

Izdajatelj:

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

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik
Dušan Jukič
prof. dr. Matjaž Mikoš
IZS MSG: **Jernej Mazij**
mag. Jernej Nučič
mag. Mojca Ravnikar Turk
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**
UM FGPA: **doc. dr. Milan Kuhta**

Glavni in odgovorni urednik:

izr. prof. dr. Sebastjan Bratina

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Romana Hudin

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 23,16 EUR; za študente in upokojene 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

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

Gradbeni vestnik •

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, december 2020, letnik 69, str. 309-348

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

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

Voščilo

stran **310**

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

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

In memoriam

stran **311**

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

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

prof. dr. Marko Breznik, univ. dipl. inž. grad., univ. dipl. geol. (1920-2020)



Jubilej

stran **313**

dr. Andrej Anžlin, univ. dipl. inž. grad.

70-LETNICA DELOVANJA DGIT NOVO MESTO: MIŠ ALI LOPATA!



Članki • Papers

stran **314**

dr. Barbara Vodopivec, univ. dipl. zgod.

PIONIRKE GRADBENIŠTVA IN GEODEZIJE NA SLOVENSKEM

PIONEER WOMEN IN CIVIL ENGINEERING AND

GEODESY IN THE SLOVENIAN TERRITORY



stran **329**

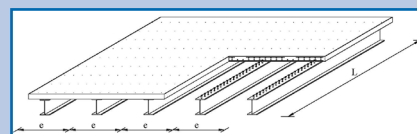
doc. dr. Tomaž Žula, univ. dipl. inž. grad.

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

PARAMETRIČNO MINLP OPTIMIRANJE SOVPREŽNEGA

STROPNEGA SISTEMA Z I-NOSILCI

PARAMETRIC MINLP OPTIMIZATION OF A COMPOSITE I BEAM FLOOR SYSTEM



Poročilo s strokovnega srečanja

stran **343**

Miša Hrovat

5. KONFERENCA TRAJNOSTNE GRADNJE



Obvestila ZDGITS

stran **346**

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA

STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2021

Vsebina letnika 69/2020

stran **347**

Eva Okorn

Novi diplomanti

Eva Okorn

Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Pogled na začasni portal vzhodne cevi predora Karavanke, foto: arhiv DARS d.d.

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS



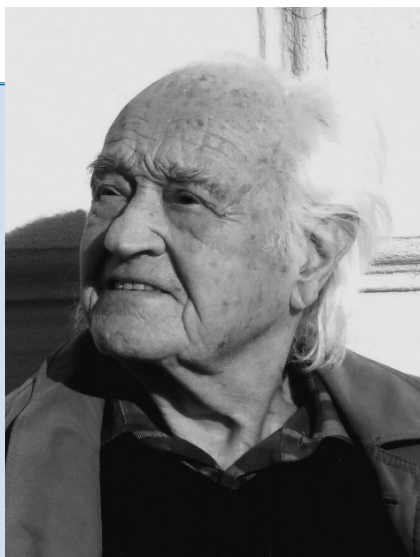
Letošnje leto nam bo ostalo v spominu kot leto velikih preizkušenj za celotno človeštvo. V zaverovanosti, da je gospodarska rast stalnica, da ima naše udobje prednost pred vzdržnim razvojem, da je opozarjanje na podnebne spremembe samo promocija najstnic, ki si želijo le publicitete, da je svetovni red zacementiran in nikogar ni pod tem Soncem, ki bi to lahko spremenil. Ali pač? Pa se pojavi nekaj, za kar se še znanstveniki ne morejo dogovoriti, ali je živo ali stvar, in v slabih 100 dneh postavi človeštvo pred preizkušnjo, ki se v svoji razsežnosti še ni pojavila v moderni zgodovini. Prvič smo se zavedli svoje ranljivosti in nemoči, ko nam ne pomagajo ne moč, ne vpliv in ne denar. Morda le za trenutek, ko se je ustavilo življenje na vsem planetu, smo spoznali, kaj je dejansko pomembno za življenje: zdravje, hrana, energija in bivanjske razmere. Vsemu ostalemu udobju, kar se nam je do nedavnega zdelo nepredstavljivo, smo se zlahka odrekli.

Zaostrene razmere v svetu, tako kot vsaka kriza, pomenijo tudi nove priložnosti – tudi v prvi vrsti za gradbeni sektor. V začetku leta nas je fascinirala novica, da so na Kitajskem uspeli zgraditi bolnišnico v velikosti šestine kapacitet vseh slovenskih bolnišnic v polovico krajšem času, kot v Sloveniji uspeš pridobiti potrdilo o pravnomočnosti gradbenega dovoljenja. Prepričan sem, da tudi slovenski gradbeniki ne zaostajamo po učinkovitosti, le priložnosti se nam morajo ponuditi, kot v primeru adaptacije urgentnega bloka v UKC v Ljubljani za nadomestne bolniške kapacitete, ki je bila izvedena v rekordno hitrem času. V času, ko je prišlo skoraj do popolne zaustavitve družbe in gospodarstva, je bilo mogoče opaziti, da to na gradbene dejavnosti ni imelo velikega vpliva. Morda še najbolj to, da so bile motene preskrbovalne verige z gradbenim materialom, kar se je odražalo v rahlem sezonskem upadu dejavnosti, ki se pa je v drugi polovici leta hitro okrepila, in številke letos presegajo lanskoletne. Situacija je za gradbeništvo v tem trenutku morda še najmanj stresna, ob predpostavki, da se bodo nadaljevala vlaganja v javne investicije in vključevanje slovenskih izvajalcev.

Letošnje leto je tudi prelomno za Gradbeni vestnik. Z mesta glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika se je po dobrih dvajsetih letih poslovil prof. dr. Janez Duhovnik in predal uredništvo izr. prof. dr. Sebastjanu Bratini. Prenova Gradbenega vestnika z digitalizacijo gradiv in prenosa revije na spleť, ki je bila izvedena na pobudo prejšnjega urednika, je tehnično zaključena. Pred uredništvom so novi izzivi s ciljem uvrstitve Gradbenega vestnika v bibliografsko bazo podatkov Scopus, s čimer bi povečali veljavnost revije tako v znanstveni kot strokovni sferi. Prepričani smo, da se bo tudi pod novim uredništvom uspešno nadaljevalo uresničevanje vizije prihodnosti Gradbenega vestnika.

V teh časih, ko smo na veliki preizkušnji, vam v prihajajočem letu želim predvsem veliko zdravja, osebnega miru in sreče.

doc. dr. Andrej Kryžanowski
predsednik ZDGITS



IN MEMORIAM

Prof. dr. Marko Breznik, univ. dipl. inž. grad., univ. dipl. geol.

V začetku letošnjega oktobra smo se poslovili od prof. Marka Breznika, ki nas je zapustil malo pred dopolnjenim visokim življenjskim jubilejem. Rojen je bil 16. decembra 1920 v Ljubljani v družini šolnikov, v kateri je bila hidrotehnična stroka del družinske tradicije. Materin stric, Peter Kresnik, je bil profesor za vodne zgradbe na Tehnični Univerzi v Brnu in v svojem času med vodilnimi hidrotehniki v Evropi ter zaslužen za razvoj hidrotehniške stroke nasploh. Po maturi na realni gimnaziji v Ljubljani leta 1939 je nadaljeval študij gradbeništva in leta 1947 diplomiral na gradbenem oddelku takrat samostojne Tehnične visoke šole v Ljubljani. Leta 1950 je opravil strokovni izpit iz gradbene stroke in leta 1961 pridobil naziv pooblaščenega projektanta za gradbeno projektiranje. Med letoma 1947 in 1952 je ob delu študiral geologijo na Oddelku za geologijo na Filozofski fakulteti UL. Študij geologije je zaključil leta 1964. na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo UL, na kateri je leta 1972 doktoriral z disertacijo: *Mehanizem zaslanjenih kraških izvirov in možnost njih sanacije*.

Takoj po diplomi leta 1947 se je zaposlil kot projektant na Oddelku za hidroelektrarne v Projektivnem zavodu LRS na mestu odgovornega projektanta za gradbeni del HE Savica. Med letoma 1949 in 1950 je bil vodja del za injekcijske zavesa na gradbišču HE Moste in leta 1951 je projektiral odzemni objekt za tlačni cevovod HE Glava na reki Zeti v Črni gori. Leta 1952 se je zaposlil na Geološkem zavodu LRS. Od leta 1954 do 1958 je vodil Oddelek za hidro- in inženirsko geologijo. V tem obdobju je sodeloval pri pripravi geoloških raziskav za hidroelektrarne na reki Dravi (Vuhred, Ožbalt, Zlatoličje, Formin) in na Savi (Mavčiče in Krško).

V obdobju med letoma 1959 in 1964 ga je strokovna pot z Geološkim zavodom prvič vodila v tujino. Kot hidrogeolog je vodil dela pri izvedbi globokih vodnjakov za pitno vodo pri Homsu v Siriji. Leta 1961 je prevzel vodenje podružnice partnerskega podjetja Geoistraživanja v Siriji. V nadaljnjih letih je, pod pokroviteljstvom Združenih narodov – FAO, vodil dela pri izdelavi več kot 200 globokih vodnjakov (do 200 m) kakor tudi bolj zahtevnih vodnjakov globine 400 m v Damasku in Qamishliju na vzhodu Sirije. Leta 1964 se zaposlil na Projektivnem oddelku GP Tehnika v Ljubljani. Kot pooblaščen projektant je vodil raziskave za izvedbo plitvega in globokega temeljenja za številne projekte visoke gradnje na območju Ljubljane. Leta 1968 se je ponovno podal v tujino kot strokovnjak FAO, v Grčijo, kjer je sodeloval na Kreti pri kaptiranju kraških izvirov za potrebe oskrbe z vodo. V dolini Mesara je za potrebe namakanja raziskoval podzemne vode in opravljal geološke raziskave za akumulacijo Plakiotissa ter raziskave izdatnosti kraškega podvodnega izvira Almyros Irakliou ob severni obali Krete.

Leta 1971 se je kot raziskovalec za kratek čas zaposlil na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo UL (FAGG) in se po zaključenem doktoratu istega leta ponovno zaposlil pri Združenih narodih, tokrat pri United Nations Transitional Authorities (UNTA) v New Yorku, kjer je kot direktor in hidrogeolog raziskoval podzemne vode v Republiki Mali. Po vrnitvi leta 1974 se je zaposlil pri Mestnem vodovodu Ljubljana kot vodja Oddelka za razvoj in raziskave. V tem obdobju se je intenzivno ukvarjal s številnimi projekti oskrbe prebivalstva s pitno vodo: predlagal je povečanje črpanja pitne vode na Ljubljanskem polju, izvedbo novih vodarn Jarški Brod na levem območju Save in vodarne Brest v Iškem vršaju ter zajetje Save v Mednem z izgradnjo raziskovalnega ponikovalnega polja in vodnjaka. Intenzivno se je ukvarjal tudi s problematiko oskrbe s pitno vodo v jugozahodni Sloveniji.

Profesor Breznik je bil leta 1974 izvoljen za izrednega profesorja za predmete Hidrotehnični objekti I in II ter Vodne moči in se je leta 1975 zaposlil na FAGG. Leta 1976 je postal predstojnik Hidrotehničnega oddelka in bil leta 1980 izvoljen v naziv rednega profesorja za predmete Hidrotehnični objekti I in II, Vodne moči, Inženirska geologija, Podzemne vode in Zaščita podzemnih voda, katerih nosilec je bil tako na univerzitetnem dodiplomskem kot tudi na hidrotehnične smeri podiplomskega študija gradbeništva. V akademskem okolju

na FAGG je aktivno deloval ne le do svoje upokojitve januarja 1990, temveč tudi v kasnejših letih. Na hidrotehnični smeri podiplomskega študija gradbeništva je skrbel za vzgojo kadrov na področju inženirske hidrotehnike ter pripravljal strokovno monografijo o vodnih akumulacijah in globokih vodnjakih na Krasu z naslovom *Storage Reservoirs and Deep Wells in Karst Regions*, ki jo je 1998 izdal pri založbi A. A. Balkema (danes Taylor & Francis). Ta monografija ostaja eno redkih objavljenih tovrstnih del na tem strokovnem področju v svetovnem merilu. Profesor Breznik je bil član stanovskih združenj: Slovenskega društva za velike pregrade, Slovenskega geološkega društva in Slovenskega geotehničnega društva. Leta 1989 je bil izvoljen za častnega člana Jugoslovanskega društva za velike pregrade, leta 2008 za zaslužnega člana Slovenskega geotehničnega društva in leta 2010 je bil izvoljen za častnega člana Slovenskega društva za velike pregrade. Bil je prejemnik številnih priznanj, med drugim je leta 1986 plakete Savskih elektrarn za projekt HE Mavčiče, leta 1991 plakete Mestnega vodovoda Ljubljana, leta 2009 ga je Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo ob svoji devetdesetletnici nagradila z zlato plaketo in leta 2011 je prejel nagrado Inženirske zbornice Slovenije za življenjsko delo za prispevek na področju hidrologije in hidrogeologije.

Zasluga profesorja Breznika je, da je od 1975. do svoje upokojitve leta 1990 nadaljeval delo zaslužnega profesorja Milovana Goljevščka, nestorja slovenske hidrotehnike in ustanovitelja Vodogradbenega laboratorija v Ljubljani. Svoje teoretično znanje in bogate praktične izkušnje je profesor Breznik nesebično posredoval študentom hidrotehnike in jih navduševal nad reševanjem problematike zaščite podzemnih voda, izrabe vodnih moči in varstva pitnih voda. S tem je ohranjal to pomembno področje hidrotehnike tudi v časih, ko se je delo v hidrotehniko začelo usmerjati v druga inženirska področja. Težišče znanstvenoraziskovalnega dela profesorja Breznika so bili pregradno inženirstvo in podzemni vodni viri, to sta dve področji, kjer je lahko združeval svoja gradbeniška in geološka znanja s terenskimi izkušnjami. Ob bogatih izkušnjah v tretjem svetu je bil doma, v Sloveniji, nosilec preko 50 raziskovalnih nalog ter večjih študij in projektov na področju izkoriščanja vodnih moči ter izkoriščanja in zaščite podzemnih voda. O svojem strokovnem in raziskovalnem delu je poročal na več kot 20 domačih in tujih posvetovanjih ter objavil več kot 50 strokovnih in poljudnih prispevkov. V zvezi s strokovnimi vprašanji se je v dnevnem časopisju oglašal še do visoke starosti, kar kaže na njegovo željo po seznanjanju širše javnosti o strokovnih problemih in možnih inženirskih rešitvah.

Profesorja Breznika se spominjamo ne samo kot pedagoga, ampak tudi kot človeka, ki nam je znal prisluhniti in predlagati očetovski nasvet, ki nam je marsikdaj olajšal kakšne odločitve, pa naj bi bile te strokovne ali osebne narave. Ostal nam bo v spominu tudi kot odličen smučar, ki mu niso delale preglavice niti najtežji tereni v francoskih Alpah. Za vedno se ga bomo spominjali kot vedrega človeka, ki nas je znal razveseljevati s človeško toplino, podkrepljeno s humorjem in družabnostjo, kar bomo ob njegovi izgubi najbolj pogrešali.

Doc. dr. Andrej Kryžanowski
Prof. dr. Matjaž Mikoš

70-letnica delovanja DGIT Novo mesto: miš ali lopata!

Preteklo zimo je uredniški odbor, ki ga je imenoval IO Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Novo mesto, grelo trdo delo. Nase smo prevzeli breme, da bomo ob novem jubileju društva, tj. ob njegovi 70-letnici delovanja, izdali nov zbornik, saj ta predstavlja brezčasen mejnik društva (slika 1). V njem lahko poleg splošne in strokovne vsebine najdete tudi kakšno humorno (slika 2). Zadani cilj smo uspešno realizirali in vsebina je prosto dostopna na internetni strani društva (dgitnm.si). Je tudi popolnoma varna pred virusom, vsaj tistim, za katerega se v tem hipu išče cepivo. Nismo pa se mogli izogniti njegovemu vplivu ob pr-

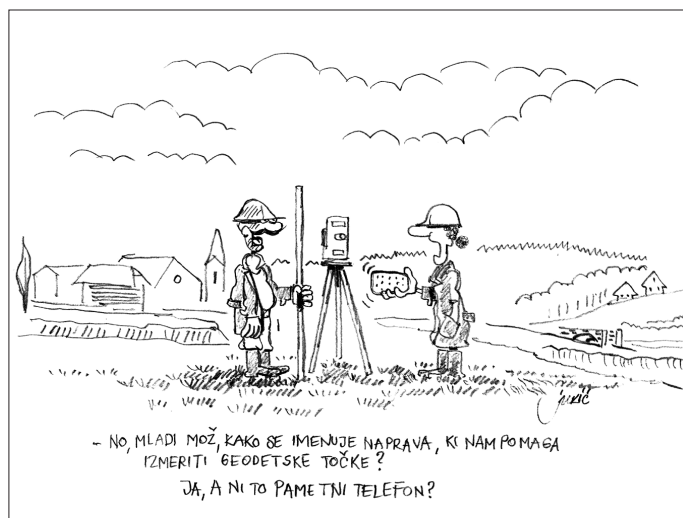
znavanju slovesne obletnice društva. Društvo smo ljudje, ki predstavljamo bistvo našega delovanja, tj. skrb za povečanje ugleda našega poklica, predaja in deljenje izkušenj, motiviranje mlajših kolegov in medgeneracijsko povezovanje strokovnjakov gradbene stroke. Letos smo prvič po letu 2016 naredili križ tudi čez naš že tradicionalni izobraževalni dan na Otočcu, kjer poleg pretresanja aktualne problematike na našem področju poteka tudi družnje vseh generacij gradbenikov. Zato smo se kljub številnim virtualnim alternativam odločili, da bi srečanje pred računalnikom raje zamenjali za gradbišče, saj imamo namesto miše

v rokah raje lopato. Društvo ob tej priložnosti tako podaja obljubo, da bo pri naslednjem dogodku, ki ga bo organiziralo, naključnemu udeležencu predalo simbolično darilo, lopato, ovito z mišjim repom. Več kot očitno je njuna simbioza med gradbeniki prisotna že vrsto let, v zadnjem času pa dobiva z digitalizacijo gradbeništva še dodaten zagon. Pozorne bralce Gradbenega vestnika tako pozivam, da nas pri tem držijo za besedo.

dr. Andrej Anžlin, univ. dipl. inž. grad.



Slika 1 • Prva stran zbornika ob 70-letnici DGIT NM.



Slika 2 • Karikaturna iz zbornika ob 70-letnici DGIT NM.

PIONIRKE GRADBENIŠTVA IN GEODEZIJE NA SLOVENSKEM

PIONEER WOMEN IN CIVIL ENGINEERING AND GEODESY IN THE SLOVENIAN TERRITORY

dr. Barbara Vodopivec, univ. dipl. zgod.

barbara.vodopivec@zrc-sazu.si

ZRC SAZU, Umetnostnozgodovinski inštitut

Franceša Steleta,

Novi trg 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK: 305.058.2:378.091.212.8(497.1)(497.4)

Povzetek | Prispevek obravnava pionirke gradbeništva in geodezije na Slovenskem, s poudarkom na obdobju druge polovice 20. stoletja. Rezultate raziskave umeščamo v širši kontekst položaja žensk v Sloveniji in Jugoslaviji po drugi svetovni vojni ter v dinamiko razvoja gradbene panoge v tem obdobju. Raziskava, ki v veliki meri temelji na arhivskih virih, analizira zastopanost žensk med diplomantkami, magistricami in doktorandkami gradbeništva in geodezije na Univerzi v Ljubljani in Univerzi v Mariboru in v akademskem svetu; med zaposlenimi na obeh fakultetah, med avtorji izvirnih znanstvenih člankov v reviji Gradbeni vestnik in med uredniki oziroma člani uredniškega odbora revije. V obravnavo pritegnemo tudi Interdisciplinarni podiplomski študij prostorskega in urbanističnega planiranja. V prispevku je posebej izpostavljena vloga posameznih pionirk. Ugotavljamo, da prva doktorica znanosti z obeh področij, ki je svoj doktorat zagovarjala leta 1976, in večje število diplomantk, ki ga je mogoče zaslediti konec 70. in v 80. letih, kažeta, da se je število gradbenic in geodetk v izobraževanju in v akademskem svetu kot tudi med nosilci akademskih nazivov začelo povečevati konec sedemdesetih in v osemdesetih let prejšnjega stoletja. V prispevku analiziramo tudi vzroke tega procesa. Ženske v gradbeništvu in geodeziji so v slovenski strokovni in znanstveni literaturi prezrto področje. Ta prispevek je tako prvi poskus celovitejše opredelitve njihovega položaja in vloge na Slovenskem.

Ključne besede: pionirke gradbeništva, pionirke geodezije, IPŠPUP, UL FGG, UM FGPA, revija Gradbeni vestnik, Sonja Lapajne Oblak, Carmen Jež Gala, Darinka Battelino

Summary | The paper deals with the pioneer women in civil engineering and geodesy in the territory of Slovenia, with an emphasis on the period of the second half of the 20th century. The results of the research are placed in a wider context of the position of women in Slovenia and Yugoslavia after the World War II, and in the dynamics of the development of the construction industry in this period. The research, which is largely based on archival sources, analyzes the representation of women among graduates, masters of science and doctors of civil engineering and geodesy at the University of Ljubljana and the University of Maribor, and the representation of women in the academic world; among staff members of both faculties, authors of original scientific papers in the journal Gradbeni vestnik and among the editors and members of the journal's editorial board. The Interdisciplinary Postgraduate Study of Spatial and Urban Planning is also considered. The role of individual pioneer women is particularly emphasized. We found out that the first female doctor of science in these fields, who defended her doctoral dissertation in 1976, and a higher number of female graduates, which can be observed in the late 1970s and in the 1980s, show that the number of women civil engineers and surveyors in the academic world, as well as among holders of academic titles, began to increase during this very period. The paper also analyzes the causes of this process. Women in

civil engineering and geodesy are an overlooked area in Slovenian scientific and scholarly literature. Thus, this paper is the first attempt to comprehensively define their position and role in the territory of Slovenia.

Key words: pioneer women in civil engineering, pioneer women in geodesy, IPŠPUP, UL FGG, UM FGPA, Journal Gradbeni vestnik, Sonja Lapajne Oblak, Carmen Jež Gala, Darinka Battelino

1 • UVOD

Za obdobje od druge polovice 19. stoletja naprej lahko rečemo, da je gradbena dejavnost pomembno vplivala na razvoj slovenskega prostora. Železnica, ki je leta 1857 preko Ljubljane pripeljala v Trst, obnova Ljubljane po potresu leta 1895, prve armiranobetonske konstrukcije, hidroelektrarne in industrijski objekti, regulacija Ljubljane s Tromostvjem, betonska gorenjska cesta, arhitekturni projekti, na primer Nebotičnik (1933), in še mnogi drugi veliki gradbeni podvigi konec 19. in v prvi polovici 20. stoletja so v slovenskem zgodovinsko pisju dobro obdelani. Kljub temu pa je manj znano, da Narodna in univerzitetna knjižnica arhitekta Jožeta Plečnika (1872–1957) (slika 1), na primer, ali pa stavbi Moderne galerije

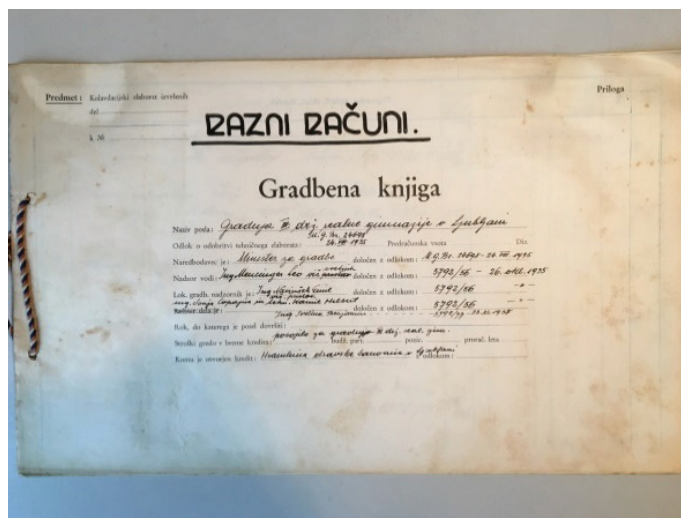
bene inženirje, še manj gradbene inženirke ali geodetinke, katerih strokovno znanje je in je bilo temelj vsem gradbenim projektom, od novogradenj do prenov. In čeprav je danes med slušatelji predavanj na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo (UL FGG) že približno tretjina deklet, ženske v gradbeništvu in geodeziji na Slovenskem še niso bile predmet celovitejših znanstvenih obravnav (Vodopivec, 2018a). Pričujoča razprava je tako prva obravnava tega področja.

Raziskovalno delo, katerega rezultate predstavljamo v nadaljevanju, je potekalo pod okriljem evropskega raziskovalnega projekta *MoMoWo – Ustvarjalnost žensk od modernizma dalje*, namenjenega promociji zamolčane dediščine

kvantitativne analize žensk v izobraževanju in v akademskem svetu na Slovenskem v 20. stoletju. Časovno zajemamo obdobje od ustanovitve Univerze v Ljubljani do osamosvojitve, posebno pozornost pa namenjamo času po letu 1945, še zlasti pa desetletjema med letoma 1970 in 1990, kajti prav v tem obdobju dobi gradbeništvo prvo doktorico znanosti, število diplomantk pa se znatno poveča. Pri analizi kvantitativnih podatkov mestoma segamo tudi v prvo desetletje 21. stoletja. Časovni razrez obravnave je pogojila dinamika projekta MoMoWo (Franchini, 2018). Žensk v gospodarstvu se v analizi dotikamo le bežno in to pomembno področje ostaja predmet bodočega raziskovanja. Prav tako bo treba v prihodnje izvesti sistematično primerjalno študijo z nekdanjimi jugoslovanskimi republikami in s sosednjimi državami. Prispevek tako odločno načena tematiko, hkrati pa



Slika 1 • Gradbena inženirka Sonja Lapajne Oblak in gradbeni tehnik Franc Rolih v gradbeni pisarni NUK, okoli 1935 (Smolej, 2016).



Slika 2 • Gradbena knjiga gradnje III. državne realne gimnazije v Ljubljani (današnja Bežigradska gimnazija) (Arhiv Republike Slovenije, 2016).

arhitekta Edvarda Ravnikarja (1907–1993) in Gimnazije Bežigrad arhitekta Emila Navinška (1904–1991), slednja velja za prvo brezkoridorno šolsko stavbo na svetu, mnogo dolgujejo tudi statičnim izračunom prve diplomirane inženirke gradbeništva v Sloveniji Sonje Lapajne Oblak (1906–1995) (slika 2). In če poznamo velika imena slovenske arhitekture, mnogo manj poznamo vrhunske grad-

žensk, ki so se v 20. stoletju uveljavljale v takrat pretežno moških poklicih, kot so arhitektura, oblikovanje in gradbeništvo (v nadaljevanju MoMoWo). Raziskavo, katere izvirne rezultate predstavljamo v prispevku in ki je pomembno temeljila na proučevanju primarnih virov, pa smo morali zaradi obsežnosti do sedaj neraziskanega področja zamejiti. V naslednjih poglavjih predstavljamo rezultate

ponuja dovolj utemeljenih podlag in izhodišč za nadaljnje raziskovanje.

V drugem in tretjem poglavju sta na podlagi izbrane literature orisana položaj žensk v Sloveniji po letu 1945 ((Antić Gaber, 2011), (Verginella, 2006), (Žižek, 2004)) in pa shematični prikaz razvoja gradbene stroke v Sloveniji in Jugoslaviji, sestavljen pretežno na podlagi prispevkov iz Gradbenega vestnika.

Oboje je tudi konceptualni okvir, znotraj katerega umeščamo rezultate kvantitativne analize žensk na študiju gradbeništva in geodezije na Univerzi v Ljubljani in na Univerzi v Mariboru, ki jih prikazuje četrto poglavje. Analiza temelji na proučitvi dokumentacije obeh univerz,

vključno s poročili in jubilejnimi zborniki. Peto poglavje prinaša rezultate kvantitativne analize urednic in avtoric znanstvenih in strokovnih člankov v *Gradbenem vestniku* in pa zaposlenih na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Analiza črpa iz

spletnega arhiva revije in iz poročil fakultete. Sklepno poglavje povzema ključne ugotovitve. Prikazom dodajamo podrobnejše predstavitev pionirk, ki so tako ali drugače postavile meje v slovenskem gradbeništvu in geodeziji (Seražin, 2020).

