

33. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH

IRMA – Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije je v sodelovanju z IZS organiziral 33. slovenski kolokvij o betonih z naslovom: »Samozgoščevalni beton«. Kolokvij s 111 udeleženci je potekal 28. maja 2026 v dvorani Plečnik 4-5, Four Points by Sheraton Ljubljana Mons.

Obpravnavane so bile naslednje teme: Prenos tehnologije samozgoščevalnih betonov v slovensko gradbeno prakso – izkušnje FGG UL; Izkušnje in omejitve pri uporabi SCC; Visokozmo-

gljivi samozgoščevalni cementni kompoziti z notranjo nego na osnovi SAP: projektiranje in aplikacije; Možnost uporabe različnih materialov v SCC-betonih; Izkušnje pri uporabi samozgoščevalnega betona na Hrvaškem; Podvodna sanacija in ojačitev stolpa za zajem globoke vode z uporabo tesnilnih obročev iz SCC in injektiranjem poliuretana; Uporaba SCC za izdelavo vidnih betonov; Vpliv malih sprememb v sestavi SCC na njegovo obdelovalnost. Podrobnejši potek kolokvija je razviden iz programa (Slika 1).



Slika 1. Program predavanj v okviru 33. slovenskega kolokvija o betonih

Članki vseh predavanj so podani v Zborniku gradiv in referatov (CIP – Kataložni zapis o publikaciji, Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana, 666.972(082); ISBN 978-961-96649-2-6; COBISS.SI-ID 277240323).

Predsednik IZS mag. Črtomir Remec (Slika 2) je v pozdravnem govoru poudaril pomen vsakoletnih kolokvijev o betonih, ki predstavljajo primerno dopolnilo programov izobraževanja IZS za gradbene inženirje. Odkrite diskusije o problemih, ki nastajajo pri aplikaciji novih in tudi že vpeljanih postopkov v praksi vodijo k povečanju kakovosti in učinkovitosti grajenja.



Slika 2. Pozdravni govor predsednika IZS mag. Črtomirja Remca

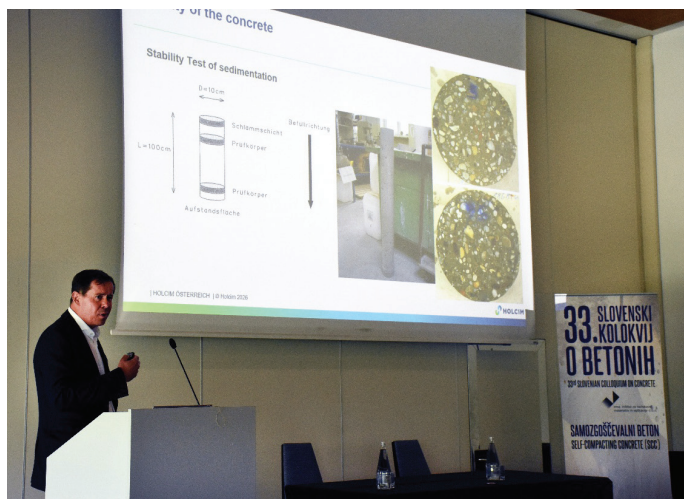
Prvo predavanje z naslovom Prenos tehnologije samozgoščevalnih betonov v slovensko gradbeno prakso: izkušnje FGG UL je podala dekanja FGG UL prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov (Slika 3). Povzetek njenega predavanja: Samozgoščevalni beton (SCC) predstavlja pomemben razvojni korak v tehnologiji betona, saj omogoča vgradnjo brez mehanskega vibriranja ter zagotavlja izboljšano homogenost, kakovost površine in trajnost konstrukcij. V članku predstavljamo pregled raziskav in razvoja betonov SCC na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (FGG UL), ki potekajo od leta 1999. Raziskave so se začele v okviru razvojno-raziskovalnih projektov za DARS in so bile usmerjene v razvoj ekonomičnih betonov SCC iz lokalnih materialov, predvsem drobljenih apnenčevih agregatov in apnenčeve moke. V nadaljevanju so bile raziskave razširjene na področje obstojnosti betonov SCC, vpliva vrste agregata in kemijskih dodatkov ter razvoja lahkoagregatnih samozgoščevalnih betonov (LSCC). Predstavljene raziskave potrjujejo uspešen prenos tehnologije SCC iz laboratorijskega okolja v gradbeno prakso ter poudarjajo njen prihodnji potencial pri avtomatizaciji in robotizaciji gradbenih procesov.

