

december 2025

letnik 74

Gradbeni vestnik

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



196

**NAČRTOVANJE SESTAVE
MEŠANICE ZEMLJINE ZA
UPORABO V NENOSILNIH
PREDELNIH BUTANIH STENAH**

210

**PREDOBDELAVA PODATKOV ZA
ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI IN
ZASEBNOSTI PRI UPORABI
VELIKIH JEZIKOVNIH
MODELOV V GRADBENIŠTVU**

220

**MODELIRANJE IZPUSTOV
TOPLOGREDNIH PLINOV
IN ONESNAŽEVAL ZRAKA
UPORABNIKOV AVTOCESTNEGA
SISTEMA V SLOVENIJI**

Gradbeni vestnik

Izdajatelj:

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

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
dr. Miha Jukić
IZS MSG: **dr. Rok Cajzek**
mag. Jernej Nučič
Tina Bučić
UL FGG: **izr. prof. dr. Matija Gams**
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Primož Može,**
glavni in odgovorni urednik
prof. dr. Uroš Klanšek
dr. Maja Kreslin

Lektor: **Davorin Kolarič**

Lektorica angleških povzetkov:
Romana Hudin

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:
Kočevski tisk

Naklada: 400 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

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

Letno izidejo 4 številke. Letna naročnina
za individualne naročnike znaša 25,50 EUR;
za študente in upokojene 10,50 EUR;
za družbe, ustanove in samostojne podjetnike
188,50 EUR za en izvod revije; za
naročnike iz tujine 88,00 EUR.

V ceni je všteti DDV.
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:
Železniška postaja v Ljubljani
Foto: **Aleš Dolenc**

Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in
Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, december 2025, letnik 74, str. 193-256

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

Prispevki v Gradbenem vestniku so odprto dostopni v skladu z licenco CC BY-SA 4.0.



Gradbeni
vestnik 70^{let}

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

195

ČLANKI PAPERS

doc. dr. Jasna Smolar, univ. dipl. inž. Grad.
prof. dr. Vlatko Bosiljkov, univ. dipl. inž. grad.
Manca Suša, mag. inž. stavb.
doc. dr. David Antolinc, univ. dipl. inž. grad.

NAČRTOVANJE SESTAVE MEŠANICE ZEMLJINE ZA UPORABO V NENOSILNIH PREDELNIH BUTANIH STENAH

DESIGN OF THE SOIL MIXTURE COMPOSITION FOR THE USE IN NON-STRUCTURAL PARTITION WALL

196

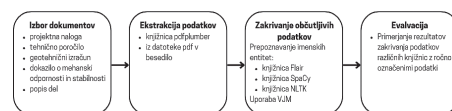


asist. Anja Brelih, mag. inž. mm.
asist. dr. Aleksander Srđić, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Jaka Dujc, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Robert Klinc, univ. dipl. inž. grad.

PREDOBDELAVA PODATKOV ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI IN ZASEBNOSTI PRI UPORABI VELIKIH JEZIKOVNIH MODELOV V GRADBENIŠTVU

DATA PREPROCESSING TO ENSURE SECURITY AND PRIVACY WHEN USING LARGE LANGUAGE MODELS IN CONSTRUCTION

210

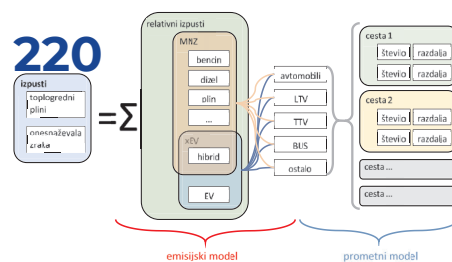


dr. Marko Kovač, univ. dipl. inž. stroj.
Matjaž Česen, univ. dipl. meteorolog

MODELIRANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV IN ONESNAŽEVAL ZRAKA UPORABNIKOV AVTOCESTNEGA SISTEMA V SLOVENIJI

MODELING GREENHOUSE GAS AND AIR POLLUTANTS EMISSIONS FROM USERS OF THE MOTORWAY SYSTEM IN SLOVENIA

220



POROČILA S STROKOVNEGA SREČANJA

Andrej Sopotnik,
Violeta Bokan Bosiljkov

DAN ZDRUŽENJA ZA BETON SLOVENIJE

231



VSEBINA CONTENTS

Dominik Klemenčič,
Primož Može

46. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

233



ITA Slovenija

15. MEDNARODNA KONFERENCA O PREDORIH IN PODZEMNIH OBJEKTIH: LET'S TALK UNDERGROUND

236



FOTOREPORTAŽI Z GRADBIŠČ

Rok Mlakar

MOST CERŠAK

238



Jernej Kete,
Katarina Sirk,
Jernej Nučič

HANGAR ZA VZDRŽEVANJE LETAL

245



OBVESTILO ZDGITS

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2026

251

VSEBINA LETNIKA 74/2025

Eva Okorn

NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn



VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

Spoštovani bralke in bralci Gradbenega vestnika,

zaključujemo leto, ki je za slovensko gradbeništvo pomenilo nadaljevanje pozitivnih trendov in dokaz, da se vztrajnost, strokovnost in povezovanje obrestujejo. Politična četrtletnega izhajanja naše revije se je izkazala za pravilno odločitev – omogoča nam, da poglobljeno osvetljujemo ključne razvojne smeri stroke in sproti spremljamo najpomembnejše projekte, ki krojijo naš prostor. Veseli nas, da je Gradbeni vestnik postal prepoznaven kot platforma za strokovno razpravo, analizo in promocijo najboljših praks v gradbeništvu.

Letošnje leto je bilo za panogo izjemno uspešno. Investicijski zagon se nadaljuje na številnih področjih – od prometne infrastrukture in energetskih objektov do posodobitev vodnogospodarskih ureditev ter stanovanjske gradnje. Posebej velja izpostaviti napredek pri poplavlni obnovi, kjer so strokovna znanja ter usklajeno delo številnih institucij in izvajalcev že vidno prispevala k obnovljenim vodnogospodarskim ureditvam, boljši odpornosti okolja ter večjemu zaupanju javnosti. Ti dosežki niso samoumevni; so rezultat predanega dela, medsebojnega sodelovanja in odgovornosti do skupnega prostora.

Z zadovoljstvom ugotavljamo, da se uspešno nadaljuje tudi partnerstvo z Inženirsko zbornico Slovenije, Inženirsko akademijo Slovenije in Slovensko inženirsko zvezo. Naša skupna prizadevanja pri reševanju strokovnih

izzivov, pripravi zakonodajnih predlogov, smernic ter odzivov na aktualne potrebe stroke so ponovno pokazala, kako pomembna je povezanost inženirske skupnosti. Prepričani smo, da bomo s takšnim sodelovanjem tudi v prihodnje učinkovito soustvarjali razvojne usmeritve, ki bodo slovensko gradbeništvo vodile k še večji odličnosti.

Ko vstopamo v novo leto, nas navdaja optimizem. Gradbeništvo ostaja ena ključnih vej gospodarskega in družbenega razvoja, njegovo vlogo pa utrjuje tudi zanimanje mladih za študij inženirskih smeri. Pred nami so novi izzivi, a tudi številne priložnosti – za tehnološki napredek, trajnostne pristope in še tesnejše povezovanje med teorijo, prakso in javnim interesom.

Naj bo prihajajoče leto polno inovacij, dobrih idej, sodelovanja ter uspešno zaključenih projektov. Vsem želim zdravja, osebne sreče, profesionalne izpolnitve in veliko navdiha, da boste tudi v prihodnje sooblikovali kakovostnejši in varnejši prostor za vse nas.

Srečno in uspešno leto!

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.



doc. dr. Jasna Smolar, univ. dipl. inž. grad.¹
jasna.smolar@fgg.uni-lj.si



prof. dr. Vlatko Bosiljkov, univ. dipl. inž. grad.¹
vlatko.bosiljkov@fgg.uni-lj.si



Manca Suša, mag. inž. stavb.²
manca.susa@kolektor.com



doc. dr. David Antolinc, univ. dipl. inž. grad.¹
david.antolinc@fgg.uni-lj.si



¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

² Kolektor Sisteh, d. o. o., Zasavska cesta 95, 1231 Ljubljana - Črnuče

Znanstveni članek
UDK/UDC: 624.131:691

NAČRTOVANJE SESTAVE MEŠANICE ZEMLJINE ZA UPORABO V NENOSILNIH PREDELNIH BUTANIH STENAH

DESIGN OF THE SOIL MIXTURE COMPOSITION FOR THE USE IN NON-STRUCTURAL PARTITION WALL

Povzetek

Zemljina je, tako kot les in kamen, eden najstarejših gradbenih materialov in je lokalno dostopna ter okolju prijazna. V zadnjih letih se v konceptu krožnega gospodarstva in trajnostne gradnje uporaba butane zemljine ponovno obuja, a trenutno ni ustrezno podprta z veljavnimi področnimi standardi in tehničnimi smernicami, ki bi opredeljevali metode preiskav in minimalne zahtevane lastnosti materiala glede na namen uporabe in dosežene dolgoročne lastnosti po vgradnji. V prvem delu prispevka je povzet koncept uporabe butane zemljine v grajenem okolju, pri čemer so na kratko predstavljene tudi bistvene zahteve nekaterih tujih tehničnih smernic za načrtovanje sestave mešanic. Drugi del obravnava geomehanske laboratorijske preiskave, izvedene pri načrtovanju mešanice za izdelavo nenosilnih testnih sten iz butane zemljine, ter primerja lastnosti mešanic z zahtevami tujih smernic. V tretjem delu so predstavljene mehanske lastnosti dveh nenosilnih testnih sten, izdelanih iz izbrane mešanice. Rezultati geomehanskih laboratorijskih preiskav so spodbudni, saj potrjujejo možnost uporabe standardnih geomehanskih preiskav za načrtovanje sestave in začetno oceno lastnosti mešanice. Za doseganje ustrezne tlačne trdnosti vgrajene mešanice sta ključnega pomena zrnastostna sestava – zlasti delež gline – ter primerna vlaga ob vgradnji. Tlačni preizkus testnih sten je pokazal razmeroma dobro tlačno trdnost, vendar tudi zelo neugoden porušni mehanizem. Slednje je treba v okviru nadaljnjih preiskav in optimizacije mešanice za izdelavo sten izboljšati, predvsem z dodatki naravnih vlaken. Za sledljivo načrtovanje sestave in rabe butane zemljine bi bilo treba izdelati tudi nacionalne tehnične smernice, ki bi upoštevale veljavne področne standarde in zakonodajo ter lokalne posebnosti (razpoložljive lokalne materiale, vplive okolja).

Ključne besede: butana zemljina, laboratorijske mehanske preiskave, načrtovanje mešanice, vgradljivost, nenosilna stena, zgoščanje, tlačna trdnost

Summary

Soil, similar to wood and stone, is one of the oldest construction materials, locally available and environmentally sustainable. In recent years, within the broader framework of the circular economy and sustainable construction practices, interest in rammed earth has grown. However, its wider implementation in Slovenia is still limited by the absence of valid national standards and technical guidelines prescribing testing methods, required material properties, and construction rules. The first part of the article introduces the concept of using rammed earth in contemporary built environments and summarizes key requirements from selected international technical guidelines for mixture design. The second part presents geotechnical laboratory tests performed to develop mixtures suitable for non-structural rammed earth walls, comparing the obtained properties with the criteria defined in foreign standards. The third part examines the mechanical properties of two non-structural test walls built from the selected mixture. The laboratory results are promising, demonstrating that standard geotechnical procedures can be effectively applied to mixture design and to the initial assessment of rammed earth characteristics. The achieved compressive strength of the compacted mixture is shown to depend mainly on particle size distribution and on ensuring appropriate moisture levels at the time of compaction. Compressive testing of the walls indicated relatively high compressive strength but also revealed an unfavourable failure mechanism. Addressing this behaviour in future research will likely require modifications to the mixture, such as the incorporation of natural fibres. To support systematic mixture design and encourage broader use of rammed earth construction in Slovenia, the development of national technical guidelines is essential. These guidelines should harmonize with existing international standards while taking into account local conditions (material availability, environment).

Key words: Rammed earth, laboratory mechanical testing, soil mixture design, workability, non-structural wall, compaction, compressive strength

1 UVOD

Gradbeni sektor je zaradi velike porabe surovin in energije v celotnem življenjskem ciklu objektov odgovoren za nastanek približno 40 % vseh emisij toplogrednih plinov [United Nations Environment Programme, 2023]. Uporaba naravnih in lokalno dostopnih gradbenih materialov se zato uveljavlja kot pomemben vidik trajnostnih rešitev, ki ne vključujejo energijsko potratne predelave ter na ta način pripomorejo k zmanjšanju porabe energije in ogljičnega odtisa materialov. Zaradi lokalne razpoložljivosti surovin, nizke vgrajene energije in potenciala za recikliranje se v kontekstu krožnega gospodarstva (Slika 1) in trajnostne gradnje objektov obuja tudi uporaba butane zemljine [Asal, 2021]. Butana zemljina (angl. rammed earth) je ena najstarejših tehnik gradnje, pri kateri v opaž s pnevmatskim ali ročnim nabijalom po plasteh zbijemo mešanico gline ali ilovice in agregata z dodatkom veziv in različnih naravnih vlaken ali brez tega.

Raziskave kažejo, da je butana zemljina trajno in trpežno gradivo, ki regulira vlago v prostoru, ne gori, shranjuje toploto, je dobro zvočnoizolativna in nima negativnih vplivov na okolje in zdravje ljudi in živali. V primerjavi s konvencionalnimi gradivi pa ima butana zemljina tudi pomanjkljivosti, ki jih je treba pri načrtovanju uporabe skrbno upoštevati [Zbašnik-Senegačnik, 2005]. Nekatere izmed teh so:

- spremenljive lastnosti, ki so vezane na območje pridobivanja surovine. Lastnosti surovine je treba raziskati za vsak primer posebej in načrtovati sestavo mešanice;
- krčenje zaradi sušenja. Zaradi zagotavljanja vgradljivosti mora imeti zemljina oz. mešanica ustrezno vlažnost ob vgradnji. Vлага butanih elementov se s časom uravnateži z okoljem, pri čemer pa (lahko) nastanejo razpoke kot posledica krčenja materiala. Krčenje lahko zmanjšamo z ustreznim načrtovanjem sestave mešanice (npr. manjši delež gline) in ustrezno nego butanega elementa med sušenjem (npr. počasna enakomerna ekvilibracija vlage z zračno vlažnostjo okolice ...);
- občutljivost na vodo. V stiku z vodo se butani element, katerega vlaga je uravnotežena z okoljem, ponovno navlaži. Vlaženje neugodno vpliva na mehanske lastnosti, zato



Slika 1. Življenjski cikel butane zemljine v grajenem okolju [Asal, 2021].

morajo biti butani elementi zaščiteni pred vodo in zmrzaljo (npr. strešni napušč, ustrezno visok kamnit temelj in cikel, hidroizolacija, površinska obdelava s premazi, opleški, ometi ...). Ob zasičenju z vodo, daljšem od pol ure, lahko material razpade.

Na vprašanje, ali je zemljina primerna za izdelavo butanih elementov, ni enostavnega odgovora [Houben, 1994]. Prav tako ne obstaja splošno uporaben recept za pripravo mešanice zemljine, agregata in veziv (v nadaljevanju mešanica), primerne za izdelavo butane zemljine. Fizikalne in mehanske lastnosti nabite mešanice so odvisne predvsem od lastnosti surovin (zemljine, agregata in veziva), njihovega razmerja v mešanici, vlage ob vgrajevanju ter postopka vgrajevanja (debelina plasti, ročno ali strojno zbijanje itd.) [Sabbà, 2021].

1.1 Tehnične smernice in standardi za načrtovanje sestave in lastnosti mešanice

Enotnih evropskih tehničnih smernic in standardov za preiskave in načrtovanje sestave mešanic za izdelavo butanih elementov ni. V Sloveniji tudi nimamo nacionalnih področnih tehničnih smernic, saj je butana gradnja, ki je bila veskozi aktualna v Prekmurju in na Ptujskem polju, še posebej pa se je razmahnila po drugi svetovni vojni, ko je bila na tem območju večina hiš v vaseh zgrajena iz butane zemljine, v sedemdesetih letih popolnoma zamrla [Zbašnik-Senegačnik, 2005].

Pregled obstoječih področnih tehničnih smernic in standardov v Preglednici 1 pa kaže, da so zrnavostna sestava, vsebnost organskih snovi in vodotopnih soli ter plastičnost ključne lastnosti za vrednotenje ustreznosti mešanice oz. zemljine v mešanici, medtem ko je v vgrajenem stanju najbolj pomembna ustrezna tlačna trdnost.

Država	Standardi in tehnične smernice	Lastnosti mešanice							
		Pred vgradnjo				Po vgradnji			
		Zrnavostna sestava	Organska snov	Vodotopne soli	Plastičnost finih zrn	Tlačna trdnost	Natezna trdnost	Linearno krčenje	Zmrzljinska obstojnost
Avstralija	CSIRO Bulletin 5 (1995)								
	EBAA (2004)	✓	✓			✓		✓	✓
	HB 195 (2002)								
Nemčija	Lehmbau Regeln (2009)		✓	✓		✓		✓	
Indija	IS: 2110 (1980)			✓	✓	✓			
	IS: 13827 (1998)	✓		✓	✓			✓	✓

Kirgizi- stan	PCH-2-87 (1988)	✓		✓	✓	✓				
Nova Zelandija	NZS 4297 (1998)									
	NZS 4298 (1998)	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓
	NZS 4299 (1998)									
Združene države Amerike	14.7.4 NMAC (2006)									
	ASTM D560 (1996)	✓	✓	✓		✓			✓	✓
	ASTM D559 (2003)									
	ASTM E2392/ E2392M-10(2016)									
Afrika	SADCSTAN TC 1/ SC 5/CD SAZS 724 (2001)	✓	✓	✓		✓				✓
Poljska	BN-62/6738-01	✓				✓		✓		✓
	BN-62/6738-02									
Španija	MOPT Tapial (1992)	✓	✓			✓				
Velika Britanija	Rammed Earth Design and Con- struction Guidelines (2005)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

Preglednica 1. Pregled področnih tehničnih smernic in standardov z navedenimi parametri mešanice, ki jih je treba preiskati (povzeto po [ASTM, 2016b; IS:2110, 1981; Rogala, 2021; SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, 2014; Walker, 2005]).

Eden ključnih parametrov pri načrtovanju sestave mešanice je zrnavost. Minke [2006] navaja, da je optimalna zrnavostna se-

stava mešanice tista, ki jo opiše modificirana Fullerjeva krivulja zrnivosti, določena z enačbo:

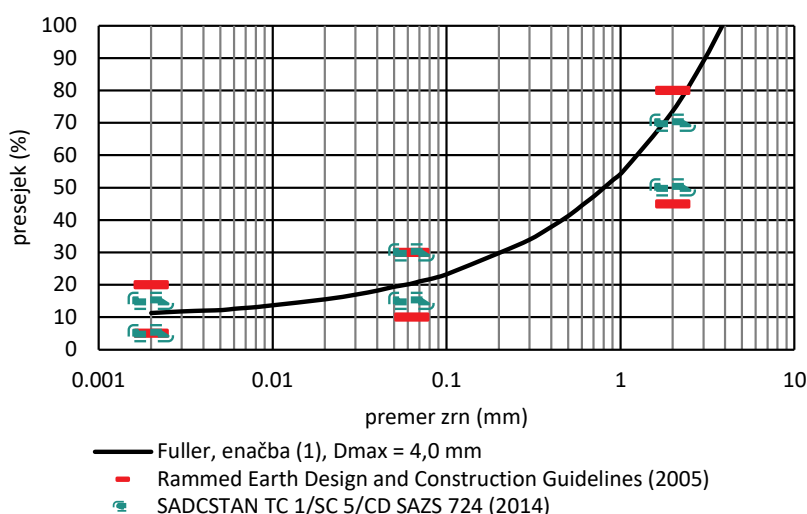
$$a = 100 * \sqrt{\frac{d}{D_{max}}} + 10 \quad (1)$$

kjer je: a ... presejek (%), d ... premer zrn (mm), D_{max} ... premer največjega zrna (mm).

Enačba velja za zrna, večja od 0,002 mm, priporočena najmanjša vsebnost glin (zrn < 0,002 mm) pa je 10 %.

Na Sliki 2 je s črno črto prikazana modificirana Fullerjeva krivulja za mešanico, v kateri premer največjega zrna ne presega 4,0 mm, z rdečimi in zelenimi horizontalnimi črticami pa sta prikazani območji zrnavostne sestave mešanic, kot ju predvidevata britanska in afriška smernica [SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, 2014; Walker, 2005]. Britanska smernica [Walker, 2005] tudi omejuje premer maksimalnega zrna mešanice na $D_{max}=6,0$ mm. Izjemoma so sicer na podlagi inženirske presoje lahko v mešanici tudi večja zrna, do $D_{max} = 50$ mm. Z vidika volumske stabilnosti (nabrekanje in krčenje) so pomembne tudi lastnosti drobnih zrn v mešanici. Generalno so bolj ugodna nizkoplastična drobna zrna, mešanice, ki vsebujejo visokoplastična drobna zrna, pa je možno tretirati z apnom ali drugimi hidravličnimi vezivi.