2 • ORIS POLOŽAJA ŽENSK V SLOVENIJI IN JUGOSLAVIJI PO LETU 1945

Ustava Federativne ljudske republike Jugoslavije, sprejeta leta 1946 (Odluka, 1946), je določala enakopravnost med spoloma »na vseh področjih državnega, gospodarskega in družbenopolitičnega življenja« (Jeraj, 2005, str. 92), kar pomeni, da so ženske dobile pravico voliti in biti voljene v vse organe državne oblasti, zagotovljen jim je bil enakopravni položaj v izobraževanju, dostop do vseh javnih služb in enaka pravica do dela, vključno s plačanim dopustom in socialnim zavarovanjem (Jeraj, 2005). Socialna politika je še dodatno olajšala vstop žensk na trg dela z vrsto ukrepov, zlasti s plačanim porodniškim dopustom, otroškimi dodatki in vzpostavitvijo široke mreže otroških predšolskih ustanov, kot so jasli in vrtci (Jeraj, 2004), »ki so poskrbeli za več kot 90 % otrok med tretjim in petim letom starosti«. (Berendt, 2003, str. 183) Vse to je v primerjavi s prvo Jugoslavijo bistveno izboljšalo položaj žensk. Ivan T. Berendt pojasnjuje, da so bili ti ukrepi, ki so v celoti sledili sovjetskemu vzoru, namenjeni predvsem mobilizaciji ženske delovne sile, saj se je Evropa po drugi svetovni vojni soočala s splošnim pomanjkanjem delovne sile, in pa dvigu rodnosti, ki je v državah centralno-planskega gospodarstva kmalu po letu 1945 začela hitro upadati zlasti zaradi naraščajoče urbanizacije in proletarizacije (Berendt, 2003). Rezultati te politike so se začeli kazati relativno hitro: »Ob koncu dvajsetega stoletja je bila zaposlitev

žensk v srednji in vzhodni Evropi skoraj enaka odstotku žensk v populaciji in je predstavljala 40–50 % vseh zaposlenih. Leta 1960 je bilo zaposlenih le 20–30 % poročenih žensk, leta 1980 pa je stopnja njihovega deleža v številnih državah dosegla 50–75 %. Najvišja stopnja je bila v Sovjetski zvezi, in sicer 87 %.« (Berendt, 2003, str. 190)

Kljub formalni enakopravnosti žensk pa njihovo uveljavljanje v praksi ni bilo enostavno, saj, kot opozarjajo izsledki ženskih študij, »ritem spreminjanja odnosov med spoloma ni odvisen samo od političnih sprememb in pravnih garancij«. (Verginella, 2006, str. 18) Pri vzpostavitvi kontekstualnega okvira, znotraj katerega bomo umeščali uveljavljanje žensk v slovenskem gradbeništvu in geodeziji, predvsem v izobraževanju in v akademskem svetu po letu 1945, bomo tako izhajali iz ugotovitve Mateje Jeraj, ki pravi: »Na zahodu je bil v drugi polovici 20. stoletja še vedno v veljavi model ženske kot matere in gospodinje, za pravice žensk pa so si prizadevale številne ženske organizacije. V socialističnih državah je gibanje za žensko enakopravnost prevzela v svoje roke država. Ta je ženskam sicer podelila številne pravice, v zameno pa je od njih zahtevala dejavno udeležbo v gospodarskem in političnem življenju, s čimer se je obseg njihovih dolžnosti bistveno povečal.« (Jeraj, 2004, str. 367) Ta razvoj, ki so ga spremljale, kot razlaga Marta Verginella, prikriti diskri-

minacije, ki so ženskam preprečevale preboj »steklenega stropa« miselnih struktur (Verginella, 2006, str. 127), pojasnjuje, zakaj so se ženske v poklicih, še zlasti v tistih, v katerih so prevladovali moški, kljub formalno danim enakim pravicam, uveljavljale relativno počasi; konkretno v gradbeništvu so, kot prikazujejo naslednja poglavja, stabilnejši preboj dosegle šele v drugi polovici 80. let.

Pri analizi tega preboja pa ne smemo pozabiti na splošen razvoj v Evropi po letu 1945. Tu velja še posebej izpostaviti povojni *baby boom*, ki se je zgodil med letoma 1950 in 1960 kot posledica logike države blaginje in s tem okrepljene vloge javnega sektorja: »Prvič v zgodovini sta bila lagodnost in udobje dosegljiva za večino ljudi.« (Judt, 2007, str. 407) Proces je povzročil vrsto gospodarskih, družbenih in kulturnih sprememb (Judt, 2007). Med drugim je visokošolska izobrazba, ki je bila nekdaj privilegij, postala pravica (Judt, 2007). Posledično je naraščal vpis na univerze, še zlasti močno, ko so pravo starost za študij dosegli *babyboomerji*, ki so v primerjavi s svojimi starši na družbeno pogojene razlike gledali bolj svobodno, pojasnjuje zgodovinar Tony Judt. V Sloveniji je ta porast vpisa zaznati v drugi polovici 70. in v prvi polovici 80. let.

Za razumevanje položaja in vloge žensk po letu 1945 je torej pomembno vedeti, da so imele ženske v Jugoslaviji sicer enakopravni dostop do izobrazbe in zaposlitve, da pa je bilo uveljavljanje formalnih pravic večplasten in zato počasen in zahteven proces.

3 • ORIS POLOŽAJA GRADBENIŠTVA V SLOVENSKEM IN JUGOSLOVANSKEM GOSPODARSTVU PO LETU 1945

Gradbeništvo je kot delovno intenzivna gospodarska panoga, povezana z veliki investicijami, kazalec družbenoekonomskega razvoja v posameznih obdobjih, občutljiva je za gospodarska nihanja in je prvi indikator tako recesije kot tudi konjunktura ((Čadež, 1989), (Marksel, 2011)). Ali kot občutljivost panoge za splošne gospodarske trende povzema Desanka Spasojević: »Zaradi ob-

sežnosti svojega področja je gradbeništvo barometer gospodarskih gibanj in z izredno natančnostjo odraža vse pojave, ki se dogajajo v življenju gospodarstva in družbe.« (Spasojević, 1947a, str. 142) Obdobja kriz in razcvetov v slovenskem gradbeništvu po drugi svetovni vojni so bila ciklična in so se menjavala na približno štiri do deset let (Marksel, 2011, str. 15).

Po kratkem obdobju povojne obnove v letih 1945 in 1946 je bila gradbena dejavnost s prvo petletko politično, torej »od zgoraj navzdol«, usmerjena v elektrifikacijo in izgradnjo energetskih in industrijskih velikarov (1947–1955), kasneje z drugo petletko pa tudi v stanovanjsko gradnjo in v izgradnjo t. i. objektov družbenega standarda, kar je v veliki meri poganjalo tudi povečano priseljevanje kmečkega prebivalstva v mesta (1957–1962; pomembno vlogo sta imela tudi politična projekta izgradnje Nove Gorice in Titovega Velenja (Vodopivec, 2010)). V

pojavnem času je za gradbeništvo značilno preseganje planov, hkrati pa tudi pomanjkanje kadrov, mehanizacije in materiala. Plansko gospodarstvo se je stanja lotevalo z usmeritvijo v industrializacijo same gradnje (proizvodnja gradbenih polizdelkov, v stanovanjski gradnji je to sčasoma pomenilo uvedbo montažne gradnje), (Valentinčič, 1964), v pospešeno mehanizacijo dejavnosti, z zaposlovanjem delavcev zlasti iz drugih republik (leta 1964 je njihov delež dosegal celo do 53 % zaposlenih v gradbeništvu) in specializacijo dejavnosti podjetij (Slovenija ceste za ceste, Gradis za industrijske objekte, Tehnogradnja za hidroelektrarne in mostove, Kostruktor, Stavbar, Ingrad, Pionir in druga za stanovanja) (Čadež, 1964). Z namenom povezovanja znanosti, pedagoške prakse in gospodarstva je bil leta 1949 ustanovljen Zavod za raziskavo materialov in konstrukcij (ZRMK), leta 1963 pa Gradbeni center Slovenije (Vižintin, 1980).

Centralno-plansko gospodarstvo in administrativno upravljanje, namenjeno izgradnji socialističnega gospodarstva, pri katerem je imela država vse od 1945. po vzoru Sovjetske zveze prevladujoč vpliv (Berendt, 2013), (Vodopivec, 2010)), je pripeljalo do vrhunca gradbene dejavnosti v letih od 1955 do 1964 (Resolucija, 1964). Po začasnem upadu panoge, ki se je zgodil v drugi polovici 60. let, pa se je gradbeništvo ponovno zagnalo in zaradi novih investicij, še vedno v prvi vrsti v težko industrijo pa tudi v prometne objekte, doseglo v letih 1969 do 1975 novo konjunkturo ((Bubnov, 1970), (Megušar, 1970), (Turnšek, 1970)). Pomembno spodbudo so tokrat pomenile tudi aktivnosti v tujini in v deželah v razvoju, kamor se je panoga preusmerila zlasti zaradi stagnacije domače stanovanjske gradnje (v prvi vrsti Irak, kjer je potekalo tri četrtine vse dejavnosti v tujini, obe Nemčiji, Libiji) (Skulj, 1982, str. 196). Eden od paradnih projektov jugoslovanskega gradbeništva je bilo sodelovanje jugoslovanskih gradbenih

podjetij pri gradnji novega Asuanskega jezua v Egiptu (Vodopivec, 2018b).

Ustava iz leta 1974 je uvedla novo družbeno-gospodarsko ureditev, vendar ta ni omejila vmešavanja politike v gospodarstvo, kar je zaznamovalo gospodarsko krajino Jugoslavije in Slovenije že vse od leta 1945. Poraba, ki je rasla hitreje kot proizvodnja, prepočasna modernizacija gospodarstva, porast negospodarnih in nerentabilnih investicij, ki so jih omogočala posojila in so bile še vedno usmerjene v težko industrijo, proletarizacija prebivalstva, doseljevanje ne kvalificirane delovne sile iz jugoslovanskih republik, veliki odlivi v sklad za nerazvite – vse to je privedlo do porasta notranjega in zunanega zadolževanja in s tem do pretirane zadolženosti. Slednja je povzročila pomanjkanje sredstev za uvoz nafte in surovin in posledično pomanjkanje osnovnih življenjskih potrebščin in skokovite inflacije.

Leta 1975 je bilo gradbeništvo v Sloveniji za industrijo, kmetijstvo, trgovino in turizmom z 8 % BDP sicer četrta največja panoga. Še vedno je pomenilo polovico vse investicijske potrošnje v republiki in je zaposlovalo okoli 20 % delovno aktivnega prebivalstva (Spasojević, 1974a). Konjunktornemu obdobju pa je tudi tokrat sledila recesija in gospodarska oziroma dolžniška kriza 80. let v celotni državi. Slednjo je do določene mere povzročil tudi investicijski »bum« v gradbeništvu, ki je temeljil na posojilih. Kljub ugodnim kazalnikom panoge, delež gradbeništva v BDP je po letu 1976 zrasel celo na 12 %, se je kriza kmalu začela kazati; delež gradbeništva v BDP je leta 1987 ponovno padel na 8 %, trend pa se je nadaljeval ((Bubnov, 1983), (Glažar, 1988), (Vrečko, 1985)).

Razlogi za stagnacijo in nato krizo v gradbeništvu so bili, kot je mogoče razbrati zlasti iz takratnih prispevkov v Gradbenem vestniku, v presežku ne kvalificiranih delavcev, v pre-

majhnem številu visoko usposobljenih delavcev, v prešibkih povezavah med raziskavami in industrijo, v pomanjkljivem načrtovanju, nadzoru in koordinaciji dejavnosti, torej v odsotnosti inženiringa ((Skulj, 1982), (Skulj, 1984)), v veliki odvisnosti od politike in v togem državnem načrtovanju investicij, ki so bile pogosto zgrešene in česar ne uspel poskus t. i. liberalnih reform v drugi polovici 60. ni zmožgel spremeniti: »Z veliko večino investicijskih sredstev so še naprej razpolagali državni investicijski skladi, upravljali pa so jih politični forumi in elite.« (Vodopivec, 2010, str. 325) Tem elementom so se kasneje z vso močjo pridružili še odvisnost od tuje delovne sile, čezmerno zadolževanje, likvidnostne težave, plačilna nedisciplina, močna konkurenca, monopoli, kartelni dogovori in korupcija (Marksel, 2011, str. 38).

Paradoks Slovenije v 70. pa tudi v prvi polovici 80. let je bil, da so nekatere podjetja poslovala zelo uspešno in da se je življenjski standard na splošno zviševal, ker pa storilnost temu trendu ni sledila, so razvojne škarje relativno hitro pripeljale do zloma gospodarstva (Berendt, 2003) ter 1991. do radikalne spremembe političnega sistema. Tega ni preprečila niti gospodarska stabilizacija, ki jo je od leta 1981 skušala uvesti zvezna vlada, saj je ta težave dejansko še naprej reševala z novim zadolževanjem, niti pod pritiskom *Mednarodnega denarnega sklada* uveljavljena tržna pravila in zakoni konec 80. let (Vodopivec, 2010).

V obdobju, ki mu v prispevku posvečamo največ pozornosti, torej od leta 1970 do 1990, je gradbeništvo v Sloveniji prešlo od izrazite konjunktore, rasti in ekstenzivnega razvoja panoge (1969 do 1975) preko investicijskega »buma«, ki so ga v večini poganjala posojila (1976 do 1980) do stagnacije in krize, ki se je v Jugoslaviji vidneje odrazila po letu 1981, po Titovi smrti, v gospodarskem smislu pa je bila posledica svetovne krize, odločilno poglobljene leta 1973 ((Berendt, 2013), (Štor, 2002)).

usposabljanja in izobraževanja delavcev v sodelovanju s srednjimi gradbenimi šolami ((Battelino, 1989), (Žitnik, 1989)). Krepila se je tudi potreba po vrhunskih strokovnjakih gradbene stroke. Leta 1980 je ZRMK, ki je takrat zaposloval enega doktorja znanosti in deset magistrov, sprejel načrt, po katerem naj bi do leta 1985 zaposlil pet doktorjev znanosti in 25 magistrov (Vižintin, 1982, str. 216). Že relativno zgodaj je bil zato uveden podiplomski študij gradbeništva (1959/60). V obravnavanem obdobju pa je zaznati tudi povečan vpis na študij gradbeništva, kot pri-

4 • IZOBRAŽEVANJE

Berendt med značilnosti centralno-planskega gospodarstva med drugim uvršča tudi veliko pozornost, ki jo je država namenjala izobraževanju; uvedeno je bilo obvezno osemletno šolanje in srednješolsko izobraževanje, ki je ohranjalo velik del praktične poklicne usmeritve: »V dramatičnem preskoku iz stanja pred drugo svetovno vojno, ko je srednjo šolo v najboljšem primeru obiskovalo 10 % starostne

skupine, je bila v šestdesetih in sedemdesetih letih v srednji šoli skoraj celotna populacija med štirinajstim in osemnajstim letom.« (Berendt, 2013, str. 183)

Za našo raziskavo je pomembno tudi, da se je slovensko gradbeništvo že v 60., še intenzivneje pa v 70. letih zavedelo potrebe po večjem številu visokokvalificiranih delavcev in so zato podjetja začela organizirano politiko

kazujemo v tem poglavju. To lahko z veliko gotovostjo pripišemo posledicam razcveta gradbene panoge in s tem večji privlačnosti poklica, ki naj bi zagotavljal zanesljivo in varno zaposlitev. Vsi trendi pa so še vedno potekali pod budnim očesom in nadzorom takratne politike, ki je imela prav v gradbeništvu vse od leta 1945 s planskim gospodarstvom in administrativnim upravljanjem po vzoru Sovjetske zveze (Berend, 2013), torej z izgradnjo socialističnega gospodarstva, prevladujoč vpliv (Vodopivec, 2010).

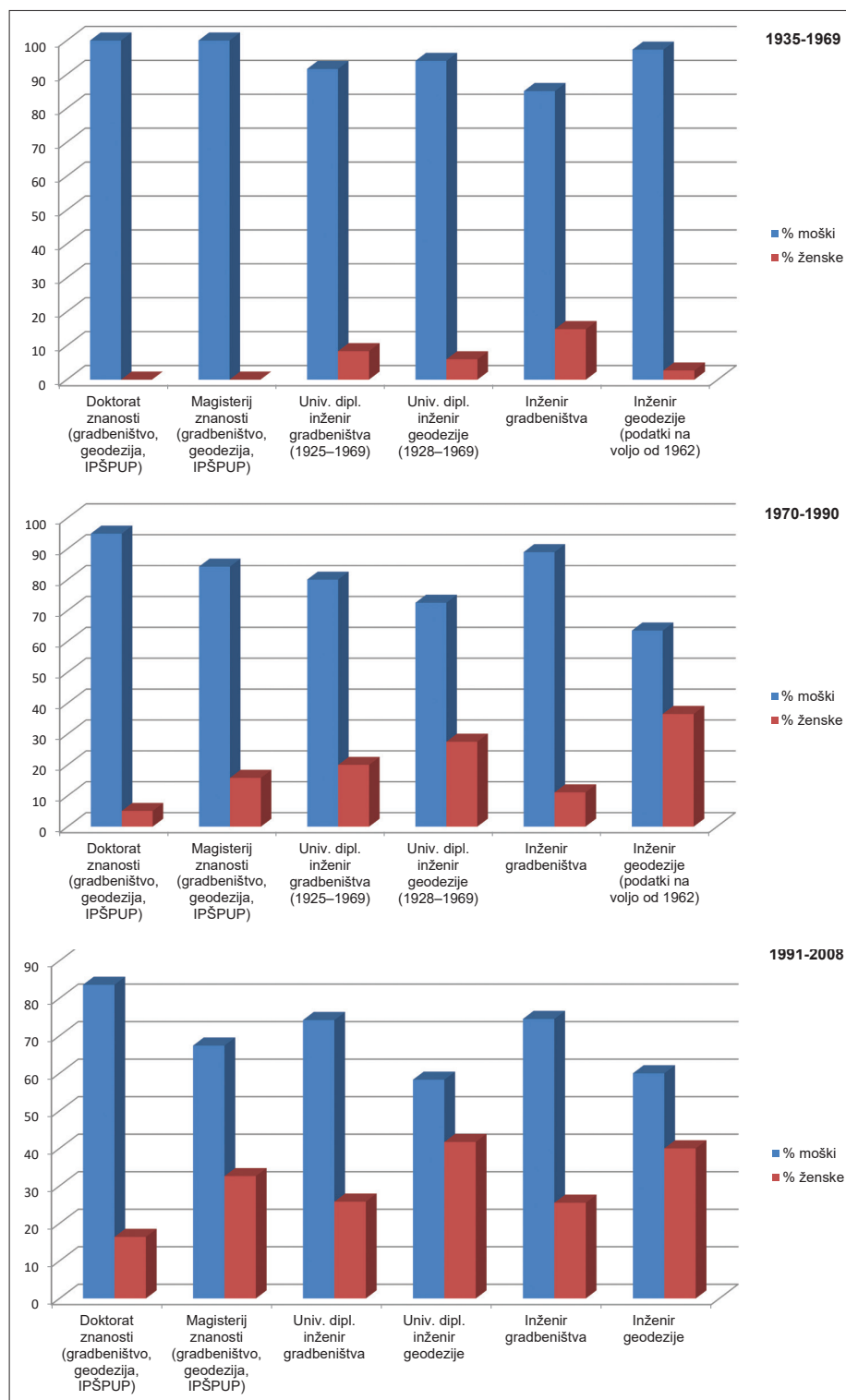
V nadaljevanju predstavljamo rezultate kvantitativne analize števila žensk, ki so končale študij na izbranih študijskih programih Univerze v Ljubljani in Univerze v Mariboru. Kvantitativna analiza študentov Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezije Univerze v Ljubljani (UL FAGG) izpušča področje arhitekture (Seražin, 2016), vključuje pa področje geodezije, ki je bila veskozi del fakultete. Zajeti so programi inženir gradbeništva in geodezije, univerzitetni diplomirani inženir gradbeništva (vseh smeri, torej konstrukcijska, prometna in hidrotehnična) in geodezije, magistrirani znanosti s področja gradbeništva, geodezije in interdisciplinarni podiplomski študij prostorskega in urbanističnega planiranja (IPŠPUP) ter doktorat znanosti s področja gradbeništva, geodezije in IPŠUP. V vsebinsko analizo pa so zajeti tudi univerzitetni diplomirani inženir vodarstva in komunalnega inženirstva (VKI), diplomirani inženir geodezije in diplomirani inženir gradbeništva. Posebno mesto med programi zavzema IPŠPUP, ki se je na takratni UL FAGG začel izvajati v študijskem letu 1972/73 in je povezal vsebine in znanje s cele vrste tehničnih, naravoslovnih in družboslovnih področij (Zavodnik Lamovšek, 2018). Odraža tudi širitev področja gradbeništva na prostorsko načrtovanje, urbanizem in varstvo okolja. Ko bo prikazano v nadaljevanju, program na stopnji magistrirani znanosti beleži večje število študentk v primerjavi z gradbeništvom in geodezijo.

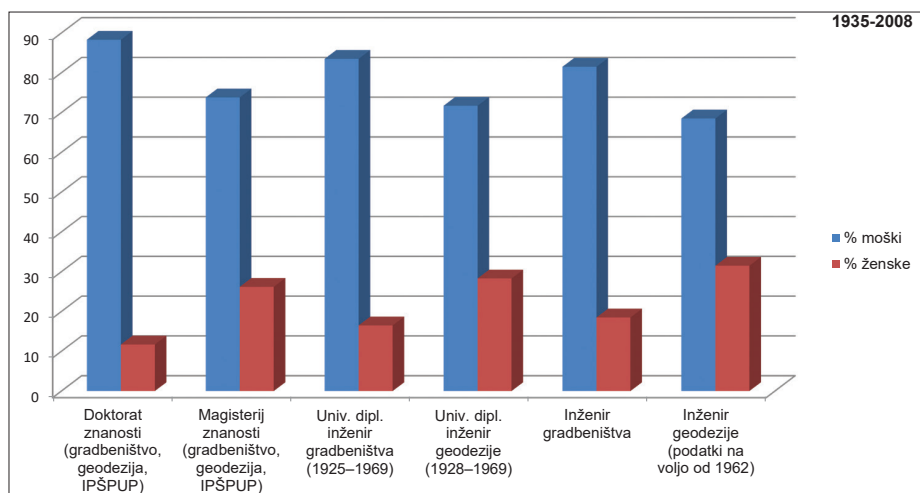
4.1 Univerza v Ljubljani

Leta 1919 je bila v Ljubljani ustanovljena Univerza Kraljevine Srbov, Hrvatov in Slovencev (danes Univerza v Ljubljani). Na Tehniški fakulteti univerze je deloval Oddelek za gradbeništvo, ki je po letu 1945 z ustanovitvijo treh študijskih smeri (hidrotehnična, konstrukcijska in prometna) prerasel v Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo. Leta 1950 je bila ustanovljena Tehniška visoka šola, katere članica je bila tudi Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Po ukinitvi Tehniške visoke šole leta 1954 pa se je

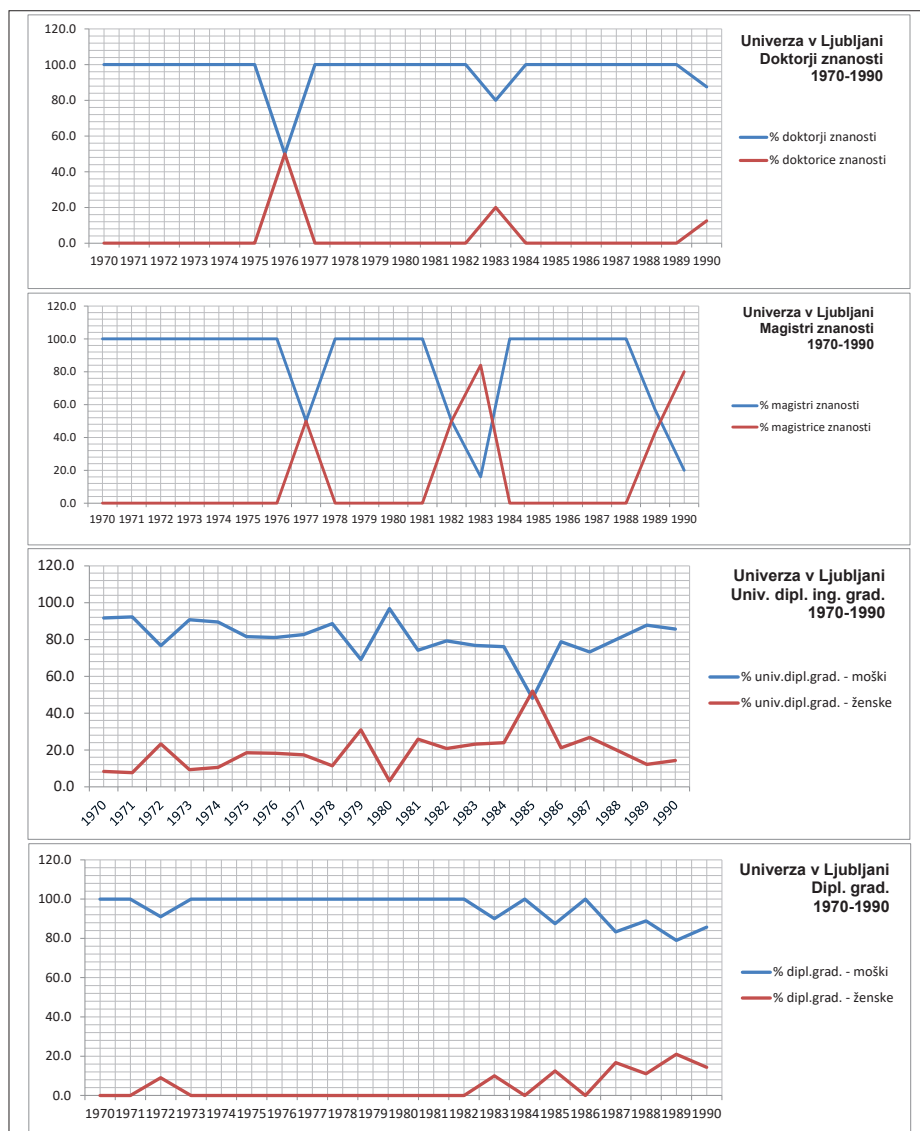
fakulteta preimenovala v Oddelek za gradbeništvo in geodezijo Tehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Že leta 1957 je bila Tehniška fakulteta reorganizirana v več samostojnih fakultet; ena od njih je postala UL FAGG. Ta je imela tri oddelke: Oddelek za arhitekturo, Oddelek za gradbeništvo (konstrukcijski, prometni in hidrotehnični odsek) in Geodetsko-komunalni

oddelek. V študijskem letu 1959/60 je bil na tej fakulteti uveden podiplomski študij, v šolskem letu 1985/86 pa se je začel izvajati višješolski študij gradbeništva in geodezije. Leta 1995 sta iz UL FAGG nastali dve fakulteti in sicer Fakulteta za arhitekturo in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (UL FGG). Slednja ima Oddelek za gradbeništvo, Oddelek za





Preglednica 1 • Grafični prikaz razmerja med diplomanti in diplomantkami v študijskih programih na UL FAGG v obdobju 1935–2008 v odstotkih ((Majes, 2009), (UL FGG, 2017)).



Preglednica 2 • Grafični prikaz primerjave med moškimi in ženskami v programih UL FAGG: doktorat znanosti, magisterij znanosti, univ. dipl. ing. grad. in dipl. grad. v obdobju 1970–1990 (Majes, 2009).

geodezijo in od študijskega leta 2009/2010 Oddelek za okoljsko gradbeništvo ((Brezar, 1989), (Brezar, 1994), (Majes, 2009), (Trauner, 1990), (Zemljič, 1990)).

Preglednica 1, ki prikazuje razmerje med diplomanti in diplomantkami v obdobju 1935 do 2008, kaže, da je v tem obdobju razmerje v korist diplomantk najugodnejše v programu inženir geodezije, najmanj pa je žensk med doktorji znanosti (preglednica 1). Na splošno geodezija beleži večji delež žensk kot gradbeništvo, še zlasti po letu 1990, kar pa ne velja za obdobje do leta 1969. Na vseh smereh je v 80. letih zaznati znatno povečanje števila inženirk. V programu univerzitetni diplomirani inženir geodezije, na primer, leta 1985 število diplomiranih inženirk prvič preseže število diplomiranih inženirjev.

Primerjalno gledano, so ženske za razliko od prvega obdobja (1935–1969) v obdobju 1970–1990 zastopane na vseh obravnavanih študijskih programih. Število diplomiranih inženirk gradbeništva se je podvojilo, največji porast pa beležijo inženirke geodezije. V desetletjih ob prelomu tisočletja se je znatno povečalo število doktoric in magistric znanosti, skoraj podvojilo se je število univerzitetnih inženirk geodezije, medtem ko je število inženirk geodezije ostalo približno enako. Število univerzitetnih inženirk gradbeništva se je po opaznem povečanju v 70. in 80. zmerno povečalo, medtem ko je nekoliko bolj naraslo število inženirk. V celotnem obdobju (1935–2008) so ženske torej še vedno najbolj zastopane med geodetinjami, kar gre pripisati velikemu porastu diplomantk po letu 1970, prav tako pa so dobro zastopane med magistricami znanosti, kar je najverjetneje posledica skupne obravnave programov gradbeništva, geodezije in IPŠPUP. Delež inženirk gradbeništva se v celotnem obdobju giblje med 16 in 18%. Tudi v skupnem seštevku je žensk najmanj med doktoricami znanosti. Prav v obdobju med letoma 1970 in 1990 dobiva gradbeništvo in IPŠPUP prvi doktorici znanosti, prav tako pa vsi trije programi, torej gradbeništvo, geodezija in IPŠPUP, dobijo prve magistrice znanosti (preglednica 2).