Drugo predavanje z naslovom Izkušnje in omejitve pri uporabi SCC je podal dr. Johannes Horvath (HOLCIM Zementwerke GmbH – Vienna, Austria) (Slika 4). Povzetek njegovega predavanja: Samozgoščevalni beton (SCC) ponuja očitne prednosti pri izvedbi in kakovosti tam, kjer je običajno zgoščevanje težavno, zlasti pri prefabriciranih elementih, arhitekturno izpostavljenih površinah in močno armiranih konstrukcijskih elementih.



Slika 3. Prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, dekanja FGG UL, je podala prvo predavanje z naslovom Prenos tehnologije samozgoščevalnih betonov v slovensko gradbeno prakso: izkušnje FGG UL

V tem članku so povzete praktične izkušnje v zvezi s SCC ter poudarjene omejitve, ki pogosto vplivajo na uspešno uporabo: občutljivo ravnanje med pretočnostjo, viskoznostjo in odpornostjo proti segregaciji; občutljivost na razlike v materialu in časovno odvisno reologijo; ter močan vpliv medsebojnega delovanja dodatkov in veziva na robustnost. Poleg zahtev za obnašanje v svežem stanju in preskusnih metod članek izpostavlja nadzor proizvodnje in vgradnje (popravljanje vlage, energija mešanja, čas transporta, pravila za ponovno doziranje in strategija praznjenja) kot odločilne dejavnike za ponovljivo polnjenje in kakovost površine. Posebna pozornost je namenjena tveganjem, povezanim z visoko vsebnostjo praškastih delcev v sestavi SCC, vključno s povečano toploto hidratacije, visokimi temperaturami elementov in zgodnjim razpokanjem, ter situacijam, v katerih lahko zelo visoka gostota armature kljub temu povzroči blokiranje ali nepopolno zapolnitev. V zaključkih je poudarjeno, da SCC ni »čudežna tekočina«, temveč sistem, ki temelji na



Slika 4. Dr. Johannes Horvath je podal predavanje z naslovom Izkušnje in omejitve pri uporabi SCC

zmogljivosti, in za doseganje trajnega, ponovljivo izdelanega konstrukcijskega betona zahteva jasna merila sprejemljivosti, hitre povratne zanke in disciplinirano izvedbo.

Tretje predavanje z naslovom Visokozmogljivi samozgoščevalni cementni kompoziti z notranjo nego na osnovi SAP: projektiranje in aplikacije so pripravili dr. Maciej Kalinowski, dr. Karol Chilmon, prof. dr. Piotr Woyciechowski, prof. dr. Andrzej Garbacz, dr. Wioletta Jackiewicz-Rek (Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Poland). Podal ga je dr. Maciej Kalinowski (Slika 5). Povzetek njihovega predavanja: Visokozmogljivi cementni kompoziti z nizkim vodno-vezivnim razmerjem so občutljivi na samodejno izsuševanje, avtogeno krčenje in nepopolno hidratacijo, saj stehiometrična potreba po vodi za nadaljnjo hidratacijo cementa presega količino zamesne vode, ki je na voljo v zaprtih okoljih. Notranja nega odpravlja to omejitev z vgradnjo vnaprej shranjenih vodnih rezervuarjev, ki so enakomerno porazdeljeni znotraj cementne matrice. V tem članku so superabsorbentni polimeri (SAP) obravnavani kot večfunkcionalna sestavina, ki v visokozmogljivih samoizravnalnih cementnih kompozitih hkrati deluje kot notranje sredstvo za nego, reološki modifikator in nosilec fotokatalitičnih nanoadditivov. Opravljena je analiza mehansko povzročene fragmentacije delcev SAP-hidrogela med mešanjem v povezavi z njihovo učinkovitostjo kot notranjih sredstev za nego. Analizirane so reološke posledice vključitve SAP-hidrogela v svežem stanju z vidika meje elastičnosti in plastične viskoznosti – lastnosti, ki so ključne za samozgoščevalno obnašanje. SAP-hidrogel se nadalje preučuje kot disperzno sredstvo za fotokatalitične delce TiO_2 , saj omogoča enakomerno porazdelitev in nanos drobnozrnatega, samoizravnalnega funkcionalnega premaza na prefabricirane betonske elemente. Testi čiščenja zraka, izvedeni v pogojih, ki so značilni za srednjeevropska urbana okolja, kažejo, da so kompoziti, modificirani s SAP- TiO_2 , dosegli merljivo višjo učinkovitost odstranjevanja NO v primerjavi z referenčno serijo, kar pripisujemo izboljšavam pri disperziji fotokatalizatorja kot tudi pri povezanosti por blizu površine. Rezultati potrjujejo, da je SAP-hidrogel vsestransko orodje za razvoj trajnih, notranje negovanih in funkcionalno prilagojenih visokozmogljivih cementnih kompozitov.