Poleg indeksnih lastnosti mešanice (zrnavostna sestava, vsebnost organskih snovi, vsebnost vodotopnih soli, plastičnost ...) sta za doseganje mehanskih lastnosti butanega elementa pomembni tudi vlaga mešanice pri vgrajevanju in dosežena gostota vgrajene mešanice. V nekaterih standardih in smernicah, navedenih v Preglednici 1, sta kot referenca največkrat podana dopustno odstopanje od optimalne vlage (w_{opt}) mešanice in minimalna predpisana dosežena zgoščenost (D_{PR}), ki je definirana kot % dosežene referenčne maksimalne suhe gostote (ρ_{dmax}) mešanice po zgoščanju v butani element (Preglednica 2). Navedeni parametri vgradljivosti so v splošni rabi v geotehnični praksi, preiskave pa se izvajajo po Proctorjevem preizkusu (npr. [DIN 18127, 2012a; SIST EN 13286-2, 2013]). Namen in cilj preiskav je, da za določeno energijo zgoščanja



Slika 2. Optimalna zrnavostna sestava mešanice za butano zemljino – Fullerjeva krivulja (črna črta) in območji zrnavostne sestave mešanic, ki ju priporočata britanska in afriška smernica (rdeči in zeleni simboli) [SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, 2014; Walker, 2005].

določimo vlago, pri kateri se bo mešanica najbolje zgoščala (w_{opt} , ρ_{dmax}) in posledično dosegala s projektom predvidene mehanske lastnosti.

Za oceno odstopanja vlage mešanice od njene optimalne vlage nekatere tehnične smernice in standardi podajajo enostavno metodo »drop test«, pri kateri iz vlažne mešanice oblikujemo kroglo premera 40-50 mm in jo z višine približno 1,5 m spustimo na trdno ravno podlago. Če je vlaga mešanice prenizka, krogla razpade v več manjših grud in drobcev (se zdrobi), če je vlaga blizu optimalne vlage, krogla razpade v nekaj kompaktnih kosov. Če krogla ne razpade (ostane v enem kosu) pa je vlaga mešanice previsoka.

Mehanske lastnosti mešanice se najpogosteje vrednotijo na podlagi tlačne trdnosti in vremenske obstojnosti nabitih preizkušancev (Preglednica 1). V povezavi z načinom priprave preizkušancev in njihovimi dimenzijami ter načinom preiskovanja

so podane tudi mejne vrednosti tlačne trdnosti, ki morajo biti izpolnjene. Primeri so navedeni v Preglednici 3.

V nadaljevanju članka so predstavljeni in interpretirani rezultati laboratorijskih preiskav, ki smo jih zasnovali na podlagi usmeritev tujih standardov in tehničnih smernic. Mešanico za izdelavo testnih nenosilnih butanih elementov smo pripravili iz gline in agregata, brez dodatka apna ali drugih hidravličnih veziv. Glede na to, da tuji standardi in tehnične smernice navajajo parametre in opisujejo postopke preiskav, ki se uporabljajo tudi v geotehniki, smo preiskave osnovnih komponent v mešanici ter preiskave za načrtovanje sestave in lastnosti sveže in vgrajene mešanice (zrnavostna sestava, vgradljivost, tlačna trdnost) izvedli po standardnih geomehanskih preiskovalnih metodah. Na podlagi rezultatov vseh izvedenih preiskav smo določili dve mešanici z različno vsebnostjo gline, iz katerih smo v laboratoriju izdelali nenosilni testni steni, ki smo ju po uravnoteženju vlage z zračno vlago v laboratoriju tudi preiskali.

Standard / tehnična smernica	Vlaga mešanice, w (%)	Dosežena zgoščenost, D_{pr} (%)
Materials and workmanship for earth buildings [NZS 4298, 1998]	$w_{opt} \pm 3\%$ <i>izjemoma, če se s preiskavami dokaže:</i> $w_{opt}-4\%$ do $w_{opt}+6\%$	98
Rammed Earth Design and Construction Guidelines, Appendix A [Walker, 2005]	$w_{opt} \pm 1-2 \%$	98
SADC harmonized standard for rammed earth structures – code of practice [SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, 2014]	w_{opt}	95

Preglednica 2. Priporočena vlaga mešanice pred vgradnjo in zahtevana minimalna dosežena zgoščenost butane zemljine po različnih standardih in smernicah.

Standard/tehnična smernica	Minimalna tlačna trdnost (MPa)	Postopek priprave preizkušancev in izvedbe preiskave
Materials and workmanship for earth buildings [NZS 4298, 1998]	1,3	iz splošnega opisa v prilogi B ni možno razbrati podatkov o dimenzijah preizkušancev, načinu nege in starosti pri preiskavi.
Rammed Earth Design and Construction Guidelines, Appendix A [Walker, 2005]	1,0 (generalno) 2,0 (nosilni elementi)	preiskava na 28 dni starih, zračno suhih valjastih preizkušancih z razmerjem $h:d = 2$. Možna je tudi izvedba na preizkušancih višine $h = 115$ mm in premera $d = 105$ mm, pri čemer je treba rezultat reducirati s faktorjem 0,7.
SADC harmonized standard for rammed earth structures – code of practice [SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, 2014]	1,5 (generalno) 2,0 (butane stene višine med 3,0 in 6,0 m)	postopek neporušne preiskave stene je opisan v normativnem dodatku D-standarda, starost stene pri preiskavi najmanj 7 dni.
Indian standard IS: 2110 [IS, 1981]	1,4 (zračno suh) 0,7 (zasičeno stanje)	mešanica izboljšana s cementom, valjast preizkušanec z razmerjem $h:d = 2$

Preglednica 3. Mejne vrednosti tlačne trdnosti v povezavi z načinom priprave preizkušancev, njihovimi dimenzijami in načinom preiskovanja.

2 NAČRTOVANJE SESTAVE MEŠANIC

Mešanice za izdelavo nenosilne testne butane stene smo izdelali iz treh osnovnih sestavin: (1) gline (**G**), (2) drobljenega agregata (**A**) frakcije 0-4 mm (gradbeni proizvod) in (3) vode iz ljubljanskega vodovoda. V luči krožnega gospodarstva smo v mešanicah uporabili glino, ki kot jalovina nastaja pri pridobivanju kremenovega peska.

Ker so spremenljive lastnosti zemljin, ki so vezane na območje pridobivanja, eden glavnih izzivov pri načrtovanju sestave mešanic in doseganju zahtevanih lastnosti butanih elementov, smo preiskali skupno približno 600 kg gline iz dveh ločenih odzemov (1. odzem – oznaka G1, 2. odzem – oznaka G2). Vzorca gline sta bila v laboratorij dostavljena vlažna, v obliki večjih grud. Pred pripravo mešanice smo glino posušili na zraku in zmleli v namenskem mlinu. Zračno suhi zmleti glini smo enakomerno primešali določeno količino zračno suhega drobljenega agregata in homogeni mešanici dodali želeno količino vode. V mešalniku homogenizirano mešanico smo pred pripravo preizkušancev za laboratorijske preiskave in pred izdelavo sten za 24 ur tesno zaprli v vreče, da je bila zagotovljena enakomerna porazdelitev vlage po celotnem vzorcu.

2.1 Preiskave za ugotavljanje lastnosti gline, agregata in mešanic

V Preglednici 4 so navedene geomehanske laboratorijske preiskave, ki smo jih izvedli na osnovnih sestavinah ter na mešanicah z različnimi razmerji osnovnih sestavin.

Parameter	Postopek (standard, navodila)	G	A	M
Gravimetrična vlaga, w (%)	SIST EN ISO 17892-1 [SIST, 2015]	✓		✓
Gostota zrn, ρ_s (Mg/m ³)	SIST EN ISO 17892-3 [SIST, 2016]	✓		✓
Zrnavostna sestava, d (mm), p (%)	SIST EN ISO 17892-4 [SIST, 2017]	✓	✓	✓
Enosna tlačna trdnost, q_u (kPa)	SIST EN ISO 17892-7 [SIST, 2018a]			✓
Meja židkosti w_L (%), meja plastičnosti, w_p (%)	SIST EN ISO 17892-12 [SIST, 2018b]	✓		
Metilen modro vrednost, MB_F (g/kg)	SIST EN 933-9:2009+A1:2013 [EN, 2013]	✓		
Vodovpojnost, Enslin – Neff, w_A (%)	DIN 18132:2012-04 [DIN, 2012b]	✓		
Vgradljivost, SPP, MPP, w_{opt} (%), ρ_{dmax} (Mg/m ³)	DIN 18127:2012-09 [DIN, 2012a]			✓
Meja krčenja, w_s (%)	ASTM D4943 [ASTM, 2018]	✓		
Totalna sukcija	ASTM D6836 [ASTM, 2016a]			✓
Vpliv vlage	Interna metoda (opisana v [Hrovat, 2020])			✓

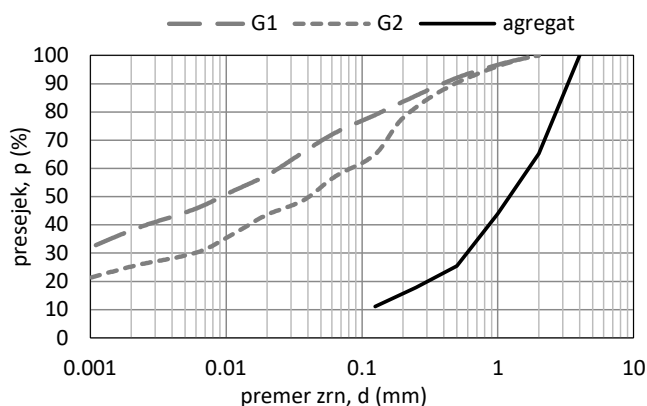
Preglednica 4. Kazalo izvedenih laboratorijskih preiskav gline (**G**), agregata (**A**) in mešanic (**M**).

3 LASTNOSTI OSNOVNIH SESTAVIN IN MEŠANIC

3.1 Lastnosti gline in agregata

Zrnavostna sestava gline in agregata, iz katerih smo pripravili mešanice za izdelavo sten, je prikazana na Sliki 3. Kljub nekoliko različni zrnavostni sestavi so indeksne geomehanske lastnosti gline iz različnih odzemov primerljive (Preglednica 5). Preiskana zemljina je peščena pusta glina (CL) in je z vidika USCS-klasifikacije [ASTM D2487, 2011] primerljiva zemljinama, ki so ju v raziskavi butanih zemljin uporabili Hajjar et al. [2018] in François et al. [2017].

Glede na izmerjeno vodovpojnost ($w_A = 53\% - 71\%$) in metilen modro vrednost ($MB_F = 21$ g/kg) spada glina med zemljine z nizkim oz. srednjim nabrekalnim potencialom [Petkovšek, 2010], kar ocenjujemo kot ugodno, saj volumnske deformacije butanih elementov niso zaželeno.



Slika 3. Krivulje zrnivosti gline (G1, G2) in agregata.

Parameter	G1	G2
Meja židkosti w_L (%)	36	32
Meja plastičnosti, w_p (%)	11	11
Meja krčenja, w_s (%)	11	14
Gostota zrn, ρ_s (Mg/m ³)	2,60	2,62
Vodovpojnost, Enslin – Neff, w_A (%)	71	53
Metilen modro vrednost, MB_F (g/kg)	21	21

Preglednica 5. Indeksne geomehanske lastnosti gline.

3.2 Sestava in lastnosti mešanic

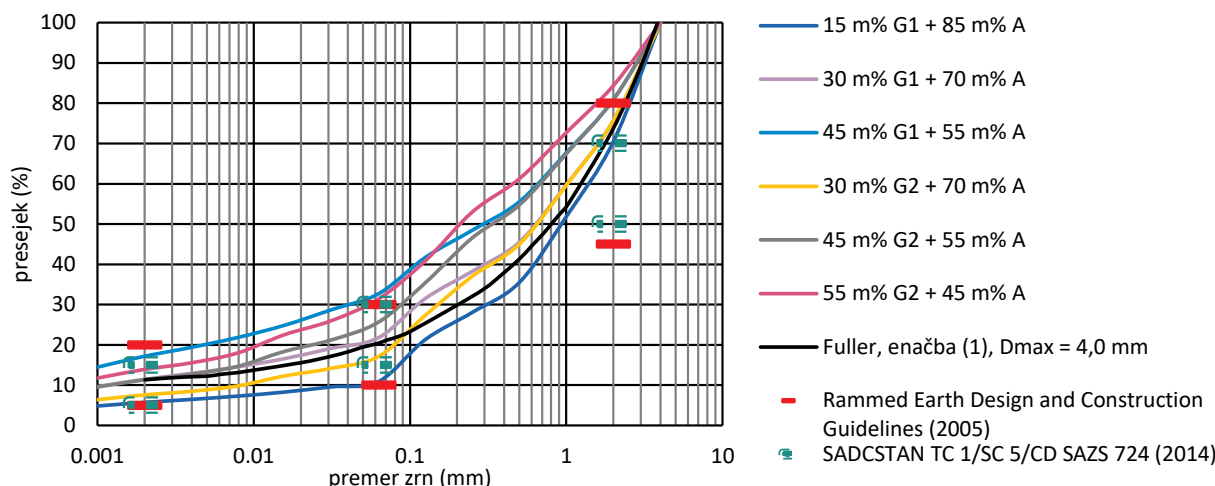
Iz gline iz posameznega odzema (G1 in G2) smo pripravili po tri mešanice z različnimi masnimi razmerji med glino in agregatom (G:A = 15 %:85 % do G:A = 55 %:45 %). Skupno smo tako pripravili šest mešanic. Da bi preverili vpliv manjših razlik v zrnavostni sestavi gline iz različnih odzemov na vgradljivost mešanic, smo dve mešanici (30 % G + 70 % A in 45 % G + 55 % A) pripravili iz gline iz obeh odzemov.

3.2.1 Zrnavostna sestava

Na Sliki 4 so prikazane računske krivulje zrnivosti mešanic skupaj s Fullerjevo krivuljo, izračunano po enačbi (1) za maksimalno zrno v vzorcu $D_{\max} = 4,0$ mm in z območji zrnivosti, kot jih priporočajo nekateri standardi in tehnične smernice (Slika 2). Načrtovana zrnavostna sestava mešanic generalno ustreza priporočilom standardov in tehničnih smernic.

nekoliko različnemu razmerju gline in agregata izkazuje primerljivo obnašanje.

Optimalna vlaga in dosežena maksimalna suha gostota mešanice sta odvisni tudi od energije zgoščanja. Za mešanico, ki vsebuje 55 m% gline (G2) in 45 m% agregata (A) in je z vidika vgradljivosti primerljiva mešanici 45 m% gline in 55 m% agregata, smo parametre vgradljivosti določili tudi za energijo



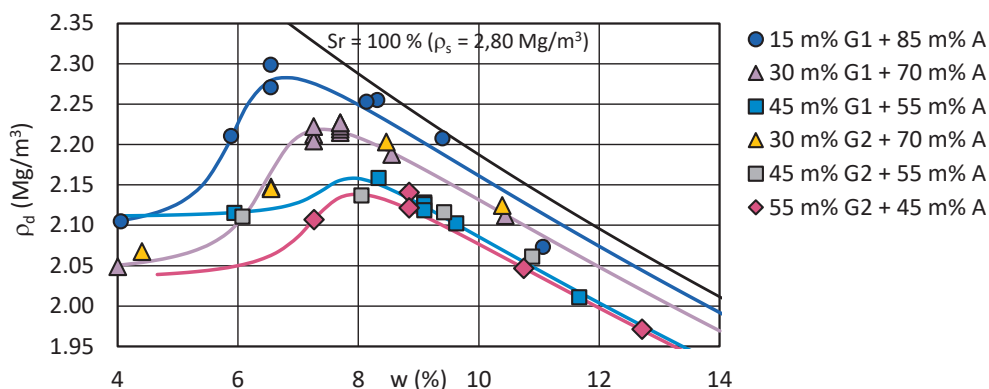
Slika 4. Računske krivulje zrnivosti preiskanih mešanic gline in agregata, Fullerjeva krivulja (črna črta) in območji zrnivosti mešanic, ki ju priporočata britanska [Walker, 2005] in afriška [SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, 2014] smernica (rdeči in zeleni simboli).

3.2.2 Vgradljivost

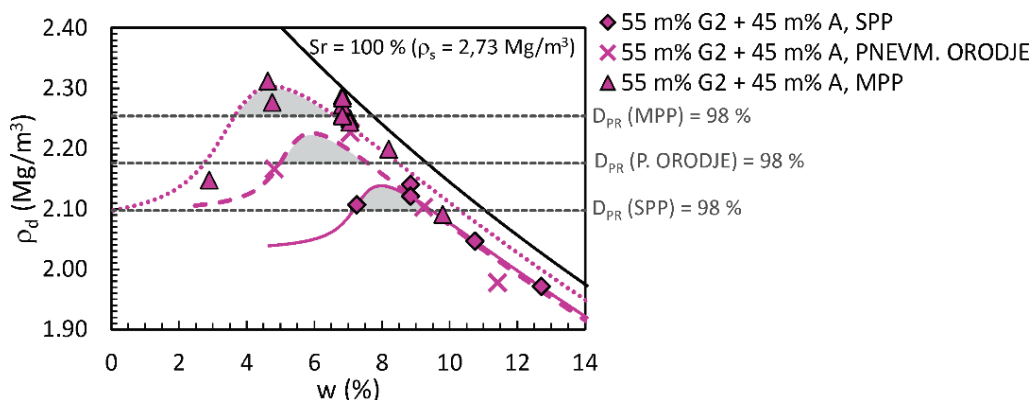
Referenčni parametri vgradljivosti mešanic so za energijo zgoščanja po standardnem Proctorjevem postopku (SPP, energija zgoščanja: $0,6 \text{ MJ/m}^3$) prikazani na Sliki 5. Mešanice z večjo vsebnostjo gline pričakovano izkazujejo višjo optimalno vlago (w_{opt}) in nižjo maksimalno suho gostoto ($\rho_{d\text{max}}$) kot mešanice z manjšo vsebnostjo gline. Ne glede na uporabljeno glino (G1 ali G2) je vgradljivost mešanic z enakim razmerjem gline in agregata primerljiva (Slika 5, 30 m% G1 + 70 m% A in 30 m% G2 + 70 m% A ter 45 m% G1 + 55 m% A in 45 m% G2 + 55 m% A), zato je za vsako razmerje mešanja prikazana le ena Proctorjeva krivulja. Mešanica iz 45 m% G in 55 m% A in mešanica iz 55 m% G in 45 m% A, zgoščeni z enako energijo (SPP), kljub

zgoščanja s pnevmatskim orodjem in za energijo zgoščanja po modificiranem Proctorjevem postopku (MPP, energija zgoščanja: $2,7 \text{ MJ/m}^3$). Zgoščanje z višjo energijo pričakovano daje nižjo optimalno vlago in višjo maksimalno suho gostoto (Slika 6, Preglednica 6). Energija zgoščanja s pnevmatskim orodjem je višja od SPP in nižja od MPP, kar ocenjujemo kot ugodno in primerno za izdelavo nenosilnih testnih sten.

Na Sliki 6 je s horizontalno sivo črtkano črto za posamezno energijo zgoščanja prikazana tudi suha gostota, ki ustreza v tehničnih smernicah in standardih priporočeni zgoščenosti $D_{\text{PR}} = 98 \%$ (Preglednica 2), sivo senčena območja pa prikazuje območje vlage, pri kateri je možno z določeno energijo zgoščanja mešanico zgostiti do zgoščenosti $D_{\text{PR}} = 98 \%$.



Slika 5. Rezultati preiskav vgradljivosti - SPP.



Slika 6. Rezultati preiskav vgradljivosti mešanice 55 m% G2 + 45 m% A za različne energije zgoščanja (SPP, pnevmatsko orodje in MPP).

Energija zgoščanja	w_{opt} (%)	$\rho_{d\text{max}}$ (Mg/m^3)
SPP	8,0	2,14
Pnevmatsko orodje	5,9	2,22
MPP	4,8	2,30

Preglednica 6. Optimalna vlaga in maksimalna suha gostota mešanice 55 m% G2 + 45 m% A za različne energije zgoščanja (SPP, pnevmatsko orodje in MPP).