4.1.1 Doktorice znanosti

Prva ženska, ki je v Sloveniji in hkrati tudi v takratni Jugoslaviji doktorirala iz gradbeništva, konkretno iz geomehanike, je bila Darinka Battelino (1940) (slika 3), ki je leta 1976 na UL FAGG uspešno zagovarjala doktorsko disertacijo pri akademiku prof. dr. Luju Šukljeu. Leta 1964 je za diplomsko delo na UL



Slika 3 • Otvoritev geomehničnega laboratorija na Univerzi v Trstu, 1999. Laboratorij je zasnovala in opremila Darinka Battelino. Prvi z leve stoji dekan UL FAGG Bojan Majes, drugi z leve je dekan Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru Ludvik Travner, k napravi se sklanja dekan Fakultete za gradbeništvo Tehnične univerze v Gradcu Stephan Semprich, za njim stoji dekan Fakultete za gradbeništvo Tehnične univerze na Dunaju Heinz Brandl. O odprtju laboratorija je 3. 12. 1999 poročal tudi italijanski časnik *Il Piccolo* (Battelino, 2016).

FAGG prejela študentsko Prešernovo nagrado in bila kmalu zatem na isti fakulteti izvoljena za asistentko, leta 1977 za docentko in leta 1987 za izredno profesorico za geomehniko. Predavala je tudi na Univerzi v Mariboru (1977–1991), leta 1991 pa je dobila profesuro najprej na Univerzi v Trentu in nato na Univerzi v Trstu (1993). Pionirsko vlogo ima tudi kot prva izvoljena izredna profesorica na UL FAGG in kot mentorica prvemu ženskem doktoratu s področja geomehanike na Univerzi v Trstu (2005) (Vodopivec, 2017).

Prva doktorica znanosti programa IPŠPUP je leta 1989 postala Branka Berce Bratko, prva doktorica geodezije pa leta 2000 Andreja Borec. V obdobju od 1970 do 1990 je bilo na UL FAGG vseh doktorjev znanosti 59, od tega tri ženske (Darinka Battelino, konstrukcijska smer, 1976; Marija Bogataj, komunalna smer, 1983; Branka Berce Bratko, IPŠPUP, 1989). Ženske so tako predstavljale 5,1 % vseh doktorjev oziroma 4,3 % doktorjev med gradbeniki. V obdobju od 1991 do 2008 je bilo skupaj vseh doktorjev znanosti 116, od tega 19 žensk (13 gradbeništvo, dve IPŠPUP, štiri geodezija). Ženske so predstavljale 16,4 % vseh doktorjev oziroma 13,7 % doktorjev med gradbeniki.

Vseh doktorjev, ki so od leta 1935 do leta 2008 doktorirali na UL FGG je bilo 187, od tega 22 žensk (11,7 %). Konkretno je

na gradbeništvo na vseh smereh (komunalna, konstrukcijska, hidrotehnična, prometna) doktoriralo 152 študentov, od tega 15 žensk (9,9 %). Na IPŠPUP je doktoriralo šest študentov, od tega tri ženske (50 %). Od skupaj 29 doktorandov na geodeziji so bile štiri ženske (13,8 %).

4.1.2 Magistrice znanosti

Darinka Battelino je bila tudi prva ženska, ki je leta 1969 magistrirala iz gradbeništva. Zaradi takratnega sistema rotacije med UL FAGG in Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani je nalogo zagovarjala na slednji in s tem postala tudi prva ženska z znanstvenim magisterijem na tej fakulteti ((Stropnik, 1965), (Vodopivec, 2017)). Prva ženska, ki je magistrirala na UL FAGG, je bila leta 1977 Marija Nose Cerkenik, in sicer v programu IPŠPUP. Prva magistrica znanosti iz geodezije je leta 1986 postala Vesna Ježovnik, prva iz gradbeništva pa leta 1989 Duška Tomšič. V obdobju od 1970 do 1990 je bilo na UL FAGG vseh magistrstrov znanosti 107, od tega 17 žensk (15,8 %); 7 IPŠPUP, 2 geodezija, 8 gradbeništvo. V obdobju od 1991 do 2008 pa je bilo vseh magistrstrov znanosti 190, od tega 62 žensk (32,6 %); 9 IPŠPUP, 7 geodezija, 36 gradbeništvo. Tem številkam je treba dodati še magistre znanosti na programih Interdisciplinarni podiplomski študij varstva okolja (IPŠVO) in Univerzitetni podiplomski študij varstva okolja (UPŠVO) ter

specialiste: v obdobju od 1991 do 2008 jih je bilo devet, od tega sedem žensk. Vseh, ki so od leta 1963 do leta 2008 magistrirali na UL FGG, je bilo 301, od tega 79 žensk (26,2 %). Konkretno na gradbeništvo je na vseh smereh (komunalna, konstrukcijska, hidrotehnična, prometna) magistriralo 199 študentov, od tega 44 žensk (22,1 %). Na IPŠPUP je od začetka programa 1972/73 do 2008 magistriralo 54 študentov, od tega 26 žensk (48 %), kar je med najvišjimi odstotki med vsemi obravnavanimi programi. Magistricе znanosti so bile: Marija Nose Cerkenik (1977), Marija Lilija Elizondo (1982), Rotija Badjura (1983), Maruška Šubic Kovač (1989), Kaliopa Adrews Dimotrovska (1989), Božena Lipej (1990), Mateja Meši (1990), doktorica znanosti pa Branka Berce Bratko (1989) (Zavodnik Lamovšek, 2018). IPŠPUP beleži tudi visok odstotek žensk med vpisanimi študenti. Odstotek žensk se je namreč dvignil z 12 % v študijskem letu 1972/73 na 26 % v začetku 80. in se nato sredi desetletja ustalil pri okoli 45 % (Zavodnik Lamovšek, 2018).

4.1.3 Univerzitetne diplomirane inženirke gradbeništva

Vseh univerzitetnih diplomiranih inženirjev gradbeništva od leta 1925 do 2008 je bilo 3043, od tega 502 ženske (16,5 %). Odstotek inženirk se je gibal od 1,5 % v predvojnem obdobju preko dobrih 8 % do konca 60. let, 20 % v obdobju od 1970 do 1990 do dobrih 25 % v 90. letih in v prvem desetletju 21. stoletja.

Prva univerzitetna diplomirana inženirka gradbeništva na Slovenskem je bila Sonja Lapajne Oblak (1906–1995), ki je diplomirala leta 1932 na takratni Tehniški fakulteti v Ljubljani. V letih 1934–1943 je za tehnični oddelek Kraljeve banske uprave Dravske banovine v Ljubljani izdelovala statične elaborate za železobetonske konstrukcije zgradb, ki jih je gradila takratna država, in nadzirala njihovo gradnjo. Pri tem je sodelovala z najvidnejšimi arhitekti tistega časa, med njimi so bili Jože Plečnik, Emil Navinšek, Vinko Glanz in Edvard Ravnikar (slika 4). Po letu 1945 je bila na vodilnih mestih gradbenih podjetij v Jugoslaviji (Novi Beograd, Gradis) in v slovenskih projektivnih in urbanističnih ustanovah (Vodopivec, 2016). V 50. letih postanejo študentke gradbeništva stalnica (do deset vpisanih) (slika 5), konec 70. in zlasti v 80. letih pa njihovo število bistveno naraste. Med diplomanti je leta 1985 kar 27 diplomantk od skupaj 52 študentov, ki so tega leta zaključili študij, kar predstavlja skoraj 52 % vseh, ki so končali študij. Število nato upade in se do konca 2002. drži med 5



Slika 4 • Sonja Lapajne Oblak na gradbišču NUK, okoli 1936. Četrty z leve stoji arhitekt Vinko Glanz, foto: Lojze Šmuc (Smolej, 2016).

in 10 diplomantk, ponovno pa je zaznati dvig po letu 2003. Vseh univerzitetnih diplomiranih inženirjev gradbeništva od leta 1999 do 2008 (trajanje programa) je bilo 326, od tega 62 žensk (19%).

Čeprav raziskava, katere rezultate predstavljamo v tem prispevku, ne zajema primerjalne analize z drugimi državami, ki tako ostaja predmet nadaljnjega proučevanja, lahko iz podatkov, ki smo jih pridobili od Tehnične

univerze na Dunaju, nakažemo, da je v obdobju 1970–1990 razmerje med diplomanti in diplomantkami na UL FAGG mnogo bolj razgibano in v korist diplomantkam kot na dunajski Tehnični univerzi (preglednica 3).

4.1.4 Univerzitetne diplomirane inženirke geodezije

V obdobju od leta 1928 do 1945 je vseh diplomiranih študentov geodezije 45, od tega ena ženska, in sicer Nedeljka Oblak, ki je diplomirala leta 1935 (slika 6). V obdobju od leta 1950 do 1969 je vseh diplomiranih geodetov 170, od tega 12 žensk. Skupaj je bilo v času od 1928 do 1969 torej 6% žensk. V obdobju od 1970 do 1990 je bilo vseh, ki so diplomirali iz geodezije 225, od tega 62 žensk (27,5%). Največji porast žensk, ki so diplomirale iz geodezije, se je zgodil v 80. letih; leta 1985 je število žensk prvič preseglo število moških (od 17 diplomantov je bilo deset žensk).

V obdobju od 1991 do 2008 je bilo vseh, ki so diplomirali 371, od tega 155 žensk (41,5%). Največ žensk je bilo leta 1990 (od 13 kar osem žensk) in 2001 (od 27 kar 15 žensk).

Od 1928 do 2008 je bilo skupaj vseh diplomiranih geodetov 811, od tega 230 žensk (28,3%).

4.1.5 Inženirke gradbeništva, 1961–2002

Vseh inženirjev gradbeništva od leta 1961 do 2002, to je v času trajanja programa, je bilo 729, od tega 135 žensk (18,5%). Ob začetku programa je bil odstotek inženirk 14,9, nato 11,1% od 1970 do 1990 in 25,5% od 1991. do konca programa. Največje število zaključnih del študentk s 17 zagovori od skupno 58 beleži leto 2000. Tudi sicer je bilo to leto z 58 študenti, ki so končali program, drugo najmočnejše v tem programu, takoj za letom 1963, ko je diplomiralo 60 študentov, vendar od tega le 12 žensk.

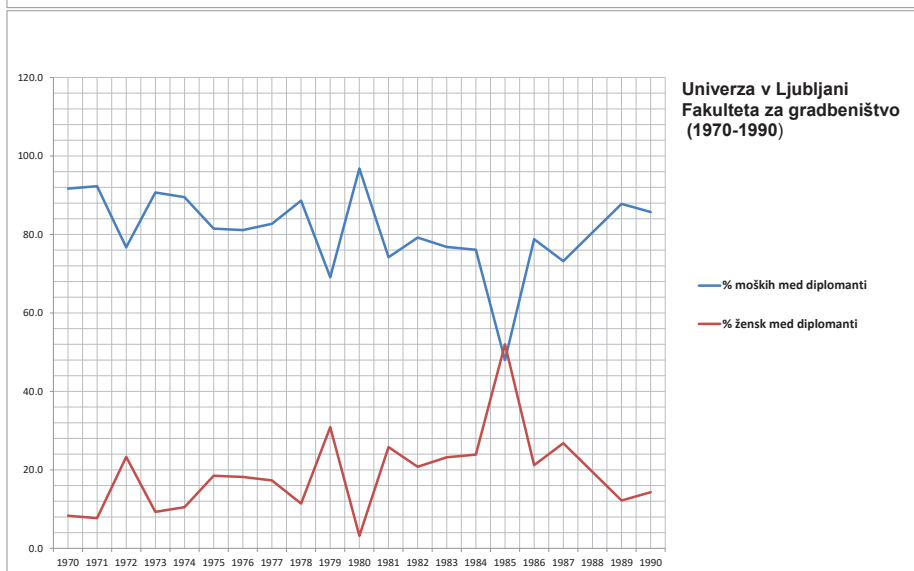
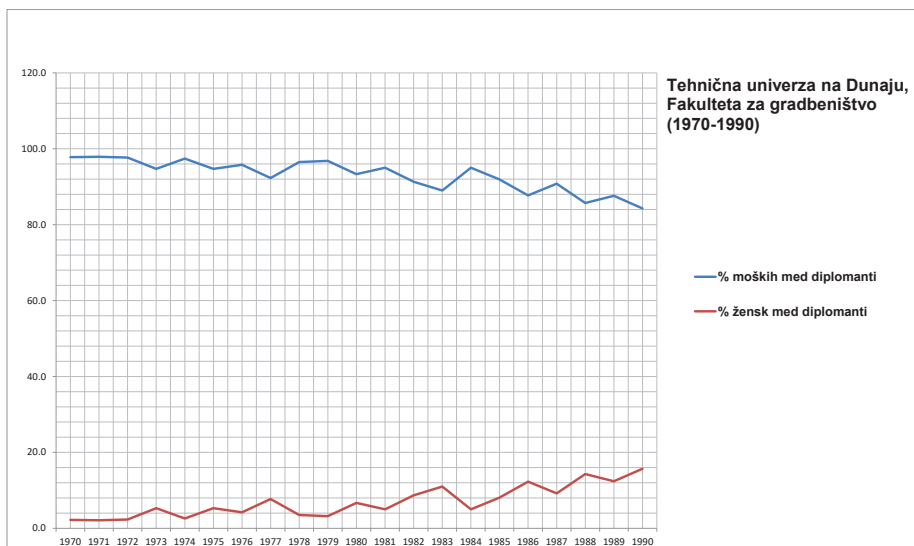
4.1.6 Inženirke geodezije, 1919–2000

Podrobni podatki za obdobje 1919 do 1928 niso ohranjeni, na voljo je le skupno število 60 diplomiranih geodetov. V obdobju od 1962 do 1969 je diplomiralo 110 študentov, od tega tri ženske (2,7%), v obdobju od 1970 do 1990 so diplomirali 304 študenti, od tega 111 žensk (36,5%), in v obdobju od 1991 do 2000, ko je bil program ukinjen, je diplomiralo 195 študentov, od tega 78 žensk (40%).

Največji porast študentk, ki so diplomirale, je bil v 80. letih (leta 1983 jih je bilo devet od 15), nato pa je bilo njihovo število stabilno in



Slika 5 • Prva stran indeksa študentke gradbeništva Ksenije Šetina, 1945. Diplomirala je leta 1953 na Hidrotehničnem odseku Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Tehniške visoke šole v Ljubljani. Vso svojo poklicno pot je delovala na področju vodnega gospodarstva (Grum, 2018).



Preglednica 3 • Primerjava med diplomanti gradbeništva na Tehnični univerzi na Dunaju in diplomanti gradbeništva (univ. dipl. inž. grad.) na UL FAGG v obdobju 1970 do 1990. Prikaz v odstotkih po spolih (TUW, 2017), (UL FGG, 2017)).

je predstavljalo do polovice generacije. Vseh študentov, ki so v času od 2000 do 2008 diplomirali na tem programu, je bilo 287, od tega 150 žensk (52,3%). To je edina smer na UL FAGG, kjer je število žensk, ki so diplomirale, preseglo 50%.

4.1.7 Univerzitetne diplomirane inženirke VKI, 2002–2008

Od leta 2002, ko se začne program, do 2008 je diplomiralo skupaj 115 študentov, od tega 47 žensk, kar je 40,1 % generacije.

4.2 Univerza v Mariboru

Študij gradbeništva je bil v Mariboru mogoč od leta 1959 na Višji tehniški šoli na gradbeno komunalnem oddelku, višje letnike študija pa so študentje lahko nadaljevali na Univerzi v Ljubljani. Leta 1973 je bila ustanovljena

Visoka tehniška šola z gradbenim oddelkom, ki je leta 1975 postala samostojna članica na novoustanovljene Univerze v Mariboru. V študijskem letu 1981/82 je bil uveden podiplomski študij ((Battelino, 1989), (Gabrič, 2000)). Leta 1985 je z uvedbo fakultetnega programa nastala Tehniška fakulteta, ki se je leta 1995 razdelila na štiri fakultete, med njimi Fakulteto za gradbeništvo in promet. Leta 2015 se je fakulteta preimenovala v Fakulteto za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo (UM FGPA, 2018).

Prva doktorica znanosti v programu Gradbeništvo je disertacijo zagovarjala leta 1999, prva magistrica znanosti pa leta 1991. V letu pridobitve podatkov 2017 je na starem doktorskem študiju Gradbeništva (ki se je ukinil 30. 9. 2016) doktoriralo skupaj devet



Slika 6 • Diploma tehniške fakultete Univerze kralja Aleksandra I. v Ljubljani. Nedeljka Oblak je leta 1935 postala kulturno-geodetska inženirka (Dobovšek, 2020).

žensk in ena na novem študijskem programu 3. stopnje, ki se je pričel izvajati 2009/2010. Na znanstvenem magistreriju Gradbeništva (ki se je ukinil 30. 9. 2016) je magistriralo skupaj 14 žensk (UM FGPA, 2017).

Prva diplomantka na višješolskem študijskem programu Gradbeništvo je diplomirala leta 1963, prva diplomantka na univerzitetnem študijskem programu Gradbeništvo pa leta 1978. Univerzitetni študijski program se je pričel izvajati 1975, ko so se vpisali prvi študenti, ki so zaključili višješolski program, v 3. letnik (UM FGPA, 2017).

Na vseh dodiplomskih programih (višješolskih in univerzitetnih) je v obdobju 1970–1990 skupaj diplomiralo 1781 študentov, od tega 436 žensk, kar predstavlja 24 % populacije. Na univerzitetnem programu Gradbeništvo in Gradbeno operativna, ki se je izvajal le v Mariboru, pa je v letih od 1970 do 1990 diplomiralo 260 študentov, od tega 77 žensk, kar je 30 % populacije (UM FGPA, 2017).

Dodiplomski študij, ki se je izvajal v Mariboru, Kranju, Celju, Murski Soboti, Novem mestu, Postojni in Velenju, je bil namenjen izključno zaposlenim, saj je takratna nova zakonodaja predpisovala, da so morali imeti vodje gradbišča višjo stopnjo izobrazbe. Tu je bila udeležba žensk manj kot odstotek, kar kaže na nizko zastopanost žensk v gradbeni operativi.

5 • AKADEMSKA SFERA

5.1 Zaposlene na UL FAGG

Naslednji korak kvantitativne analize je bil opredelitev zastopanosti žensk v akademski sferi. Slednjo smo spremljali na podlagi pregleda tistih, ki so se zaposlile na UL FAGG, in tistih, ki so se kot avtorice pojavljale v Gradbenem vestniku.

Pri iskanju podatkov o zaposlenih na fakulteti v prvih desetletjih se lahko naslonimo na jubilejni zbornik, ki je bil izdan ob 60-letnici študija gradbeništva v Sloveniji. V sklepnih opombi uredniki zbornika ugotavljajo, da mnogo podatkov manjka, so založeni ali izgubljeni (Zemljič, 1979), zato ta zbornik nadomešča arhivske podatke in velja za edini vir tudi kasnejšim publikacijam. Zbornik navaja seznam pedagoških delavcev od 1919 do 1979.

Iz seznama je razvidno, da se je kot prva pedagoška delavka leta 1952 zaposlila Carmen

tudi kot zunanja sodelavka Inštituta za metalne konstrukcije. Med drugim je absolvirala podiplomski tečaj na univerzi v Cambridgeu (Teorija konstrukcij in trdnost) in predavala na univerzi v Sarajevu. Zapis v njen spomin, objavljen v Gradbenem vestniku, dokazuje, da je bila vrhunska strokovnjakinja in odlična pedagoginja. V kratki karieri je dosegla izjemne rezultate, tudi z vidika uveljavljanja žensk v gradbeništvo. S tem ko je leta 1952 postala asistentka, je bila prva ženska, zaposlena na fakulteti. Do leta 1965 je kot prva ženska dosegla tudi naziv docentke (In memoriam, 1965). Še danes je v uporabi učbenik Zbirka nalog iz trdnosti, ki temelji tudi na njenem delu (Pregl, 1990). Upravičeno lahko domnevamo, da bi mejnike žensk v gradbeništvo postavljali v mnogo zgodnejša leta, če usoda ne bi prekinila njene znanstvene poti (Vodopivec, 2020a).

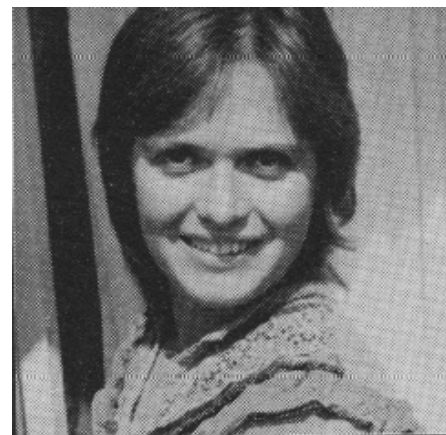


Slika 7 • Carmen Jež Gala, 1925–1965 (IMK, 2018).

Jež Gala (slika 7), ki je leta 1965 dosegla naziv docentke (Zemljič, 1979), vendar je istega leta življenje izgubila v prometni nesreči (In memoriam, 1965). Carmen Jež Gala se je rodila leta 1925 v Beogradu. Diplomirala je na Oddelku za gradbeništvo leta 1952 in se kmalu nato zaposlila kot asistentka pri Katedri za metalne konstrukcije. Raziskovalno je delovala

Leta 1964 se je kot asistentka zaposlila Darinka Battelino (Zemljič, 1979), leta 1971 Petra Lončar, med letoma 1971 in 1977 je bila zaposlena kot asistentka Marinka Vitek in nato od leta 1977 kot asistentka Marija Bogataj (Zemljič, 1979). Marija Bogataj (slika 8) je po osnovni izobrazbi matematik in od leta 1979 magistrica znanosti operacijskih

raziskav. Leta 1983 je doktorirala in nato leta 1989 postala druga izredna profesorica na UL FAGG. Prva redna profesorica na tej fakulteti je leta 2011 postala Tatjana Isaković (r. 1960) (Chronomomowo, 2017).



Slika 8 • Marija Bogataj (1950) (Koželj, 1989).

Na oddelku za geodezijo oziroma VTOZD Geodezija zbornik navaja, da sta se kot prvi ženski leta 1977 na asistentskem mestu zaposlile Majda Čuček Kumelj in Vesna Ježovnik. Doktorice znanosti področje v tistem času ni imelo, med magistrkami znanosti pa je navedena Marija Cerkenik (Zemljič, 1979), ki je leta 1977 magistrirala na študijskem programu IPŠPUP (UL FGG, 2017).

Za obdobje od leta 1981 naprej so podatki o zastopanosti žensk med zaposlenimi pridobljeni iz letnih poročil fakultete, ki jih hrani knjižnica UL FGG (Saje, 1982–1990). Tabela prikazuje število žensk, zaposlenih na UL FAGG od leta 1981 do 1990 (zajete so operaterke, laborantke, stažistke, asistentke, višje predavateljice, docentke in od 1987. izredne profesorice) in število žensk med doktorji znanosti v tem obdobju (preglednica 4).

Tabela pokaže, da je bila leta 1981 med vsemi doktorji znanosti le ena ženska (Battelino), od leta 1983 do 1990 pa sta bili dve (Battelino in Bogataj). Med magistrkami znanosti je bila leta 1981 ena (Bogataj), naslednja pa se ji pridruži šele leta 1986, ko magistrira Vesna Ježovnik. Stanje ostane nespremenjeno tudi leta 1987, s to razliko, da je bila Darinka Battelino izvoljena v naziv izredne profesorice. Leta 1988 se pridruži še ena magistrica znanosti, Branka Berce Bratko, nato pa leta 1989 število magistric skokovito naraste na sedem in se leta 1990 ustali na šest.

Analiza poročil UL FAGG, ki so, kot že rečeno, dostopna od leta 1981, pokaže, da

Leto	Št. zaposlenih	Št. žensk med zaposlenimi	Št. dr. znanosti	Št. žensk med dr. znanosti
1981	92	15	24	1
1982	93	13	24	1
1983	93	14	29	2
1984	99	16	29	2
1985	98	14	30	2
1986	111	18	30	2
1987	122	21	32	2
1988	132	19	30	2
1989	136	29	34	2
1990	136	27	33	2

Preglednica 4 • Prikaz števila zaposlenih, števila žensk med zaposlenimi, števila doktorjev znanosti in števila žensk med doktorji znanosti na UL FAGG od leta 1981 do 1990. Med doktoricami znanosti sta ženske zastopali Darinka Battelino in Marija Bogataj (Saje, 1982–1990).

se je odstotek zaposlenih žensk na FAGG, oddelkih za gradbeništvo in geodezijo, v desetletju od 1980 do 1990 gibal med 14 % in 20 %, pri čemer se je delež začel opazneje dvigati po letu 1988 (preglednica 5). Med nazivi je največje povečanje števila

mladih raziskovalcev, od tega 11 žensk (Koželj, 1989).

Na začetku 80. let so ženske zasedale nižja mesta z le eno docentko (Battelino), od leta 1983 pa z dvema (Battelino, Bogataj) in s skromno zastopanostjo med magistri zna-

vedno z bistveno nižjim povprečnim nazivom (leta 1990 sta med 33 doktorji znanosti še vedno le dve ženski).

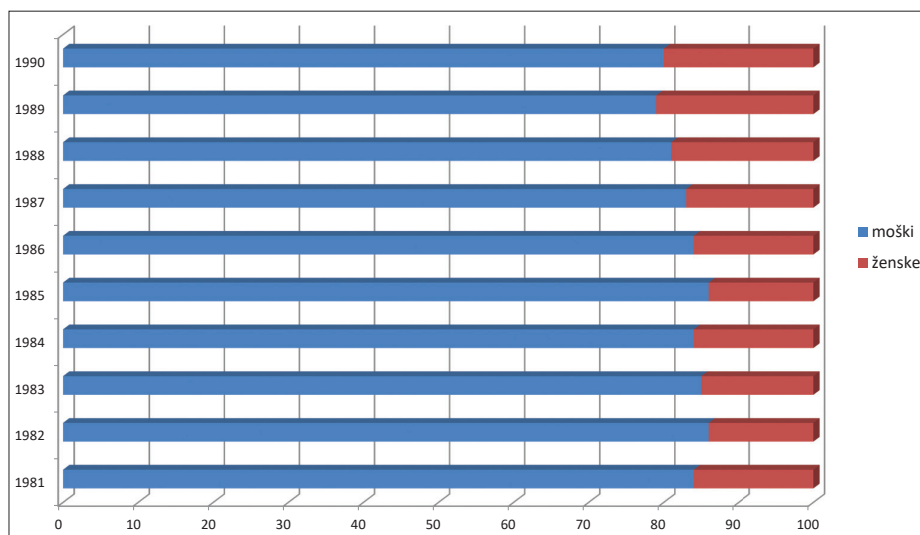
Študijski program IPŠPUP leta 1998 med profesorji, ki so predavali na tem programu, navaja le eno žensko, in sicer Marijo Bogataj, ki je predavala statistiko (Zavodnik Lamovšek, 2018).

Zbornik, izdan leta 1989 ob 70-letnici FAGG, med pedagoško-raziskovalnimi sodelavci navaja šest žensk v gradbeništvo: Majda Zakrajšek (asistentka, dipl. inž. grad.), dr. Darinka Battelino (izr. prof., dipl. inž. grad.), Ana Gaberc (asistentka, dipl. inž. grad.), Duška Tomšič Martelanc (asistentka, dipl. inž. grad.), dr. Marija Bogataj (docentka, prof. mat.), Maruška Šubic (asistentka, dipl. inž. kom.), in dve na geodeziji: mag. Vesna Ježovnik (višja predavateljica, dipl. inž. geod.), Majda Čuček Kumelj (asistentka, dipl. inž. geod.). Le v seznamu zbornik navede mlade raziskovalke in drugo pedagoško raziskovalno osebje (laborantke).

Dokumenti pričajo, da UL FAGG do leta 2001 ni imela ne dekanje, ne prodekanje, niti predstojnice, namestnice ali pomočnice predstojnika takratnih visokošolskih organizacijskih enot. Prva prodekanja je leta 2001 postala Maruška Šubic Kovač, in sicer za študentske zadeve, istega leta pa je po funkciji postala tudi predsednica Odbora za Prešernove nagrade študentom in s tem tudi prva ženska članica Senata UL FGG ((Mikoš, 2002), (Vodopivec, 2020c)). Leta 2005 je postala predsednica Komisije za študijske zadeve. Istega leta je postala predsednica Akademskega zbora UL FGG Mojca Kosmatin Fras (Hudin, 2005). Leta 2006 postane članica senata tudi Teja Koler Povh, in sicer kot predsednica Komisije za tisk (Hudin, 2007).