Slika 5. Dr. Maciej Kalinowski je podal predavanje z naslovom Visokozmogljivi samozgoščevalni cementni kompoziti z notranjo nego na osnovi SAP: projektiranje in aplikacije

Četrto predavanje z naslovom Možnost uporabe različnih materialov v samozgoščevalnem betonu so pripravili prof. dr. Aleksandar Savić, doc. dr. Marina Škondrić, prof. dr. Dragica Jevtić (Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Srbija). Predaval je prof. dr. Aleksandar Savić (Slika 6). Povzetek njihovega predavanja: Samozgoščevalni beton (SCC) velja za eno največjih inovacij zadnjih desetletij 20. stoletja. Glede na vse večjo ozaveščenost o pomenu ohranjanja naravnih virov in okolja kot celote so bile analizirane možnosti uporabe različnih materialov, vključno z odpadki in recikliranimi materiali, pri proizvodnji SCC. V referatu so bili predstavljeni rezultati več kot 20 različnih mešanic SCC, vključno z njihovo sestavo in podatki o njihovi pretočnosti, viskoznosti in sposobnosti prehoda, skupaj s tlačno trdnostjo in prepustnostjo za vodo po 28 dneh. Doseženi rezultati so z okoljskega vidika zelo spodbudni, zlasti kar zadeva uporabo pepela in recikliranih betonskih agregatov v samozgoščevalnem betonu.



Slika 6. Prof. Dr. Aleksandar Savić je podal predavanje z naslovom Možnost uporabe različnih materialov v samozgoščevalnem betonu

Prof. dr. Ivana Banjad Pečur (Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Hrvaška) (Slika 7) je podala peto predavanje z naslovom Uporaba samozgoščevalnega betona na Hrvaškem. Soavtor je bil dr. Ivan Gabrijel. Povzetek njunega predavanja: V referatu sta predstavljena dva primera uporabe samozgoščevalnega betona na Hrvaškem. Prvi se nanaša na obnovo mostu med celino in otokom Vir, kjer je bil most med letoma 1998 in 2003 obnovljen zaradi korozije armature. Pri popravilu spodnjih robov nosilcev in nosilcev na vrhu stebrov se je uporabil SCC, saj je omogočil kakovostno zapolnitev opaža in prostora okoli armature brez dodatnega zgoščevanja. Drugi primer opisuje obnovo hidroelektrarne Dubrovnik v Platu blizu Cavtata, kjer so pri zamenjavi sesalne cevi turbine uporabili samozgoščevalni beton. Zaradi omejenega prostora okoli cevi ni bilo mogoče uporabiti običajnega vibriranega betona, zato se je SCC izkazal za optimalno rešitev. Predhodni preskusi so potrdili zahtevane lastnosti tako svežega kot strjenega betona. Za zaključek lahko rečemo, da samozgoščevalni beton predstavlja učinkovito rešitev za zahtevna gradbena dela, vendar zahteva skrbno projektiranje mešanice, nadzor proizvodnje in ustrezno tehnologijo vgradnje.



Slika 7. Prof. dr. Ivana Banjad Pečur je podala predavanje z naslovom *Uporaba samozgoščevalnega betona na Hrvaškem*

Prof. dr. Naser Kabashi (University of Prishtina, Department of Civil Engineering, Kosovo) je v posnetem predavanju podal referat z naslovom *Sanacija stolpa za zajem globoke vode iz armiranega betona z injiciranjem poliuretana in ojačitvijo z obroči iz samozgoščevalnega betona* (Slika 8). Soavtorji predavanja so bili msc. Enes Krasniqi, prof. asst. Milot Muhaxheri in msc. Ylli Murati. Povzetek njihovega predavanja: V tem referatu je predstavljena sanacija stolpa za zajem globoke vode iz armiranega betona ob jezeru Batllava na Kosovu, ki se uporablja kot del regionalne infrastrukture za oskrbo s pitno vodo. Na objektu se je približno 22 metrov pod gladino vode pojavilo hudo puščanje, ki je zajemalo skoraj tri četrtine njegovega obsega, spremljale pa so ga vidne razpoke in merljivo odstopanje od navpičnice. Poškodbe so bile ugotovljene v zimskem obdobju, zlasti zaradi delovanja ledu v kombinaciji z izjemno hidravlično izpostavljenostjo. Izvedeni poseg je potekal v skla-