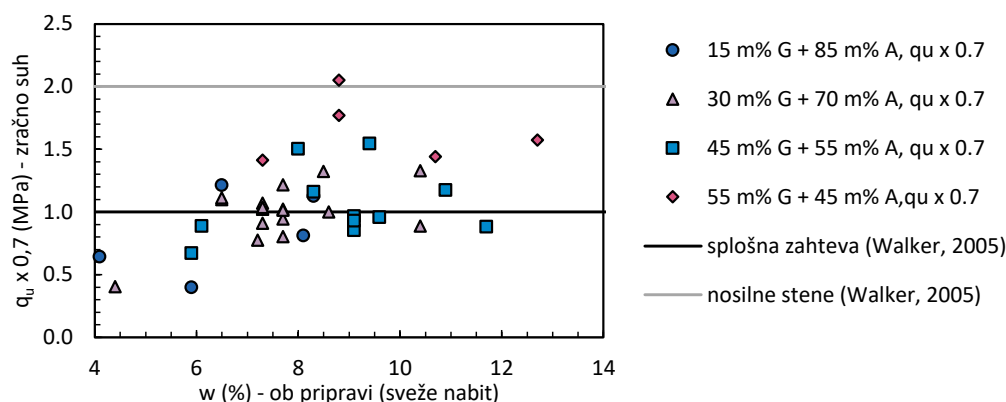
3.2.3 Tlačna trdnost nabitih preizkušancev

Tlačno trdnost smo izmerili na nabitih valjastih preizkušancih, premera 100 mm in višine 120 mm (dimenzija Proctorjevega kalupa), ki smo jih pred izvedbo preiskave do konstantne mase sušili na zraku. Sušenje preizkušancev na zraku smo prekinili, ko v dveh zaporednih tehtanjih v času 24 ur ni bilo spremembe mase, kar je skladno z [Walker, 2005]. Vlaga zračno suhih preizkušancev je bila odvisna od deleža glin v mešanici. Zračno suhim preizkušancem iz mešanice z najnižjim deležem glin (15 m% G) smo izmerili vlago med 0,2 % in 0,4 %. Preizkušanci iz mešanice s 30 m% glin so bili preiskani pri vlagi med 0,5 % in 0,8 %, najvišjo vlago po sušenju na zraku pa so izkazovali preizkušanci iz mešanice s 45 % glin (0,8 % do 1,2 %) ter tisti iz mešanice s 55 % glin (1,1 % do 1,2 %).

Razmerje med višino in premerom valjastih preizkušancev je 1,2 in ne izpolnjuje priporočila tehnične smernice [Walker, 2005] ($h:d = 2:1$). Ista tehnična smernica za preizkušance premera $d = 105 \text{ mm}$ in višine $h = 115 \text{ mm}$ predvideva zmanjšanje izmerjene tlačne trdnosti s faktorjem 0,7 (Preglednica 3). Na Sliki 7 so zato, v odvisnosti od vlage mešanice pri nabijanju po SPP, prikazane izmerjene vrednosti enosne tlačne trdnosti zračno suhih preizkušancev, pomnožene s korekcijskim faktorjem 0,7. Ker so mešanice z enako sestavo, ne glede na uporabljen glino (G1, G2), z vidika vgradljivosti primerljive (Slika 5), so rezultati preiskav enosne tlačne trdnosti nabitih, zračno suhih preizkušancev, prikazani le za različne sestave mešanic.

Tlačna trdnost zračno suhih preizkušancev je odvisna od zrnastostne sestave mešanice in vlage mešanice pri nabijanju. Večji delež glin v mešanici v splošnem vodi do višje izmerjene enosne tlačne trdnosti zračno suhih preizkušancev.

Zračno suhi preizkušanci, nabiti pri vlagi, nižji od optimalne vlage (Slika 5), izkazujejo nekoliko nižjo enosno tlačno trdnost kot preizkušanci, nabiti pri optimalni vlagi oz. pri vlagi, ki je nekoliko višja od optimalne. Kljub temu da standardi in tehnične smernice dopuščajo tudi vlago, nižjo od optimalne (Preglednica 2), pa rezultati kažejo, da je ta za preiskane mešanice z vidika doseganja zahtevane enosne tlačne trdnosti (Slika 7, horizontalni črti, [Walker, 2005]) neugodna.



Slika 7. Reducirana (0,7 q_u) enosna tlačna trdnost zračno suhih preizkušancev v odvisnosti od vlage mešanice pri nabijanju po SPP.

3.2.4 Vpliv vlage

Da bi ugotovili obnašanje nabitih zračno suhih preizkušancev v vlažnem okolju, smo jih izpostavili visoki zračni vlagi (nega v vlažnih komorah) oz. stiku z vodo na način, da smo jih postavili na vlažno polst (Slika 8). Spremembo mase preizkušancev zaradi vlaženja/sušenja smo spremljali s tehtanjem. Posamezno fazo preiskave (vlaženje/sušenje) smo zaključili, ko se masa preizkušancev v dveh zaporednih kontrolnih tehtanjih z razmakom vsaj 12 ur ni spremenila [Hrovat, 2020].

Na Sliki 9 je prikazano razmerje mase preizkušancev po določenem času izpostavljenosti vlagi oz. po določenem času sušenja na zraku (m_{trenutna}) in mase zračno suhih preizkušancev pred stikom z vlago ($m_{\text{zračno suh}}$). Preizkušanci, postavljeni v vlažno komoro, ki niso bili v neposrednem stiku z vodo, so se vlažili počasi. Po približno 40 dneh v pogojih konstantne vlage se je njihova masa ustalila (Slika 9, vlažna komora), dosežena povprečna vlaga pa je znašala 3,5 %. Nasprotno so se preizkušanci, postavljeni na vlažno polst, navlažili hitreje in bolj ter že po 10 dneh dosegli konstantno maso (Slika 9, vlažna polst) in

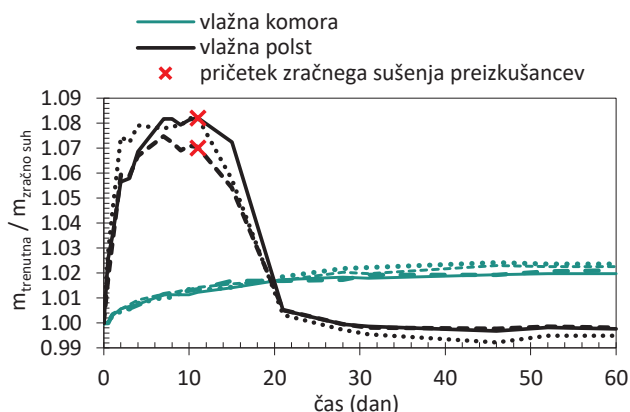
vlago višjo od 9,0 %. Po 11 dneh stika z vodo smo zato preizkušance, postavljene na vlažno polst, počasi začeli sušiti na zraku do konstantne mase.

Končna masa preizkušancev po ponovnem sušenju je bila primerljiva z začetno maso zračno suhih preizkušancev (Slika 9). Manjše odstopanje pa je posledica trajnih deformacij in odpadanja drobcev preizkušanca v času izpostavljenosti vodi, kar lahko neugodno vpliva tudi na njihove mehanske lastnosti (Slika 8, desno). Nasprotno pa na preizkušancih, ki so bili izpostavljeni višji relativni vlažnosti, brez neposrednega stika z vodo (vlažna komora), očitnih vizualnih sprememb nismo zaznali.

François et al. [2017] so v raziskavah mehanskih lastnosti nestabiliziranih butanih zemljin, izpostavljenih spremembam vlage v okolici, poudarili tudi pomen sukcije. Na Sliki 10 je prikazana retencijska krivulja preiskanih mešanic z višjo vsebnostjo gline. S horizontalnimi črtami so na isti sliki prikazane tudi značilne vlage preizkušancev; optimalna vlaga ($w_{\text{opt spp}}$), vlaga zračno suhih preizkušancev ($w_{\text{zračno suh}}$) in vlaga zračno suhih preizkušancev, ki so bili izpostavljeni vlagi ($w_{\text{vlažna polst}}$, $w_{\text{vlažna komora}}$).



Slika 8. Zračno suh preizkušanec po 8 urah stika z vodo preko vlažne polsti (levo) in isti preizkušanec po 11 dneh stika z vodo preko vlažne polsti in 17 dneh sušenja na zraku (sredina). Na desni sliki je paralelni preizkušanec, ki je bil 11 dni v stiku z vodo preko vlažne polsti in 17 dni sušen na zraku z vidno večjo razpoko.



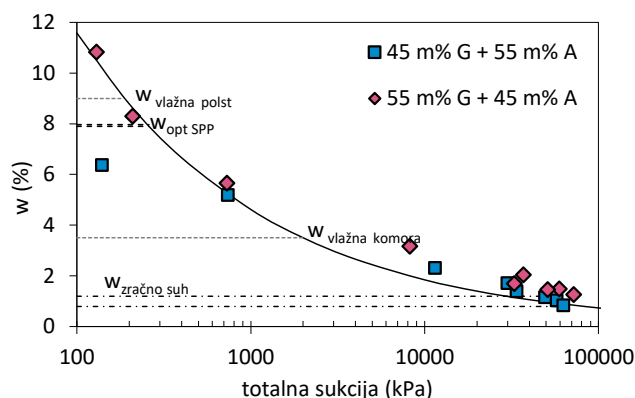
Slika 9. Vpliv vlage na zračno suhe preizkušance, podan kot razmerje trenutne mase preizkušancev (m_{trenutna}) in začetne mase zračno suhega preizkušanca ($m_{\text{zračno suh}}$), v odvisnosti od časa. S simbolom rdeče barve je prikazan čas pričetka zračnega sušenja preizkušancev, ki so bili vlagi izpostavljeni preko vlažne polsti.

Zaradi vlaženja upada totalna sukcija, in posledično tudi tlačna trdnost. Vlaga preizkušancev, ki so bili v stiku z vodo (Slika 10, $w_{\text{vlažna polst}}$), se je ustalila pri vrednosti, ki je višja od optimalne vlage mešanice.

Bui et al. [2011, 2014] za zemljino, ki je sestavljena iz 5 % gline, 30 % melja, 49 % peska in 16 % gramoza, poročajo o konstantni tlačni trdnosti zračno suhih preizkušancev ($q_u \approx 2,0$ MPa pri $w_{\text{zračno suh}} < 4,0$ %). Z višanjem vlage in nižanjem sukcije tlačna trdnost drastično upada. Preizkušanec, preiskan pri vlagi 7 % tako izkazuje tlačno trdnost 1,35 MPa, pri vlagi 11 % pa le še 0,40 MPa, kar je 20 % izmerjene tlačne trdnosti zračno suhega preizkušanca. Nabita zemljina, ki je sestavljena iz 9 % gline, 38 % melja, 50 % peska in 3 % gramoza, pa ima pri vlagi ca. 1,5 % tlačno trdnost 1,7 MPa, pri vlagi 12,5 % pa le še 0,25 MPa.

Na podlagi rezultatov preiskav in podatkov iz literature lahko sklepamo, da je vpliv vlage na mehanske lastnosti preiskanih nabitih mešanic velik, vpliv vlaženja zračno suhih nabitih preizkušancev pa neugoden. Za bolj natančno kvantitativno ovrednotenje vpliva vlage na mehanske lastnosti nabitih zrač-

no suhih mešanic bi morali nabor preiskav razširiti, preiskave pa izvesti sistematično s simulacijo možnih kritičnih stanj in njihovega trajanja v času uporabe butanih elementov.



Slika 10. Totalna sukcija mešanic s prikazanimi območji optimalne vlage ($w_{\text{opt SPP}}$), vlage zračno suhih preizkušancev ($w_{\text{zračno suh}}$) in vlage zračno suhih preizkušancev, izpostavljenih vlagi ($w_{\text{vlažna polst}}$, $w_{\text{vlažna komora}}$).

4 IZDELAVA IN UGOTAVLJANJE LASTNOSTI NENOSILNE BUTANE STENE

Na podlagi rezultatov preiskav in kriterijev, ki jih podaja literatura ([Walker, 2005], [Minke, 2006], [NZS 4298, 1998]), smo za izdelavo dveh testnih nenosilnih butanih sten izbrali mešanici z najvišjo vsebnostjo gline. V Preglednici 7 so podani parametri mešanic, iz katerih smo izdelali nenosilni testni steni.

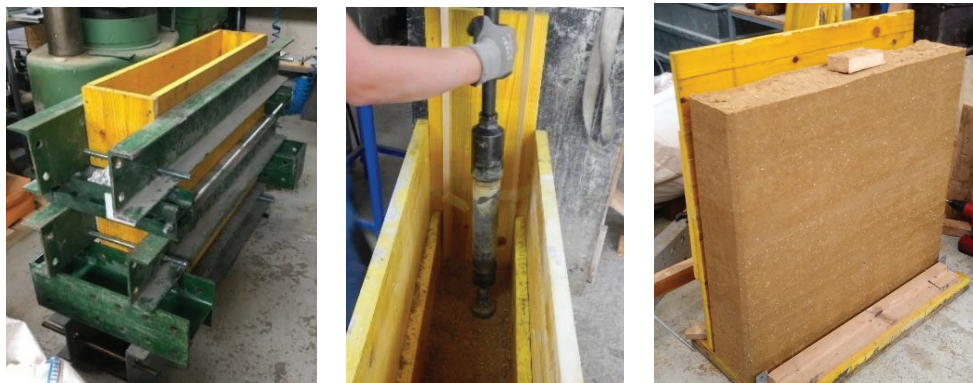
	Sestava mešanice (m% Glina + m% Agregat)	Vlažnost mešanice (%)
Stena 1	55 m% G + 45 m% A	7.5
Stena 2	45 m% G + 55 m% A	6.5

Preglednica 7. Sestava in vlažnost mešanic, uporabljenih za izdelavo Stene 1 in Stene 2.

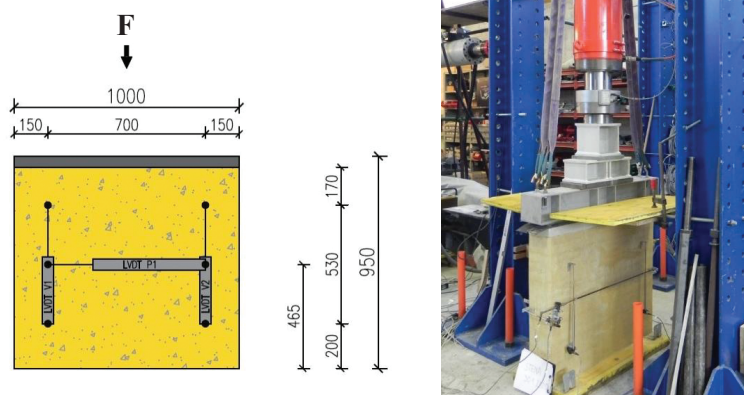
V konstrukcijskem laboratoriju smo izdelali dve nenosilni testni steni (Stena 1, Stena 2), v opažu višine 0,95 m, dolžine 1,0 m in širine 0,2 m (Slika 11, levo). V vogale opaža smo postavili trikotne lesene letve in s tem ustvarili posnete robove, ki so manj krušljivi. Za izdelavo sten smo uporabili pnevmatsko orodje, s premerom udarne ploskve približno 5 cm in hodom bata 30 cm (Slika 11, sredina). Iz primerjave parametrov vgradljivosti enake mešanice, zgoščene po različnih postopkih (Slika 6), smo ocenili, da je za vgradnjo 30 kg mešanice v eno plast stene, tlorisne površine 1,0 m x 0,2 m, potreben čas nabijanja s pnevmatskim orodjem 2–4 min, enakomerno po celotni površini. Po odstranitvi opaža smo steno sušili na zraku v laboratoriju (Slika 11, desno) in zvezno spremljali relativno vlago stene in relativno vlažnost okoliškega zraka. Po uravnoteženju vlage sten z zračno vlago v laboratoriju, smo za doseganje ustreznega naleganja sistema za obremenjevanje, zgornjo površino sten izravnali z betonom debeline približno 5 cm. Prehajanje cementnega mleka v steno smo preprečili z namestitvijo PVC-folije na stiku med butano zemljino in betonom. Izravnalni beton se je pred izvedbo preiskave tlačne trdnosti stene sušil 7 dni.

Na Sliki 12 je prikazana postavitev merskih mest in pogled na pripravljeno steno pred izvedbo tlačnega preizkusa v laboratoriju. Enakomerno razporeditev sile po celotni naležni površini stene smo dosegli s sklopom jeklenih elementov za razporeditev obtežbe, katerih maso smo pri vrednotenju rezultatov preiskave ustrezno upoštevali. Med tlačnim obremenjevanjem smo merili vertikalno silo F in pomike. Iz pomikov, izmerjenih z induktivnimi merilniki (LVDT V1, LVDT V2 in LVDT P1) nameščenimi na osrednjem delu obeh straneh največjih površin stene smo izračunali horizontalne in vertikalne deformacije stene.

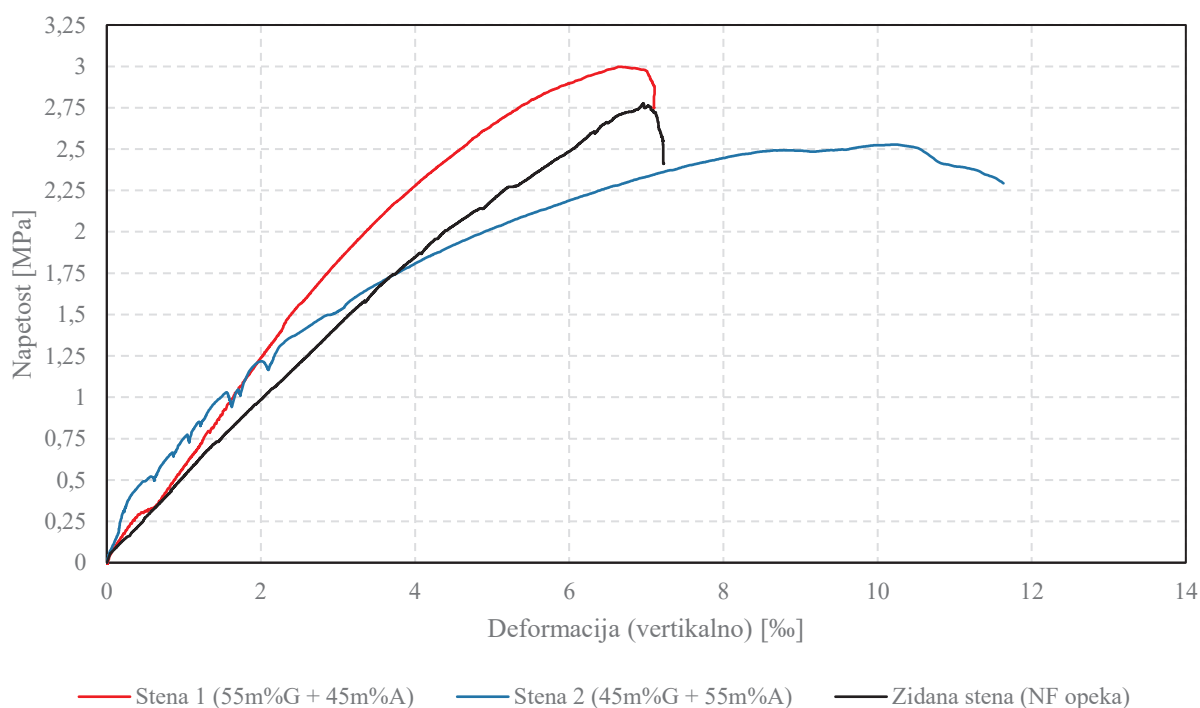
Na Sliki 13 je prikazan razvoj vertikalne napetosti v odvisnosti od povprečne vertikalne deformacije za obe steni. Zračno suha Stena 1, narejena iz mešanice z večjim deležem gline, ima za 0,5 MPa višjo tlačno trdnost kot zračno suha Stena 2, izdelana iz mešanice z večjim deležem agregata, pri kateri je bila dosežena tlačna trdnost 2,5 MPa. Razlog za izbiro sestave mešanice za Steno 2 je bil pojav razpok pri zračnem sušenju Stene 1, ki so nastale kot posledica krčenja gline. Ker je glina vezivo v mešanici in narekuje tlačno trdnost, je nižja izmerjena tlačna trdnost Stene 2 posledica



Slika 11. Opaž za izdelavo stene (levo), zbijanje mešanice v opaž s pnevmatskim orodjem (sredina) in izdelana stena po odstranitvi opaža (desno).