5.2 Gradbeni vestnik

Gradbeni vestnik je strokovno glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije in izhaja od leta 1951 ((Bubnov, 1989), (Gradbeni vestnik, 2020), (Koler Povh, 2011)). Velja za osrednje glasilo gradbene stroke in prinaša tako izvirne in strokovne članke kot poročila o projektih in o delu večjih gradbenih podjetij, intervjuje, preglede, poročila, novice in druge prispevke s področja. Je izredno bogat vir ne le za zgodovino gradbeništva, temveč tudi za zgodovino razvoja mest, prometa, energetike, turizma, varstva okolja, pa tudi urbanizma, prostorskega načrtovanja, arhitekture, ohr-



Preglednica 5 • Razmerje med zaposlenimi moškimi in ženskami na UL FAGG, 1981–1990, v odstotkih (Saje, 1982–1990).

zaposlenih žensk moč zaznati med stažisti. Število stažistov je po letu 1985 skokovito naraščalo, delež žensk pa je predstavljal okoli 30 %. Povečano število raziskovalcev stažistov, tako moških kot žensk, je nedvomno povezano z uvedbo programa mladih raziskovalcev leta 1985 (Györköš, 2016). Leta 1989 je bila na UL FAGG 41

nosti (ena do dve). Pomembno je leto 1987, ko je imenovana prva izredna profesorica, prelom pa nastane leta 1989, ko se kot posledica večjega števila žensk med stažisti bistveno poveča tudi število magistric znanosti. Konec desetletja tako lahko govorimo o okoli 20 % zastopanosti žensk med pedagoškim in raziskovalnim kadrom na UL FAGG, vendar še



Slika 9 • Edita Sovinc, 1926–1978 (Sovinc, 2019).

njanja kulturne dediščine in vpliva takratne politike na stroko. Prav tako je s kvantitativno analizo pojavljanja avtoric skozi leta mogoče opazovati uveljavljanje žensk v gradbeni stroki.

Gradbeni vestnik so do danes urejali moški (Ljudevit Skaberne 1951–1962, Sergej Bubnov 1963–1987, Franc Čačovič 1988–1999, Janez Duhovnik 2000–2020 in od avgusta 2020 naprej Sebastjan Bratina), ki so bili v večini tudi v uredniškem odboru (od 2004 se preimenuje v Izdajateljski svet); prva ženska članica odbora je bila inženirka kemije Branka Zatlter Zupančič, ki je bila imenovana leta 1983, torej v 32. letu izhajanja revije, in je bila članica do leta 1992. Sledile so ji inženirka kemije Damijana Dimic (leta 1996), inženirka gradbeništva Janja Perović Marolt (od leta

2001 do 2003) in inženirka gradbeništva Mojca Ravnikar Turk, kot predstavnica ZAG (od 2014).

Prva avtorica, ki je v Gradbenem vestniku objavila kakršenkoli prispevek, je bila leta 1956 inženirka gradbeništva Carmen Jež Gala. Šlo je za izvirni znanstveni članek (Jež Gala, 1956/57). Ista avtorica je leto zatem v reviji objavila kar dva izvirna znanstvena članka ((Jež Gala, 1956/57a), (Jež Gala, 1956/57b)), kar je bil dosežek, ki ga posamezna avtorica v reviji do konca obravnavanega obdobja, torej do leta 1990, ni več ponovila. Leta 1963 je izvirni članek objavila inženirka gradbeništva Neža Exel (Exel, 1963), ki prevladuje do leta 1977 kot avtorica izvirnih razprav in prispevkov v prilogi Informacije ZRMK, ki je začela izhajati

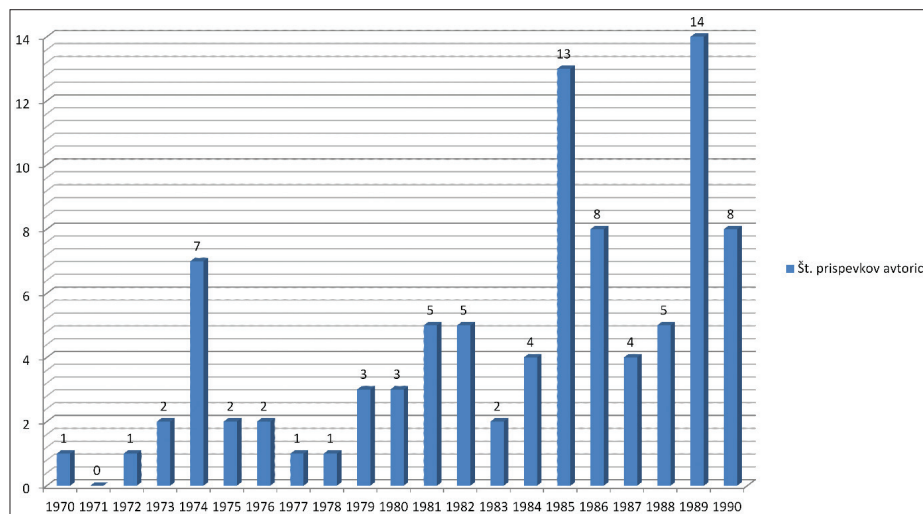
1967. in ki je prinašala novosti in dosežke zavoda. V 70. letih se v Vestniku pojavljajo tudi avtorice z drugih področij, na primer ekonomistka Desanka Spasojevič, ki je leta 1974 pisala o ekonomskem pomenu in vlogi gradbeništva ((Spasojevič, 1974a), (Spasojevič, 1974b)).

Na splošno velja, da se ženske avtorice sprva pogostejše pojavljajo kot avtorice v prilogi Informacije ZRMK, kar daje slutiti, da so bile relativno dobro zastopane v raziskovalni sferi zavoda, potrditve tega pa seveda zahteva nadaljnje raziskovanje. Možno je, da so bile avtorice sicer zastopane v večjem številu, kot je prikazano tukaj, saj je Gradbeni vestnik v različnih obdobjih prinašal vrsto nepodpisanih prispevkov, predvsem raznih poročil. Dejstvo pa je, da so bile razprave, torej izvirni prispevki, vedno podpisani in na tem segmentu tako avtoric ni bilo mogoče spregledati.

Sistematični pregled Gradbenega vestnika v obdobju od 1970 do 1990 je razkril še eno pionirko slovenskega gradbeništva, Edito Sovinc (slika 9). Delovala je na področju geomehanike, in sicer tako raziskovalno kot z delom na terenu, po čemer so jo sodelavci, kot je razbrati iz zapisa ob njeni smrti, še posebej cenili. Diplomirala je leta 1956 na Oddelku za gradbeništvo in se še kot študentka leta 1949 zaposlila na Gradbenem inštitutu (sedanji ZRMK), kjer je delovala vso svojo poklicno pot, na koncu kot vodja geomehanskega laboratorija ((A. G., 1978), (Vodopivec, 2020b)).

V 80. letih so ženske avtorice postale stalnica tako med avtoricami razprav kot med avtoricami Informacij ZRMK in drugih poročil. Gre za gradbenice pa tudi arhitektke (na primer Elza Črepinšek, ki je pisala o stanovanjski gradnji ((Črepinšek, 1981), (Črepinšek, 1986))) in strokovnjakinje drugih ved (na primer kemičarki Damijana Dimic in Vera Apih, ki sta pogosto poročali o raziskavah ZRMK). Z vidika ženskih prispevkov je pomembno leto 1985, ko so štiri od sedmih razprav v številki, posvečeni agregatom, prispevale ženske (Gradbeni vestnik, 1985).

Preglednica prikazuje, kako se je gibalo število avtoric v Gradbenem vestniku v obdobju od leta 1970 do 1990 (preglednica 6). Odstopanje navzgor leta 1974 je povezano s prispevki že omenjene Desanke Spasojevič in pa s prispevki v Informacijah ZRMK, ki so jih podpisale avtorice. Leto 1985 kaže na že omenjeno prelomnico, močno pa je tudi leto 1989, kar gre pripisati tako prispevkom v segmentu razprav kot poročil ZRMK.



Preglednica 6 • Grafični prikaz števila prispevkov avtoric v Gradbenem vestniku od leta 1970 do 1990 (Gradbeni vestnik, 2017).

6 • SKLEP

Rezultati kvantitativne analize, predstavljeni v prispevku, kažejo, da se je na Slovenskem preboj žensk v gradbeništvu in geodeziji zgodil v desetletjih od 1970 do 1990, tako v izobraževanju kot v akademskem okolju. To obdobje sovпада z vrhuncem povojne gradbene dejavnosti v Sloveniji in Jugoslaviji, ki je sledilo prenovi po drugi svetovni vojni, industrializaciji in takratni socialni in stanovanjski politiki ter s tem povezanim napredkom in razširitvijo področja. Posledično je raslo število zaposlenih v tej panogi, povečeval pa se je tudi vpis na študij gradbeništva in geodezije na Univerzi v Ljubljani.

Prva doktorica gradbeništva je postala Darinka Battelino leta 1976, število doktoric znanosti pa se je povečalo šele po letu 1990. So

pa doktorice znanosti s področja znanosti v skladu s takratnim izobraževalnim sistemom, v katerem je bil znanstveni magistrerij samostojna stopnja, nujna za pridobitev doktorata, v sedemdesetih in osemdesetih letih 20. stoletja zaključile magistrski študij. Za večjo zastopanost žensk med diplomantkami na UL FAGG je pomemben študijski program IPŠPUP; do konca programa beležimo med diplomanti 48 % žensk, kar je med najvišjimi odstotki med vsemi študijskimi programi, obravnavanimi v prispevku. Konec 80. let so ženske predstavljale okoli 20 % raziskovalcev in pedagoškega kadra na UL FAGG, zasedale pa so nižja mesta kot njihovi kolegi. Ženske avtorice so se v Gradbenem vestniku pojavile zgodaj, že v 50. letih, kar pa gre pripisati izključno prispevkom

Carmen Jež Gala. Konec 60. let in v 70. se število avtoric poveča zlasti zaradi prispevkov, ki poročajo o dosežkih iz gospodarstva.

Poglobljena analiza družbenorazvojnega konteksta in razvoja gradbene stroke v drugi polovici 20. stoletja ter analiza položaja in vloge pionirk gradbeništva in geodezije ponujata razumevanje vzrokov za večjo zastopanost žensk v izobraževanju in akademskem svetu. Med vzroki izstopajo uzakonjenje enakih možnosti, demografska gibanja in gospodarska vloga gradbeništva. Dostop do izobrazbe, ženskam naklonjena socialna politika, vpis generacije *baby boom* na univerze zaradi konjunkturalne privlačnosti panoge gradbeništva in vpeljava programa Mladih raziskovalcev v 80. letih so torej ključni dejavniki, ki so vplivali na večjo zastopanost žensk na študiju gradbeništva in geodezije ter posledično v akademskem svetu obeh področij.

7 • ZAHVALA

Raziskovalno delo je potekalo v okviru evropskega projekta MoMoWo – Ustvarjalnost žensk od modernizma dalje, ki ga je financiral program EU Kultura 2007–2013, in v okviru raziskovalnega programa Slovenska umetnostna identiteta v evropskem

okviru (P6-0061), ki ga izvaja Umetnostnozgodovinski inštitut Franceta Steleta ZRC SAZU in financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Za pomoč pri iskanju podatkov in vsebinske usmeritve se zahvaljujem Darinki Batteli-

no, Primožu Banovcu, Darji Grum Maček, Andreju Sovincu, Borutu Bundari, Sergeju Gala, Borutu Dobovišku, Roku Žarniču, Teji Japelj, Elizabeti Adamlje, Teji Koler Povh, Jelki Rovaršek, študentskemu referatu Fakultete za gradbeništvo, promet in arhitekturo Univerze v Mariboru (Simona Kosi in Tatjana Rojs) in študentskemu referatu Tehnične univerze na Dunaju.

8 • LITERATURA

A. G., Edi Sovinčevi v slovo, Gradbeni vestnik, XXVII, 6, 126, 1978.

Antić Gaber, M. (ur.). Ženske na robovih politike, Ljubljana: Sophia, 2011.

Arhiv Republike Slovenije, SI AS 73, Kraljevska banska uprava Dravske banovine, Tehnični oddelek (1929–1941), 2016.

Battelino, D., Bleiweis, J., Gradbeniško šolstvo, v: Enciklopedija Slovenije 3, Alenka Dermastia (ur.), Ljubljana: Mladinska knjiga, 354, 1989.

Battelino, D., zasebni arhiv, 2016.

Berend, T. I., Gospodarska zgodovina Evrope v 20. stoletju, Ljubljana: ZRC SAZU in Modrijan, 2013.

Brezar, V., Bleiweis J., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, v: Enciklopedija Slovenije 3, Alenka Dermastia (ur.), Ljubljana: Mladinska knjiga, 77–78, 1989.

Brezar, V., Saje, M., Vodopivec, F., Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, v: 75 years of continuous work of the University of Ljubljana 1919–1994, Mojca Repež (ur.), Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 40–45, 1994.

Bubnov, S., Raziskovalna dejavnost v gradbeništvu, Gradbeni vestnik, XIX, 11, 307–311, 1970.

Bubnov, S., Gradbeništvo v procesu gospodarske stabilizacije, Gradbeni vestnik, XXXIII, 7, 151–152, 1984.

Bubnov, S., Gradbeni vestnik, v: Enciklopedija Slovenije 3, Alenka Dermastia (ur.), Ljubljana: Mladinska knjiga, 358, 1989.

Chronomomowo. International Travelling Exhibition MoMoWo. | 100 Works in 100 Years. | European Women in Architecture and Design. | 1918–2018, razstava, Ljubljana: Atrij ZRC SAZU, 4. april – 4. maj 2017.

Čadež, V., Osnove za perspektivni program razvoja gradbeništva in industrije gradbenega materiala 1964–1970, Gradbeni vestnik, XIII, 8/9, 149–162, 1964.

Čadež, V., Gradbeništvo, v: Enciklopedija Slovenije 3, Alenka Dermastia (ur.), Ljubljana: Mladinska knjiga, 354–358, 1989.

- Črepinšek, E., Razvoj fleksibilne stanovanjske gradnje v GIP INGRAD Celje, *Gradbeni vestnik*, XXX, 12, 284, 1981.
- Črepinšek, E., Montažni sistem INGRAD iz ploskovnih elementov, *Gradbeni vestnik*, XXXV, 8/9, 135–136, 1986.
- Dobovišek, B., zasebni arhiv, 2020.
- Exel, N., Problematika žice na napeti beton, *Gradbeni vestnik*, XII, 10, 240–245, 1963.
- Franchini, C. (ur.), Garda, E. (ur.), *Women's Creativity since the Modern Movement. An European Cultural Heritage*, Torino: Politecnico di Torino, 2018.
- Glažar, J., Gospodarski položaj gradbeništva in IGM Slovenije v preteklem in tekočem srednjeročnem obdobju, *Gradbeni vestnik*, XXXVII, 4–6, 58–61, 1988.
- Gradbeni vestnik*, XXXIV, 10/11, 1985.
- Gradbeni vestnik*, arhiv revije, 2017.
- Gradbeni vestnik*, spletna stran glasila Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije - <http://www.zveza-dgits.si/gradbeni-vestnik>, datum vpogleda 16.11.2020, 2020.
- Grum, zasebni družinski arhiv, 2018.
- Györkös, J. (ur.), Glavič Novak, T. (ur.), >30. Več kot 30 let programa Mladi raziskovalci, Ljubljana: ARRS, https://www.arrs.si/sl/analize/publ/inc/ARRS_MR30_zbornik.pdf, 2016.
- Hudin R. (ur.), Koler Povh T. (ur.), Mikoš M. (ur.), Poročilo UL FGG za leto 2005, Ljubljana: UL FGG, 2005.
- Hudin R. (ur.), Koler Povh T. (ur.), Mikoš M. (ur.), Poročilo UL FGG za leto 2006, Ljubljana: UL FGG, 2007.
- IMK, Inštitut za metalne konstrukcije, arhiv inštituta, 2018.
- In memoriam Carmen Jež Gala, *Gradbeni vestnik*, XIV, 10, 193, 1965.
- Jeraj, M., Slovenke na prehodu v socializem. Vloga in položaj ženske v Sloveniji 1945–1953, Ljubljana: Arhiv Republike Slovenije, 2005.
- Jež Gala, C., Prispevek k računanju nosilcev na elastični podlagi, *Gradbeni vestnik*, VII, 39/40, 113–117, 1955/56.
- Jež Gala, C., Uporaba plastostatike pri jeklenih konstrukcijah, *Gradbeni vestnik*, VIII, 47/50, 159–171, 1956/57a.
- Jež Gala, C., Današnje stanje raznih predpisov o stabilitetnih problemih pri jeklenih konstrukcijah, *Gradbeni vestnik*, VIII, 47/50, 129–136, 1956/57b.
- Judt, T., Povojna Evropa. 1945–2005, prva knjiga, Ljubljana: Mladinska knjiga, 2007.
- Koler Povh, T. et al., Analiza znanstvenih objav v slovenskem gradbeništvu in geodeziji na primeru UL FGG, *Geodetski vestnik*, 55, 4, 764–780, 2011.
- Koželj, J. (ur.), Zemljič, V. (ur.), Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo 1979–1989. Jubilejni zbornik ob sedemdesetletnici Univerze v Ljubljani in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. *Gradbeništvo in geodezija*, Ljubljana: FAGG, 1989.
- Majes, B. (ur.), Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1989–2009. Jubilejni zbornik ob devetdesetletnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2009.
- Marsel, M., Vpliv svetovne finančne krize na gradbeništvo s poudarkom na Sloveniji, tipkopis diplomskega dela, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta, Maribor: 2011.
- Megušar, M., Program dolgoročnega razvoja v gradbeništvu, *Gradbeni vestnik*, XIX, 11, 312–217, 1970.
- Mikoš, M. (ur.), Hudin R. (ur.), Poročilo UL FGG za leto 2001, Ljubljana: UL FGG, 2002.
- Odluka o proglašenju ustava Federativne Narodne Republike Jugoslavije, Službeni list Federativne Narodne Republike Jugoslavije, 74–94, 1. februar 1946.
- Pregl, M. (ur.), Zbirka nalog iz trdnosti, učbenik, Ljubljana: UL FAGG, 1990.
- Resolucija o razvoju gradbeništva v SR Sloveniji v prihodnjem obdobju (Skupščina SR Slovenije, 19. 10. 1964), *Gradbeni vestnik*, XIII, 11, 197–199, 1964.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1981, Ljubljana: FAGG, 1982.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1982, Ljubljana: FAGG, 1983.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1983, Ljubljana: FAGG, 1984.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1984, Ljubljana: FAGG, 1986.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1985, Ljubljana: FAGG, 1986.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1986, Ljubljana: FAGG, 1987.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1987, Ljubljana: FAGG, 1988.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1988, Ljubljana: FAGG, 1989.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1989, Ljubljana: FAGG, 1990.
- Saje, M. (ur.), Poročilo o strokovnem in raziskovalnem delu v letu 1990, Ljubljana: FAGG, 1991.

- Seražin, H., *First Generations of Women in Architecture and Design at University of Ljubljana*, Ljubljana: Založba ZRC, Proceedings of the 2nd MoMoWo International Conference-Workshop, Ljubljana: ZRC SAZU, 2016, str. 57–62, https://uifs.zrc-sazu.si/sites/default/files/eng_proceedings_2_2.pdf, 2016.
- Seražin, H. (ur.), *V ospredje. Pionirke slovenske arhitekture, gradbeništva in oblikovanja*, Ljubljana: Založba ZRC, 2020.
- Skulj S., *Gradbeništvo včeraj, danes, jutri*, *Gradbeni vestnik*, XXXI, 11, 194–197, 1982.
- Skulj, S., *Gradbeništvo v pogojih gospodarske stabilizacije*, *Gradbeni vestnik*, XXXIII, 7 157–160, 1984.
- Smolej, A., zasebni arhiv, 2016.
- Sovinc, A., zasebni arhiv, 2018.
- Spasojević, D., *Vloga, ekonomski pomen in mesto našega gradbeništva v zadnjih letih*, *Gradbeni vestnik*, XXIII, 5, 142–148, 1974a.
- Spasojević, D., *Vloga, ekonomski pomen in mesto našega gradbeništva v zadnjih letih*, *Gradbeni vestnik*, XXIII, 6/7, 186–189, 1974b.
- Stropnik, J., *Fakulteta za strojništvo. 65 let začetka študija strojništva, 40 let visokošolskega študija strojništva v Sloveniji*, Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 1985.
- Štor, M., *Največje ekonomske krize in njihov vpliv na svetovne kapitalske trge*, tipkopis diplomskega dela, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta: 2002.
- Trauner, L., *30 let študija VTO gradbeništvo*, *Gradbeni vestnik*, XXXIX, 1/2, 2–4, 1990.
- Turnšek, V., *Doseženo stanje tehničnega razvoja v gradbeništvo in njegove perspektive*, *Gradbeni vestnik*, XIX, 11, 304–307, 1970.
- TUW, *Tehnična univerza na Dunaju, arhiv ustanove*, 2017.
- UL FGG, *arhiv Referata za študijske zadeve Fakultete za gradbeništvo in geodezijo*, Univerza v Ljubljani, 2017.
- UM FGPA, *arhiv Referata za podiplomski študij Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo*, Univerza v Mariboru, 2017.
- UL FGPA, *spletna stran Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo* - <http://www.fgpa.um.si>, Univerza v Mariboru, datum vpogleda 4.12.2018, 2018.
- Valentinčič, J., *Poročilo o problemih in pogojih za razvoj gradbeništva v SR Sloveniji*, *Gradbeni vestnik*, XIII, 10, 188–192, 1964.
- Vižintin, J., *Dejavnost in cilji ZRMK*, *Gradbeni vestnik*, XXIX, 10, 213–217, 1980.
- Vodopivec, P., *Od Pohlinove slovnice do samostojne države. Slovenska zgodovina od konca 18. do konca 20. stoletja*, Ljubljana: Modrijan, 2010.
- Vodopivec, B., *Sonja Lapajne Oblak, v: Momowo. 100 Works in 100 Years. European Women in Architecture and Design 1918–2018*, Ana Maria Fernández García et al. (ur.), Ljubljana, Torino: Založba ZRC, 54–55, 2016.
- Vodopivec, B., *Darinka Battelino, v: Novi slovenski biografski leksikon, zv. 2, Barbara Šterbenc Svetina (ur.)*, Ljubljana: Založba ZRC, 179–180, 2017.
- Vodopivec, B., *Women in Slovenian Civil Engineering in the 1970s and 1980s. Education and Academia, v: Proceedings of the 3rd MoMoWo International Conference-Workshop*, Ljubljana: Založba ZRC, 134–146, https://uifs.zrc-sazu.si/sites/default/files/eng_proceedings_3_3.pdf, 2018a.
- Vodopivec, B., *Women in Conservation Profession in Socialist Yugoslavia. Some Comparative Perspectives, v: Women's Creativity since the Modern Movement (1918–2018). Toward a New Perception and Reception*, Caterina Franchini (ur.), Emilia Maria Garda (ur.), Helena Seražin (ur.), Ljubljana: Založba ZRC, 280–288, <https://zalozba.zrc-sazu.si/sl/publikacije/toward-a-new-perception-and-reception#v>, 2018b.
- Vodopivec, B., *Carmen Jež Gala, v: V ospredje. Pionirke slovenske arhitekture, gradbeništva in oblikovanja*, Helena Seražin (ur.), Ljubljana: Založba ZRC, 90–95, 2020a.
- Vodopivec, B., *Edita Sovinc, v: V ospredje. Pionirke slovenske arhitekture, gradbeništva in oblikovanja*, Helena Seražin (ur.), Ljubljana: Založba ZRC, 168–173, 2020b.
- Vodopivec, B., *Maruška Šubic Kovač, v: V ospredje. Pionirke slovenske arhitekture, gradbeništva in oblikovanja*, Helena Seražin (ur.), Ljubljana: Založba ZRC, 198–203, 2020c.
- Vrečko, F., *Zakaj ni učencev v gradbenih šolah*, *Gradbeni vestnik*, XXXIV, 9, 192–193, 1985.
- Zavodnik Lamovšek, A., *Prostorski načrtovalci 21. stoletja*, Ljubljana: UL FGG, 2018.
- Zemljič, V. (ur.), *Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo 1919–1979. Ob šestdesetletnici visokošolskega študija arhitekture, gradbeništva in geodezije v Ljubljani*, Ljubljana: FAGG, 1979.
- Zemljič, V., *Študij gradbeništva skozi 70 let*, *Gradbeni vestnik*, XXXIX, 10/11, 198–205, 1990.
- Žitnik, D., Dolenc, M., Trbižan, M., Likar, J., Šimenc, B., Kaše, J., *Sto let gradbene šole v Ljubljani in gradbenega šolstva na Slovenskem*, Ljubljana: Srednja gradbena šola Ivana Kavčiča Ljubljana, 1989.

PARAMETRIČNO MINLP OPTIMIRANJE SOVPREŽNEGA STROPNEGA SISTEMA Z I-NOSILCI

PARAMETRIC MINLP OPTIMIZATION OF A COMPOSITE I BEAM FLOOR SYSTEM

doc. dr. Tomaž Žula, univ. dipl. inž. grad.

tomaz.zula@um.si

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

stojan.kravanja@um.si

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo,
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

Znanstveni članek

UDK: 519.853:627.072.2

Povzetek | Prispevek obravnava primerjalno študijo optimalnega sovprežnega stropnega sistema, ki temelji na izvedenem parametričnem mešano celoštevilskem nelinearnem programiranju, MINLP. Sovprežni stropni sistem sestavljajo jekleni I-nosilci in armiranobetonska plošča. Nosilci so lahko varjeni I-profil, vroče valjani IPE-profil ali vroče valjani HEA-profil. Razviti so optimizacijski modeli, ki vsebujejo podrobno namensko funkcijo lastnih izdelavnih stroškov konstrukcije, podvrženih pogojem statike konstrukcij in dimenzioniranja. Pogojne enačbe dimenzioniranja so določene v skladu z Evrokodom 4. Za reševanje nekonveksnega, nelinearnega in kombiniranega diskretno-zveznega optimizacijskega problema sovprežnega stropnega sistema smo uporabili modificirani algoritem zunanje aproksimacije s sprostitvijo enačb, OA/ER. Minimalni lastni izdelavni stroški konstrukcije, optimalna trdnost betona in konstrukcijskega jekla ter dimenzije prečnega prereza stropnega sistema so bili za različne razpone in materiale doseženi z vsako posamezno MINLP-optimizacijo. Iz izračunanih optimalnih rezultatov smo izrisali primerjalne diagrame, ki omogočajo inženirju izbrati optimalno konstrukcijo sovprežnega stropnega sistema.

Glavne besede: sovprežne konstrukcije, stroškovno optimiranje, optimiranje konstrukcije, parametrično optimiranje, mešano celoštevilsko nelinearno programiranje, MINLP

Summary | This paper deals with a comparative study of an optimal design in terms of composite floor structures based on the performed multi-parametric mixed-integer non-linear programming, MINLP. The composite floor system is designed to be made of the steel I sections and concrete slab. Steel sections are proposed to be designed of welded I cross-sections, hot-rolled IPE cross-sections or hot-rolled HEA cross-sections. Optimization models were developed, in which an accurate cost objective function is subjected to structural analysis and dimensioning (in)equality constraints. Dimensioning constraints were determined according to Eurocode 4. The Modified Outer-Approximation/Equality-Relaxation algorithm, OA/ER, was applied to solve the non-convex, non-linear and combined discrete-continuous optimization problem of the composite structure. The minimal self-manufacturing costs of the structure, steel and concrete grades and standard sizes were for different spans and loads obtained through individual MINLP optimizations. All results were analysed and compared. Comparison diagrams were determined, which allow the engineer to select the optimal design of the composite floor system.

Key words: composite structures, cost optimization, structural optimization, parametric optimization, mixed-integer non-linear programming, MINLP

1 • UVOD

V prispevku predstavljamo študijo parametričnega optimiranja sovprežnih stropnih sistemov, sestavljenih iz armirano-betonske plošče in jeklenih I-nosilcev. Za določitev optimalne stropne konstrukcije (optimalne dimenzije in trdnosti materialov) je bila za različne parametre, kot so različni razponi, odpornosti in prerezi, izvedena serija optimizacij s pomočjo mešanega celoštevilskega nelinearnega programiranja (MINLP). Ker sovprežno konstrukcijo sestavljata dva osnovna materiala, armirani beton in jeklo, smo namesto mase optimirali izdelavne stroške sovprežne konstrukcije.

Optimizacija sovprežnih konstrukcij je postala priljubljeno področje med raziskovalci predvsem zaradi vedno večje uporabe v inženirski praksi. V preteklosti se je kar nekaj avtorjev ukvarjalo z optimizacijo različnih sovprežnih stropnih sistemov, pri čemer so uporabljali različne optimizacijske metode in algoritme. Na primer Klanšek in Kravanja ((Klanšek, 2006a), (Klanšek, 2006b)) sta za raziskavo konkurenčnosti različnih sovprežnih stropnih sistemov uporabila metodo nelinearnega programiranja (NLP). V nadaljevanju so naštetih raziskovalci za optimalni dizajn sovprežnih konstrukcij uporabili različne algoritme: Poitras idr. roj delcev (particle swarm optimization) (Poitras, 2011), Omarkar idr. algoritem kolonije čebel (artificial bee colony) (Omarkar, 2011), Kaveh in Massoudi sta uporabila algoritem kolonije mravelj (ant colony system) (Kaveh, 2012), Kravanja idr. metodo mešanega celoštevilskega nelinearnega programiranja (Kravanja, 2017).