Slika 8. Prof. dr. Naser Kabashi je v posnetem predavanju podal referat z naslovom *Sanacija stolpa za zajem globoke vode iz armiranega betona z injiciranjem poliuretana in ojačitvijo z obroči iz samozgoščevalnega betona*

du s postopno strategijo sanacije, v okviru katere so najprej obvladali aktivno puščanje, nato pa so poškodovani pas popravili in ga konstrukcijsko ojačili. Za vzpostavitev primernih delovnih pogojev v kritičnem območju so uporabili lokalno zmanjšanje tlaka; razpoke so pripravili v nadzorovanem V-oblikovanem profilu, pronicanje vode so ustavili s hitro strjujočo se malto za zaustavitev vode, poti pronicanja pa so zatesnili z injiciranjem poliuretana. Po ponovni vzpostavitvi neprepustnosti za vodo je bil stolp ojačan z obroči iz armiranega samozgoščevalnega betona (SCC), ki so bili povezani z obstoječo konstrukcijo. Razvili in preizkusili so tri poskusne mešanice SCC, da bi preverili njihovo sposobnost zapolnjevanja, prehodnost in odpornost proti segregaciji v zahtevnih pogojih črpanja in vgrajevanja. Ta primer kaže, da je uspešna sanacija podvodnih hidravličnih betonskih objektov odvisna od pravilnega zaporedja posegov, skladnosti med ukrepi za tesnjenje in ojačitev ter izbire materialov, ki so primerni za gradnjo.

Sedmo predavanje z naslovom *Uporaba SCC za izdelavo vidnih betonov* je pripravil Rok Ercegovič (IRMA – Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije), predstavil pa ga je dr. Jakob Šušteršič (Slika 9). Povzetek njegovega predavanja: Prispevek obravnava uporabo samozgoščevalnega betona (SCC) za vidne oziroma arhitekturne betonske površine. Poudarek je na reološkem ravnotežju med mejo tečenja, plastično viskoznostjo, tiksotropijo in stabilnostjo zračnih por, saj razlez sam ne zagotavlja kakovostne površine. Predstavljeni so preskusi svežega SCC ter vplivi filerja, kamnolomskih frakcij, pakirne gostote, GGBS (Ground Granulated Blast-furnace Slag; prevod: mleta granulirana plavžna žlindra), mikrosilike in kemičnih dodatkov. Posebej so poudarjeni proizvodnja, transport, opaž, ločevalno sredstvo, način vgrajevanja in omejevanje vodoravnega toka. Sklep je, da je pri vidnem SCC treba projektirati in nadzorovati celoten proces, ne le recepturo betona.