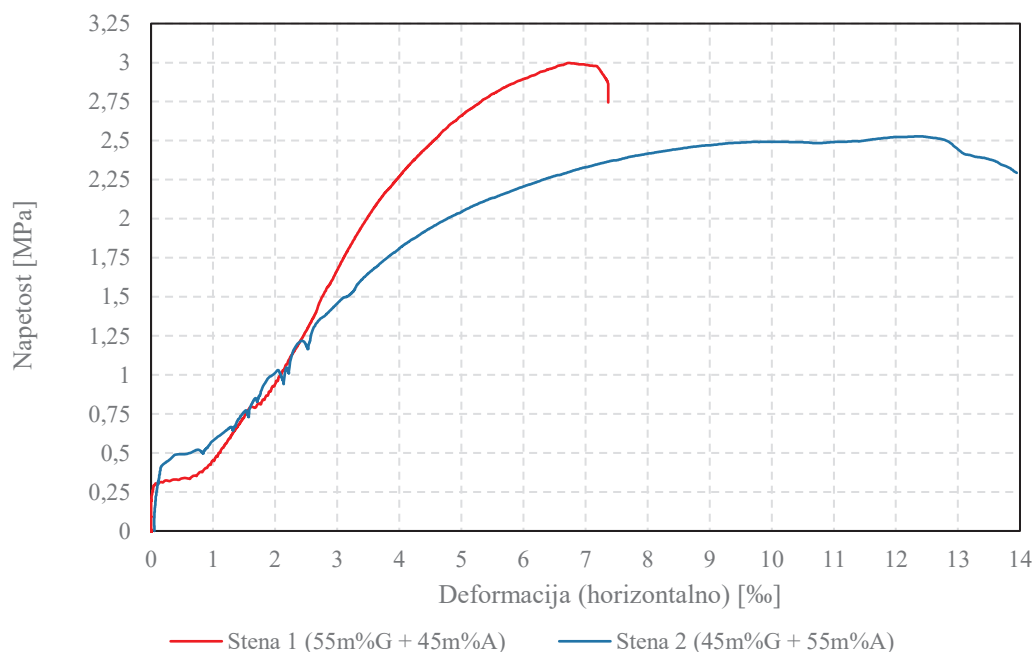
Slika 12. Shema postavitev merskih mest (levo) in prikaz postavitve Stene 1 pred izvedbo tlačnega preizkusa (desno).



Slika 13. Razvoj odnosa med vertikalno tlačno napetostjo in pripadajočo povprečno vertikalno deformacijo za obe obravnavani steni iz butane zemljine in zidane stene (NF opeka in apnena malta).

manjšega deleža gline. Prva razpoka po sredini celotne višine Stene 1 se je pojavila pri vertikalni napetosti 0,3 MPa, pri Steni 2 pa pri vertikalni napetosti 0,4 MPa, kar je razvidno iz spremembe togosti na grafih na Sliki 14. Kljub relativno zgodnjemu nastanku vertikalne razpoke sten smo za oceno modula elastičnosti pri izračunu upoštevali zgornjo mejo tlačne napetosti pri 1 MPa. Na ta način dobljena vrednost modula elastičnosti znaša za obe steni približno 500 MPa, kar je primerljivo z vrednostmi za zidovino iz opeke normalnega formata slabše in srednje kakovosti v kombinaciji z apneno malto, kar je tudi prikazano na Sliki 13 z grafom črne barve (pridobljeno v okviru projekta PERPETUATE v laboratoriju).

Poleg predstavljenih mehanskih karakteristik obravnavnih sten sta za njihovo obnašanje med obremenitvijo pomembna tudi porušna oblika in razvoj poškodb. Na Sliki 15 levo so prikazane vertikalne razpoke zaradi delovanja vertikalne obtežbe na Steni 1, kjer je prišlo do hipnega padca nosilnosti. Pri Steni 2, prikazani na Sliki 15 desno, pa je prišlo do zelo neugodne hipne porušitve, kjer se je zgornja polovica stene odlomila in odpadla. Takšna porušitev brez rezerve nosilnosti po nastanku večjih razpok je nesprejemljiva, zato se odsvetuje uporaba takšnih stenskih elementov za nosilne stene. V primeru predelnih sten običajno nimamo tako velikih vertikalnih obremenitev, ki bi povzročile takšno nesprejemljivo obliko porušitve. Za potrditev predstavljenih rezultatov je treba v laboratoriju



Slika 14. Razvoj odnosa med vertikalno tlačno napetostjo in pripadajočo povprečno horizontalno deformacijo (določeno z merilnega mesta LVDT P1) za obe steni.

izdelati in preizkusiti večje število preizkušancev. Dodatno je treba za predelne stene s preizkusi preveriti strižno in izvenravinsko nosilnost ter pripadajoče porušne mehanizme, ki bi potencialno lahko predstavljali nevarnost za uporabnike stavbe med potresom.

metode preiskav, minimalne zahtevane lastnosti materiala ter pravila za izdelavo sten in dekorativnih elementov. V raziskavi smo zato želeli preveriti, ali so rezultati standardnih geomehanskih preiskav lahko uporabni za načrtovanje sestave ter za oceno lastnosti mešanic, primernih za tovrstno gradnjo.



Slika 15. Prikaz nastanka razpok zaradi vertikalne obremenitve za Steno 1 (levo) in končna porušna oblika za Steno 2 (desno).

5 ZAKLJUČEK

V moderni arhitekturi je opazen trend uporabe tehnike butane zemljine za gradnjo različnih stenskih ali dekorativnih elementov. Gre za skoraj opuščeno tehniko gradnje, ki pa zaradi iskanja trajnostnih rešitev v gradbeništvu ponovno pridobiva veljavo. Širšo uporabo butane zemljine trenutno omejuje pomanjkanje področnih standardov in tehničnih smernic, ki bi opredeljevali

Rezultati laboratorijskih preiskav mešanic gline (jalovine) in agregata so spodbudni, saj kažejo na možnost uporabe standardnih geomehanskih preiskav pri določanju sestave in začetnem vrednotenju lastnosti butane zemljine. S preiskavami mešanic različne sestave smo pokazali, da sta predvsem zrnastostna sestava – zlasti delež gline – ter ustrezna vlaga pri vgrajevanju ključna parametra mešanice, ki vplivata na doseženo zgoščenost in posledično na lastnosti sveže nabitih in zračno

suhih preizkušancev. Ugotovili smo, da imajo zračno suhi preizkušanci, pripravljeni iz mešanic z večjim deležem gline, višjo enoosno tlačno trdnost kot tisti z večjo vsebnostjo agregata. Zračno suhi preizkušanci, nabiti pri optimalni vlagi in pri vlagi, ki je nekoliko višja od optimalne, izkazujejo višjo enoosno tlačno trdnost kot zračno suhi preizkušanci, nabiti pri vlagi, nižji od optimalne. Čeprav tuji standardi in tehnične smernice dopuščajo tudi vgrajevanje mešanic pri vlagi nižji od optimalne, rezultati kažejo, da je to za preiskane mešanice z vidika doseganja zahtevane enoosne tlačne trdnosti neugodno. Glede na zahteve tujih standardov in tehničnih smernic se je med preiskanimi mešanicami kot najprimernejša pokazala kombinacija 55 m % gline in 45 m % agregata. Omejitev možne uporabe predstavlja vlažno okolje, saj so rezultati laboratorijskih preiskav pokazali velik vpliv vlage na mehanske lastnosti preiskanih nabitih mešanic in neugoden vpliv vlaženja zračno suhih nabitih preizkušancev. Za bolj natančno kvantitativno ovrednotenje vpliva vlage na mehanske lastnosti nabitih zračno suhih mešanic bi morali nabor preiskav razširiti, preiskave pa izvesti sistematično s simulacijo možnih kritičnih stanj in njihovega trajanja v času uporabe butanih sten in dekorativnih elementov.

Izvedba tlačnega preizkusa izdelanih testnih sten je pokazala, da lahko zračno suhe stene iz butane zemljine dosežejo primerljivo tlačno trdnost kot z apneno malto obstoječe zidane stene, ki dosega vrednosti med 2 in 4 MPa [Kržan in sod., 2014]. Vrednosti modulov elastičnosti pa kažejo, da so stene iz butane zemljine bistveno bolj podajne v primerjavi s kakovostno izvedeno opečno steno in se približajo vrednostim, ki ustrezajo zidovini iz opeke normalnega formata slabše in srednje kakovosti. Porušni mehanizem obeh sten se je izkazal za zelo neugodnega, saj je v obeh primerih prišlo do hipnega padca nosilnosti ali popolne porušitve in do odloma zgornjega dela stene. Glede na izkazane porušne oblike obravnavanih preizkušancev odsvetujemo uporabo butane zemljine brez ojačitvenih vlaken za izdelavo nosilnih sten. Obstaja pa potencial za uporabo butane zemljine pri izdelavi nenosilnih in dekorativnih stenskih elementov ter polnil endoskeletne nosilne konstrukcije. Za ovrednotenje primernosti uporabe butane zemljine za te primere pa so potrebne dodatne namenske mehanske strižne in izvenravninske laboratorijske preiskave nenosilnih sten in polnil. Izboljšanje lastnosti mešanic je možno tudi z dodajanjem veziv in/ali naravnih vlaken v mešanico pred izdelavo stene, s čimer bi po vsej verjetnosti izboljšali mehansko obnašanje stene in preprečili hipno porušitev po nastanku kritičnih razpok.

6 ZAHVALA

Raziskavo je sofinancirala Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) v okviru raziskovalnih programov P2-0185 (Potresno inženirstvo) in P2-0180 (Vodarstvo in geotehnika: orodja in metode za analize in simulacije procesov ter razvoj tehnologij).

7 LITERATURA

Asal, A., Building with Earth - Sustainable Stabilization and Additive Manufacturing for Rammed Earth Construction, Bitkom Research. Bachelor thesis, HTWG Konstanz, University of Applied Sciences, Department of Civil Engineering, 2021.

ASTM, ASTM D2487-11, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International, 2011.

ASTM, (a), ASTM D6836-16, Standard Test Methods for Determination of the Soil Water Characteristic Curve for Desorption Using Hanging Column, Pressure Extractor, Chilled Mirror Hygrometer, or Centrifuge. ASTM International, 2016.

ASTM, (b), ASTM E2392/E2392M-10, Guide for Design of Earthen Wall Building Systems. ASTM International, 2016.

ASTM, ASTM D4943-18, Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method. ASTM International, 2018.

Bui, Q. B., Hans, S., Morel, J. C., Mollion, V., Influence of water on the mechanical characteristics of rammed-earth material, WIT Transactions on the Built Environment, 118, 565-576, <https://doi.org/10.2495/STR110471>, 2011.

Bui, Q. B., Morel, J. C., Hans, S., Walker, P., Effect of moisture content on the mechanical characteristics of rammed earth, Construction and Building Materials, 54, 163-169, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.067>, 2014.

DIN, (a), DIN 18127:2012-09, Soil, investigation and testing - Proctor-test. Deutsches Institut für Normung, 2012.

DIN, (b), DIN 18132:2012-04, Soil, testing procedures and testing equipment - Determination of water absorption. Deutsches Institut für Normung, 2012.

El Hajjar, A., Chauhan, P., Prime, N., Plé, O., Effect of suction on the mechanical characteristics of uniformly compacted rammed earth, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 143(1), <https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012045>, 2018.

EN, EN 933-9:2009+A1:2013, Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 9. del: Ugotavljanje finih delcev - Preskus z metilen modrim. European committee for standardization, 2013.

François, B., Palazon, L., Gerard, P., Structural behaviour of unstabilized rammed earth constructions submitted to hygroscopic conditions, Construction and Building Materials, 155, 164-175, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.012>, 2017.

Houben, H., Guillard, H., Earth Construction: A comprehensive guide. Rugby, Warwickshire, UK: Intermediate Technology Publications, 1994.

Hrovat, M., Potencial uporabe butane zemljine v sodobnem stavbarstvu. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2020.

IS, IS:2110-1980, Indian standard - Code of practice for in situ construction of walls in buildings with soil - cement. Bureau of Indian standards, 1981.

Kržan, M., Gostič, S., Cattari, S., Bosiljkov, V., Acquiring reference parameters of masonry for the structural performance analysis

of historical buildings, *Bull Earthquake Eng*, 13, 203–236 (2015).
<https://doi.org/10.1007/s10518-014-9686-x>Minke, C., Building with earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser Basel, 2006.

NZS, NZS 4298:1998, Materials and workmanship for earth buildings. New Zealand standards, 1998.

Petkovšek, A., Maček, M., Majes, B., Prispevek k boljšemu prepoznavanju nabrekalnega potenciala v zemljinah in mehkih kamninah., *Geologija*, 53(2), 181–196, 2010.

Rogala, W., Anysz, H., Narloch, P., Designing the composition of cement-stabilized rammed earth with the association analysis application, *Materials*, 14(6), <https://doi.org/10.3390/ma14061390>, 2021.

Sabbà, M. F., Tesoro, M., Falcicchio, C., Foti, D., Rammed earth with straw fibers and earth mortar: Mix design and mechanical characteristics determination, *Fibers*, 9(5), <https://doi.org/10.3390/fib9050030>, 2021.

SADCSTAN TC 1/SC 5/CD SAZS 724, SADC harmonized standard for rammed earth structures – code of practice THC 03. African organisation for standardisation, 2014.

SIST, SIST EN 13286-2:2010/AC:2013, Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 2. del: Preskusne metode za določanje laboratorijske referenčne gostote in deleža vlage - Preskus po Proctorju. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2013.

SIST, SIST EN ISO 17892-1:2015, Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 1. del: Ugotavljanje vlažnosti. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2015.

SIST, SIST EN ISO 17892-3:2016, Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 3. del: Ugotavljanje gostote zrn. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2016.

SIST, SIST EN ISO 17892-4:2017, Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 4. del: Ugotavljanje zrnastostne sestave. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2017.

SIST, (a), SIST EN ISO 17892-7:2018, Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 7. del: Enosni tlačni preskus. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2018.

SIST, (b), SIST EN ISO 17892-12:2018, Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje tekočine in plastičnosti. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2018.

United Nations Environment Programme, Building materials and the climate: Constructing a new future. Nairobi, 2023.

Walker, P., Keable, R., Martin, J., Maniatidis, V., Rammed earth: design and construction guidelines. BRE Bookshop, 2005.

Zbašnik-Senegačnik, M., Tradicionalna gradnja z ilovico, AR. Arhitektura, Raziskave, 5(1), 40–45, 2005.



asist. Anja Brelih, mag. inž. mm.

anja.brelih@fgg.uni-lj.si

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



asist. dr. Aleksander Srdić, univ. dipl. inž. grad.

aleksander.srdic@fgg.uni-lj.si

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



doc. dr. Jaka Dujc, univ. dipl. inž. grad.

jaka.dujc@fgg.uni-lj.si

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



doc. dr. Robert Klinc, univ. dipl. inž. grad.

robert.klinc@fgg.uni-lj.si

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



Znanstveni članek

UDK/UDC: 004.434:004.8:624

PREDOBDDELAVA PODATKOV ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI IN ZASEBNOSTI PRI UPORABI VELIKIH JEZIKOVNIH MODELOV V GRADBENIŠTVU

DATA PREPROCESSING TO ENSURE SECURITY AND PRIVACY WHEN USING LARGE LANGUAGE MODELS IN CONSTRUCTION

Povzetek

Prispevek predstavlja izzive zagotavljanja varstva podatkov pri uporabi velikih jezikovnih modelov (VJM) v delovnih tokovih operativnega gradbeništva. Analizira, kako uspešno obstoječa orodja za prepoznavanje imenskih entitet (angl. Named Entity Recognition, NER) zaznajo in anonimizirajo občutljive informacije v tehničnih gradbenih dokumentih, zlasti v slovenskem jeziku. Opravljena je bila kvalitativna evalvacija štirih ogrodij za obdelavo naravnega jezika (SpaCy, SpaCy SLO, Flair, NLTK), ki so bila preizkušena na vzorcu petih dejanskih gradbenih dokumentov in primerjana z ročno anotiranimi referenčnimi podatki. V evalvacijo je bila vključena tudi anonimizacija z VJM, ki je občutljive podatke zakrival z uporabo regularnih izrazov. Rezultati kažejo, da je osnovna anonimizacija sicer mogoča, vendar vsa klasična ogrodja NER slabše prepoznavajo entitete, specifične za področje, kot so projektne šifre, inženirski nazivi ter strukturirani številčni podatki. Ugotovitve kažejo na potrebo po prilagojenih orodjih za predobdelavo, saj netočna anonimizacija predstavlja pravna in etična tveganja pri vključevanju VJM v regulirane panoge, kot je gradbeništvo. Prihodnje raziskave se morajo osredotočiti na gradnjo hibridnih anonimizacijskih tokov in učenje modelov na anotiranih podatkih, da bi izboljšali natančnost in skladnost v tehničnih panogah.

Ključne besede: veliki jezikovni modeli, zasebnost podatkov, prepoznavanje imenskih entitet, operativno gradbeništvo, predobdelava dokumentov

Summary

This article addresses the challenge of ensuring data privacy when using Large Language Models (LLMs) in Construction Management Workflows. It analyses how effectively existing Named Entity Recognition (NER) tools can identify and redact sensitive information in technical construction documents, particularly in the Slovenian language. A qualitative evaluation was performed using four NLP frameworks (SpaCy, SpaCy SLO, Flair, NLTK) applied to a sample of five real-world construction documents and compared with manually annotated baseline data. The evaluation also included anonymization with VJM, which masked sensitive data using regular expressions. The results show that although basic anonymization is possible, all classical NER frameworks underperform in identifying domain-specific entities such as project codes, engineering titles and structured numerical data. These findings highlight the urgent need for domain-adapted preprocessing tools, as inaccurate redaction poses legal and ethical risks when integrating LLMs into regulated domains such as construction. Future work should focus on building hybrid redaction pipelines and training custom models on annotated corpora to improve accuracy and compliance in technical domains.

Key words: large language models, data privacy, name entity recognition, construction management, document preprocessing

1 UVOD

Pospešeno uvajanje velikih jezikovnih modelov (VJM) in z umetno inteligenco (UI) podprtih agentov v sisteme vodenja projektov preoblikuje gradbeno panogo, saj prispeva k večji učinkovitosti, večji stopnji avtomatizacije in izboljššanemu odločanju. VJM predstavljajo pomemben potencial za obdelavo in interpretacijo velikih količin besedilnih podatkov [Ruan et al., 2023], kar lahko zagotovi boljši pregled nad ključnimi področji upravljanja gradbenih projektov, kot so ocenjevanje stroškov, analiza pogodb, projektna dokumentacija in optimizacija terminskih planov.

Vendar pa uporaba UI v gradbenih delovnih tokovih prinaša kritične izzive glede varnosti in zasebnosti občutljivih informacij [Deng et al., 2025]. Gradbena dokumentacija pogosto vsebuje osebne podatke, finančne informacije, lastniške načrte in zaupno komunikacijo. Nepravilno ravnanje s takimi podatki ali njihovo razkritje lahko povzroči resne pravne, regulativne in etične posledice. Posebej problematična je avtonomna narava UI-agentov skupaj z nepredvidljivim vedenjem VJM pri obdelavi občutljivih podatkov, kar dodatno povečuje pomisleke glede lastništva podatkov, sledljivosti in zaupanja ([Deng et al., 2025], [He et al., 2024]).

Reševanje teh pomislekov zahteva uvedbo robustnih tehnik predobdelave, ki zagotavljajo, da se občutljive informacije odstranijo ali anonimizirajo, preden se dokumenti vključijo v sisteme, ki temeljijo na VJM. Tehnike predobdelave, kot so prepoznavanje imenskih entitet (NER), psevdonimizacija, anonimizacija in odstranjevanje metapodatkov, so že bile preizkušene v drugih sektorjih ([Miranda et al., 2025], [Yermilov et al., 2023]), vendar je njihova uporaba pri specifični obliki in terminologiji gradbenih dokumentov še vedno premalo raziskana.

Kljub hitremu razvoju tehnologij VJM in tehnik varovanja zasebnosti se malo raziskav ukvarja z varno predobdelavo, posebej prilagojeno gradbeni dokumentaciji. Večina obstoječih raziskav se ukvarja s splošnimi tveganji zasebnosti na ravni modela UI, ne pa na ravni priprave dokumentov. Gradbeni dokumenti se od standardnih besedil razlikujejo po obliki, terminologiji in občutljivosti, zato je prilagoditev obstoječih tokov anonimizacije in zakrivanja podatkov ključen raziskovalni izziv.

Glavni cilj tega prispevka je oceniti učinkovitost tehnik predobdelave dokumentov pri odstranjevanju občutljivih podatkov pred uporabo VJM v delovnih tokovih upravljanja gradbenih projektov. Raziskava se posebej osredotoča na to, kako omogočiti varno pripravo dokumentov za zmanjšanje tveganj zasebnosti pri uporabi UI-agentov, ki temeljijo na VJM, v digitalnih okoljih gradbenih projektov.

Raziskava temelji na predhodnem delu avtorjev [Brelih et al., 2025], z dopolnitvijo, kjer uporabimo sam VJM za prepoznavanje in zakrivanje občutljivih podatkov v dokumentu. Za dosego tega cilja si raziskava zastavlja naslednje cilje:

1. preizkusiti več obstoječih orodij za NER in preveriti, kako uspešna so pri prepoznavanju in zakrivanju takih podatkov, zlasti v dokumentih v slovenskem jeziku;
2. preveriti uspešnost prepoznavanja in zakrivanja občutljivih podatkov v dokumentih z velikim jezikovnim modelom, ki uporablja regularne izraze (angl. regular expression, regex);

3. primerjati rezultate teh orodij z ročno anotiranimi primeri, da bi ocenili njihovo relativno natančnost;
4. na podlagi ugotovitev ponuditi preliminarne predloge za izboljšanje predobdelave dokumentov v kontekstu gradbenih delovnih tokov.