Parametrično optimizacijo le poredko zasledimo v literaturi. Na tem področju sta Seno-

uci in Al-Ansari (Senouci, 2009) predstavila parametrično študijo sovprežnih nosilcev z uporabo genetskega algoritma. Parametrična študija je bila izvedena za tri obtežbe (spremenljiva obtežba: 6 kN/m², 7 kN/m², 13,0 kN/m² in 16,3 kN/m²) in za štiri razpone sovprežnega nosilca (4 m, 6 m, 8 m in 10 m). Za jeklene nosilce sta uporabila širokopasovne ameriške profile. Kaveh in Ahangaran (Kaveh, 2012) sta izvajala parametrično študijo sovprežnih stropov z uporabo algoritma družbenega harmonijske iskanja (social harmony search). Optimalni dizajn stropnega sistema sta iskala pri treh različnih spremenljivih obtežbah (2 kN/m², 3 kN/m² in 4 kN/m²), štirih razponih (5 m, 6 m, 7 m in 8 m) in z različnimi standardnimi I- in IPE-profilii.

V pričujoči parametrični študiji smo v optimizacijo vključili 5 različnih razponov stropnega sistema (5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m), pri čemer je konstrukcija bila obremenjena z lastno težo in koristno obtežbo 4 kN/m². Optimalna konstrukcija sovprežnega stropnega sistema je bila dobljena pri naslednjih možnih materialnih/dimenzijskih alternativah: pri različnih konstrukcijskih jeklih, različnih trdnosti betona, različnih prerezi jeklenih nosilcev (varjeni I-profilii, standardni jekleni IPE-profilii in standardni HEA-profilii), različnih armaturnih mrežah betonske plošče, različnih zaokroženih/diskretnih debelinah armiranobetonske plošče, različnih odpornostih sovprežnega prereza (plastična in elastična odpornost), različnih legah nevtralnih osi in pri različnih legah težiščnih osi idealiziranega (popolnoma jeklenega) sovprežnega prereza.

V študiji smo izvedli stroškovno optimiranje sovprežnega stropnega sistema, kjer

je stroškovna namenska funkcija podvržena pogojnim (ne)enačbam, poznanim iz analize in dimenzioniranja sovprežnih konstrukcij. Pogoji dimenzioniranja so definirani v skladu z Evrokodi 0, 1, 2, 3 in 4 ((SIST, 2004a), (SIST, 2004b), (SIST, 2005a), (SIST, 2005b) in (SIST, 2005c)), po katerih je konstrukcija preverjena z določili mejnih stanj nosilnosti (MSN) in mejnih stanj uporabnosti (MSU). Za optimiranje smo uporabili metodo mešanega celoštevilskega nelinearnega programiranja (MINLP). Z MINLP se sočasno izvaja diskretno optimiranje standardnih dimenzij (standardnih jeklenih prerezov nosilcev in armaturnih mrež), diskretno optimiranje materiala (trdnostnega razreda betona in jekla), diskretno optimiranje zaokroženih dimenzij (debeline armiranobetonske plošče) in optimiranje zveznih parametrov (stroškov, mase).

Diskretno/zvezni MINLP optimizacijski problem sovprežnega stropnega sistema je obsežen, nekonvexen in nelinearen. Zato smo optimizacijo izvedli s pomočjo modificiranega algoritma zunanje aproksimacije s sprostitvijo enačb (The Modified OA/ER), ((Kravanja Z., 1994), (Kravanja S., 1998a), (Kravanja S., 1998b)). Za možne kombinacije med prej opisanimi različnimi parametri smo izvedli številne posamezne MINLP-optimizacije. Dobljene optimalne rezultate smo primerjali in analizirali. Končni rezultat predstavljajo izrisani primerjalni diagrami, s pomočjo katerih lahko za izbrani razpon določimo optimalno konstrukcijo sovprežnega sistema.

pri čemer je funkcija $f(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ namenska funkcija z in $g_k(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ je množica pogojnih enačb in neenačb. Vse funkcije morajo biti zvezne in zvezno odvedljive. Vsaj ena funkcija mora biti nelinearna (v konstrukcijah je večina funkcij nelinearnih). Vektor $\mathbf{x}$ je vektor zveznih spremenljivk, definiran na definicijskem območju X in $\mathbf{y}$ je vektor diskretnih binarnih 0-1 spremenljivk, ki lahko zavzamejo vrednost 0 ali 1.

2 • SPLOŠNA MODELNA FORMULACIJA MINLP

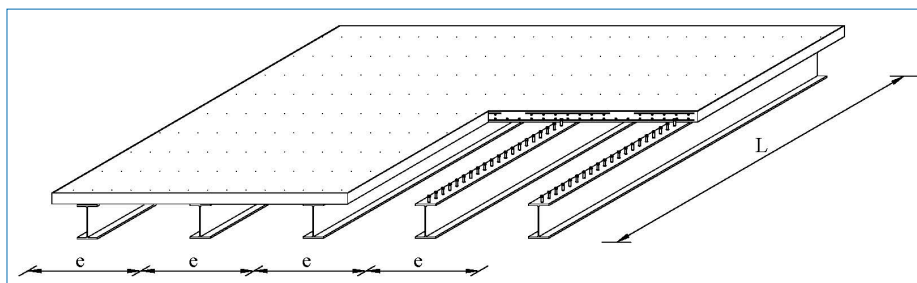
Nelinearni, nekonvexni in kombinirani diskretno-zvezni optimizacijski problem, kakršen je problem optimizacije sovprežnega stropnega sistema, računamo s pomočjo mešanega celoštevilskega nelinearnega programiranja (MINLP). Splošno MINLP modelno formulacijo lahko zapišemo v obliki:

$$\begin{aligned} \min \quad & z = f(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ \text{pri pogojih} \quad & g_k(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq 0 \quad k \in K \\ & \mathbf{x} \in X = \{\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n : \mathbf{x}^{\text{LO}} \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{x}^{\text{UP}}\} \\ & \mathbf{y} \in Y = \{0, 1\}^m \end{aligned}$$

3 • MINLP-SUPERSTRUKTURA SOVPREŽNEGA STROPNEGA SISTEMA

Sovprežno konstrukcijo obravnavamo kot prostoležeči sovprežni nosilni sistem, glej sliko 1. Obravnavani sovprežni stropni sistem je sestavljen iz množice enakih sovprežnih nosilcev z medsebojnimi vodoravnimi razmaki e . Vsak sovprežni nosilec je nadalje sestavljen

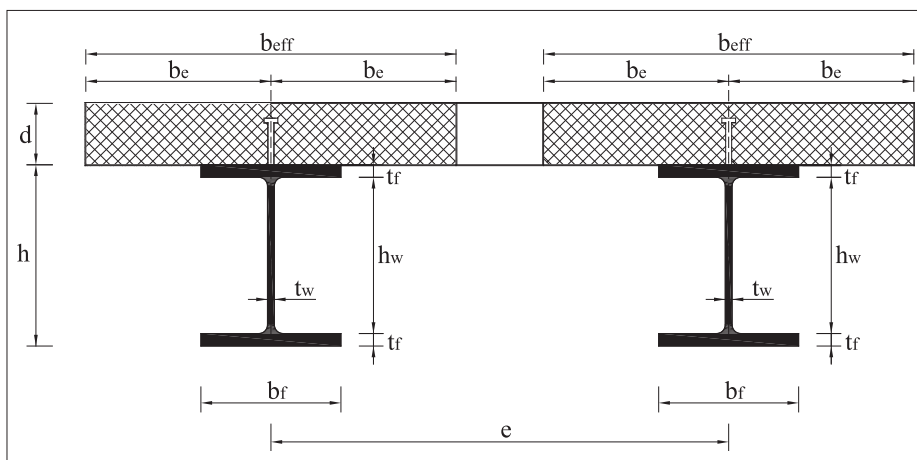
polj. Pri izračunu sodelujoče širine sovprežnega nosilca sta upoštevana enaka razpona notranjih polj plošče. Za jeklene I-nosilce smo uporabili varjene I-profile, standardne vročevaljane IPE-profile in standardne vročevaljane HEA-profile. Plastična in elastična odpornost



Slika 1 • Sovprežni stropni sistem.

iz sodelujoče širine armiranobetonske plošče b_{eff} in enega jeklenega, dvojno simetričnega I-profila. Armiranobetonska plošča je upoštevana kot armiranobetonski nosilec preko več

sovprežnega prereza je odvisna od lege nevtralne osi, ki lahko leži v armiranobetonski plošči, v zgornji pasnici I-profila in v stojini jeklenega I-profila. V ta namen smo razvili



Slika 2 • Prečni prerez sovprežnega stropnega sistema z I-nosilci.

različne optimizacijske modele, ki vključujejo vse kombinacije med omenjenimi različnimi parametri.

Čepi z glavo, ki so privarjeni na zgornjo pasnico I-nosilca, povezujejo armiranobetonsko ploščo in jekleni I-nosilec, glej sliko 2. Med betoniranjem so nosilci podprti z vmesnimi podporami tako, da se po strditvi betona lasna in spremenljiva obtežba v celoti preneseta na sovprežni prerez.

Za izvedbo MINLP-optimizacije je treba generirati superstrukturo (superkonstrukcijo) stropnega sovprežnega sistema, znotraj katere se različne definirane konstrukcijske alternative potegujejo za najboljši optimalni rezultat. Superstrukturo sovprežnega stropnega sistema predstavlja množica različnih materialnih in dimenzijskih alternativ, dobljenih s kombinacijo:

- $i, i \in I$, alternativ trdnostnih razredov jekel,
- $j, j \in J$, alternativ trdnostnih razredov betona,
- $k, k \in K$, alternativ diskretnih jeklenih I-profilov:
 - o $k_{tf}, k_{tf} \in K_{tf}$, alternativ standardnih debelin pasnice varjenega I-profila,
 - o $k_{tw}, k_{tw} \in K_{tw}$, alternativ standardnih debelin stojine varjenega I-profila,
 - o $k_{IPE}, k_{IPE} \in K_{IPE}$, alternativ standardnih vročevaljanih IPE-profilov,
 - o $k_{HEA}, k_{HEA} \in K_{HEA}$, alternativ standardnih vročevaljanih HEA-profilov,
- $m, m \in M$, alternativ jeklenih mrež za armirani beton,
- $n, n \in N$, diskretnih alternativ za zaokrožene debeline armiranobetonske plošče, zaokroženih na en centimeter.

Namen parametrične optimizacije je znotraj definirane superstrukture najti optimalno konstrukcijo z ozirom na izračunane najmanjše izdelavne stroške stropnega sistema, pri čemer še dobimo standardne materiale, diskretne dimenzije profilov in armaturnih mrež ter zaokrožene dimenzije armiranobetonske plošče.

- 2 različni legi težiščnih osi idealiziranega (popolnoma jeklenega) sovprežnega prereza:

- o v betonski plošči
- o v jeklenem I-profilu.

Optimizacijske modele sovprežnega stropnega sistema smo zapisali v višjem algebrskem modelnem jeziku GAMS (General Algebraic Modeling System) (Brooke, 1988). Vsak model vsebuje stroškovno namensko funkcijo, pogoje (ne)enačbe, celoštevilske in mešane celoštevilske pogoje (ne)enačbe, vhodne podatke (konstante) in zvezne ter diskretne spremenljivke.

4 • MINLP OPTIMIZACIJSKI MODEL SOVPREŽNEGA STROPNEGA SISTEMA

Glede na prej opisano MINLP modelno formulacijo in MINLP-superstrukturo smo razvili več različnih MINLP optimizacijskih modelov COMBOPT (COMposite Beam OPTimization). S temi modeli lahko dobimo različne optimalne rešitve sovprežnega sistema kot kombinacijo med naslednjimi parametri:

- 3 različni I-profilni sovprežnega stropnega sistema:
 - o varjeni jekleni I-profil

- o standardni jekleni IPE-profil
- o standardni jekleni HEA-profil
- 2 različni odpornosti sovprežnega prereza:
 - o plastična odpornost
 - o elastična odpornost
- 3 različne lege nevtralnih osi:
 - o v betonski plošči
 - o v zgornji pasnici jeklenega I-profila
 - o v stojini jeklenega I-profila

4.1 Stroškovna namenska funkcija

Namenska funkcija lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega sistema z varjenimi in standardnimi I-profilii predstavlja obsežni sistem stroškovnih postavk, zapisanih v obliki nelinearnih funkcij, ki so jih razvili Klanšek in Kravanja ((Klanšek, 2006a), (Klanšek, 2006b)) ter Žula idr. ((Žula, 2016), (Žula, 2017)). Namenska funkcija obsega stroške materiala, energije in dela, potrebne za izdelavo obravnavanega sovprežnega stropnega sistema, glej enačbo (1):

$$\begin{aligned} \min: Cost = & \{C_{M,s} + C_{M,c} + C_{M,r} + C_{M,sc} + C_{M,e} + C_{M,ac,fp,tc} + C_{M,f} \\ & + C_{M,c,ng} + C_{M,c,oxy} + C_{P,c,gm} + C_{P,w} + C_{P,sw} \\ & + C_{P,v} + C_{L,c,oxy-ng} + C_{L,g} + C_{L,p,a,t} + C_{L,w} + C_{L,sw} \\ & + C_{L,spp} + C_{L,f} + C_{L,r} + C_{L,c} + C_{L,v} + C_{L,cc}\} / (e \cdot L) \end{aligned} \quad (1)$$

$Cost$ (€/m²) označuje lastne izdelavne stroške na enoto uporabne površine sovprežnega stropnega sistema (€/m²), kjer so $C_{M,\dots}$,

$C_{P,\dots}$ in $C_{L,\dots}$ posamezne stroškovne postavke materiala, električne energije in dela, izračunane v €, glej preglednico 1; L (m) je razpon sovprežnega stropnega sistema in e (m) je medsebojna razdalja dveh sosednjih I-nosilcev. Stroške materiala predstavljajo posamezni materialni stroški za konstrukcijsko jeklo $C_{M,s}$, beton $C_{M,c}$, rebrasto mrežno armaturo $C_{M,r}$, čepi z glavo $C_{M,sc}$, elektrode $C_{M,e}$, antikorozijsko zaščito, protipožarno zaščito in končni premaz $C_{M,ac,fp,tc}$, prefabricirane

opažne plošče $C_{M,f}$, naravni plin $C_{M,c,ng}$ in kisik $C_{M,c,oxy}$. Stroški električne energije vključujejo proces brušenja robov pločevin $C_{P,gm}$,

proces obločnega varjenja pločevin $C_{P,w}$, proces obločnega varjenja čepov z glavo $C_{P,v}$ in proces vibriranja betona $C_{P,sw}$. Stroški dela zajemajo plinsko rezanje jeklenih pločevin s tehnologijo kisik–naravni plin $C_{L,c,oxy-ng}$, brušenje robov pločevin $C_{L,g}$, priprava, sestavljanje in pritrdjevanje elementov za varjenje $C_{L,p,a,t}$, ročno obločno varjenje $C_{L,SMAW}$, polavtomatsko obločno varjenje čepov z glavo $C_{L,sw}$, peskanje pločevine in nanos antikorozijskega, protipožarnega ter končnega premaza $C_{L,spp}$, montaža, niveliranje, demontaža in čiščenje opažnega sistema $C_{L,f}$, rezanje, postavitve in vezanje mrežne armature $C_{L,r}$, betoniranje plošče $C_{L,c}$, konsolidacijo betona $C_{L,v}$ in nego betona $C_{L,cc}$. Podrobno je stroškovna namenska funkcija predstavljena v člankih Klanška in Kravanja ((Klanšek, 2006a), (Klanšek, 2006b)), Kravanja idr. (Kravanja, 2017) in Žule idr. ((Žula, 2016), (Žula, 2017), (Žula, 2018)).

$c_{M,s}$	Cena konstrukcijskega jekla S 235 za 8 mm debelo jekleno pločevino: $c_s = 1,25$ €/kg
	$c_{M,s} = c_s \cdot (a_1 \cdot f_y^2 + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot f_y \cdot t + a_4 \cdot f_y + a_5 \cdot t + a_6)$ (€/kg); $a_1 = -3,7313 \times 10^{-4}$; $a_2 = -1,7170 \times 10^{-2}$; $a_3 = -4,9858 \times 10^{-4}$ $a_4 = 2,8962 \times 10^{-2}$ $a_5 = 1,2934 \times 10^{-1}$ $a_6 = 4,4147 \times 10^{-1}$ f_y (kN/cm ²)*; t (cm) debelina pločevine
$c_{M,s}$	Cena konstrukcijskega jekla S 235 za standardni IPE 80 prerez: $c_s = 1,25$ €/kg
	$c_{M,s} = c_s \cdot (a_1 \cdot f_y^2 + a_2 \cdot h^2 + a_3 \cdot f_y \cdot h + a_4 \cdot f_y + a_5 \cdot h + a_6)$ (€/kg); $a_1 = 1,8783 \times 10^{-4}$; $a_2 = 3,0707 \times 10^{-4}$; $a_3 = 1,6530 \times 10^{-5}$ $a_4 = -3,3288 \times 10^{-3}$ $a_5 = -1,3915 \times 10^{-2}$ $a_6 = 1,0630 \times 10^0$ f_y (kN/cm ²)*; h (cm) višina profila
$c_{M,s}$	Cena konstrukcijskega jekla S 235 za standardni HEA 100 prerez: $c_s = 1,25$ €/kg
	$c_{M,s} = c_s \cdot (a_1 \cdot f_y^2 + a_2 \cdot h^2 + a_3 \cdot f_y \cdot h + a_4 \cdot f_y + a_5 \cdot h + a_6)$ (€/kg); $a_1 = 2,1982 \times 10^{-4}$; $a_2 = 6,2266 \times 10^{-5}$; $a_3 = 4,1031 \times 10^{-5}$ $a_4 = -5,3682 \times 10^{-3}$ $a_5 = 4,9888 \times 10^{-4}$ $a_6 = 9,8361 \times 10^{-1}$ f_y (kN/cm ²)*; h (cm) višina profila
$c_{M,c}$	Cena betona C 20/25: $c_c = 85,00$ €/m ³
	$c_{M,c} = c_c \cdot (k_1 \cdot f_{ck}^2 + k_2 \cdot f_{ck} + k_3)$ (€/kg); $k_1 = -3,2220 \times 10^{-2}$; $k_2 = 4,0571 \times 10^{-1}$; $k_3 = 1,8829 \times 10^{-1}$ f_{ck} (kN/cm ²)**
$C_{M,f}$	Materialni strošek prefabriciranih opažnih plošč:
	$C_{M,f} = c_{M,f} \cdot 1/n_{uc} \cdot A_{cs}$ $c_{M,f}$ cena prefabriciranih opažnih plošč; $c_{M,f} = 30,00$ €/m ² n_{uc} število ciklov uporabe opažnih plošč, od 10 do 100; $n_{uc} = 30$ A_{cs} površina opaža na sovprežni nosilec; $A_{cs} = e \cdot L$ (m ²)
$c_{M,r}$	Cena armaturnega jekla B 500 $0,70$ €/kg

$c_{M,sc}$	Cena čepa z glavo	0,50 €
$c_{M,e}$	Cena elektrod	1,70 €/kg
$c_{M,ac}$	Cena antikorozijskega zaščitnega premaza	0,85 €/m ²
$c_{M,fp}$	Cena protipožarnega zaščitnega premaza R 30	9,00 €/m ²
$c_{M,tc}$	Cena končnega zaščitnega premaza	0,65 €/m ²
$c_{M,ng}$	Cena naravnega plina	0,50 €/m ³
$c_{M,oxy}$	Cena kisika	1,60 €/m ³
c_P	Cena električne energije	0,10 €/kWh
c_L	Stroškovna urna postavka delavca	20,00 €/h

* napetost tečenja jekla, ** tlačna trdnost betona

Preglednica 1 • Stroškovni parametri materiala, energije in dela v optimizacijskih modelih.

4.2 Pogoje (ne)enačbe

V preglednici 2 so prikazane pogoje (ne)enačbe dimenzioniranja sovprežnega stropnega sistema. Enačbe so definirane skladno s standardom Eurocode 4. Razdeljene so v dve skupini: pogoje (ne)enačbe mejnega stanja nosilnosti (MSN), glej enačbe (2)–(31), in pogoje (ne)enačbe mejnega stanja uporabnosti (MSU), enačbe (32)–(42).

Pogoje (ne)enačbe (2)–(13) obravnavajo plastično upogibno odpornost sovprežnega prereza, kjer $M_{Ed,cb}$ predstavlja projektni upogibni moment, $M_{pl,Rd,cb}$ označuje projektno plastično upogibno odpornost sovprežnega prereza in $q_{Ed,cb}$ projektno zvezno obtežbo. Pogoj $M_{pl,Rd,cb}$ je izračunan glede na lego plastične nevtralne osi x_p (v armiranobetonski plošči, v zgornji pasnici jeklenega profila, v stojini jeklenega profila), glej sliko 3. Ostali členi v enačbah so: delni faktor za stalno obtežbo γ_g , delni faktor za spremenljivo obtežbo γ_q , karakteristični vrednosti stalne obtežbe g in spremenljive obtežbe q , prečni prerez jeklenega profila A_a , višina jeklenega profila h , širina pasnice b_f , debelina pasnice t_f , debelina stojine t_w , napetost tečenja f_{yv} , karakteristična tlačna trdnost betona f_{ck} , delni varnostni faktor za jeklo γ_a , delni varnostni faktor za beton γ_c , sodelujoča širina betonske pasnice na vsaki strani stojine b_e (velja $b_e \leq L/8$ oziroma $e/2$) in debelina armiranobetonske plošče d .

V primeru, ko računamo elastično upogibno odpornost sovprežnega prereza $M_{El,Rd,cb}$, se v modelu aktivirajo pogoje (ne)enačbe (14)–(20). Členi v enačbah so: n je razmerje elastičnih modulov, σ_a je največja natezna napetost v jeklenem prerezu, x_e je razdalja med elastično nevtralno osjo in zgornjim robom betonske plošče, glej sliko 4.

Pogoje (ne)enačbe (21)–(23) opisujejo odpornost sovprežnega prereza na strig. Vertikalno prečno silo prenaša stojina jeklenega nosilca, kjer je upoštevana nevarnost lokalnega izbočenja zaradi striga. $V_{Ed,cb}$ predstavlja projektno strižno silo, $V_{b,Rd,cb}$ je projektna strižna odpornost z upoštevanjem lokalnega izbočenja stojine, χ_w je zmanjševalni koeficient strižnega izbočenja in γ_{M1} je delni faktor odpornosti jeklenega prereza.

Strižno odpornost čepov z glavo računamo s pomočjo (ne)enačb (24)–(26), kjer je V_l vzdolžna strižna sila, n_{sc} je število čepov z glavo, P_{rd} je projektna strižna nosilnost čepa z glavo, α je koeficient, odvisen od vitkosti čepa z glavo, d_{sc} je premer čepa z glavo, E_{cm} je sekantni modul elastičnosti betona, f_u natezna trdnost jekla in γ_v je delni faktor za projektno strižno nosilnost čepa z glavo.

V računskem modelu kontrole vzdolžnega striga v betonski pasnici nismo upoštevali, ker nima bistvenega vpliva na končne rezultate.

Upogibno odpornost armiranobetonske plošče obravnavajo pogoje (ne)enačbe (27)–(32), kjer $M_{Ed,cs}$ in $M_{ult,cs}$ označujeta projektni upogibni moment in upogibno odpornost prereza armiranobetonske plošče. ρ_c je prostorninska teža betona, b_{cu} je enotska širina betonske plošče (1 m), c je debelina krovne- ga sloja betona, x_c je oddaljenost nevtralne osi od zgornjega roba betonske plošče, f_{sk} je karakteristična vrednost napetosti tečenja armaturnega jekla, γ_s je delni varnostni faktor za armaturno jeklo in A_s je potrebni prerez armature.

(Ne)enačbe (33)–(43) definirajo pogoje mejnega stanja uporabnosti. Navpični upogibki sovprežnega nosilca so preverjeni z enačbami (33)–(38), kjer je δ_2 upogibek sovprežnega

nosilca zaradi karakteristične spremenljive obtežbe q , δ_{max} je upogibek sovprežnega nosilca zaradi celotne obtežbe ($g+q$), δ_{cr} je upogibek sovprežnega nosilca zaradi lezenja betona in δ_{sh} je upogibek sovprežnega nosilca zaradi krčenja betona. M_{sh} je upogibni moment zaradi krčenja betona, E_a je elastični modul konstrukcijskega jekla, I_l je idealiziran vztrajnostni moment transformiranega sovprežnega prereza (sovprežni prerez je transformiran/spremenjen v enakovreden jekleni prerez), I_{cr} je idealiziran vztrajnostni moment zaradi krčenja betona in I_{sh} je idealiziran vztrajnostni moment transformiranega sovprežnega prereza zaradi lezenja betona.

Da nismo presegli mejnega stanja uporabnosti konstrukcije zaradi nihanj, smo zagotovili, da so lastne frekvence sovprežnega stropnega sistema, na katerih ljudje pogosto hodijo nad 3 Hz.

Navpični upogibek armiranobetonske plošče določajo pogoje (ne)enačbe (39)–(43), kjer je δ upogibek armiranobetonske plošče zaradi celotne obtežbe, δ_l je upogibek armiranobetonske plošče zaradi celotne obtežbe pri upoštevanju nerazpokanega prereza in δ_{ll} je upogibek armiranobetonske plošče zaradi celotne obtežbe pri upoštevanju razpokanega prereza. ζ je koeficient porazdelitve, σ_{sr} je napetost v natezni armaturi razpokanega prereza pri obtežnih pogojih nastanka prvih razpok, σ_s je napetost v natezni armaturi pri razpokanem prerezu, k je koeficient, ki je odvisen od števila polj kontinuirane armiranobetonske plošče, $E_{c,eff}$ je učinkoviti modul elastičnosti betona, E_{cm} je sekantni modul elastičnosti betona, I_u je vztrajnostni moment nerazpokane betonske plošče (širine 1 m), I_c je vztrajnostni moment razpokane betonske plošče (širine 1 m).