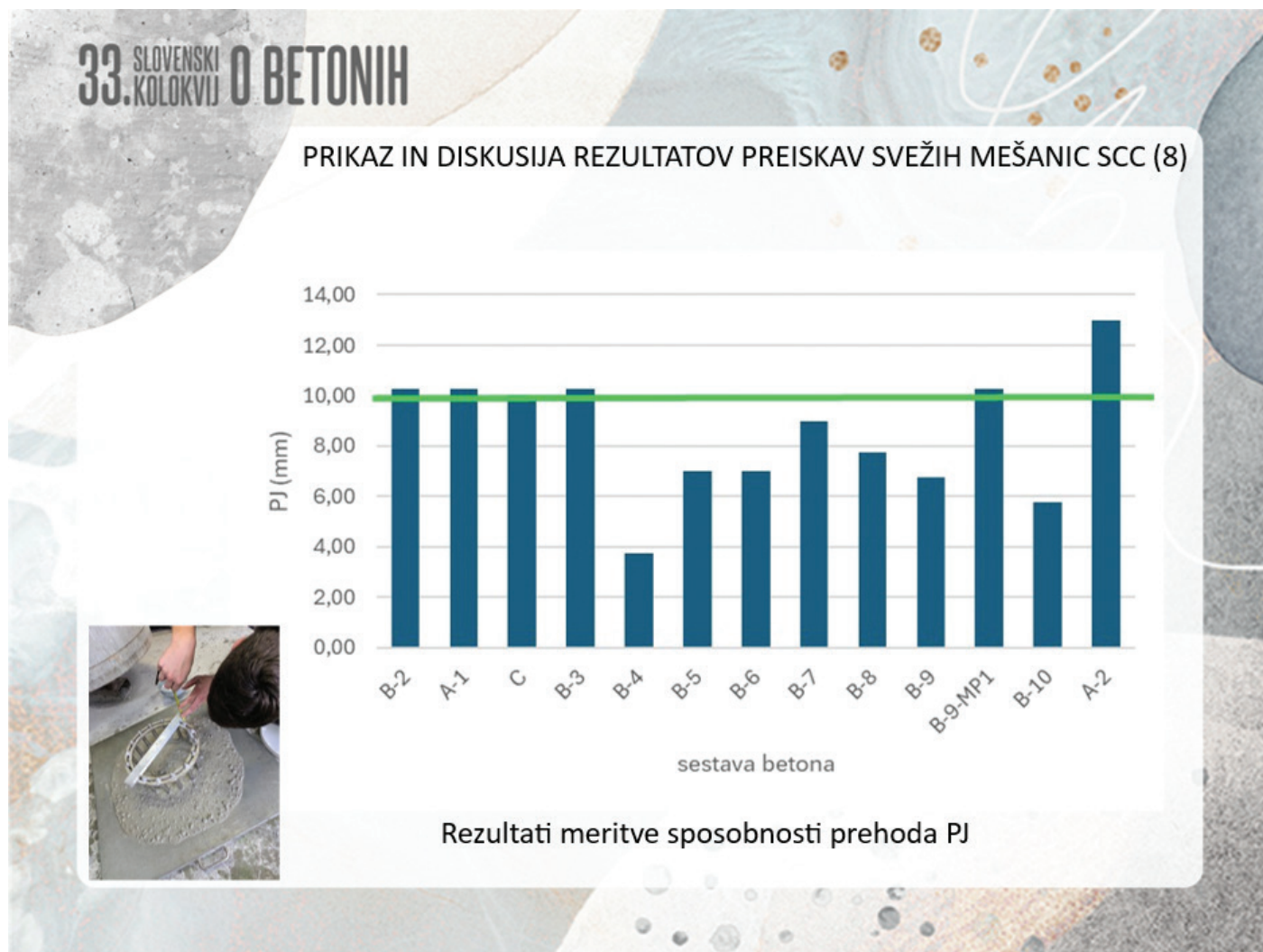
Osmo, zadnje predavanje na letošnjem kolokviu z naslovom *Vpliv malih sprememb v sestavi SCC na njegovo obdelovalnost* je podal dr. Jakob Šušteršič (IRMA – Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije) (Slika 10). Soavtorji so bili: Sandi Drolc,



Slika 9. Predstavitev referata z naslovom *Uporaba SCC za izdelavo vidnih betonov*, ki ga je pripravil Rok Ercegovič, podal pa dr. Jakob Šušteršič, IRMA – Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije

IRMA; prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, FGG UL; mag. Bojan Hertl, ARAO, in Aljoša Šajna, ZAG. Povzetek njihovega predavanja: V referatu so prikazani rezultati predhodnih preiskav svežega samozgoščevalnega betona (SCC), ki je namenjen za zapolnjevanja praznih prostorov med zabojniki v silosu za odlaganje nizko in srednje radioaktivnih odpadkov (NSRAO). Obravnavane preiskave so del obširnega projekta Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih betonskih me-

šanic kot polnil med odlagalnimi zabojniki N2d v silosu odlagališča NSRAO. Za projektiranje sestav SCC se je uporabila modificirana empirična metoda. Namen teh preiskav je bil, da se poišče optimalna sestava SCC glede njegove obdelovalnosti oziroma njegove sposobnosti pretočnosti in prehajanja ter viskoznosti. Rezultati kažejo na viden vpliv že majhnih sprememb v sestavi SCC na njegovo obdelovalnost (pretočnost, prehajanje in viskoznost).



Slika 10. Slika s predavitve predavanja z naslovom Vpliv malih sprememb v sestavi SCC na njegovo obdelovalnost

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