Ta raziskava ima več omejitev. Analiza je omejena na majhen vzorec besedilnih digitalnih dokumentov v formatu PDF, pri čemer so bili optično razpoznani ali slikovni dokumenti izključeni zaradi dodatne zahtevnosti prepoznavanja in razčlenjevanja besedila. Prispevek se osredotoča izključno na ukrepe predobdelave, pri čemer tveganja zasebnosti in varnosti, povezana s fazami učenja modela VJM, niso zajeta. Čeprav so na voljo kvantitativne metrike, kot so natančnost (angl. precision), priklic (angl. recall) in mera F1 za proces anonimizacije, v tem delu niso bile uporabljene znotraj VJM, temveč le za primerjavo orodij NER ter uporabo VJM za prepoznavanje in zakrivanje entitet z ročno anotiranimi podatki.

Preostanek prispevka je organiziran tako, da drugo poglavje prinaša pregled literature s področja gradbene informatike, UI-agentov in tehnik predobdelave za varnost podatkov. V tretjem poglavju je podan kratek pregled velikih jezikovnih modelov s poudarkom na njihovi arhitekturi in vedenjskih značilnostih, ki so pomembne za predobdelavo dokumentov. Četrto poglavje opisuje uporabljeno metodologijo, peto pa njeno uporabo na izbranem naboru gradbenih dokumentov. V šestem poglavju so predstavljene ugotovitve raziskave, sedmo poglavje vsebuje razpravo, osmo poglavje pa sklepne ugotovitve ter predloge za nadaljnje raziskave.

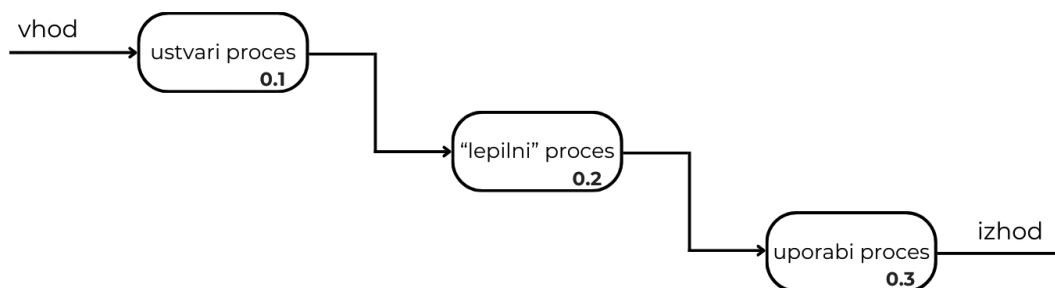
2 PREGLED LITERATURE

V poglavju so povzete ključne raziskave in koncepti, ki se nanašajo na gradbeno informatiko, razvoj od Gradbeništva 3.0 do Gradbeništva 5.0, izzive varnosti in zasebnosti pri vključevanju VJM v delovne tokove ter obstoječe tehnike za zagotavljanje varnosti podatkov in predobdelavo dokumentov.

2.1 Gradbena informatika in vodenje projektov

Gradbeništvo kot tehniška panoga izstopa po edinstvenih značilnostih, kot je izdelava enkratnih izdelkov, ki zahtevajo specifično zaporedje procesov ter sodelovanje različnih partnerjev [Turk, 2006]. Prav zaradi teh posebnosti se je razvila gradbena informatika, ki je definirana kot »celota ved, strok in tehnologij, ki so namenjene sistematskemu obravnavanju podatkov in informacij v gradbeništvu« [Turk, 2001]. Področje se ukvarja s procesi ustvarjanja, obdelave in posredovanja gradbenospecifičnih informacij, bodisi v obliki, razumljivi človeku, bodisi v strojno berljivi obliki. Ti procesi so tradicionalno zasnovani na strukturiranih odnosih vhod-izhod, pri čemer »lepilni« procesi povezujejo procese prek statičnih podatkovnih formatov, definiranih aplikacijskih programskih vmesnikov ali kodiranih skript (glej sliko 1).

Vodenje gradbenih projektov, ki je tradicionalno usmerjeno v obvladovanje časa, stroškov in kakovosti, se vse bolj širi tudi na okoljske in družbene vidike trajnosti [Taboada et al., 2023]. V



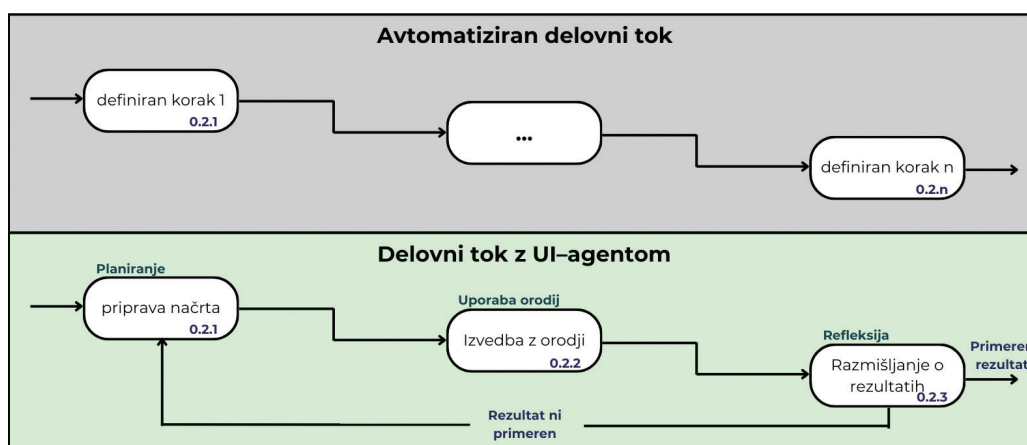
Slika 1. Delovni tok gradbene informatike [Turk, 2006].

tem okviru digitalna orodja, zlasti UI, pridobivajo pomen kot podporni sistemi za odločanje. Raziskave kažejo, da lahko sodobni UI-agenti, ki temeljijo na VJM, pomembno prispevajo k:

- avtomatiziranem spremljanju in poročanju, kjer agenti nenehno preverjajo skladnost z omejitvami časovnic in proračunov ter predlagajo ukrepe ob odstopanjih [Ruan et al., 2023];
- podpori odločanju, kjer z združevanjem različnih virov podatkov oblikujejo alternativne scenarije in pomagajo izbrati optimalne poti projekta [Mikhridinova et al., 2024];
- napovedovanju tveganj, kjer z analizo trenutnega stanja projekta in zgodovinskih podatkov v realnem času prepoznajo nastajajoča tveganja in predlagajo strategije za njihovo ublažitev [Taboada et al., 2023].

Takšne aplikacije so dobro prilagojene naraščajoči kompleksnosti in nepredvidljivosti sodobnih gradbenih projektov. Gradbena informatika zato zagotavlja ne le tehnološko podlago, temveč tudi metodološki okvir za vključevanje UI-agentov v dejanske gradbene delovne tokove. Medtem ko avtomatizirani delovni tokovi sledijo vnaprej določenim korakom, UI-agenti delujejo dinamično – načrtujejo, izvajajo korake z orodji in vrednotijo rezultate (glej sliko 2).

med Gradbeništvo 3.0, 4.0 in 5.0. V fazi Gradbeništva 3.0 gre predvsem za ločeno uporabo digitalnih orodij, kjer človek prek računalnika komunicira z digitalnim okoljem, ločenim od fizičnega. Gradbeništvo 4.0 je digitalna preobrazba gradbene industrije, torej povezovanje fizičnega in digitalnega okolja prek kibernetsko-fizičnih sistemov [Klinc & Turk, 2019]. S tem se ustvarja povezan ekosistem med stroji, podatki in uporabniki. Gradbeništvo 5.0, kot razširitev Industrije 5.0, se ponovno osredotoča na človeka in spodbuja razvoj inteligentnih sistemov, ki sodelujejo z ljudmi, namesto da bi jih nadomestili [Musrat et al., 2023]. To vključuje avtonomne sisteme, ki sprejemajo odločitve in ukrepe na podlagi podatkovne analitike in algoritmov strojnega učenja. Povezan ekosistem se v Gradbeništvu 5.0 še poglobi z uvedbo kibernetsko-fizično-kognitivnih sistemov, kjer tehnologije razumejo kontekst, sodelujejo z ljudmi in se prilagajajo njihovim potrebam. Tak pristop sledi načelu človek v zanki (angl. Human-in-the-Loop, HITL), ki je eno od temeljev Industrije 5.0 [Musrat et al., 2023]. UI-agenti tako postanejo kognitivni sodelavci, ki dopolnjujejo človeško odločanje [Deng et al., 2025].



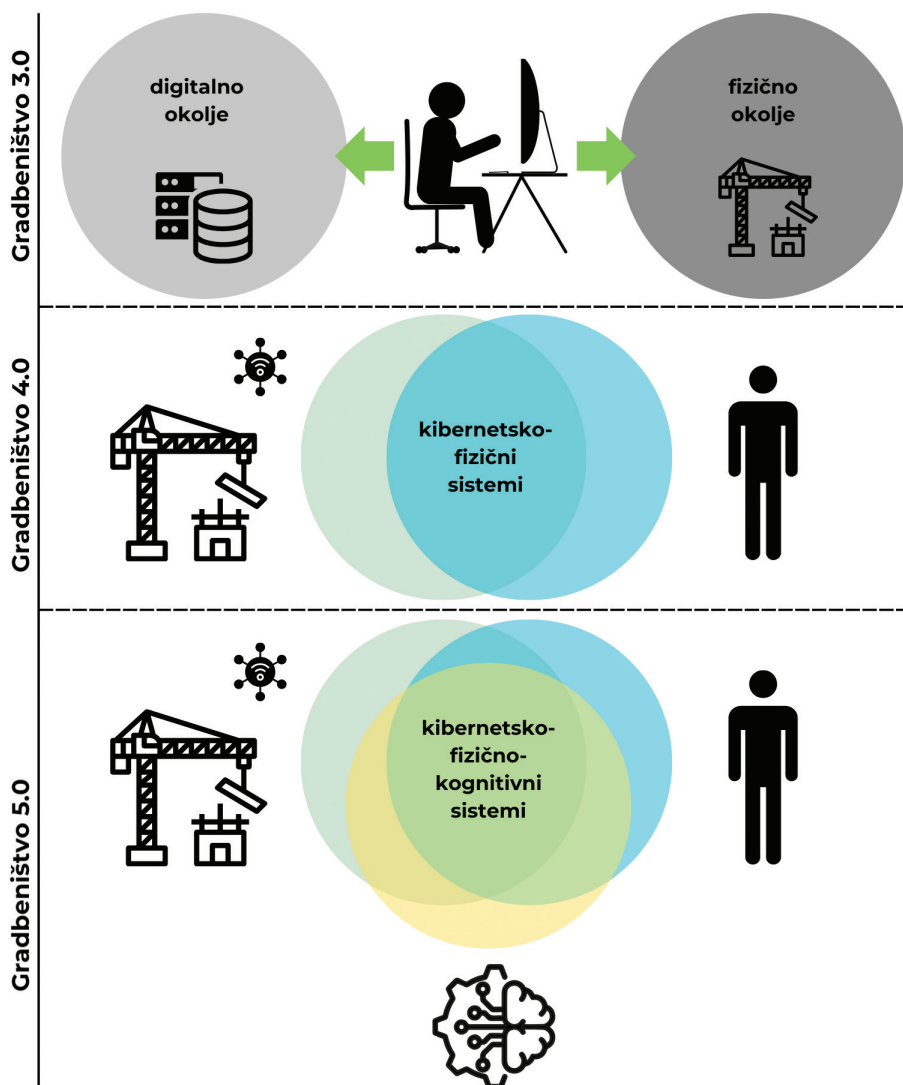
Slika 2. Primerjava med avtomatiziranim delovnim tokom in delovnim tokom z UI-agentom [Newhauser et al., 2025].

2.2 Od Gradbeništva 3.0 do Gradbeništva 5.0

Gradbeništvo je začelo vključevati VJM in UI-agente v delovne tokove projektnega vodenja, kar pomeni pomemben korak k paradigmi Gradbeništva 5.0. Slika 3 prikazuje razliko

2.3 Izzivi varnosti in zasebnosti pri vključevanju VJM

Uvajanje VJM je sprožilo številne pomisleke glede varnosti in občutljivih podatkov [He et al., 2024]. Gradbeni dokumenti pogosto vsebujejo finančne informacije, osebne podatke in



Slika 3. Razlika med Gradbeništvom 3.0, 4.0 (temelji na [Klinc & Turk, 2019]) in 5.0.

projektno-specifične lastniške vsebine. Tveganje nenamernega razkritja takih podatkov se še poveča, kadar obdelavo izvajajo modeli UI, še posebno pri uporabi javnih oblčnih storitev ali zunanjih aplikacijskih programskih vmesnikov [Deng et al., 2025].

UI-agenti ta tveganja še povečajo, saj dostopajo do več sistemov, sprejemajo samostojne odločitve in pogosto delujejo brez podrobnega nadzora [Liu et al., 2024]. Takšne zmožnosti sprožajo zapletena vprašanja glede lastništva podatkov, sledljivosti in skladnosti z zakonodajo. V reguliranih panogah, kot je gradbeništvo, veljata ohranjanje človeškega nadzora (načelo HITL) in stroga ureditev pravic dostopa za ključna mehanizma zmanjšanja tveganj [Kotsiopoulos et al., 2024].

2.4 Tehnike za varnost podatkov in predobdelavo

Za ublažitev tveganj varnosti in zasebnosti, povezanih z vključevanjem VJM v gradbene delovne tokove, je postala ključna predobdelava podatkov, ki zagotavlja varnost informacij. To vključuje tehnike, kot so prepoznavanje imenskih entitet

(NER), anonimizacija, psevdonimizacija in avtomatizirano zakrivanje podatkov, s katerimi se občutljive informacije prepoznajo in zakrijejo, še preden jih obdelajo VJM ([Miranda et al., 2025], [Yermilov et al., 2023]). Namen teh metod je preprečiti nenamerno razkritje občutljivih in zaupnih informacij.

Orodja, kot so SpaCy [SpaCy, 2025], Flair [Akbik, 2023] in NLTK [NLTK, 2024], ponujajo robustne zmožnosti za zaznavanje občutljivih podatkovnih vzorcev tako s statističnimi modeli NER kot z metodami, ki temeljijo na pravilih. Vendar pa te pristope pogosto spremlja potreba po ročnem preverjanju zaradi napačnih zaznav (angl. false positives) in zagotavljanja natančnosti, zlasti pri kompleksnih ali nestrukturiranih dokumentih.

Ker UI-agenti postajajo vse bolj avtonomni in integrirani v različne sisteme, s seboj prinašajo nove varnostne izzive. Deng in sodelavci [2025] izpostavljajo štiri ključne vrzeli v znanju o varnosti UI-agentov: (1) nepredvidljivost večstopenjskih uporabniških vnosov, (2) kompleksnost notranjih izvajanj, (3) spremenljivost operativnih okolij ter (4) interakcije z nezanesljivimi zunanjimi entitetami. Ti dejavniki še dodatno poudarjajo po-

men robustnih tehnik predobdelave, da UI-agenti lahko delujejo varno in učinkovito znotraj predvidenih omejitev.

3 PREGLED VELIKIH JEZIKOVNIH MODELOV

Veliki jezikovni modeli so v zadnjem času postali ključna tehnologija na področju obdelave naravnega jezika (ONJ), saj omogočajo obdelavo ogromnih količin podatkov in ustvarjanje koherentnih in kontekstualno ustreznih besedilnih odgovorov. Njihov razvoj je tesno povezan z napredkom na področju globalnega učenja ter razpoložljivostjo velikih količin označenih in neoznačenih besedilnih podatkov ([Devlin et al., 2019], [Lewis et al., 2021]).

VJM temeljijo na arhitekturi transformerjev, ki so bili prvič predstavljeni pri [Vaswani et al., 2017]. Arhitektura transformerjev uporablja mehanizem samopozornosti (angl. self-attention), ki modelu omogoča, da prepozna, katerim delom besedila naj pripiše večji pomen glede na kontekst. To predstavlja velik odmik od prejšnjih pristopov, ki so temeljili na nevronske mrežah s povratno zanko (angl. recurrent neural networks, RNN) ali konvolucijskih nevronske mrežah (angl. convolutional neural networks, CNN), saj omogoča bistveno učinkovitejše učenje dolgoročnih odvisnosti med besedami.

VJM obdelujejo besedilo tako, da ga najprej razdelijo na manjše enote, ki so lahko posamezne besede ali znaki. Vsaka enota se pretvori v vektorsko predstavitev, ki omogoča računalniško obdelavo. S pomočjo mehanizma samopozornosti se nato oblikujejo kontekstualne povezave, kar modelu omogoča napovedovanje najverjetnejšega naslednjega elementa v zaporedju.

V fazi predtreniranja se modeli učijo na zelo obsežnih zbirkah besedil, kot so spletni viri, knjige in programska koda, praviloma brez eksplicitnih oznak. Takšno učenje omogoča modelom oblikovanje statističnega razumevanja jezikovne strukture, slovnice, dejstev in vzorcev. Po tej fazi lahko sledi dodatno prilagajanje na bolj specifične naloge ali podatkovne zbirke (angl. fine-tuning), v nekaterih primerih pa tudi učenje s povratnimi informacijami človeških uporabnikov (angl. Reinforcement Learning from Human Feedback, RLHF), ki izboljša usklajenost modela s človeškimi pričakovanji in etičnimi smernicami.

3.1 Temeljne značilnosti modelov

Ena najbolj značilnih lastnosti VJM je njihova sposobnost izvajanja zelo različnih jezikovnih nalog brez posebnega dodatnega učenja za vsako nalogo. Ker so bili usposobljeni na raznolikih in obsežnih zbirkah podatkov, lahko prepoznavajo vzorce in strukture na številnih področjih. Posledično lahko tvorijo

koherentno besedilo, odgovarjajo na vprašanja, povzemajo dokumente, prevajajo jezike in celo izvajajo osnovna sklepanja z minimalnimi primeri (angl. few-shot learning) ali celo brez njih (angl. zero-shot learning) [Brown et al., 2020].

Ta sposobnost se z rastjo modelov še okrepi. Raziskave so pokazale, da se z večanjem števila parametrov in količine podatkov pojavijo tudi nove, prej odsotne sposobnosti, kot so aritmetično sklepanje, generiranje programske kode, večstopenjsko sklepanje in reševanje problemov [Wei et al., 2022]. Čeprav te sposobnosti niso popolnoma zanesljive, kažejo, da VJM presega zgolj statistično posnemanje jezika.

Pomembna značilnost VJM je tudi sposobnost sledenja navodilom, kar pomeni, da lahko naloge izvajajo na podlagi interpretacije vhodnih navodil ali primerov, vključenih v besedilo. To je vodilo k razvoju tehnik inženiringa pozivov (angl. prompt engineering), kjer se uspešnost modela optimizira z oblikovanjem jasnih in ustreznih navodil. S tem postanejo VJM izredno prilagodljivi, a hkrati občutljivi na obliko in jasnost uporabniških pozivov.

3.2 Splošno vedenje in omejitve

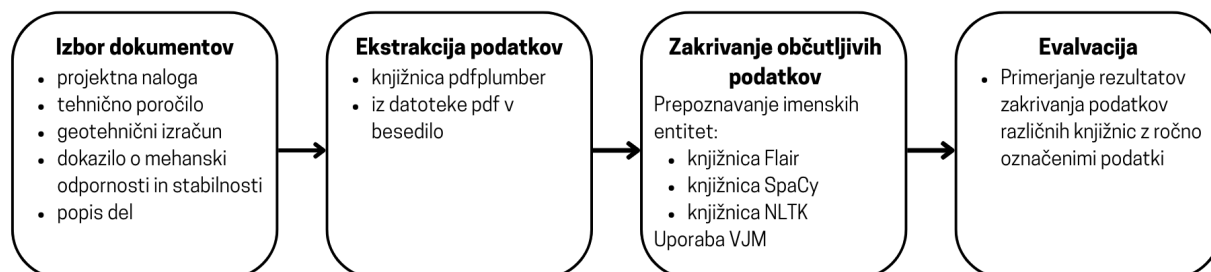
Kljub širokemu naboru zmožnosti imajo VJM tudi pomembne omejitve. Njihova učinkovitost je v veliki meri odvisna od podatkov, na katerih so bili usposobljeni, kar pomeni, da pri tehnično zahtevnih besedilih, kot so gradbeni dokumenti, lahko prihaja do netočnih rezultatov.

Pomembna omejitev so t. i. halucinacije, ko modeli ustvarijo navidezno pravilne, a dejansko napačne informacije. To predstavlja tveganje v reguliranih panogah, kjer sta natančnost in skladnost ključnega pomena. Poleg tega so VJM pogosto obravnavani kot »črne skrinjice«, saj je težko razložiti razloge za določene izhode, kar zmanjšuje transparentnost in zaupanje uporabnikov.

Te omejitve poudarjajo pomen skrbne predobdelave podatkov, zlasti v gradbeništvu, kjer je treba ustrezno obravnavati obliko in vsebino dokumentov, strokovno terminologijo ter vidike varnosti in zasebnosti podatkov.