Mejno stanje nosilnosti (MSN):

- Plastična odpornost na upogibni moment sovprežnega nosilca: $M_{Ed,cb} \leq M_{Pl,Rd,cb}$ (2)

$$M_{Ed,cb} = q_{Ed,cb} \cdot L^2 / 8 \quad \text{where} \quad q_{Ed,cb} = (\gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot q \cdot e) \quad (3),(4)$$

- plastična nevtralna os leži v betonski pasnici, slika 3a: $x_p \leq d$

$$(A_a \cdot f_y \cdot \gamma_c) / (0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a) \leq 2 \cdot b_e \cdot d \quad (5)$$

$$M_{Pl,Rd,cb} = [h / 2 + d - (A_a \cdot f_y \cdot \gamma_c) / (4 \cdot b_e \cdot 0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a)] \cdot A_a \cdot f_y / \gamma_a \quad (6)$$

$$x_p = (A_a \cdot f_y \cdot \gamma_c) / (2 \cdot 0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a \cdot b_e \cdot \gamma_a) \quad (7)$$

- plastična nevtralna os leži v zgornji pasnici I nosilca, slika 3b: $d < x_p \leq (d+t_f)$

$$2 \cdot b_e \cdot d < (A_a \cdot f_y \cdot \gamma_c) / (0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a) \leq 2 \cdot b_e \cdot d + 2 \cdot (f_y \cdot \gamma_c) / (0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a) \cdot b_f \cdot t_f \quad (8)$$

$$M_{Pl,Rd,cb} = [A_a \cdot (h / 2 + d / 2) - b_f \cdot x_p \cdot (x_p - d)] \cdot f_y / \gamma_a \quad (9)$$

$$x_p = d + t_f + A_a / (2 \cdot t_w) - (0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a \cdot b_e \cdot d) / (t_w \cdot f_y \cdot \gamma_c) - t_f \cdot b_f / t_w \quad (10)$$

- plastična nevtralna os leži v stojini I-nosilca, slika 3c: $x_p > (d+t_f)$

$$(f_y \cdot \gamma_c) / (0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a) \cdot (A_a - 2 \cdot t_f \cdot t_w) > 2 \cdot b_e \cdot d \quad (11)$$

$$M_{Pl,Rd,cb} = [A_a \cdot (h / 2 + d / 2) - t_f \cdot b_f \cdot (d + t_f) - t_w \cdot (x_p - t_f - d) \cdot (x_p - t_f)] \cdot f_y / \gamma_a \quad (12)$$

$$x_p = d + t_f + A_a / (2 \cdot b_f) - (0,85 \cdot f_{ck} \cdot \gamma_a \cdot b_e \cdot d) / (b_f \cdot f_y \cdot \gamma_c) \quad (13)$$

- Elastična odpornost proti upogibnemu momentu sovprežnega nosilca: $M_{Ed,cb} \leq M_{El,Rd,cb}$ (14)

- elastična nevtralna os leži v betonski pasnici, slika 3d: $x_e \leq d$ (15)

$$M_{El,Rd,cb} = \sigma_a / 2 \cdot [(I + d + h - x_e - t_f) / (d + h - x_e)] \cdot t_f \cdot b_f \cdot \{d + h - x_e - [(3 \cdot d + 3 \cdot h - 3 \cdot x_e - 2 \cdot t_f) / (2 \cdot d + 2 \cdot h - 2 \cdot x_e - t_f) \cdot t_f / 3]\} + \sigma_a / 2 \cdot [(2 \cdot d + h - 2 \cdot x_e) / (d + h - x_e)] \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \cdot \{d + h - x_e - t_f - [(3 \cdot d + h + t_f - 3 \cdot x_e) / (2 \cdot d + h - 2 \cdot x_e) \cdot (h - 2 \cdot t_f) / 3]\} + \sigma_a / 2 \cdot [(2 \cdot d + t_f - 2 \cdot x_e) / (d + h - x_e)] \cdot t_f \cdot b_f \cdot \{d + t_f - x_e - [(3 \cdot d + t_f - 3 \cdot x_e) / (2 \cdot d + t_f - 2 \cdot x_e) \cdot t_f / 3]\} + \sigma_a / (2 \cdot n) \cdot [x_e / (d + h - x_e)] \cdot x_e \cdot b_{eff} \cdot 2 / 3 \cdot x_e \quad (16)$$

- elastična nevtralna os leži v zgornji pasnici I-nosilca, slika 3e: $d < x_e \leq (d+t_f)$ (17)

$$M_{El,Rd,cb} = \sigma_a / 2 \cdot [I + (d + h - x_e - t_f) / (d + h - x_e)] \cdot t_f \cdot b_f \cdot \{d + h - x_e - [(3 \cdot d + 3 \cdot h - 3 \cdot x_e - 2 \cdot t_f) / (2 \cdot d + 2 \cdot h - 2 \cdot x_e - t_f) \cdot t_f / 3]\} + \sigma_a / 2 \cdot [(2 \cdot d + h - 2 \cdot x_e) / (d + h - x_e)] \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \cdot \{d + h - x_e - t_f - [(3 \cdot d + h + t_f - 3 \cdot x_e) / (2 \cdot d + h - 2 \cdot x_e) \cdot (h - 2 \cdot t_f) / 3]\} + \sigma_a / 2 \cdot [(d + t_f - x_e) / (d + h - x_e)] \cdot (d + t_f - x_e) \cdot b_f \cdot 2 / 3 \cdot (d + t_f - x_e) + \sigma_a / 2 \cdot [(x_e - d) / (d + h - x_e)] \cdot (x_e - d) \cdot b_f \cdot 2 / 3 \cdot (x_e - d) + \sigma_a / (2 \cdot n) \cdot [(2 \cdot x_e - d) / (d + h - x_e)] \cdot d \cdot b_{eff} \cdot \{x_e - [(3 \cdot x_e - 2 \cdot d) / (2 \cdot x_e - d) \cdot d / 3]\} \quad (18)$$

- elastična nevtralna os leži v stojini I-nosilca, slika 3f: $x_e > (d+t_f)$ (19)

$$M_{El,Rd,cb} = \sigma_a / 2 \cdot [I + (d + h - x_e - t_f) / (d + h - x_e)] \cdot t_f \cdot b_f \cdot \{d + h - x_e - [(3 \cdot d + 3 \cdot h - 3 \cdot x_e - 2 \cdot t_f) / (2 \cdot d + 2 \cdot h - 2 \cdot x_e - t_f) \cdot t_f / 3]\} + \sigma_a / 2 \cdot [(d + h - x_e - t_f) / (d + h - x_e)] \cdot (d + h - x_e - t_f) \cdot t_w \cdot 2 / 3 \cdot (d + h - x_e - t_f) + \sigma_a / 2 \cdot [(x_e - d - t_f) / (d + h - x_e)] \cdot (x_e - d - t_f) \cdot t_w \cdot 2 / 3 \cdot (x_e - d - t_f) + \sigma_a / 2 \cdot [(2 \cdot x_e - 2 \cdot d - t_f) / (d + h - x_e)] \cdot t_f \cdot b_f \cdot \{x_e - d - [(3 \cdot x_e - 3 \cdot d - 2 \cdot t_f) / (2 \cdot x_e - 2 \cdot d - t_f) \cdot t_f / 3]\} + \sigma_a / (2 \cdot n) \cdot [(2 \cdot x_e - d) / (d + h - x_e)] \cdot d \cdot b_{eff} \cdot \{x_e - [(3 \cdot x_e - 2 \cdot d) / (2 \cdot x_e - d) \cdot d / 3]\} \quad (20)$$

- Strižna odpornost sovprežnega nosilca: $V_{Ed,cb} \leq V_{b,Rd,cb}$ (21)

$$V_{Ed,cb} = q_{Ed,cb} \cdot L / 2 \quad (22)$$

$$V_{b,Rd,cb} = (\chi_w \cdot f_y \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{MI}) \quad (23)$$

- Strižna odpornost čepov z glavo: $V_l \leq 1/2 \cdot n_{sc} \cdot P_{Rd}$ (24)

$$V_l = \min \{ A_a \cdot f_y / \gamma_a; 2 \cdot b_e \cdot 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c \} \quad (25)$$

$$P_{Rd} = \min \{ 0,29 \cdot \alpha \cdot d_{sc}^2 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm})^{1/2} / \gamma_v; 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d_{sc}^2 / (4 \cdot \gamma_v) \} \quad (26)$$

- Odpornost armiranobetonske plošče proti upogibnemu momentu: $M_{Ed,cs} \leq M_{ult,cs}$ (27)

$$M_{Ed,cs,pl} = q_{Ed,cs} \cdot e^2 / 16 \quad (28)$$

$$M_{Ed,cs,el} = q_{Ed,cs} \cdot e^2 / 11,67 \quad (29)$$

$$q_{Ed,cs} = (\gamma_g \cdot \rho_c \cdot b_{cu} \cdot d + \gamma_q \cdot q \cdot b_{cu}) \quad (30)$$

$$M_{ult,cs} = 0,48 \cdot 0,85 \cdot f_{ck} \cdot b_{cu} \cdot x_c^2 / \gamma_c + A_s \cdot (d - x_c) \cdot f_{sk} / \gamma_s \quad (31)$$

$$A_s = 0,85 \cdot f_{ck} \cdot b_{cu} \cdot 0,8 \cdot x_c \cdot \gamma_s / (\gamma_c \cdot f_{sk}) \quad (32)$$

Mejno stanje uporabnosti (MSU):

- Kontrola navpičnega upogibka sovprežnega stropnega sistema: $\delta_2 \leq L / 300, \quad \delta_{max} \leq L / 250$ (33),(34)

$$\delta_2 = 5 \cdot q \cdot e \cdot L^4 / (384 \cdot E_a \cdot I_i) \quad (35)$$

$$\delta_{cr} = 5 \cdot g \cdot L^4 / (384 \cdot E_a \cdot I_{cr}) \quad (36)$$

$$\delta_{sh} = M_{sh} \cdot L^2 / (8 \cdot E_a \cdot I_{sh}) \quad (37)$$

$$\delta_{max} = \delta_2 + \delta_{cr} + \delta_{sh} \quad (38)$$

- Kontrola navpičnega upogibka betonske plošče med I-nosilci: $\delta \leq L / 250$ (39)

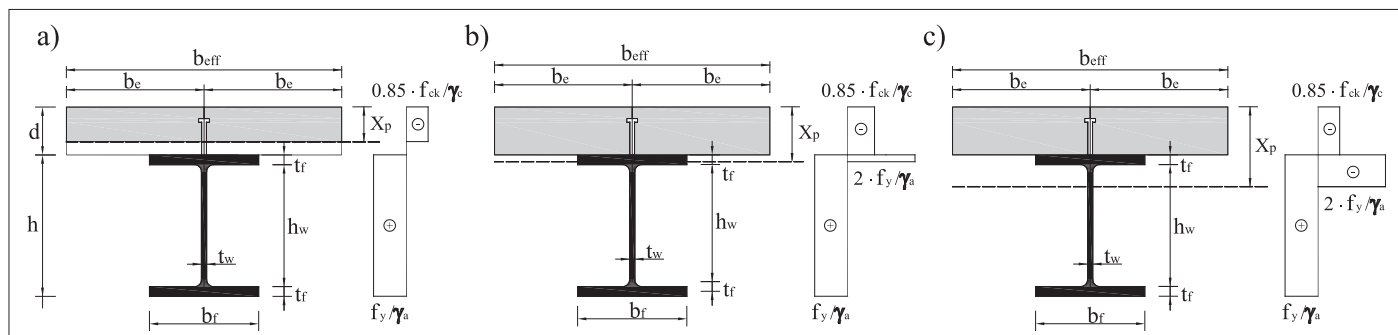
$$\delta = \zeta \cdot \delta_{II} + (1 - \zeta) \cdot \delta_I \quad (40)$$

$$\zeta = 1 - 0,5 \cdot (\sigma_{sr} / \sigma_s) \quad (41)$$

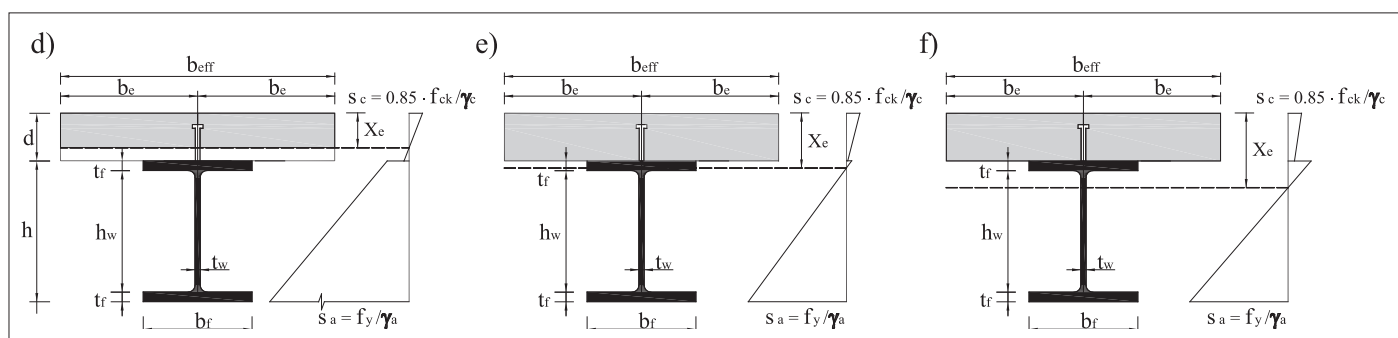
$$\delta_{II} = k \cdot [\rho_c \cdot b_{cu} \cdot d \cdot e^4 / (E_{c,eff} \cdot I_c) + q \cdot b_{cu} \cdot e^4 / (E_{cm} \cdot I_c)] \quad (42)$$

$$\delta_I = k \cdot [\rho_c \cdot b_{cu} \cdot d \cdot e^4 / (E_{c,eff} \cdot I_u) + q \cdot b_{cu} \cdot e^4 / (E_{cm} \cdot I_u)] \quad (43)$$

Preglednica 2 • Pogojne (ne)enačbe (MSN) in (MSU).



Slika 3 • Lege plastičnih nevtralnih osi.



Slika 4 • Lege elastičnih nevtralnih osi.

Z logičnima pogojnima enačbama (44) in (45) računamo diskretne vrednosti materialov

d^{mat} (trdnosti betona in jekla), z enačbama (46) in (47) standardne dimenzije d^{st} (debe-

line pločevin in prerez armaturne mreže) ter z enačbama (48) in (49) zaokrožene dimenzije

d^{rd} (zaokroženo debelino betonske plošče). Posamezne diskretne vrednosti so definirane kot skalarni produkt med vektorjem diskretnih številskih vrednosti alternativ in vektorjem pridruženih binarnih spremenljivk.

$$d^{mat} = \sum_{i \in I} q_i y_i^{mat} \quad (44)$$

$$\sum_{i \in I} y_i^{mat} = 1 \quad (45)$$

$$d^{st} = \sum_{k \in K} q_k y_k^{st} \quad (46)$$

$$\sum_{k \in K} y_k^{st} = 1 \quad (47)$$

$$d^{rd} = \sum_{m \in M} q_m y_m^{rd} \quad (48)$$

$$\sum_{m \in M} y_m^{rd} = 1 \quad (49)$$

5 • PARAMETRIČNO MINLP-OPTIMIRANJE

Za prikaz vpliva stroškov na optimalno sovprežno konstrukcijo smo izvedli parametrično MINLP-optimizacijo za vse možne kombinacije med različnimi superstrukturnimi alternativami, kot so: 5 razponov (5 m, 10 m, 15 m, 20 m in 25 m), 3 različna konstrukcijska jekla (S 235, S 275, S 355), 7 različnih trdnostnih razredov betona (C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60), 9 različnih jeklenih standardnih debelin pločevin za pasnico (od 8 do 40 mm), 9 različnih jeklenih standardnih debelin pločevin za stojino (od 8 do 40 mm), 18 različnih standardnih IPE-profilov (od IPE 80 do IPE 600), 24 različnih standardnih HEA-profilov (od HEA 100 do HEA 1000), 25 različnih standardnih armaturnih mrež za armiranobetonsko ploščo (od R188 do 5xR524) in 27 možnosti zaokroženih dimenzij debeline armiranobetonske plošče na okrogli centimeter (od 4 do 30 cm). Obtežba na konstrukcijo je lastna teža konstrukcije in koristna obtežba 4 kN/m². Naloga vsake MINLP-optimizacije je bila najti minimalne lastne izdelavne stroške sovprežne konstrukcije, optimalno trdnost jekla in betona, optimalni jekleni I-profil (ali standardne de-

beline pločevin v primeru varjenega profila), standardno armaturno mrežo, zaokroženo debelino betonske plošče in medsebojni razmak med jeklenimi I-profilii.

Za sovprežni stropni sistem je bilo optimiranje izvedeno s programskim paketom MIPSYN ((Kravanja S., 2003), (Kravanja Z., 2010)), ki je bil izpeljan iz programa PROSYN (Kravanja Z., 1994). Reševanje MINLP-problema sovprežnega stropnega sistema je bilo izvedeno z dvofaznim optimiranjem in z modificiranim OA/ER-algoritmom zunanje aproksimacije s sprostitvijo enačb. Za reševanje NLP-podproblemov je bil uporabljen program GAMS/CONOPT2 (Druid, 1994) (splošna metoda reduciranih gradientov), za reševanje glavnih MILP-problemov pa GAMS/Cplex 7.0 (Cplex, 2016) (metoda vejavanja in omejevanja).

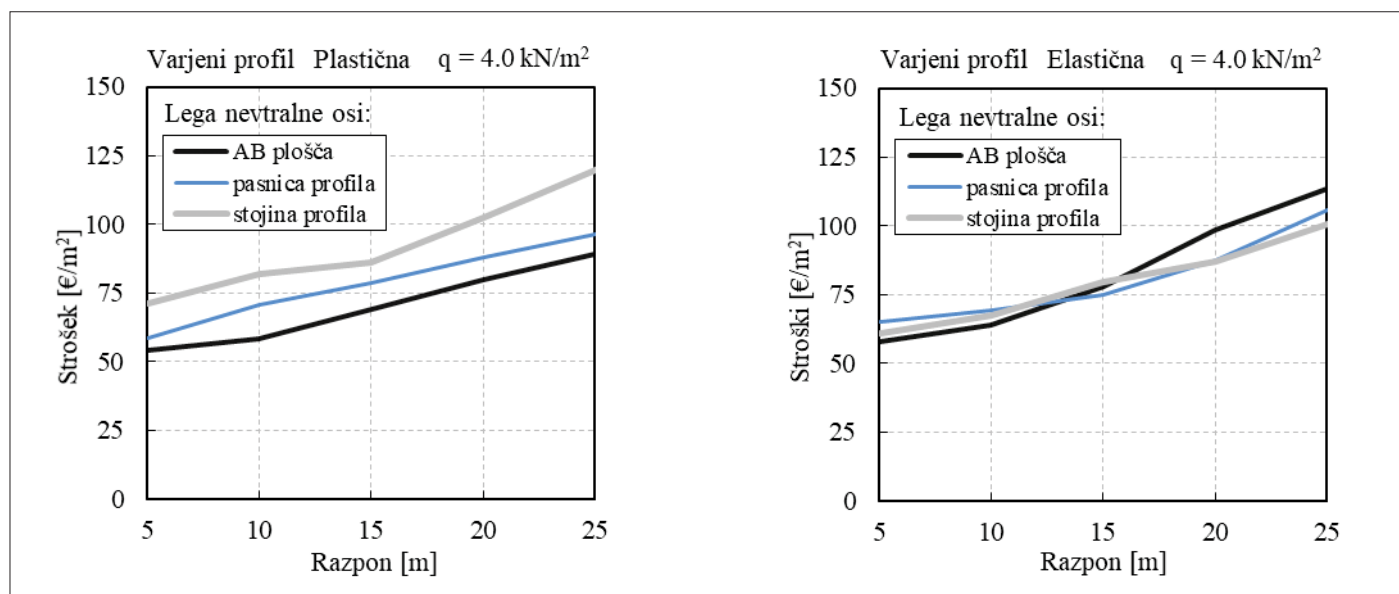
5.1 Primerjalni diagrami za optimalno konstrukcijo sovprežnega stropnega sistema z I-nosilci

Dobljene optimalne rezultate vseh mogočih konstrukcijskih alternativ smo medsebojno primerjali in izrisali diagrame.

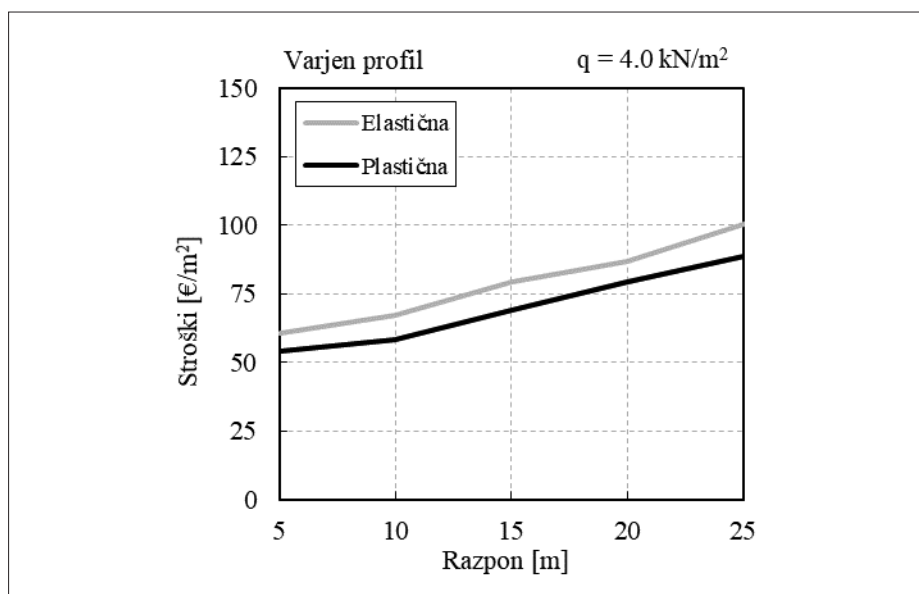
Vpliv plastične in elastične odpornosti sovprežnega prečnega prereza z varjenimi jeklenimi I-nosilci na optimalne stroške

Slika 5 prikazuje diagrama izračunanih optimalnih lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z varjenimi I-nosilci pri plastični in elastični odpornosti za razpone od 5 m do 25 m. Posebej so prikazani stroški za tri različne lege nevtralnih osi: v armiranobetonski plošči, v zgornji pasnici jeklenega I-nosilca in v stojini jeklenega I-nosilca. Merodajna kriterija, po katerih je bila izračunana optimalna sovprežna konstrukcija, sta navpičen upogibek sovprežnega nosilca in navpičen upogibek armiranobetonske plošče.

Plastična odpornost: pri primerjavi sovprežnih stropnih sistemov z različnimi legami (plastičnih) nevtralnih osi je bilo ugotovljeno, da je konstrukcija z nevtralno osjo v armiranobetonski plošči najcenejša pri vseh razponih. Kadar lega nevtralne osi leži v zgornji pasnici varjenega profila, so lastni izdelavni stroški konstrukcije v povprečju višji za 10 % v primerjavi s stroški, kadar lega nevtralne osi leži v armiranobetonski plošči. Lastni izdelavni stroški konstrukcije so pri legi nevtralne osi v stojini jeklenega nosilca višji za približno 30 %



Slika 5 • Diagrama lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z varjenimi jeklenimi I-profilii pri plastični in elastični odpornosti za različne lege nevtralnih osi.



Slika 6 • Diagram lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z varjenimi jeklenimi I-profilii pri plastični in elastični odpornosti prereza.

v primerjavi s stroški, kadar lega nevtralne osi leži v armiranobetonski plošči.

Elastična odpornost: pri primerjavi sovprežnih stropnih sistemov z različnimi legami (elastičnih) nevtralnih osi je bilo ugotovljeno, da je konstrukcija z nevtralno osjo v stojini jeklenega profila večinoma najcenejša. Razlike med stroški pri treh različnih legah elastičnih nevtralnih osi so zelo majhne.

Primerjava med plastično in elastično odpornostjo: primerjali smo stroškovno najugodnejše plastične in elastične prereze sovprežne konstrukcije. Izrisani diagram na sliki

6 nam prikazuje optimalne lastne izdelavne stroške za elastično in plastično odpornost sovprežnega prereza stropne konstrukcije. Lastni izdelavni stroški sovprežnega sistema z varjenimi jeklenimi I-nosilci so pri elastični odpornosti prečnega prereza v povprečju za 15 % višji od stroškov s plastično odpornostjo pri vseh razponih.

Vpliv plastične in elastične odpornosti sovprežnega prečnega prereza s standardnimi jeklenimi IPE-profilii na optimalne stroške

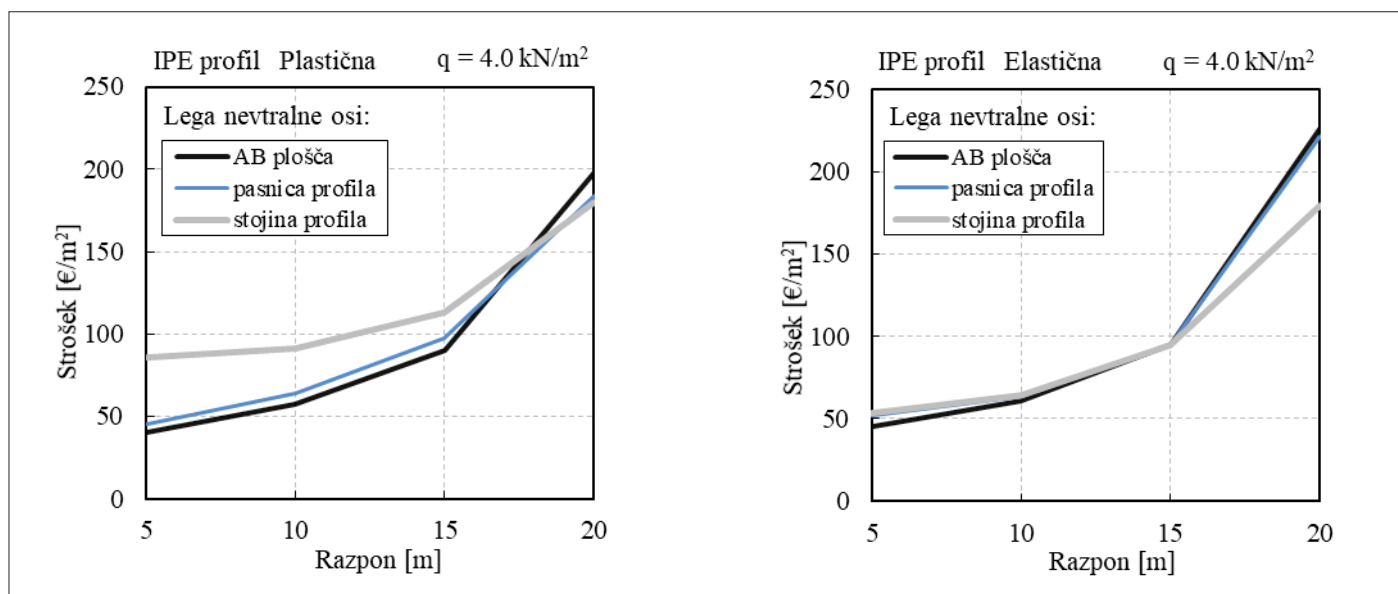
Slika 7 prikazuje diagrama izračunanih optimalnih lastnih izdelavnih stroškov sovpre-

žnega stropnega sistema z jeklenimi IPE-profilii pri plastični in elastični odpornosti za razpone od 5 m do 20 m. Posebej so prikazani stroški za tri različne lege nevtralnih osi: v armiranobetonski plošči, v zgornji pasnici jeklenega I-profila in v stojini jeklenega I-profila. Merodajna kriterija, po katerih je bila izračunana optimalna sovprežna konstrukcija, sta navpičen upogibek sovprežnega nosilca in navpičen upogibek armiranobetonske plošče. Za razpone, večje od 20 m, izračunani optimalni rezultati dajejo konstrukcijo, kjer se jekleni IPE-profilii medsebojno dotikajo ali pa se celo prekrivajo. Zato je takšna sovprežna konstrukcija nerealna.

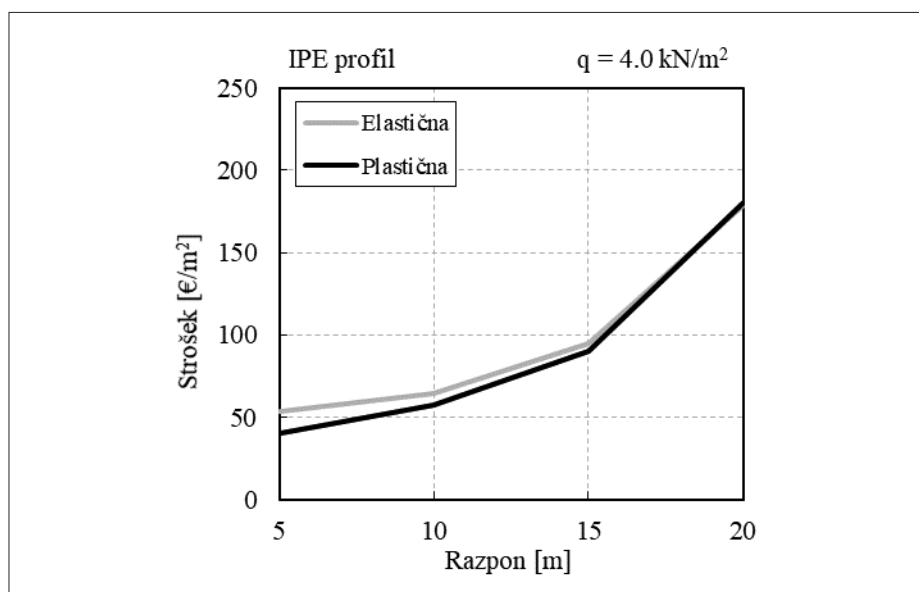
Plastična odpornost: v primeru plastične odpornosti so sovprežni sistemi z razponi do 15 m najcenejši, kadar je lega nevtralne osi v armiranobetonski plošči. Kadar lega nevtralne osi leži v zgornji pasnici ali v stojini IPE-profila, so lastni izdelavni stroški v povprečju višji od 10 % do 45 %. Pri razponu 20 m pa so najnižji stroški, kadar je lega nevtralne osi v zgornji pasnici profila in v stojini IPE-profila.

Elastična odpornost: v primeru elastične odpornosti so razlike med stroški konstrukcije za tri lege nevtralnih osi za razpone do 15 m zelo majhne. Pri razponu 20 m je bilo ugotovljeno, da je konstrukcija z lego nevtralne osi v stojini jeklenega profila najcenejša. Pri 20-metrskem razponu se stroški dvignejo za 10 % do 15 %, če lega nevtralne osi leži v armiranobetonski plošči ali zgornji pasnici jeklenega profila.

Primerjava med plastično in elastično odpornostjo: primerjali smo najcenejše prereze



Slika 7 • Diagrama lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z jeklenimi IPE-profilii pri plastični in elastični odpornosti za različne lege nevtralnih osi.



Slika 8 • Diagram lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z jeklenimi IPE-profilom pri plastični in elastični odpornosti prereza.

sovprežne stropne konstrukcije, določene s plastično in elastično analizo sovprežnega prereza, glej sliko 8. Lastni izdelavni stroški sovprežnega sistema, sestavljenega iz jeklenih IPE-profilov, so pri elastični odpornosti prečnega prereza za 5 % do 30 % višji od stroškov konstrukcije s plastično odpornostjo za razpone do 15 m. Pri razponu 20 m so razlike zanemarljive.

Vpliv plastične in elastične odpornosti sovprežnega prečnega prereza s standardnimi jeklenimi HEA-profilom na optimalne stroške

Slika 9 prikazuje diagrama izračunanih optimalnih lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z jeklenimi HEA-profilom pri plastični in elastični odpornosti za različne lege nevtralnih osi.

