.2023

**IS-PORTO 2023 - 8th International Symposium on
Deformation Characteristics of Geomaterials**

Porto, Portugalska
<https://web.fe.up.pt/~is-porto2023/>

17.-20.9.2023

**17th International Congress on
Polymers in Concrete ICPC2023**

Varšava, Poljska
<https://icpic23.org/>

17.-21.9.2023

**12ICG - 12th International Conference on
Geosynthetics**

Rim, Italija
www.12icg-roma.org

18.-20.9.2023

**FRC 2023 - 4th ACI-fib-RILEM Workshop on Fiber
Reinforced Concrete: From Design to Structural
Applications**

Tempe, Arizona, ZDA
<https://faculty.engineering.asu.edu/frc2023>

18.-22.9.2023

**ICCC 2023 — 16th International Congress on
the Chemistry of Cement 2023**

Bangkok, Tajska
www.iccc2023.org

21.-23.9.2023

**ICCUE 2023 - 10th International Conference on
Civil and Urban Engineering**

Rim, Italija
www.iccue.org/

22.-24.9.2023

**ICCPM 2023 — The 14th International Conference on
Construction and Project Management**

Peking, Kitajska
www.iccpm.org/

28.-30.9.2023

**11th International Conference on
Auditorium Acoustics 2023**

Atene, Grčija
<https://auditorium2023.org/>

14.-17.11.2023

WLF6 - 6th World Landslide Forum

Firenca, Italija
<https://wlf6.org/>

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