4 METODOLOGIJA

Raziskava temelji na strukturirani kvalitativni analizi, katere namen je bil ovrednotiti učinkovitost tehnik predobdelave za zagotavljanje varnosti in zasebnosti podatkov v gradbeni dokumentaciji pred vključevanjem v VJM. V ta namen je bil zasnovan metodološki okvir, prikazan na sliki 4, ki je bil implementiran s programskim jezikom Python.



Slika 4. Načrt metodologije zakrivanja občutljivih podatkov.

4.1 Izbor dokumentov

Za testiranje je bil uporabljen reprezentativen nabor gradbenih dokumentov. Podatkovna zbirka je obsegala pet vrst dokumentov, ki so uporabljeni pri vodenju gradbenih projektov: (1) projektna naloga, (2) tehnično poročilo, (3) geotehnični izračun, (4) dokazilo o mehanski odpornosti in stabilnosti ter (5) popis del. Vsi izbrani dokumenti so bili v slovenskem jeziku.

4.2 Ekstrakcija podatkov

Besedilni podatki so bili iz datotek PDF pridobljeni z avtomatiziranimi orodji. Uporabljena je bila knjižnica pdfplumber [pdfplumber, 2025], ki omogoča zanesljivo razčlenjevanje besedilnih datotek PDF ter v določeni meri ohranja postavitev in obliko dokumenta. Rezultat je niz, ki vsebuje celotno besedilo dokumenta, razdeljeno po straneh. Tak izhod se nato posreduje ogrođjem za prepoznavo imenskih entitet (NER) za nadaljnje zaznavanje in zakrivanje.

4.3 Zakrivanje občutljivih podatkov

Za oceno učinkovitosti avtomatiziranih tehnik zakrivanja v gradbenih dokumentih smo implementirali in primerjali metode, ki temeljijo na NER, in sicer s tremi različnimi ogrođji za obdelavo naravnega jezika: Flair [Akbik, 2023], SpaCy [spaCy, 2025] in NLTK [NLTK, 2025]. Cilj je bil prepoznati in zakriti občutljive entitete, kot so imena oseb in organizacij ter lokacije, še preden bi dokumente obdelovali naprej.

Ogrođje Flair je bilo uporabljeno z večjezičnim modelom za označevanje zaporedij. Ta model, zasnovan na arhitekturi transformerjev, podpira NER v več jezikih ter omogoča označevanje na ravni segmentov z entitetami tipa PER (oseba), ORG (organizacija), LOC (lokacija) in MISC (razno).

Ogrođje SpaCy je bilo uporabljeno z večjezičnim modelom in z modelom za slovenščino. Slovenski model je treniran na slovenskih besedilnih korpusih, zato ponuja prepoznavanje entitet, prilagojeno slovenskemu jeziku, vključno z vrstami PER (oseba), ORG (organizacija), LOC (lokacija) in MISC (razno). Večjezični model omogoča širše jezikovno pokritje, a je manj optimiziran za slovensko skladnjo in besedišče.

Ogrođje NLTK uporablja pristop, ki temelji na pravilih. Prepoznavna entitete tipa PERSON (oseba), ORGANIZATION (organizacija) in GPE (geopolitična entiteta). Omogoča preglednost in razločljivost, kar je uporabno pri osnovnem zaznavanju entitet v manjših zbirkah.

Poleg teh pristopov smo v evalvacijo vključili tudi anonimizacijo s pomočjo VJM, konkretno z modelom ChatGPT 5.1. Ta pristop ne temelji na klasičnem označevanju zaporedij, temveč na inženiringu pozivov (angl. prompt engineering), pri katerem model na podlagi besedilnega navodila samostojno prepozna in nadomesti občutljive entitete. V našem primeru je ChatGPT z uporabo regularnih izrazov generiral anonimizirano različico dokumenta ter zaznane entitete nadomestil z ustreznimi oznakami (PER, ORG, LOC, MISC).

4.4 Evalvacija

Kot je opisano zgoraj, so bile na izbranih dokumentih uporabljene štiri različne konfiguracije NER ter VJM z uporabo regularnih izrazov. Nato smo iste dokumente ročno anotirali, da smo ustvarili referenčno zbirko imenskih entitet. To je omogočilo vrednotenje rezultatov posameznega ogrođja glede na število in tipe prepoznanih entitet ter primerjavo razlik anotacij.

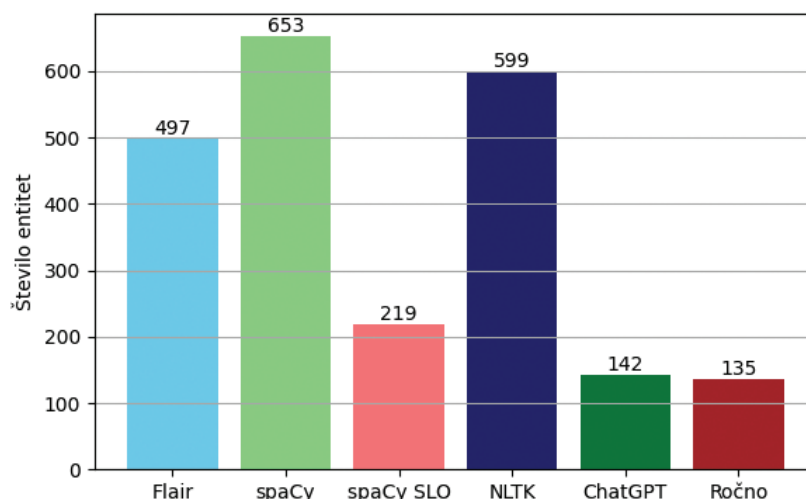
5 REZULTATI

5.1 Pregled podatkovne zbirke

Evalvacija je temeljila na petih gradbenih dokumentih v slovenščini, ki skupaj obsegajo 6631 besed. Dokumenti so vključevali več vrst občutljivih podatkov, med drugim imena oseb in organizacij, lokacije in tehnične identifikatorje.

5.2 Zaznavanje entitet

Skupno število zakritih entitet po posamezni metodi je prikazano na sliki 5. Opazno je, da je SpaCy (večjezični model) zaznal največ entitet (653), medtem ko je ročno anotiran dokument vseboval le 135 entitet. Kot prikazuje slika 5, večjezični modeli zaznajo bistveno več entitet kot referenčna zbirka, kar nakazuje na pretirano označevanje in posledično zmanj-



Slika 5. Število entitet, zakritih z vsako metodo NER, v primerjavi z ročno anotirano referenčno zbirko (135 entitet).

šano natančnost. Večjezični modeli so zakrivali dele besedi-
la, ki niso občutljivi (npr. Flair je besedo poročilo označil kot
organizacijo in jo zakril). V nasprotju s temi pristopi je Cha-
tGPT zakril zgolj 142 entitet, kar je najbližje ročno anotirani
referenčni zbirki, in s tem kaže bistveno manj pretiranega
označevanja.

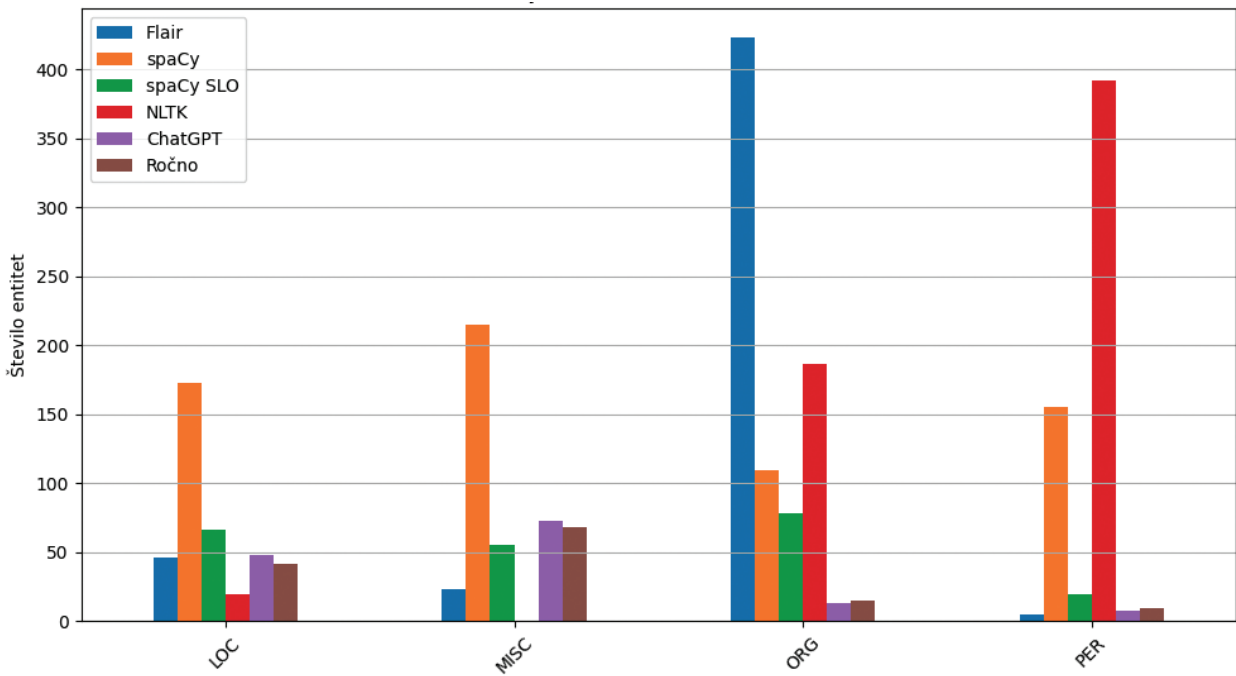
5.3 Porazdelitev tipov entitet

Število entitet je bilo nadalje razčlenjeno po tipih: PER, ORG, LOC in MISC ter normalizirano med metodami. Kot prikazu-
je slika 6, ogrodja izkazujejo različne pristranskosti. Ogrod-
je Flair pogosto pretirano označuje organizacije, slovenski
model v ogrodju SpaCy deluje bolj zadržano in je skupaj
označil in zakril 219 entitet, od tega 78 kot organizacije.
Ogrodje NLTK kaže močno pristranskost k zaznavanju oseb
in organizacij. Po drugi strani pa ChatGPT kaže bistveno bolj
uravnoteženo porazdelitev entitet, kar nakazuje, da model
ne kaže izrazitih pristranskosti do posameznih tipov. Števi-
lo zaznanih entitet se pri ChatGPT-ju tudi najbolj približa
ročni referenci.

Fl. Vsak izhod ogrodja NER je bil primerjan z ročno anotira-
no referenčno zbirko, kjer so bile imenske entitete označene
s standardnimi tipi (PER, ORG, LOC, MISC). Ker različna ogrod-
ja uporabljajo različne oznake entitet, so bile vse oznake pred
evalvacijo normalizirane na skupno shemo.

Ker se izhodi različnih orodij pogosto razlikujejo po številu
in zaporedju žetonov (npr. zaradi dodanih ali odstranjenih
presledkov ali znakov), bi neposredna primerjava zaporedij
BIO povzročila kaskadne napake. Zato smo uvedli poravnavo
zaporedij z algoritmom SequenceMatcher [diffli, 2025], ki
robustno uskladi referenčne in napovedane žetone ter omo-
goči bolj realistično primerjavo v besedilu.

Evalvacija je upoštevala tako prisotnost kot pravilno klasifikaci-
jo entitet. Kot prikazuje preglednica 1, so bili rezultati pri vseh
ogroddjih NER nizki. Ta stroga metrika kaznuje nepravilne tipe
oznak in nepravilne napovedi. Edina delna izjema je bil slo-
venski model v ogrodju SpaCy, ki je pokazal skromno izboljša-
nje zaradi prilagoditve slovenskemu jeziku.



Slika 6. Porazdelitev zaznanih tipov entitet (PER, ORG, LOC, MISC) po metodah NER, normalizirano za primerjavo.

5.4 Evalvacija

Za oceno učinkovitosti avtomatiziranih tehnik zakrivanja smo
izvedli primerjavo na ravni žetonov (angl. token) z uporabo
formata označevanja BIO (angl. inside-outside-beginning), ki
natančno meri, ali so imenske entitete pravilno zaznane na
ustreznem mestu v besedilu. Ta stroga metoda odraža prak-
tična pričakovanja pri nalogah anonimizacije, zlasti kadar se
dokumenti predobdelujejo za uporabo v VJM.

Evalvacija je bila izvedena z ogroddjem sequeval [Nakayama,
2018], ki omogoča metrike na osnovi zaporedij, vključno z
natančnostjo (angl. precision), priklicem (angl. recall) in mero

Ogrodje	Natančnost	Priklic	Mera F1
Flair	0,115	0,491	0,187
SpaCy	0,077	0,343	0,125
SpaCy (SLO)	0,303	0,463	0,336
NLTK	0,050	0,278	0,085
ChatGPT 5.1	0,733	0,889	0,803

Preglednica 1. Evalvacija ogroddij NER z normaliziranimi tipi
entitet.

Najbolje se je odrezal ChatGPT 5.1, ki je bistveno prehitel ogrodja NER. Model izkazuje visoko natančnost in stabilno zaznavanje lokacij entitet, kar nakazuje večjo sposobnost razumevanja domensko specifičnega konteksta.

Analiza rezultatov razkriva pomembne slabosti uporabe klasičnih ogrodij NER. Nekateri modeli so anotirali več kot 600 entitet v dokumentu s približno 6631 besedami, kar pomeni, da je bilo skoraj 10 % vseh besed označenih kot občutljivih. To kaže na visoko verjetnost pretiranega zakrivanja in lažno pozitivnih (angl. false positive) zaznav. Zakritih je bilo veliko besed, ki v resnici niso bile imenske entitete (npr. tehnični izrazi ali pogosti samostalniki v gradbeništву).

Poleg tega so se skoraj vsa ogrodja izkazala za nezadostna pri zaznavanju entitet, specifičnih za področje, kot so:

- identifikatorji dokumentov in projektne kode,
- strokovni nazivi in certifikati inženirjev (npr. številke IZS),
- strukturirani številčni podatki, kot so telefonske številke, e-naslovi in prostorske koordinate.

Tudi slovenski model ogrodja SpaCy, čeprav bolje prilagojen jeziku, teh podatkov ni zaznaval zanesljivo.

6 UGOTOVITVE

6.1 Evalvacija učinkovitosti predobdelave

Evalvacija je pokazala, da imajo obstoječa orodja za prepoznavanje imenskih entitet velike težave pri obvladovanju specifične kompleksnosti gradbene dokumentacije. Tudi slovenski model ogrodja SpaCy, čeprav treniran na slovenskih besedilih, ni bil sposoben zanesljivo zaznati nekaterih ključnih tipov informacij, kot so projektne kode, tehnične kratice, strokovni nazivi inženirjev ter strukturirani številčni identifikatorji.

Slovenski model v ogrodju SpaCy se je izkazal za najzanesljivejšega med klasičnimi pristopi NER, vendar nobeno od teh ogrodij ni doseglo zadostne natančnosti za učinkovito anonimizacijo besedil na področju gradbeništva.

Najboljše rezultate je dosegel VJM ChatGPT 5.1, ki je izkazal višjo natančnost in bistveno manj pretiranega označevanja kot preostala ogrodja, kar nakazuje na večjo robustnost uporabe VJM in regularnih izrazov pri obdelavi tehnične dokumentacije.

Pomembno je tudi opozoriti, da so lahko na rezultate evalvacije vplivale določene nedoslednosti v anotacijskih smernicah. Na primer pri označevanju so bile vključene tudi podjetniške pripone, kot je »d. o. o.«, medtem ko večina ogrodij teh elementov ni prepoznala kot del imenskih entitet, kar je lahko prispevalo k nižji izmerjeni učinkovitosti.

6.2 Priporočene prakse

Glavne ugotovitve raziskave so:

- jezikovno specifični modeli prinašajo določene izboljšave, vendar sami po sebi niso zadostni,
- obstoječi modeli brez prilagajanja pogosto pretirano označujejo ali pa spregledajo pomembne entitete, kar vodi do lažno pozitivnih in lažno negativnih rezultatov,
- ročna anotacija je še vedno nujna za razvoj učinkovitih in zanesljivih tokov anonimizacije na tehničnih področjih,
- uporaba VJM predstavlja obetavno smer, vendar je treba zagotoviti ustrezne varnostne prakse; modele je priporočljivi

vo izvajati v lokalnem okolju ali pa jih uporabljati zgolj za generiranje programske kode z regularnimi izrazi, ne pa za neposredno obdelavo občutljivih dokumentov.

7 DISKUSIJA

Rezultati te raziskave poudarjajo pomen specifičnih tokov obdelave naravnega jezika pri uporabi VJM z občutljivo tehnično dokumentacijo. Gradbeno področje vključuje širok nabor specifičnih podatkovnih tipov, med drugim pravne entitete, certifikate inženirjev, identifikatorje, prostorske reference in tehnične kode, ki jih splošni modeli pogosto spregledajo.

Evalvacija je pokazala, da večina klasičnih orodij NER v takšnem okolju ni zanesljiva, predvsem zaradi pretiranega označevanja in težav pri zaznavanju strukturiranih ter večbesednih entitet.

Za bistveno izboljšanje postopkov zakrivanja podatkov je potreben pristop NER, prilagojen področju, zlasti pri dokumentih, ki so napisani v jezikih, kot je slovenščina. To vključuje:

- učenje prilagojenih modelov na anotiranih gradbenih dokumentih,
- razširitev nabora oznak entitet tako, da zajema identifikatorje, elektronske naslove in druge strukturirane podatke,
- kombinacijo metod na podlagi pravil z NER za zaznavanje vzorcev, ki jih zgolj strojno učenje težko prepozna.

Takšni hibridni tokovi bi omogočili večjo natančnost, zanesljivost in preglednost, zaradi česar bi bili primernejši za zagotavljanje skladnosti z zakonodajo in praktično uporabo v gradbenih delovnih tokovih. Kot posebej obetavna se izkaže uporaba VJM, kot je ChatGPT 5.1, ki se je izkazal za bistveno bolj natančnega in manj nagnjenega k pretiranemu označevanju. Vendar je njegova uporaba pri občutljivi dokumentaciji smiselna le v varnih, lokalnih okoljih ali kot pomoč pri generiranju programske kode za anonimizacijo, ne pa za neposredno obdelavo izvirnih dokumentov.

Predstavljeno delo ponazarja omejitve splošnih ogrodij NER pri zakrivanju občutljivih podatkov v gradbenih dokumentih. Trenutno so za zagotavljanje skladnosti s standardi varnosti in zasebnosti ob uporabi VJM še vedno potrebni ročni pregledi.

8 SKLEP

Prispevek je ovrednotil, kako uspešno obstoječa orodja za prepoznavanje imenskih entitet obvladujejo zakrivanje občutljivih podatkov v slovenskih gradbenih dokumentih. Rezultati so pokazali, da je osnovna anonimizacija sicer mogoča, vendar trenutna ogrodja ne dosegajo ravni natančnosti, ki bi bila potrebna za zanesljivo rabo na tem področju. Razlog je ta, da pogosto pretirano označujejo in nezanesljivo zaznavajo domensko specifične entitete, kar omejuje njihovo uporabnost v tehničnih okoljih.

Za učinkovito predobdelavo tehničnih dokumentov pred vključevanjem v VJM je nujno doučiti modele ogrodij NER na jezikovno specifičnih, anotiranih gradbenih besedilih. Obenem je treba vključiti metode, ki temeljijo na pravilih, za zaznavanje strukturiranih elementov, kot so kode in kontaktni podatki, ter vzpostaviti hibridne tokove zakrivanja, ki združujejo jezikoslovno znanje s statističnimi modeli. Rezultati kažejo, da lahko veliki jezikovni modeli ob ustreznih varnostnih ome-

jitvah in uporabi v lokalnem okolju pomembno prispevajo k natančnejšemu in kontekstno bolj občutljivemu zakrivanju.

Prihodnje delo bo usmerjeno v zbiranje anotiranih podatkov iz dejanskih inženirskih projektov ter testiranje učinkovitosti modelov na raznolikeyših tipih dokumentov. Cilj je razviti robusten in področno specifičen okvir za anonimizacijo, ki bo zagotavljal varnost in zasebnost, hkrati pa ohranjal tehnično natančnost gradbene dokumentacije.

9 ZAHVALA

Raziskavo je podprla Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije v okviru financiranja mladih raziskovalcev in raziskovalnega programa E-Gradbeništvo (P2-0210).

10 LITERATURA

Akbik, A., flair, <https://flairnlp.github.io/>, 2023.

Brelih, A., Srdic, A., Klinc, R. . Evaluation of privacy and security measures when using LLMs for construction management, Proceedings of the 14th Creative Construction Conference (CCC 2025), International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), <https://doi.org/10.22260/ccc2025/0068>, 2025.

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., Hesse, C., Chen, M., Sigler, E., Litwin, M., Gray, S., Chess, B., Clark, J., Berner, C., McCandlish, S., Radford, A., Sutskever, I., Amodei, D., Language Models are Few-Shot Learners, Advances in Neural Information Processing Systems, 33, 1877–1901, <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Abstract.html>, 2020.