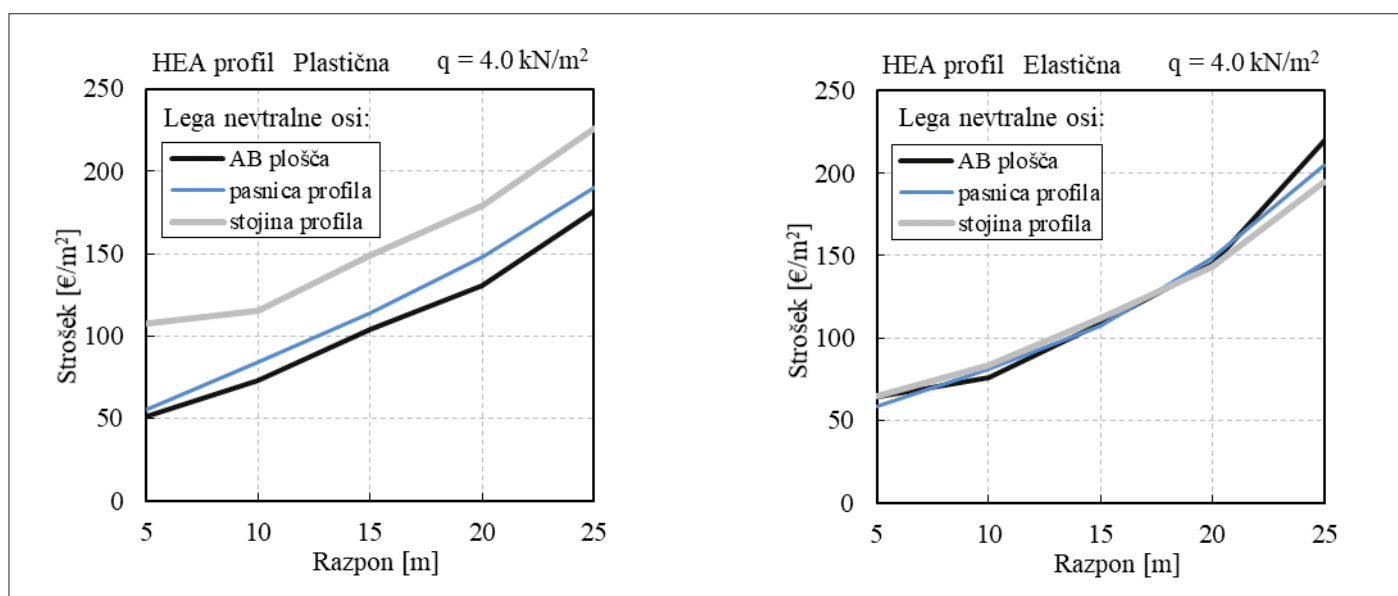
prežnega stropnega sistema z jeklenimi HEA-profilom pri plastični in elastični odpornosti za razpone od 5 m do 25 m. Posebej so prikazani stroški za tri različne lege nevtralnih osi: v armiranobetonski plošči, v zgornji pasnici jeklenega I-profila in v stojini jeklenega I-profila. Merodajna kriterija, po katerih je bila izračunana optimalna sovprežna konstrukcija, sta navpičen upogibek sovprežnega nosilca in navpičen upogibek armiranobetonske plošče. Za razpone, večje od 25 m, so dobjeni optimalni rezultati nerealni. Izračunani optimalni rezultati predstavljajo sovprežno konstrukcijo, kjer se

jekleni HEA-profil medsebojno dotikajo ali celo prekrivajo.

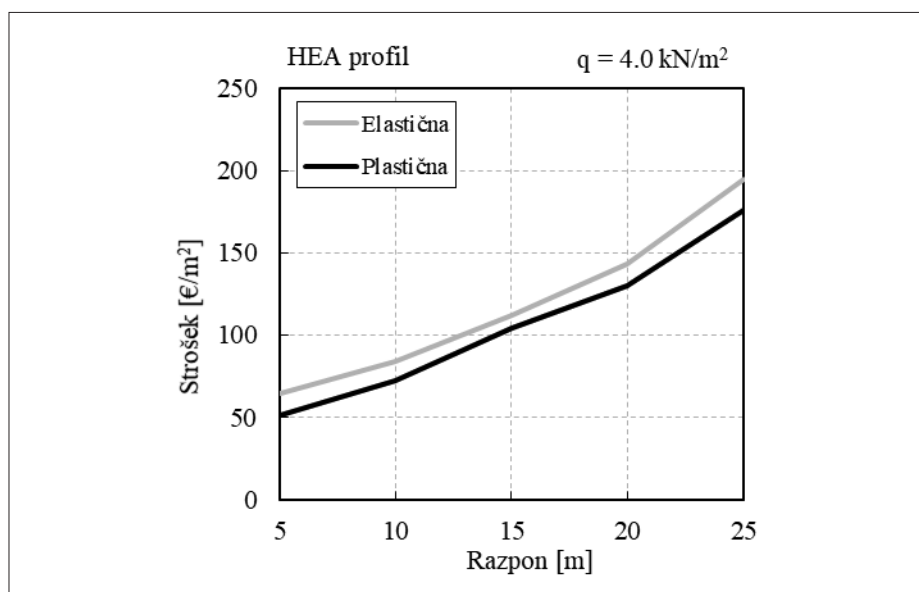
Plastična odpornost: pri primerjavi sovprežnih stropnih sistemov z različnimi legami nevtralnih osi je bilo ugotovljeno, da je konstrukcija z nevtralno osjo v armiranobetonski plošči najcenejša pri vseh razponih. Ko lega nevtralne osi leži v zgornji pasnici HEA-profila, so lastni izdelavni stroški v povprečju višji za 10 % v primerjavi s stroški, ko lega nevtralne osi leži v armiranobetonski plošči. Lastni izdelavni stroški konstrukcije z lego nevtralne osi v stojini jeklenega profila so višji v povprečju za okoli 60 %.

Elastična odpornost: v primeru elastične odpornosti so razlike med stroški konstrukcije za tri lege nevtralnih osi za razpone do 20 m zelo majhne. Pri razponu 20 m je bilo ugotovljeno, da je konstrukcija z lego elastične nevtralne osi v stojini jeklenega profila najcenejša. Pri razponu 25 m se stroški dvignejo za 5 %, če lega nevtralne osi leži v zgornji pasnici jeklenega profila, in za 15 %, če lega nevtralne osi leži v armiranobetonski plošči.

Primerjava med plastično in elastično odpornostjo: slika 10 prikazuje diagram, na katerem so prikazani optimalni lastni izdelavni stroški sovprežnega sistema s plastično in elastično odpornostjo. Lastni izdelavni stroški sovprežnega sistema z jeklenimi HEA-profilom so pri elastični odpornosti prečnega prereza v povprečju višji za 20 % od stroškov pri plastični odpornosti.



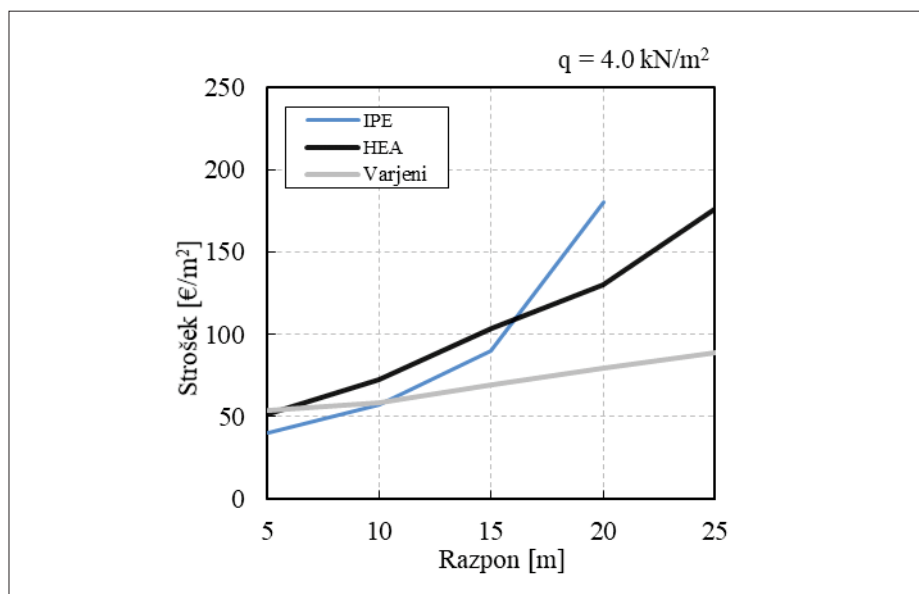
Slika 9 • Diagrama lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z jeklenimi HEA-profilom pri plastični in elastični odpornosti za različne lege nevtralnih osi.



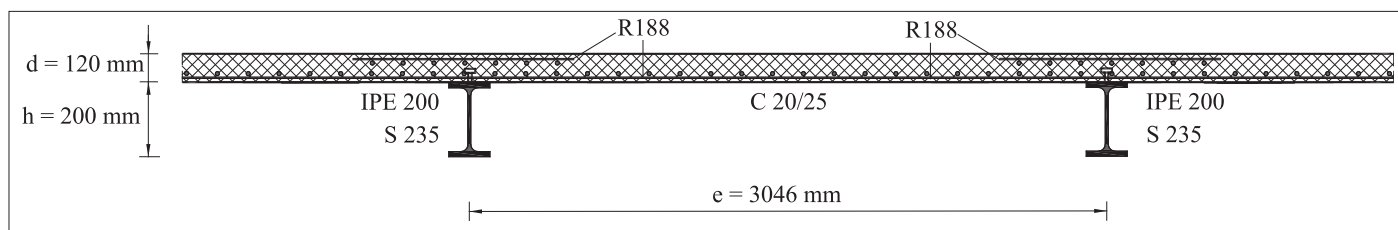
Slika 10 • Diagram lastnih izdelavnih stroškov sovprežnega stropnega sistema z jeklenimi HEA-profilom pri plastični in elastični odpornosti prereza.

Konkurenčnost razponov sovprežnih stropnih sistemov, sestavljenih iz varjenih jeklenih I-profilov, standardnih IPE-profilov in HEA-profilov

Slika 11 prikazuje diagram, na katerem so predstavljeni optimalni lastni izdelavni stroški sovprežnega stropnega sistema, izdelanega iz varjenih jeklenih I-profilov, vročevaljanih jekle-



Slika 11 • Diagram konkurenčnosti sovprežnega stropnega sistema, sestavljenega iz jeklenih varjenih I-profilov ali jeklenih IPE-profilov ali jeklenih HEA-profilov.



Slika 12 • Optimalni prerez sovprežnega stropnega sistema za razpon 5 m, sestavljen iz IPE-nosilcev.

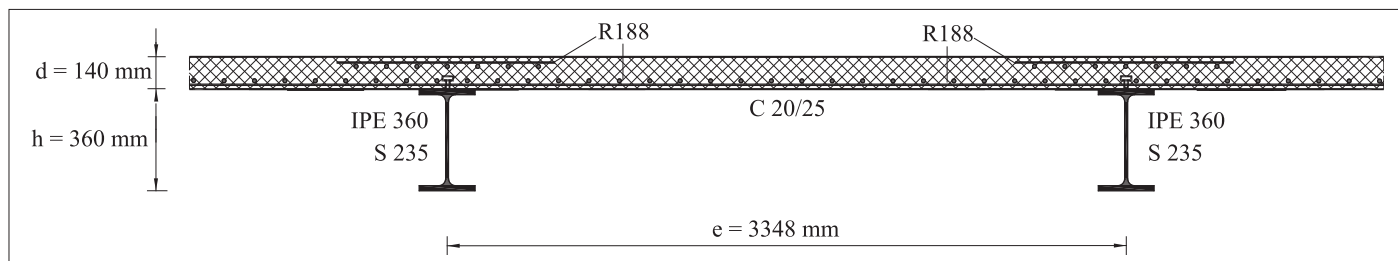
nih IPE-profilov ter HEA-profilov. Za primerjavo so bili upoštevani samo najnižji optimalni stroški, ki so bili izračunani pri plastični odpornosti in pri legi nevtralne osi v armiranobetonski plošči. Ugotovili smo, da je ob upoštevanju predpostavkah (nosilec je med gradnjo povsem podprt) sovprežni stropni sistem z jeklenimi IPE-profilom najoptimalnejši do razponov 10 m, medtem ko je za vse razpone, večje od 10 m, najoptimalnejša sovprežna konstrukcija z varjenimi jeklenimi I-nosilci. Konstrukcijska zasnova s HEA-profilom je ob predpostavki, da je nosilec med gradnjo povsem podprt, nekonkurenčna pri vseh razponih.

5.2 Primer

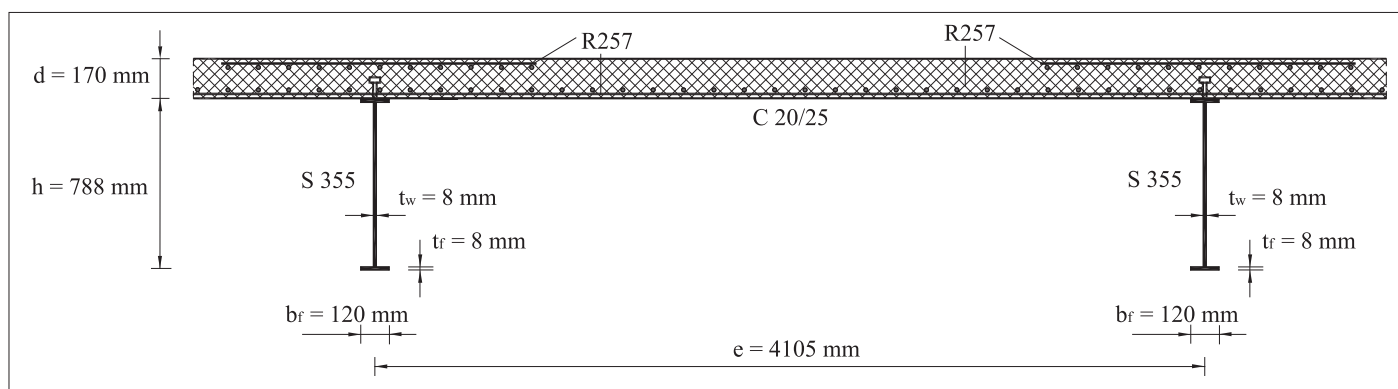
Določiti je treba optimalno konstrukcijo sovprežnega stropnega sistema za razpone 5 m, 10 m, 15 m, 20 m in 25 m, obremenjene s koristno obtežbo 4 kN/m^2 .

Iz diagrama konkurenčnosti sovprežnih sistemov, glej sliko 11, je razvidno, da je najcenejši stropni sistem z IPE-profilom do razpona 10 m, medtem ko je pa za razpone 15 m, 20 m in 25 m najcenejši stropni sistem z varjenimi I-nosilci. Najdražji je stropni sistem s HEA-profilom, pri vseh razponih.

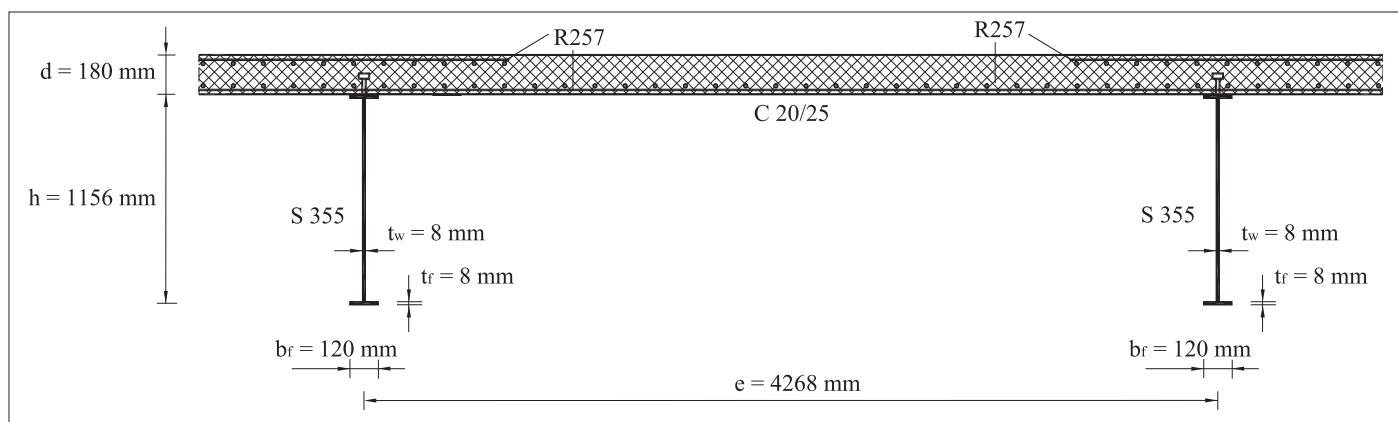
Na slikah 12-16 so prikazane optimalne konstrukcije sovprežnega stropnega sistema (notranja polja) za razpone od 5 m do 25 m. Na slikah so še prikazani: optimalni trdnostni razredi betona in konstrukcijskega jekla, dimenzije (profil) jeklenih I-nosilcev, medsebojna razdalja med jeklenimi I-nosilci, debelina armiranobetonske plošče in potrebna armatura. Natančnejši pregled izračunanih optimalnih stroškov za ta primer pokaže, da je najcenejši stropni sistem razpona 5 m sestavljen iz IPE-nosilcev ($40,06 \text{ €/m}^2$), slika 12, sistem razpona 10 m je sestavljen iz IPE-nosilcev ($57,20 \text{ €/m}^2$), slika 13, sistem razpona 15 m je sestavljen iz varjenih I-nosilcev ($69,21 \text{ €/m}^2$), slika 14, sistem razpona 20 m je sestavljen iz varjenih I-nosilcev ($79,55 \text{ €/m}^2$), slika 15, in sistem razpona 25 m je sestavljen iz varjenih I-nosilcev ($88,86 \text{ €/m}^2$), slika 16.



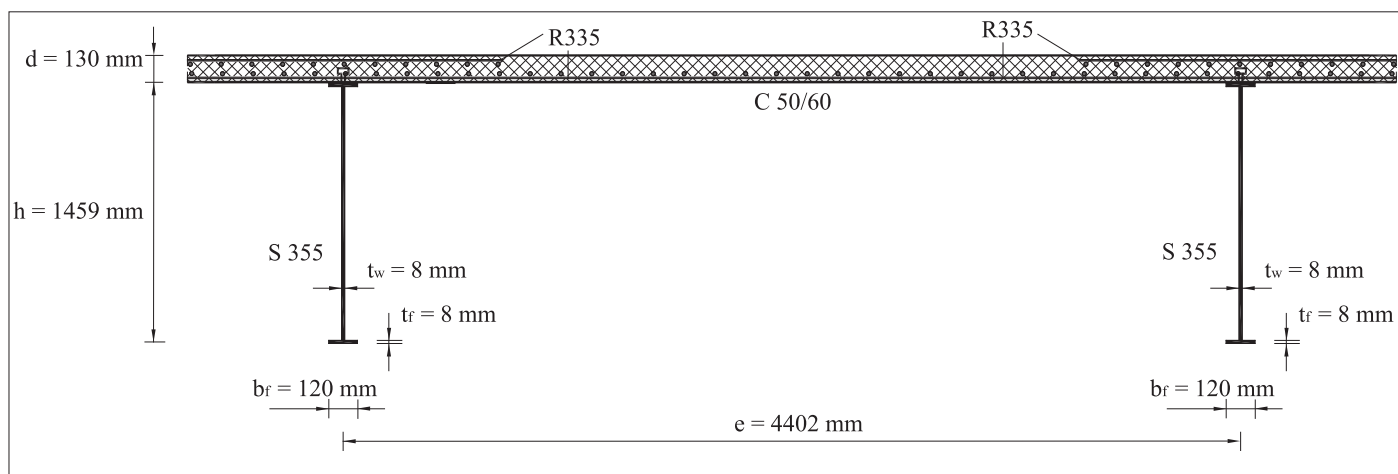
Slika 13 • Optimalni prerez sovprežnega stropnega sistema za razpon 10 m, sestavljen iz IPE-nosilcev.



Slika 14 • Optimalni prerez sovprežnega stropnega sistema za razpon 15 m, sestavljen iz varjenih I-nosilcev.



Slika 15 • Optimalni prerez sovprežnega stropnega sistema za razpon 20 m, sestavljen iz varjenih I-nosilcev.



Slika 16 • Optimalni prerez sovprežnega stropnega sistema za razpon 25 m, sestavljen iz varjenih I-nosilcev.

6 • SKLEP

V članku smo predstavili konkurenčnost sovprežnih stropnih sistemov, sestavljenih iz jeklenih I-nosilcev in armiranobetonske plošče. Za določitev optimalne sovprežne konstrukcije je bila izvedena parametrična optimizacija s pomočjo mešanega celoštevilskega nelinearnega programiranja, MINLP. Parametrična MINLP-optimizacija je bila izvedena za različne konstrukcijske alternative, dobljene z vsemi mogočimi kombinacijami med naslednjimi različnimi parametri: različni razponi (od 5 m do 25 m), različni trdnostni razredi jekla, različne trdnosti betona, različni prerezi jeklenih nosilcev (varjeni I-nosilci, standardni IPE-profil in HEA-profil), različne odpornosti sovprežnega prereza

(plastična ali elastična odpornost), različne lege nevtrálnih osi, različne lege težiščnih osi idealiziranega (popolnoma jeklenega) sovprežnega prereza, različne armaturne mreže in različne diskretne debeline armiranobetonske plošče. Konstrukcija je bila obremenjena z lastno težo in koristno obtežbo 4 kN/m^2 .

V študiji sovprežnih stropnih sistemov smo dokazali, da so sovprežni nosilci, dimenzionirani z elastično upogibno odpornostjo, v povprečju za 15 % do 20 % dražji od sovprežnih nosilcev s plastično upogibno odpornostjo. Ugotovili smo, da je sovprežni stropni sistem z jeklenimi IPE-profil najoptimalnejši sistem za raz-

pone do 10 m, medtem ko je sovprežni sistem z varjenimi I-nosilci najugodnejši sistem za vse razpone, večje od 10 m. Sovprežni stropni sistem s HEA-profilom je nekonkurenčen.

V pričujoči študiji smo obravnavali samo sovprežni stropni sistem, sestavljen iz monolitne armiranobetonske plošče in jeklenih I-nosilcev. Zagotovo so lahko optimalnejši tudi drugačni sistemi, kot so sistemi s prefabriciranimi armiranobetonskimi ploščami, s sovprežnimi ploščami ali s paličnimi jeklenimi I-nosilci. Tudi posebna analiza uporabe različnih sistemov podpiranja (kontinuirano podprti, delno podprti ali nepodprti) v času gradnje bi zagotovo bila za sovprežne stropne sisteme, pri različnih razponih in obtežbah, zanimiva in bi podala še bolj podrobno stroškovno sliko.

7 • LITERATURA

- Brooke A., Kendrick D. and Meeraus A., GAMS - A User's Guide, Scientific Press, Redwood City, CA, 1988.
- CPLEX User Notes, ILOG inc, 2016.
- Drudd, A.S., CONOPT – A Large-Scale GRG Code, ORSA Journal on Computing, 6(2), 207-216, 1994.
- Kaveh, A., Massoudi, M.S., Cost optimization of a composite floor system using ant colony system, Iranian Journal of Science and Technology-transactions of Civil Engineering, 36(C2), 139-148, 2012.
- Kaveh, A., Ahangaran, M., Discrete cost optimization of composite floor system using social harmony search model, Applied Soft Computing, 12, 372-381, 2012.
- Klanšek, U., Kravanja, S., Cost estimation, optimization and competitiveness of different composite floor systems—Part 1: Self-manufacturing cost estimation of composite and steel structures, Journal of Constructional Steel Research, 62(5), 434-448, 2006a.
- Klanšek, U., Kravanja, S., Cost estimation, optimization and competitiveness of different composite floor systems—Part 2: Optimization based competitiveness between the composite I beams, channel-section and hollow-section trusses, Journal of Constructional Steel Research, 62(5), 449-462, 2006b.
- Kravanja, S., Kravanja, Z., Bedenik, B.S., The MINLP optimization approach to structural synthesis. Part I: A general view on simultaneous topology and parameter optimization, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 43(2), 263-292, 1998a.
- Kravanja, S., Kravanja, Z., Bedenik, B.S., The MINLP optimization approach to structural synthesis. Part II: Simultaneous topology, parameter and standard dimension optimization by the use of the Linked two-phase MINLP strategy, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 43(2), 293-328, 1998b.
- Kravanja, S., Soršak, A., Kravanja, Z., Efficient multilevel MINLP strategies for solving large combinatorial problems in engineering, Optimization and Engineering, 4(1), 97-151, 2003.
- Kravanja, S., Žula, T., Klanšek, U., Multi-parametric MINLP optimization study of a composite I beam floor system, Engineering Structures, 130, 316-335, 2017.
- Kravanja, Z., Grossmann, I.E., New Developments and Capabilities in PROSYN - An Automated Topology and Parameter Process Synthesizer, Computers & Chemical Engineering, 18(11-12), 1097-1114, 1994.
- Kravanja, Z., Challenges in sustainable integrated process synthesis and the capabilities of an MINLP process synthesizer MipSyn, Computers & Chemical Engineering, 34(11), 1831-1848, 2010.
- Omkar, S.N., Senthilnath, J., Khandelwal, R., Naik, G.N., Gopalakrishnan, S., Artificial Bee Colony (ABC) for multi-objective design optimization of composite structures, Applied Soft Computing, 11, 489-499, 2011.

Poitras, G., Lefrançois, G., Cormier, G., Optimization of steel floor systems using particle swarm optimization, *Journal of Constructional Steel Research*, 67(8), 1225-1231, 2011.

Senouci A.B., Al-Ansari M.S., Cost optimization of composite beams using genetic algorithms, *Advances in Engineering Software*, 40, 1112-1118, 2009.

SIST, SIST EN 1990:2004, Evrokod 0, Osnove projektiranja, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004a.

SIST, SIST EN 1991-1-1:2004, Evrokod 1, Vplivi na konstrukcije-Del 1-1, Splošni vplivi - Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004b.

SIST, SIST EN 1992-1-1:2005, Evrokod 2, Projektiranje betonskih konstrukcij-Del 1-1, Splošna pravila in pravila za stavbe, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005a.

SIST, SIST EN 1993-1-1:2005, Evrokod 3, Projektiranje jeklenih konstrukcij-Del 1-1, Splošna pravila in pravila za stavbe, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005b.

SIST, SIST EN 1994-1-1:2005, Evrokod 4, Projektiranje jeklenih konstrukcij-Del 1-1, Splošna pravila in pravila za stavbe, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005c.

Žula, T., Kravanja, S., Klanšek, U., MINLP optimization of a composite I beam floor system, *Steel and Composite Structures*, 22(5), 1163-1192, 2016.

Žula, T., Kravanja, S., MINLP optimiranje sovprežnega stropnega sistema z I-nosilci, *Gradbeni vestnik*, 66, 194-203, 2017.

Žula, T., Kravanja, S., MINLP optimiranje sovprežnega stropnega sistema z elastično odpornostjo nosilca, *Gradbeni vestnik*, 67, 210-218, 2018.



Slovensko združenje za trajnostno gradnjo

5. konferenca trajnostne gradnje

15.–16. oktober 2020

V Ljubljani, 23. oktobra 2020: Slovensko združenje za trajnostno gradnjo GBC Slovenija je 15. in 16. oktobra organiziralo že 5. konferenco trajnostne gradnje, ki jo je 110 udeležencev zaradi zdravstvenih omejitev tokrat spremljalo na daljavo prek spleta. Osrednja tema dvodnevne spletne konference je bila premišljeno načrtovanje ter izvajanje prenove objektov na trajnosten in okolju prijazen način, glavni poudarek pa na kakovostnih, zdravih in sodobnih trajnostnih stavbah, ki uporabnikom zagotavljajo večjo vrednost. Časno pokroviteljstvo trajnostne konference sta prevzela predsednik Republike Slovenije Borut Pahor in Ministrstvo za okolje in prostor RS z ministrom Andrejem Vizjakom na čelu, izvedbo pa so podprli Eko sklad, Stanovanjski sklad RS in Borzen.

Predavanja so se vsebinsko nanašala na tri tematske sklope – trajnostno gradnjo, kakovostno bivalno klimo ter obnovo stavbene dediščine pod spomeniškim varstvom. V dveh dneh se je zvrstilo 17 predavateljev iz vrst raziskovalnih in znanstvenih institucij ter fakultet, svoje trajnostne rešitve ter primere dobrih praks pa so predstavila tudi podjetja, ki si pri nas prizadevajo k čim hitrejšemu prehodu gradbeništva v trajno-

stno gradnjo in k zeleni prenovi gradbene panoge.

Dr. Iztok Kamenski, predsednik UO združenja **GBC Slovenija**, je ob odprtju konference pozdravil vse udeležence in predstavil glavne cilje, ki jim v Sloveniji sledimo na poti k trajnostni gradnji: »Gradbeni sektor, ki je med največjimi porabniki virov in energije, bo imel pri doseganju ambicioznih ciljev, ki smo si jih v EU zastavili do leta 2030 in 2050, pomembno vlogo. Stavbe bomo morali načrtovati in graditi trajnostno, da pomembno zmanjšamo njihov vpliv na okolje. Evropa je s kazalniki Level(s) že razvila okvir za vrednotenje trajnostnih stavb, merila za gradnjo stavb in njihovo prenovu pa razvijamo tudi v Sloveniji. Z njimi bomo pridobili informacije o življenjskem ciklu stavb, njihovih učinkih na rabo tal, vplivu na podnebje ter zagotavljanju kakovosti bivalnega okolja, tem trajnostnim usmeritvam pa bodo morali slediti tudi proizvajalci gradbenih materialov.«

Udeležence trajnostne konference je v imenu Ministrstva za okolje in prostor RS ugodoma nagovoril **minister Andrej Vizjak**, ki je združenju najprej čestital za desetletnico delovanja, v nadaljevanju pa se je posvetil obnovi, preoblikovanju in dodani vrednosti obstoječih stavb, ki morajo zadovoljevati

spremenjene potrebe sodobnega človeka: »Trajnostna gradnja nosi velik potencial na znatno zmanjšanje vplivov na okolje. Dolgoročna strategija razogljičenja v Republiki Sloveniji je že v javni obravnavi, z njo pa ob upoštevanju interesov gradbenega sektorja naslavljamo izzive, zapisane v sporazumih za neto ničelne emisije do leta 2050. Ambiciozni cilji do leta 2030 predvidevajo kar 55-% znižanje emisij, kar k ukrepanju naslavlja vse sektorje, zlasti gradbenega.« Navedel je še, da je bilo doslej največ narejenega na področju energetske učinkovitosti stavb, pozornost pa je sedaj usmerjena tudi na varovanje virov, izboljšanje poznavanja in sledljivosti materialov ter sestavi gradbenih proizvodov, ki so trajno vgrajeni v stavbe.« V okviru širšega in večletnega integralnega projekta LIFE IP CARE4CLIMATE na MOP trenutno opravljajo analizo okoljskih izjav na trgu z gradbenimi proizvodi, s katerimi bodo proizvajalci izkazovali energetsko učinkovitost in povzetek vseh vplivov gradbenih proizvodov na okolje v celotnem življenjskem ciklu, vključno z vplivi proizvodnega procesa in dobave osnovnih surovin. Z letom 2021 se bo z Zakonom o varstvu okolja začela uveljavljati proizvajalčeva razširjena odgovornost, kar velja tudi za stavbe.



Slika 1 • Stanovanjski sklad RS – soseska v MB-DJI.

Trajnostna gradnja

Na ravni EU je gradbeni sektor odgovoren za porabo več kot 40 % vse energije, 36 % emisij CO₂, 40 % vseh naravnih virov ter porabo 30 % vode, ob koncu življenjskega cikla pa generira še okoli 30 % vseh odpadkov. Da bi lahko dosegli okoljske cilje in do leta 2050 postali prva podnebno nevtralna celina, je Evropska komisija pripravila več dokumentov, med katerimi je ključen Akcijski načrt za krožno gospodarstvo. V Sloveniji bo poimenovan *Celovit strateški projekt razogljičenja Slovenije preko prehoda v krožno gospodarstvo*, obravnaval pa bo zlasti vire in materiale ter stavbe glede snovne, energetske in emisijske produktivnosti. Slovenija o trajnostni gradnji, ki upošteva življenjski cikel stavb, uredba nima, ima pa vrsto usmeritev, zapisanih v številnih dokumentih. Med temi gradivi je tudi pregled sistema kazalnikov trajnostne gradnje, ki sta ga za MOP pripravila ZAG in Gradbeni inštitut ZRMK, z njimi pa bo gradbeništvo izkoristilo možnosti za večjo učinkovitost rabe tal, zmanjšanje vplivov na podnebje ter izboljšanje bivalnega okolja. Raba energije v fazi uporabe stavbe je torej le njen manjši del, obravnavati bo treba tudi faze proizvodnje, gradnje, uporabe in izrabe stavbe ob možnostih za nadaljevanje njenega cikla. Pri snovanju

stavb bomo tako sledili šestim makrociljem ter -kazalnikom s področij rabe energije, rabe gradbenih materialov, odpadkov in vode, kakovosti notranjega zraka, toplotnega ugodja, odpornosti proti klimatskim razmeram in upravljanja s stroški, ključno pa bo sodelovanje stroke in uporabnikov, ki bo potekalo v več fazah testne uporabe posameznih verzij. Vzporedno s kazalniki se že razvijata tudi podporno okolje in e-platforma trajnostne gradnje, vzpostavlja pa se tudi podatkovna platforma. Za razvoj slovenskih kazalnikov trajnostne gradnje je predviden 8-letni časovni okvir, ki se izteče konec leta 2026. Testiranje pripravljene *alfa verzije*, s katero želijo snovalci preveriti uporabnost posameznih kazalnikov, se bo pričelo že letos in predvidoma zaključilo v letu dni. Kazalniki bodo kasneje nadgrajeni, urejen bo sistem za vrednotenje v okviru *beta verzije*, sledilo bo še uravnoteževanje kazalnikov in testiranje parametrov. Tako bo Slovenija do konca leta 2026 vzpostavila delujoč nacionalni sistem za vrednotenje trajnostne gradnje, ki bo skladen z Level(s). Trajnostno gradnjo podpirajo tudi pri Stanovanjskem skladu RS, kjer imajo trenutno odprtih kar nekaj projektov z okoli 2000 najemnimi stanovanji, ki bodo uporabnikom na voljo predvidoma konec prihodnjega leta. Kot

javni sklad so zavezani k trajnostni gradnji in uporabi novih tehnologij, z ustvarjanjem dodane vrednosti za uporabnike pa dajejo dober zgled tudi drugim investitorjem. Pri nas bo v kratkem izšel tudi prvi Priročnik za trajnostno gradnjo, ki bo prispeval k hitrejši prenovi gradbenega fonda in bo na voljo brezplačno.

Kakovostna bivalna klima

Stavbni fond je tako v Evropi kot Sloveniji potraten in star, največ energije pa se v stavbah porabi za ogrevanje in hlajenje. Ukrepi so prvenstveno usmerjeni le v izvedbo učinkovitih toplotnih izolacij, visoko zrakotesnost fasadnega ovoja in vgradnjo učinkovitih mehanskih sistemov. Če je zdaj naša pozornost prvenstveno usmerjena v energetske učinkovitost stavb, bomo morali v prihodnje več pozornosti namenjati doseganju optimalne kakovosti notranjega okolja v smislu zagotavljanja celovitega udobja in zdravih bivalnih razmer. Delež stavb s čezmerno vlago v Sloveniji dosega 30 %, v Evropi v povprečju 15 %. V takih okoljih se večajo tveganja za pojav astme in se povečujejo težave z dihalni, kar je še posebej pomembno za ranljive skupine prebivalcev. V stavbe se kljub odredbi iz leta 2011 še vedno vgrajujejo nekateri gradbeni proizvodi, katerih vsebnosti imajo negativen vpliv na zdravje in



Slika 2 • Grajska Pristava Ormož (foto Miran Kambič).

okolje. Sindrom bolnih stavb se po oceni WHO pojavlja pri več kot 30 % stavb po vsem svetu, povzroča pa ga najpogostejše nezadostno prezračevanje. Pravi pristop za trajnostno gradnjo je zdrava in udobna stavba z minimalno možno rabo energije, brez negativnih vplivov na okolje. Notranje udobje ter prijetno in zdravo klimo je mogoče doseči z učinkovitimi ogrevalnimi sistemi in sistemi prezračevanja, pa tudi z uporabo ekoloških materialov za notranje prostore.

Obnova stavb kulturne dediščine pod spomeniškim varstvom

V slovenskem Registru nepremične kulturne dediščine je trenutno vpisanih okoli 30.000 enot kulturne dediščine, od teh je približno polovica stavb. Zaradi svoje zgodovinske, arhitekturne in kulturne vrednosti je odgovornost, da jih ohranjamo tudi za prihodnje generacije, na ramenih celotne družbe. Žal je kulturna dediščina pogosto razumljena kot cokla v razvoju, vendar pa je nedvomno velik razvojni potencial z vidika turizma in povezovanja kulturnega turizma ter naravne dediščine.

Sestavni del celovite prenove teh stavb je lahko tudi njena energetska prenova, tehnične rešitve za izvedbo v praksi pa poleg zakonodaje določajo tudi kulturno-

varstveni pogoji. V pomoč pri načrtovanju in izvajanju energetske prenove stavbne dediščine so stroki ter projektantom in investitorjem na voljo tudi smernice, ki smo jih začeli v Sloveniji snovati v letu 2016 in sta jih v tesnem sodelovanju z ZVKDS pripravljala Urbanistični inštitut RS in Gradbeni inštitut ZRMK. Te med drugim vsebujejo tudi parametre notranjega okolja in bivalnega ugodja z opisom učinkov ukrepov ter tehnične ukrepe energetske prenove z njihovimi vplivi, prednostmi, slabostmi in omejitvami. Poseben poudarek je tudi na statični in potresni odpornosti, sanaciji poškodb ter reševanju problemov z vlago. Ukrepi energetske prenove sledijo, ko je osnovno stanje stavbe strokovno korektno urejeno. Dopolnitev in posodobitev smernic sta že predvideni v osnutku dolgoročne strategije energetske prenove stavb do leta 2050. V okviru projekta LIFE IP CARE4CLIMATE pod okriljem MOP pa Gradbeni inštitut ZRMK razvija tudi novo kategorijo znaka kakovosti v graditeljstvu (ZKG), da bi v nacionalnem okviru še bolj poudarili pomen kakovosti postopkov pri gradbeni in energetske prenovi stavb kulturne dediščine.

Na konferenci so sodelovali Zavod za gradbeništvo (ZAG), Gradbeni inštitut ZRMK, Zavod za varstvo kulturne dediščine (ZVKDS),

Fakulteta za arhitekturo (FA) in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (FGG) Univerze v Ljubljani, Stanovanjski sklad RS, Energetska agencija za Podravje (Energap) ter družbe JUB, Knauf Insulation, Xella porobeton, Wienerberger, Lunos, Eutrip in Fit media.

Miša Hrovat,
Odnosi z javnostmi za GBC Slovenija

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2021

SEMINAR	IZPIT
1. - 3. 2. 2021	23. 3. in 24. 3. (po potrebi še 25.)
19. - 21. 4. 2021	25. 5. in 26. 5. (po potrebi še 27.)
4. - 6. 10. 2021	23. 11. in 24. 11. (po potrebi še 25.)

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

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

Telefon: (01) 52-40-200

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

Uradne ure:

od ponedeljka do četrтка od 09.00 do 14.00 ure; v petek ni uradnih ur za stranke.

Pripravljalni seminar bo za:

1. **Pooblaščen inženirje gradbene stroke** (to je za kandidate, ki imajo končano najmanj drugo bolonjsko stopnjo gradbeništva, oziroma univerzitetni diplomirani inženirji gradbeništva, ter za kandidate, ki izpolnjujejo pogoje po 58. členu Zakona o arhitekturni in inženirski dejavnosti)
2. **Vodje del za področje gradbene stroke** (to je za kandidate, ki izpolnjujejo pogoje izobrazbe iz gradbene stroke za izvajalce po 4. točki prve in druge alineje 14. člena Gradbenega zakona)

Predavanja bodo iz naslednjih predmetov izpitnega programa:

1. **Predpisi s področja graditve objektov, urejanja prostora, arhitekturne in inženirske dejavnosti, zborničnega sistema ter osnov varstva okolja in splošnega upravnega postopka**
2. **Investicijski procesi in vodenje projektov**
3. **Varstvo zdravja in življenja ljudi ter varstvo okolja pri graditvi objektov**
4. **Področni predpisi in standardizacija s področja graditve objektov**

Cena za udeležbo na seminarju in za literaturo znaša 623,22 EUR z DDV. Kandidati lahko poslušajo tudi zgolj posamezna predavanja v okviru rednih seminarjev, cena za obisk posameznega predavanja je 124,64 EUR z DDV. V cenah so všteti tudi odmori za kavo. V primeru prepovedi zbiranja večjega števila ljudi na dogodkih v zaprtih javnih prostorih z namenom omejitve širjenja virusa covid-19, bo seminar izveden kot video konferenca.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni

račun ZDGITS: **SI56 0201 7001 5398 955.**

Prijavo je potrebno posredovati organizatorju (ZDGITS) na e-naslov gradb.zveza@siol.net najkasneje **7 dni pred začetkom** seminarja! Prijavni obrazec je objavljen na spletni strani ZDGITS (<http://www.zveza-dgits.si>).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana.** Informacije o strokovnih izpitih in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS (www.izs.si), po telefonu (01) 547-33-19 (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 10.00 do 12.00 ure; v torek od 14.00 do 16.00 ure) ali osebno na sedežu IZS (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 08.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).

VSEBINA LETNIKA 69/2020

Članki – Papers

Bizjak, L., NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO, GRADNJA OBJEKTA BB2, NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO, CONSTRUCTION OF BB2 BUILDING, september, stran 244.

Brežnik, J., Kochovski, P., Stankovski, V., UPO-RABA PLATFORME RAČUNALNIŠTVA V MEGLI PRI RAZVOJU APLIKACIJ ZA PAMETNO IN VARNO GRADNJO, THE USE OF A FOG COMPUTING PLATFORM FOR THE DEVELOPMENT OF APPLICATIONS FOR SMART AND SAFE CONSTRUCTION, julij, stran 194.

Čas, B., STRIŽNE NAPETOSTI V ELASTIČNIH DVO-SLOJNIH LESENIH NOSILCIH Z UPOŠTEVANJEM ZDRSA MED SLOJEMA, SHEAR STRESSES IN ELASTIC TIMBER COMPOSITE TWO-LAYER BEAMS WITH INTERLAYER SLIPS, november, stran 286.

Čas, B., Šporin, J., GRADNJA PODZEMNIH POVEZAV MED NOVIM PODZEMNIM OBJEKTOM IN KLETNIMI PROSTORI STARE GROFIJE V CELJU – ZAŠČITA IZKOPOV IN IZVEDBA GRADNJE, CONSTRUCTION OF CONNECTION CORRIDORS BETWEEN A NEW UNDERGROUND OBJECT AND THE CELLAR OF STARA GROFIJA IN CELJE – DETERMINATION OF EXCAVATION PROTECTION MEASURES AND CONSTRUCTION OF CORRIDORS, februar, stran 48.

Dolinar, U., Hozjan, T., Trtnik, G., OCENA ME-HANSKIH LASTNOSTI BETONA PO IZPOSTAVLJENOSTI POVIŠANIM TEMPERATURAM Z UPORABO RAZLIČNIH REGRESIJSKIH MODELOV, ESTIMATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE AFTER EXPOSURE TO HIGH TEMPERATURES USING DIFFERENT REGRESSION MODELS, junij, stran 152.

Držek, M., Premrov, M., Štrukelj, A., LASTNOSTI IN KLASIFIKACIJA ADHEZIVOV TER NJIHOVA UPORABA PRI LESU IN STEKLU, PROPERTIES AND CLASSIFICATION OF ADHESIVES AND THEIR USE FOR WOOD AND GLASS, februar, stran 32.

Isaković, T., Janevski, A., Gams, M., Fischinger, M., EKSPERIMENTALNE RAZISKAVE INTERAKCIJE MED ARMIRANOBETONSKIMI PLOŠČAMI IN STENAMI NA POTRESNI MIZI, SHAKE TABLE EXPERIMENT OF RC SLAB-TO-WALL PIERS INTERACTION, oktober, stran 254.

Juvanec, B., SUHOZID, KAMNITA ARHITEKTURA, KI NI SAMO ZID, DRYSTONE, ARCHITECTURE IN STONE, WHICH IS NOT ONLY WALL, junij, stran 163.

Klemen, K., Pergar, P., Fatur, M., Bevc Šekora-nja, B., Konda, K., PROBLEMATIKA NAČRTOVANJA SONARAVNIH UKREPOV ZA CELOVITO UPRAVLJANJE PADAVINSKIH VODA NA URBANIH OBMOČJIH, THE ISSUES OF PLANNING NATURE-BASED SOLUTIONS FOR INTEGRATED STORMWATER MANAGEMENT IN URBAN AREAS, marec, stran 73.

Klemenčič, T., Krevs, R., Malnar, D., LOGISTIČNI CENTER LIDL ARJA VAS, LOGISTICS CENTRE LIDL ARJA VAS, januar, stran 8.

Kobal, M., Žabota, B., Jeršič, T., SPREMLJANJE SKALNEGA PODORA Z UPORABO DALJINSKO VODENEGA LETALNIKA, SURVEYING OF ROCKFALL AREA USING A REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEMS, avgust, stran 208.

Kralj, U., Bratina, S., Saje, D., EKSPERIMENTALNA IN NUMERIČNA ANALIZA NASTANKA IN ŠIRJENJA RAZPOK PRI NATEZNO OBREMENJENEM ARMIRANOBETONSKEM ELEMENTU Z RAZLIČNO RAZPOREDITVIJO VZDOLŽNE ARMATURE, EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF CRACK FORMATION AND PROPAGATION ALONG TENSILE LOADED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH DIFFERENT ARRANGEMENT OF LONGITUDINAL REINFORCEMENT, september, stran 226.

Kryžanowski, A., PROBLEMATIKA OSKRBE S PITNO VODO V SLOVENSKI ISTRI, PROBLEM OF DRINKING WATER SUPPLY IN COASTAL REGION OF SLOVENIA, oktober, stran 265.

Kržan, M., Pazlar, T., Grašič, I., Ber, B., PREISKAVE LESENIH OKVIRNIH STENSKIH PANELOV S CEMENTNO-IVERNIMI OBLOŽNIMI PLOŠČAMI, EXPERIMENTAL STUDY OF THE BEHAVIOUR OF LIGHT-FRAME TIMBER WALL PANELS WITH CEMENT-PARTICLE-BOARD SHEATHING, marec, stran 63.

Lubej, S., Kravanja, G., Ivanič, A., KARAKTERIZACIJA DOTRAJANE MINERALNE VOLNE IZ BAZALTNIH VLAKEN, CHARACTERIZATION OF DEGRADED MINERAL WOOL FROM BASALT FIBERS, avgust, stran 217.

Mikoš, M., REGIONALIZACIJA SLOVENIJE KOT INSTRUMENT ZA DVIG KONKURENČNOSTI GOSPODARSTVA IN DOLGOROČNI VZDRŽNI RAZVOJ, REGIONALIZATION OF SLOVENIA AS AN INSTRUMENT FOR RAISING COMPETITIVENESS OF THE ECONOMY AND LONG-TERM

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SLOVENIA, maj, stran 118.

Mirkac, T., Gruden, G., Maraž, M., SANACIJA LEŽIŠČ JEKLENEGA MOSTU ČEZ REKO SAVINJO V KM 522+446 ŽELEZNIŠKE PROGE LAŠKO-CELJE, REPAIR OF STRUCTURAL BEARINGS OF STEEL BRIDGE OVER THE SAVINJA RIVER IN KM 522+446 RAILWAY LINE LAŠKO – CELJE, januar, stran 20.

Mlakar, R., Markelj, V., Maher, J., PROJEKT MOSTU ČEZ MEJNO REKO MURO V CERŠAKU, PROJECT FOR THE NEW BRIDGE OVER THE BORDER RIVER MURA NEAR CERŠAK, januar, stran 14.

Ogrin, A., KOMPOZITNE KONSTRUKCIJE IZ LESA IN BETONA V POŽARU: PREGLED LITERATURE S PRIMERJAVO POENOSTAVLJENIH METOD, TIMBER-CONCRETE COMPOSITE STRUCTURES IN FIRE: A LITERATURE REVIEW WITH COMPARISON OF SIMPLIFIED METHODS, november, stran 296.

Piculin, S., Može, P., TLAČNO OBREMENJENI UKRIVLJENI JEKLENI PANELI V NOSILCIH MOSTOV, CURVED STEEL PANELS IN BRIDGE GIRDERS LOADED IN COMPRESSION, julij, stran 179.

Razpet, U., Mele, J., Kogoj, S., RAZŠIRITEV PONTIŠKEGA TERMINALA TE NA LETALIŠČU JOŽETA PUČNIKA LJUBLJANA, WIDENING OF THE TE PASSENGER TERMINAL AT THE LJUBLJANA JOŽE PUČNIK AIRPORT, april, stran 107.

Slivnik, L., ZGODOVINSKI PREGLED STREŠNIH KONSTRUKCIJ, PODPRTIH Z ENIM STEBROM, HISTORICAL OVERVIEW OF ROOF STRUCTURES SUPPORTED BY ONE PILLAR, marec, stran 82.

Štukovnik, P., Bokan Bosiljkov, V., Marinšek, M., SAMOCELJENJE BETONA ZARADI DELOVANJA BAKTERIJ, BACTERIAL-BASED SELF-HEALING OF CONCRETE, januar, stran 2.

Tomažič, J., Malnar, D., Struna, E., IZVEDBA VODONEPREPUSTNE AB-KONSTRUKCIJE KLETI STANOVANJSKE STOLPNICE PECA, CONSTRUCTION OF WATERPROOF RC STRUCTURE IN THE BASEMENT OF THE RESIDENTAL SKYSCRAPER PECA, februar, stran 41.

Triller, P., Gams, M., Tomažević, M., VPLIV VPETOSTI MED PREISKAVO OBNAŠANJA NEARMIRANIH ZIDOV PRI POTRESNI OBTEŽBI, INFLUENCE OF BOUNDARY RESTRAINTS AT TESTING OF SEISMIC BEHAVIOUR OF

UNREINFORCED MASONRY WALLS, maj, stran 131.

Vodopivec, B., PIONIRKE GRADBENIŠTVA IN GEODEZIJE NA SLOVENSKEM, PIONEER WOMEN IN CIVIL ENGINEERING AND GEODESY IN THE SLOVENIAN TERRITORY, december, stran 314.

Žigart, M., Sitar, M., Jaušovec, M., LCC VREDNOTENJE Z UPORABO BIM-ORODJA V ZGO-DNJI FAZI PROJEKTIRANJA TRAJNOSTNIH STAVB, LCC EVALUATION USING BIM IN THE EARLY DESIGN STAGE OF SUSTAINABLE BUILDING DESIGN, april, stran 97.

Žula, T., Kravanja, S., PARAMETRIČNO MINLP OPTIMIRANJE SOVPREŽNEGA STROPNEGA SISTEMA Z I-NOSILCI, PARAMETRIC MINLP OPTIMIZATION OF A COMPOSITE I BEAM FLOOR SYSTEM, december, stran 329.

Voščilo

Kryžanowski, A., Voščilo predsednika ZDGITS, december, stran 310.

In memoriam

Kryžanowski, A., Mikoš, M., prof. dr. Marko Breznik, univ. dipl. inž. grad., univ. dipl. geol. (1920-2020), december, stran 311.

Jubilej

Anžlin, A., 70-letnica delovanja DGIT Novo mesto: miš ali lopata!, december, stran 313.

Atanasova, N., Prof. dr. Mitja Rismal – devetdesetletnik: profesor, znanstvenik in strokovnjak pred svojim časom, februar, stran 30.

Duhovnik, J., Dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad. – 70 let, marec, stran 62.

Logar, J., Mikoš, M., Zaslužni prof. dr. Bojan Majes, univ. dipl. inž. grad. – 70 let, junij, stran 150.

Uvodnik

Bratina, S., Uvodnik novega glavnega in odgovornega urednika, avgust, stran 207.

Duhovnik, J., Pod črto, julij, stran 178.

Kryžanowski, A., Prof. dr. Janez Duhovnik se po 20 letih poslavlja z mesta glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika, avgust, stran 206.

Prebil, D., Potresna odpornost stavb v Sloveniji, april, stran 94.

Manifest ECCE

Zadnik, B., ECCE razglasa leto 2020 za leto 3S-pristopa, april, stran 95.

Vabilo

Sejem MEGRA 2020, februar, stran 59.

Poročilo s strokovnega srečanja

Hrovat, M., Strokovno srečanje GBC Slovenija, april, stran 113.

Hrovat, M., Spletni seminar GBC Slovenija, julij, stran 201.

Hrovat, M., 5. konferenca trajnostne gradnje, december, stran 343.

Juvan, S., 30. Mišičev vodarski dan 2019, januar, stran 28.

Lopatič, J., Može, P., 41. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, februar, stran 56.

Poročilo s strokovne delavnice

Hrovat, M., Strokovna delavnica – Pravilna izvedba fasadnih sistemov, oktober, stran 278.

Popravek

februar, stran 58.

Obvestila ZDGITS

Pripravljalni seminarji in izpitni roki za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2021, december, stran 346.

Zadnji pripravljalni seminar in izpitni rok za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2020, julij, stran 204.

Vsebina letnika 69/2020

December, stran 347.

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

Novi diplomanti

Okorn, E., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 3 ovitka; april, stran 3 ovitka; maj, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; september, stran 3 ovitka; oktober, strani 283 in 284 ter stran 3 ovitka; november, stran 3 ovitka; december, stran 3 ovitka.

Koledar prireditev

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

Naslovnice

Arhiv CGP, d. d., Gradbišče trgovine IKEA v Ljubljani, februar.

Arhiv DARS, d. d., Pogled na začasni portal vzhodne cevi predora Karavanke, december.

Arhiv GIC GRADNJE, Gradbišče potniškega terminala TE na letališču Jožeta Pučnika Ljubljana, maj.

Bizjak, L., Gradnja objekta BB2, Nuklearna elektrarna Krško, september.

Bratina, S., Gradnja hotela A Tower na Bavarskem dvoru v Ljubljani, avgust.

Isaković, T., Tri-etažni preizkušane na potresni mizi na inštitutu IZIS v Skopju, oktober.

Jarm, M., Gradbišče mostu čez Savinjo pri kraju Marija Gradec pri Laškem, april.

Kante, P., »Tromostovje na Soči«, november.

Koležnik, S., Nadgradnja železniške postaje Maribor, marec.

Kranjec, M., Gradbišče nadgradnje železniške proge Celje-Zidani most pri Obrežju pri Zidanem mostu, junij.

Kuhta, M., Robota v opekarni Wienerberger v Ormožu, januar.

Malnar, D., Gradbišče podzemne parkirne hiše v Kopru, julij.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

II. STOPNJA - MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Jure Mlekuž, Načrtovanje merilnih kampanj za odkrivanje vodnih izgub na vodovodnih sistemih, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor doc. dr. Daniel Kozelj; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=121974>

III. DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Marko Lavrenčič, Numerični postopki za nelinearne statične in dinamične analize lupinskih sistemov različnih velikosti, mentor prof. dr. Boštjan Brank; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=121997>

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

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Karmen Sotošek, Projekt kanalizacije in čistilne naprave Lesično, mentorica izr. prof. dr. Janja Kramer Stajnko; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78076&lang=eng>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Nejc Hanžel, Projektiranje gladkih naknadno prednapetih armiranobetonskih plošč, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentorja asist. Žiga Unuk in Dejan Buha; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78053&lang=eng>

Božidar Međimurec, Izbor optimalne ureditve križišča v mestu Čakovec, mentor prof. dr. Tomaž Tolazzi; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78173&lang=eng>

Domagoj Oštarjaš, Primerjalna analiza naknadno prednapetih plošč razpona do 15 m, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentorja asist. Žiga Unuk in Predrag Presečki; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78168>

Gorazd Rižnar, Program Allplan Bridge 2020 - parametrično modeliranje in njegova uporabnost, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor mag. Marko Završki; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78009&lang=eng>

Boris Slamek, Hidrološko hidravlična analiza porečja potoka Vugrišinec za potrebe dimenzioniranja zadrževalnika, mentorica izr. prof. dr. Janja Kramer Stajnko, somentor mr. sc. Ivica Mustač; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78123&lang=slv>

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

KOLEDAR PRIREDITEV

18.-19.1.2021

NGM2021 — 18th NGM Nordic Geotechnical Meeting

Spletna konferenca

www.ril.fi/en/events/ngm-2020.html

10.-12.3.2021

DFI-PFSF Piling & Ground Improvement Conference 2021

Sydney, Avstralija

www.dfi.org/dfieventlp.asp?13385

6.-8.4.2021

BMCT Dubai 2021 - International Conference and Exhibition on Building Materials and Construction Technologies

Dubaj, Združeni arabski Emirati

<https://bmctdubai.org/>

20.-22.4.2021

"Structural Faults + Repair-2021" & "European Bridge Conference-2021"

Edinburg, Škotska

www.structuralfaultsandrepair.com/

10.-12.5.2021

S.ARCH 2021 - 8th International Conference on Architecture and Built Environment with Architecture AWARDS

Rim, Italija

www.s-arch.net/

7.-9.6.2021

Mediterranean Symposium on Landslides

Neapelj, Italija

<https://medsymplandslides.wixsite.com/msl2021>

9.-11.6.2021

Mednarodna konferenca »Applications of structural fire engineering« - ASFE' 21

Ljubljana, Slovenija

www.fgg.uni-lj.si/mednarodna-konferenca-asfe-21/

17.-19.6.2021

EGRWSE-2021 — 3rd International Conference on Environmental Geotechnology, Recycled Waste Materials and Sustainable Engineering

Izmir, Turčija

<https://egrwse2021.com/>

19.-21.6.2021

2nd International Conference on Press-in Engineering (ICPE) 2021

Kochi, Japonska

<https://icpe-ipa.org/>

21.-25.6.2021

ICOSSAR 2021-13th International Conference on Structural Safety & Reliability

Šanghaj, Kitajska

www.icossar2021.org/

4.-7.7.2021

11th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar

Valletta, Malta

www.iwagpr2021.eu/

5.-8.7.2021

DFI Deep Mixing Conference 2021

Gdansk, Poljska

www.dfi.org/dfieventlp.asp?13330

2.-6.11.2021

5th World Landslide Forum

Kjoto, Japonska

<http://wlf5.iplhq.org/>

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