Deng, Z., Guo, Y., Han, C., Ma, W., Xiong, J., Wen, S., Xiang, Y., AI Agents Under Threat: A Survey of Key Security Challenges and Future Pathways, ACM Computing Surveys, 57(7), 1–36, <https://doi.org/10.1145/3716628>, 2025.

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., Toutanova, K., BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.04805>, 2019.

difflib, <https://docs.python.org/3/library/difflib.html>, Python, 2025.

He, Y., Wang, E., Rong, Y., Cheng, Z., Chen, H., Security of AI Agents, arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.08689>, 2024.

Klinc, R., Turk, Ž., Construction 4.0 – Digital Transformation of One of the Oldest Industries, Economic and Business Review, 21(3), <https://doi.org/10.15458/ebrev.92>, 2019.

Kotsiopoulos, T., Papakostas, G., Vafeiadis, T., Dimitriadis, V., Nizamis, A., Bolzoni, A., Bellinati, D., Ioannidis, D., Votis, K., Tzouvaras, D., Sarigiannidis, P., Revolutionizing defect recognition in hard metal industry through AI explainability, human-in-the-loop approaches and cognitive mechanisms, Expert Systems with Applications, 255, 124839, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124839>, 2024.

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., Kiela, D., Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks, arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11401>, 2021.

Liu, Z., Yao, W., Zhang, J., Yang, L., Liu, Z., Tan, J., Choubey, P. K., Lan, T., Wu, J., Wang, H., Heinecke, S., Xiong, C., Savarese, S., AgentLite: A Lightweight Library for Building and Advancing Task-Oriented LLM Agent System (Version 1), arXiv, <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2402.15538>, 2024.

Mikhridinova, N., Yurdakul, F. A., Wolff, C., Using Large Language Models for Project Staffing: Evaluation of GPT-Based Mapping of Teams to Projects, Proceedings of the 12th IPMA Research Conference "Project Management in the Age of Artificial Intelligence", 1–19, <https://doi.org/10.56889/cykr4175>, 2024.

Miranda, M., Ruzzetti, E. S., Santilli, A., Zanzotto, F. M., Bratières, S., Rodolà, E., Preserving Privacy in Large Language Models: A Survey on Current Threats and Solutions, arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.05212>, 2025.

Musarat, M. A., Irfan, M., Alaloul, W. S., Maqsoom, A., Ghufra, M., A Review on the Way Forward in Construction through Industrial Revolution 5.0, Sustainability, 15(18), 13862, <https://doi.org/10.3390/su151813862>, 2023.

Nakayama, H., seqeval: A Python framework for sequence labeling evaluation, <https://github.com/chakki-works/seqeval>, 2018.

Newhauser, M., Monigatti, L., Yadav, P., Çelik, T., What Are Agentic Workflows? Patterns, Use Cases, Examples, and More, Weaviate, <https://weaviate.io/blog/what-are-agentic-workflows>, 2025.

NLTK, <https://www.nltk.org/>, Natural Language Toolkit, 2024.

pdfplumber, <https://pypi.org/project/pdfplumber/>, Python Package Index, 2025.

Ruan, J., Chen, Y., Zhang, B., Xu, Z., Bao, T., Du, G., Shi, S., Mao, H., Li, Z., Zeng, X., Zhao, R., TPTU: Large Language Model-based AI Agents for Task Planning and Tool Usage (Version 3), arXiv, <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2308.03427>, 2023.

spaCy, Industrial-strength Natural Language Processing in Python, <https://spacy.io/>, 2025.

Taboada, I., Daneshpajouh, A., Toledo, N., De Vass, T., Artificial Intelligence Enabled Project Management: A Systematic Literature Review, Applied Sciences, 13(8), 5014, <https://doi.org/10.3390/app13085014>, 2023.

Turk, Ž., Gradbena informatika—Definicija področja, teme, problem, Gradbena Informatika 2001, Ob 30 Letnici Inštituta IKPIR, Zbornik Seminarja, 37–44, 2001.

Turk, Ž., Construction informatics: Definition and ontology, Advanced Engineering Informatics, 20(2), 187–199, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2005.10.002>, 2006.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., Polosukhin, I., Attention Is All You Need, arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>, 2017.

Wei, J., Tay, Y., Bommasani, R., Raffel, C., Zoph, B., Borgeaud, S., Yogatama, D., Bosma, M., Zhou, D., Metzler, D., Chi, E. H., Hashimoto, T., Vinyals, O., Liang, P., Dean, J., Fedus, W., Emergent Abilities of Large Language Models, arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.07682>, 2022.

Yermilov, O., Raheja, V., Chernodub, A., Privacy- and Utility-Preserving NLP with Anonymized data: A case study of Pseudonymization, Proceedings of the 3rd Workshop on Trustworthy Natural Language Processing (TrustNLP 2023), 232–241, Association for Computational Linguistics, <https://doi.org/10.18653/v1/2023.trustnlp-1.20>, 2023.



dr. Marko Kovač, univ. dipl. inž. stroj.
marko.kovac@ijs.si



Matjaž Česen, univ. dipl. meteorolog
matjaz.cesen@ijs.si

Center za energetska učinkovitost Instituta Jožef Stefan, Jamova
cesta 39, Ljubljana



Strokovni članek

UDK/UDC: 502.131.1:614.71:656.11(497.4)

MODELIRANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV IN ONESNAŽEVAL ZRAKA UPORABNIKOV AVTOCESTNEGA SISTEMA V SLOVENIJI

MODELLING GREENHOUSE GAS AND AIR POLLUTANT EMISSIONS FROM USERS OF THE MOTORWAY SYSTEM IN SLOVENIA

Povzetek

Prispevek predstavlja metodologijo in praktičen izračun izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka, ki nastajajo pri uporabi slovenskega avtocestnega sistema. Uporabljena je kombinacija modela omrežja, ki temelji na podatkih števec prometa, in emisijskega modela COPERT, prilagojenega evropskim standardom in lokalnim razmeram. Metodologija sledi zahtevam GHG Protokola in direktive CSRD. Raziskava poudarja pomembnost kakovostnega modeliranja izpustov obsega 3 za strateško okoljsko upravljanje. Avto- in hitre ceste so pomemben vir toplogrednih plinov, a s spremljanjem podatkov upravljalcem omogočajo tudi razvoj politik in posledično izvedbo projektov za učinkovito upravljanje tovrstnih izpustov. Avto- in hitre ceste imajo prav zaradi intenzivnosti prometa ključen vpliv na izpuste, a se je hkrati izkazalo, da so ti glede na obseg cestnega omrežja razmeroma omejeni. Predlagane so smernice za nadaljnji razvoj modela, vključno z vključevanjem podatkov o vremenu, zastojih in uveljavljanjem trajnostne mobilnosti.

Ključne besede: izpusti, promet, avtoceste

Summary

The article presents a methodology and practical calculation of greenhouse gas and air pollutant emissions generated by the users of the Slovenian motorway system. It uses a combination of a network model based on traffic counter data and the COPERT emission model, adapted to European standards and local specifics. The methodology follows the requirements of the GHG Protocol and the CSRD Directive. The study emphasizes the importance of high-quality emission modelling for strategic environmental management. Motorways and expressways are a significant source of greenhouse gases, but by monitoring data, operators can develop appropriate policies and, consequently, implement projects for the effective management of these emissions. Due to traffic intensity, motorways and expressways have a key impact on emissions; however, at the same time, emissions have been found to be relatively limited given the extent of the road network. Guidelines for further development of the model are proposed, including the incorporation of data on weather, traffic jams, and the promotion of sustainable mobility.

Key words: emissions, traffic, motorways

1 UVOD

Povečevanje količine cestnega prometa v EU, tako osebnega kot tovornega, predstavlja velik izziv pri naporih za zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka [EEA, 2024; T&E, 2024]. Eden temeljnih pogojev za obvladovanje tveganj zaradi povečanega obsega onesnaževanja je natančen in učinkovit nadzor izpustov [Domagača, 2023; Nkesah, 2023].

Zahteve po trajnostnem razvoju v gradbeništvo prinašajo številne novosti, ki v večji meri upoštevajo okoljske vplive [Kegljevič Zagorc, 2019]. Hkrati pa poslovanje sodobnih podjetij, ki upoštevajo širšo družbeno odgovornost, zahteva ustrezno obravnavo in zmanjševanje vplivov poslovanja na okolje. Pri tem sta ključnega pomena razumevanje in kvantifikacija izpustov tako toplogrednih plinov kot onesnaževal zraka. Z izračunom izpustov obsega 3 (angl. Scope 3) podjetja pridobijo dodaten vpogled v svoj vpliv na okolje, kar lahko pripomore k dodatnim priložitostim za optimizacijo in izboljšanje učinkovitosti. Glede na direktivo CSRD (angl. Corporate Sustainability Reporting Directive) morajo podjetja v EU od leta 2025 dalje poročati o posrednih izpustih tudi v svoji vrednostni verigi – izpustih obsega 3 [CSRD, 2022]. Izpusti obsega 3 vključujejo toplogredne pline, ki nastajajo na začetku in na koncu vrednostne verige. Eden bolj uveljavljenih modelov za izračun izpustov obsega 3 je GHG-protokol [GHG Protocol, 2023]. DARS kot upravljavec avtocestnega omrežja sledi zahtevam direktive CSRD kot tudi GHG-protokola.

GHG-protokol in tudi standard ISO 14083:2023 [ISO, 2023] sta razmeroma splošna in vsebujeta pretežno posplošena navodila o izračunu izpustov obsega 3, ki jih je treba ustrezno prilagoditi za namen izračuna izpustov uporabnikov prometne infrastrukture. Prav tako je poročanje o posrednih izpustih postalo obveza šele od leta 2025 dalje, zato je obseg strokovne literature, še posebno tiste, ki se osredotoča na upravljavce prometne infrastrukture, razmeroma omejen. Nekatere tovrstne prakse je mogoče razbrati iz poročil družb, ki se ukvarjajo z upravljanjem prometne infrastrukture, na primer Die Autobahn [Die Autobahn, 2022], Asfinag [Asfinag, 2021] in upravljavci mostu Storebælt [Storebælt, 2022].

Drugi primeri splošnega pregleda izpustov uporabnikov prometne infrastrukture so Kazancoglu in dr. [Kazancoglu, 2021] ter Gnap in dr. [Gnap, 2020]. V obeh primerih so se osredotočili na izračune izpustov obsega 3 za evropsko avtocestno omrežje, pri čemer pa so uporabljeni razmeroma generični pristopi, ki ne upoštevajo specifik prometa na posameznih odsekih. Spet drugi, na primer Olivari in dr. [Olivari, 2025], so se osredotočili zgolj na tovorni promet. Lep pregled specifične analize izpustov obsega 3 iz prometa so izvedli Roukounakis in dr. [Roukounakis, 2020], pri čemer pa so se omejili le na del grškega avtocestnega omrežja (odsek A2 Egnatia Odos).

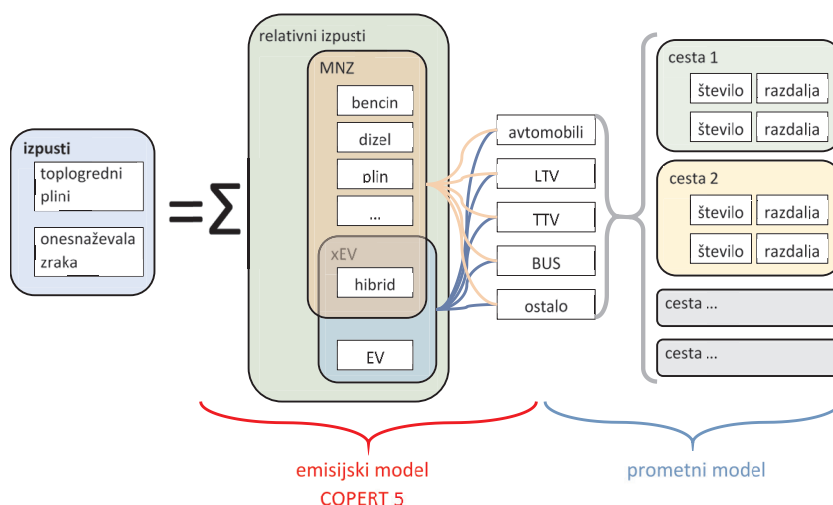
Glavni cilj tega prispevka je predstaviti razvoj in uporabo modela za oceno izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka, ki nastanejo zaradi uporabe slovenskih avtocest. Rezultate modela je mogoče neposredno uporabiti za potrebe poročanja, podobno kot to počnejo že nekateri upravljavci prometne infrastrukture po svetu. Pomemben vidik pri izdelavi modela predstavlja tudi razumevanje lokalne intenzivnosti prometa, strukture vozil in prostorskih posebnosti slovenskega avtocestnega omrežja.

2 METODOLOGIJA

Poročanje izpustov toplogrednih plinov zajema naslednje pline: ogljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), didušikov oksid (N_2O). Izpusti F-plinov niso vezani na uporabo avtocest, zato niso zajeti v analizo, izpusti NF_3 pa se v Sloveniji ne pojavljajo. Pri onesnaževalih zraka so bili analizirani žveplov oksidi (SO_x) in dušikovi oksidi (NO_x) [IPCC, 2006; Ntziachristos, 2023] ter izpusti delcev ($\text{PM}_{2.5}$), za katere smatramo, da bodo v naslednjih letih deležni še večje pozornosti, sploh v prometu.

2.1 Modeliranje izpustov v prometu

Izpusti posameznega vozila so odvisni od emisijskega modela, ki določa izpuste glede na prometno delo (prevoženo razdaljo), in modela omrežja, ki določa prevoženo razdaljo vseh vozil uporabnikov avto- in hitrih cest. Slika 1 shematsko prikazuje izračun izpustov (toplogrednih plinov in onesnaževal zraka) iz prometa, ki zajema izpuste vseh vozil.



Slika 1. Shematski prikaz izračuna izpustov.

2.1.1 Emisijski model

Ocena izpustov iz cestnega prometa temelji na metodi, ki uporablja preverjene emisijske faktorje in podatke o prevoženih razdaljah (t. i. metodologija od spodaj navzgor – angl. bottom-up). Pri tem je bil uporabljen emisijski model COPERT 5 – široko uporabljeno programsko orodje, zasnovano za ocenjevanje izpustov iz cestnega prometa, s poudarkom na izpustih toplogrednih plinov in onesnaževal zraka [JRC, 2014; Ntziachristos, 2009].

Emisijski model COPERT 5 upošteva kategorije vozil in vrste goriva, emisijski razred (EURO standard) in vozne pogoje. Za natančno oceno izpustov se opira na vhodne parametre, kot so število vozil, njihova hitrost in poraba ter vrsta poti in prevožena razdalja. Model COPERT 5 omogoča izračun izpustov tudi v različnih prometnih režimih (mestni, podeželski, avtocestni) ter stanja delovanja motorja (hladen zagon ali ogret motor). Osnovna enačba za izračun izpustov je:

$$izpusti [g] = \text{emisijski faktor} \left[\frac{g}{km} \right] \times \text{število vozil} \times \text{prevožena razdalja na vozilo [km]} \quad (1)$$

Emisijski faktor je odvisen od številnih dejavnikov, vključujoč razdaljo, ki jo vozilo prepotuje, hitrost vozila (in vrsta ceste), starosti in teže vozila ter prostornine motorja. Za izračune so bili uporabljeni podatki o strukturi voznega parka v Sloveniji iz leta 2022 [OPSI, 2023b].

Čeprav uporabljeni model COPERT 5 zagotavlja solidno osnovo za izračun izpustov na nivoju države, je smiselno parametre modela prilagoditi realnemu režimu vožnje na avto- in hitrih cestah v republiki Sloveniji. Zato so bili upoštevani podatki o povprečnih hitrostih vožnje, ki jih je mogoče pridobiti iz podatkov števecov prometa. Ti omogočajo beleženje povprečne hitrosti za vsa vozila in še posebej za osebna vozila. Nadaljnja prilagoditev modela z namenom bolj realistične ocene izpustov upošteva tudi dodatne izpuste zaradi vožnje tovornih vozil v klanec.

Vozila so bila zaradi skladnosti tako s prometnim modelom kot s podatki števecov razvrščena v pet razredov: avtomobili (cestninska kategorija A1), lahka (A2 in B1) in težka tovorna vozila (B2, B3, B4 in B5), avtobusi (C1 in C2) in druga vozila (A0 in XX).

2.2 Model omrežja

Slovensko avtocestno omrežje, ki ga upravlja družba DARS, obsega pet avtocest in pet hitrih cest, katerih skupna dolžina je 616 km. Poleg glavnih večpasovnih avto- in hitrih cest v sistem DARS v omrežje sodijo tudi priključki (skupaj slabih 163 km) in pomožne ceste (41,6 km). Pridobljeni so bili podatki 175 šte-

cev, s katerimi smo omrežje avto- in hitrih cest razdelili na 100 odsekov. Števci beležijo promet ločeno po smeri, tipu vozil in času, uporabljeni pa so bili podatki za leto 2023.

Slika 2 prikazuje koncept preračuna prometnega dela na avto- in hitrih cestah: prometno delo je vsota vseh zmnožkov (po odsekih) števila vozil in dolžine posameznega odseka.

Za potrebe analize so bile avto- in hitre ceste razdeljene na odseke, kot so definirani s strani DRSI [DRSI, 2024]. Takšen pristop omogoča primerjavo s podobnimi modeli omrežja, vendar se je izkazalo, da nekateri odseki nimajo svojega števnege mesta, prav tako imajo nekateri odseki dodatne uvoze in izvoze, kjer ni mogoče ugotoviti prevožene razdalje. Za določitev prometnega dela na omenjenih odsekih je bila uporabljena ustrezna interpolacija podatkov z upoštevanjem pretekle dobre prakse [Lipar, 2018]. Podobno velja za priključke, ki praviloma niso opremljeni z ustreznimi števci. Tudi tu so bili podatki ustrezno porazdeljeni glede na količino prometa na glavnih cestah, dolžine priključkov in število pasov.

Uporabljeni so bili 15-minutni časovni intervali, ki omogočajo tako dnevno kot sezonsko visoko ločljivost podatkov. Slika 3 prikazuje primer analize – število vseh vozil (rdeča barva), ki so bila v letu 2023 zabeležena na odsekih avtoceste A1. Priključki so prikazani v modri barvi spodaj. Na sliki so opazna nihanja števila vozil v okolici Ljubljane. Ta nihanja so na razcepah Zdobrova (odcep H3), Malence (A2) in Kozarje (A2) in so posledica radialnih prometnih tokov. Ustrezni prometni tokovi so bili zato upoštevani na priključnih cestah.

Zaradi različnih izpustov osebnih in tovornih vozil je smiselno pridobiti hitrostni profil za vsak tip vozil. Povprečno hitrost težkih tovornih vozil v_{TTV} lahko ocenimo iz podatkov o povprečni hitrosti vseh vozil v_{avg} in povprečni hitrosti avtomobilov v_A :

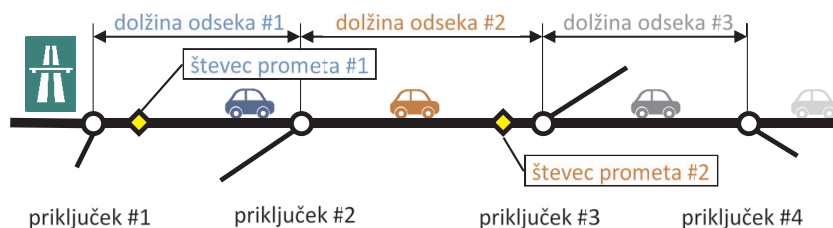
$$v_{TTV} = \frac{v_{avg} - v_A \cdot \delta_A}{\delta_{TTV}} \quad (2)$$

Pri tem δ_A in δ_{TTV} predstavljata deleža prometa z avtomobili oziroma težkimi tovornimi vozili, pri čemer smo za lažji izračun predpostavili komplementarnost deležev:

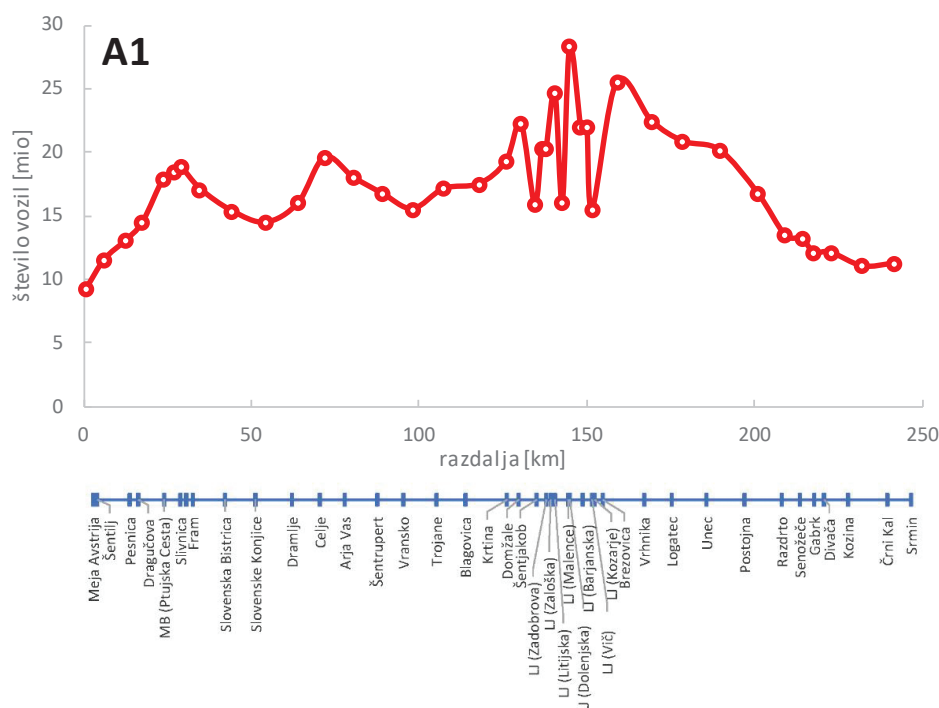
$$\delta_A + \delta_{TTV} = 1 \quad (3)$$

Slika 4 prikazuje histogram povprečnih hitrosti vseh vozil na avto- in hitrih cestah (levo) ter z dekompozicijo pridobljena histograma povprečnih hitrosti avtomobilov (desno zgoraj) in težkih tovornih vozil (desno spodaj).

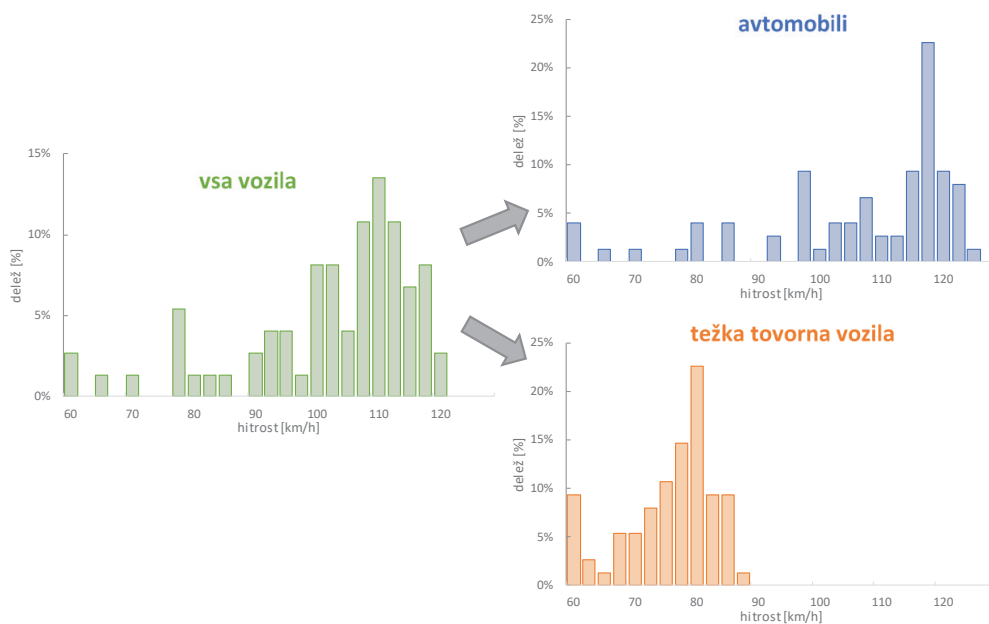
Povprečna hitrost avtomobilov, z upoštevanjem zastojev in sezonskih nihanj, znaša 120 km/h, povprečna hitrost težkih tovornih vozil pa 78 km/h.



Slika 2. Koncept preračuna prometnega dela s štetjem prometa in dolžino prevožene razdalje.



Slika 3. Število vozil, ki so jih zabeležili števci na avtocesti A1.



Slika 4. Skupni histogram povprečnih hitrosti vseh vozil na avto- in hitrih cestah (levo) in razdelitev na avtomobile (desno zgoraj) in težka tovorna vozila (desno spodaj).

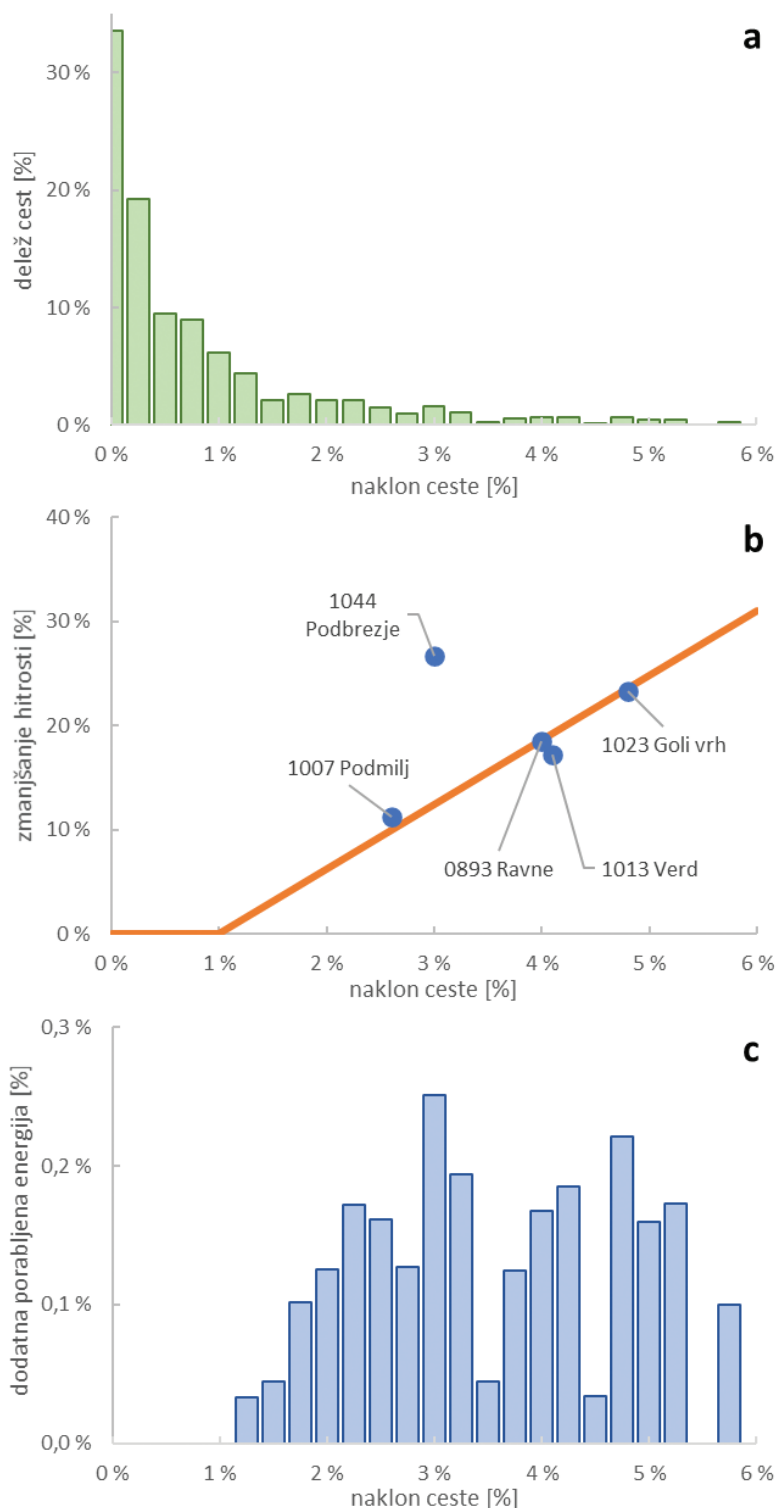
Model COPERT 5 v splošnem ne upošteva porasta porabe goriva in izpustov kot posledico vožnje prek hribovitega terena. Kljub pregovorni razgibanosti Slovenije ima prek 50 % odsekov avto- in hitrih cest naklon manjši kot 0,5 %, kot je razvidno s slike 5a. Naklon 3 % in več ima le 5 % odsekov cest. Analiza podatkov vožnje težkih tovornih vozil kaže, da je njihova hitrost navkreber precej odvisna od naklona ceste [Traveset-Baro, 2015; Zhou, 2017]. Pri tem vozila zaradi premagovanja klanca porabljajo dodatno gorivo oziroma izpuščajo dodatne izpuste.

Za določitev režima delovanja pa je določitev hitrosti ključnega pomena. Ob tem je treba poudariti, da pri vožnji navzdol praviloma zavirajo, da ne preokorajo predpisane največje hitrosti, kar tudi pomeni, da izničijo potencialno energijo, ki so jo pridobili pri vožnji navzgor.

Slika 5b prikazuje ugotovljeno zmanjšanje hitrosti težkih tovornih vozil v odvisnosti od naklona ceste. Z modrimi pikami so označeni podatki klancev, ki imajo podatke števcev, s črtkano

modro črto je vrisana linearna aproksimacija, z oranžno črto pa predlagan model vpliva klancev. Zanimivi so podatki števec 1044 Podbrezje, kjer se izkaže večje zmanjšanje hitrosti. Vzrok za to je v geografskih posebnostih – števec je pred pomembnim razcepom, kjer se pojavljajo zastoji in s tem dodatna zni-

žanja hitrosti. Predlagani model predvideva, da naklon do 1 % nima pomembnega vpliva na hitrost težkega tovornega vozila. Vsak odstotek nad tem pomeni zmanjšanje hitrosti po klancu navzgor za 10 %. S predpostavko povprečne hitrosti težkega tovornega vozila na avto- in hitrih cestah 80 km/h to zmanjša-



Slika 5. Histogram naklonov avto- in hitrih cest (a), zmanjšanje hitrosti težkih tovornih vozil v odvisnosti od naklona ceste (b) in prispevki k dodatni porabljeni energiji glede na naklon ceste.

nje pomeni 8 km/h za vsak odstotek nad 2 %. Z upoštevanjem deleža naklonov odsekov avto- in hitrih cest je mogoče določiti pribitke zaradi povečane porabe (in izpustov) pri vožnji navkreber za težka tovorna vozila za vsak odsek glede na naklon ceste, kar je prikazano na sliki 5c.

Glede na analizirane podatke za avto- in hitre ceste je mogoče ugotoviti, da klanci na avto- in hitrih cestah povzročijo dodatno porabo goriva za težka tovorna vozila v višini 1,3 %. Ta metodologija omogoča tudi pomemben vpogled za snovanje novih avtocest, kjer ugodnejši profil pomeni manj izpustov in s tem okoljsko ugodnejše dolgoročno obratovanje. Manjša poraba goriva se pretvori v manjše izpuste in s tem povezane tako interne kot eksterne okoljske stroške.

Prometno delo, upoštevajoč tako priključke kot vpliv klancev, skupaj znaša 8,32 milijarde prevoženih kilometrov. Od tega

prek 75 % prispevajo avtomobili, skoraj 13 % lahka tovorna vozila (LTV) in dobrih 11 % težka tovorna vozila (TTV). Prispevek avtobusov in drugih vozil je skoraj zanemarljiv. Podrobnejši podatki so na voljo v preglednici 1.

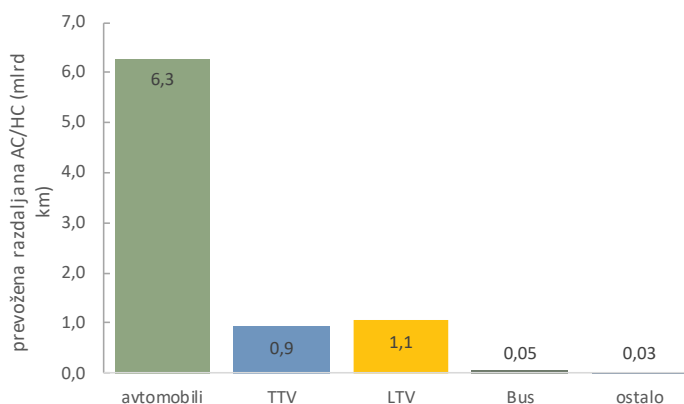
Slika 6 prikazuje skupno prevoženo razdaljo različnih tipov vozil na avto- in hitrih cestah za leto 2023.

3 REZULTATI

Izpusti uporabnikov avto- in hitrih cest v Sloveniji so izračunani iz podatkov o prometnem delu in emisijskih faktorjih. Skupni izpusti CO₂ uporabnikov avto- in hitrih cest v Sloveniji za leto 2023 znašajo 2,0859 milijona ton, izpusti CH₄ znašajo 19,2 tone ter izpusti N₂O 62,5 tone. Izpusti NO_x znašajo 4355,9 tone, pri izpustih PM_{2.5} pa so bili izračunani izpusti zaradi zgorevanja goriv v motorjih (78,4 tone) ter izpusti zaradi obrabe cest, zavor

	vsa vozila	avtomobili	težka tovorna vozila	lahka tovorna vozila	avtobusi	drugo
	milijon prevoženih km					
skupaj AC in HC	8037,2	6061,2	887,3	1025,4	48,8	31,7
priključki	274,3	218,2	22,2	29,7	2,1	2,2
vpliv klancev	11,5	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0
skupaj	8323,1	6279,5	921,0	1055,1	50,9	33,8

Preglednica 1. Prometno delo za leto 2023.



Slika 6. Skupna prevožena razdalja različnih tipov vozil na avto- in hitrih cestah za leto 2023.

in gum (PM_{2.5} ostalo), ki so višji od izpustov zaradi zgorevanja (117,2 tone). Preglednica 2 navaja vse izpuste po posameznem tipu vozil.

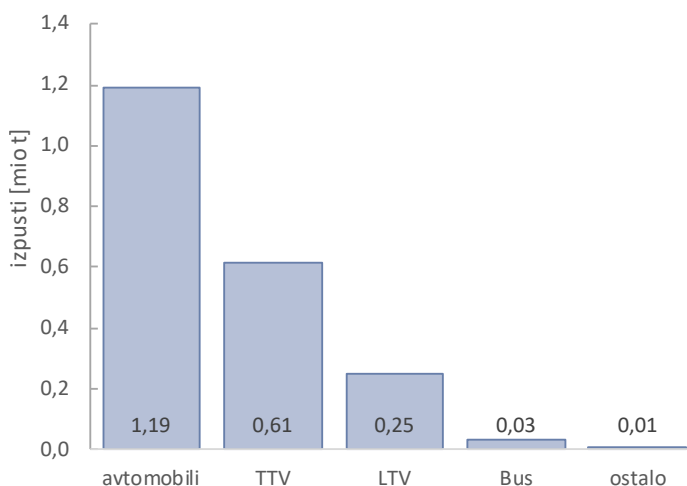
Slika 7 prikazuje letne izpuste CO₂ za posamezne tipe vozil v grafični obliki. Pri izpustih močno prevladujejo osebna vozila, delež težkih tovornih vozil je za približno polovico manjši, delež lahkih tovornih vozil pa še manjši.

Slika 8 prikazuje letne izpuste CH₄, N₂O, NO_x, PM_{2.5} in SO₂ za posamezne tipe vozil. Del delcev PM_{2.5} izvira tudi iz mehanske obrabe zavornih sistemov in pnevmatik. Tudi v tem primeru močno prevladujejo avtomobili, delež lahkih tovornih vozil pa je večji od deleža težkih tovornih vozil.

Primerjava izpustov različnih toplogrednih plinov zahteva upoštevanje njihove relativne potentnosti (tj., vpliva na podnebne spremembe) oziroma faktorje toplogrednega potenciala, ki so povzeti po petem poročilu IPCC o oceni stanja (angl. Fifth Assessment Report) [IPCC, 2020]). Skupni izpusti toplogrednih

Izpusti [kt]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	TGP	NO _x	PM _{2.5} iz goriv	PM _{2.5} ostalo	SO ₂
avtomobili	1191,3	0,0119	0,0182	1196,5	2,6296	0,0524	0,0567	0,0027
TTV	613,0	0,0050	0,0387	623,4	0,4563	0,0078	0,0450	0,0004
LTV	246,5	0,0002	0,0042	247,6	1,1977	0,0169	0,0138	0,0005
avtobusi	30,1	0,0003	0,0013	30,4	0,0654	0,0010	0,0017	0,0000
drugo	5,0	0,0019	0,0001	5,1	0,0069	0,0002	0,0000	0,0000
Skupaj	2085,9	0,0192	0,0625	2103,0	4,3559	0,0784	0,1172	0,0036

Preglednica 2. Skupni izpusti toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest v Sloveniji v letu 2023.

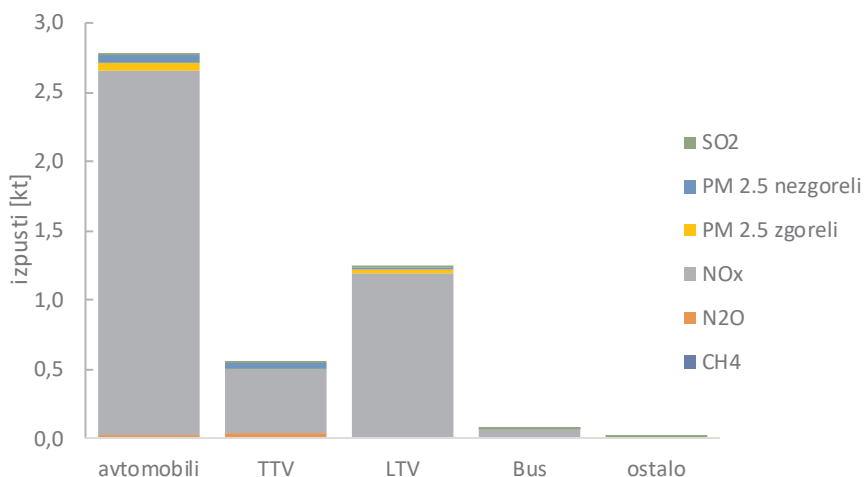
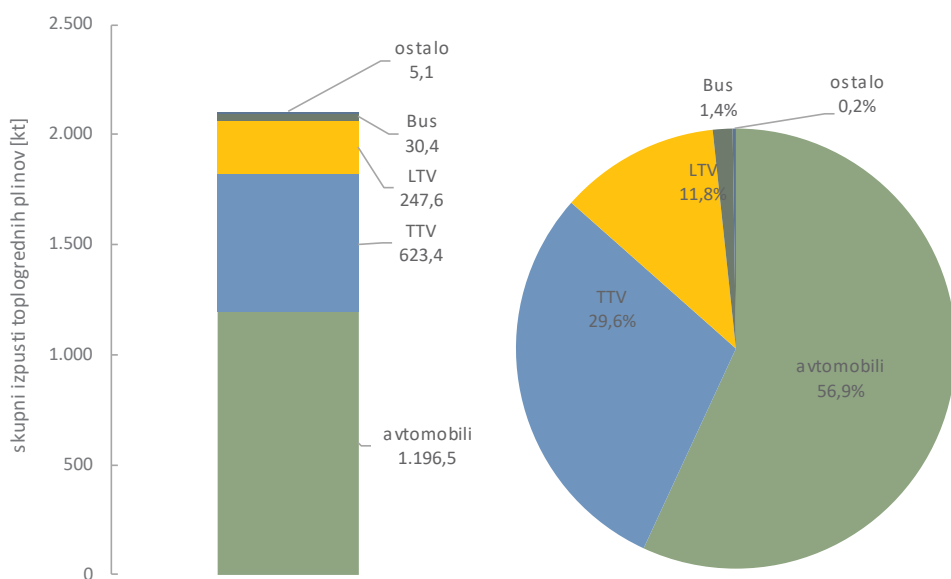
Slika 7. Letni izpusti CO₂ za posamezne tipe vozil.

plinov tako znašajo 2,103 milijona ton CO₂ ekvivalenta, pri čemer je delež CO₂ prek 99 %.

Slika 9 prikazuje izpuste toplogrednih plinov v kt CO₂ ekv. za različne tipe vozil (levo) in njihove deleže (desno). Pri tem so glavni vir izpustov avtomobili z več kot 55 %, težka tovorna vozila prispevajo slabo tretjino, lahka pa le še dobro desetino.

3.1 Primerjava s skupnimi izpusti

Izpuste toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest v Republiki Sloveniji je smiselno primerjati s skupnimi izpusti [ARSO, 2025]. Ob tem je smiselno opozoriti, da izpusti v cestnem prometu na nivoju države izhajajo iz količine prodanega goriva v Sloveniji, medtem ko izpusti uporabnikov avto- in hitrih cest izhajajo iz obsega prevoženih kilometrov v avtocestnem omrežju. Prodana količina goriv v Sloveniji ne ustreza porabljeni količini goriv zaradi prevoženih kilome-

Slika 8. Letni izpusti CH₄, N₂O, NO_x, PM_{2,5} in SO₂ za posamezne tipe vozil.

Slika 9. Delež izpustov posameznih tipov vozil v skupnih izpustih.

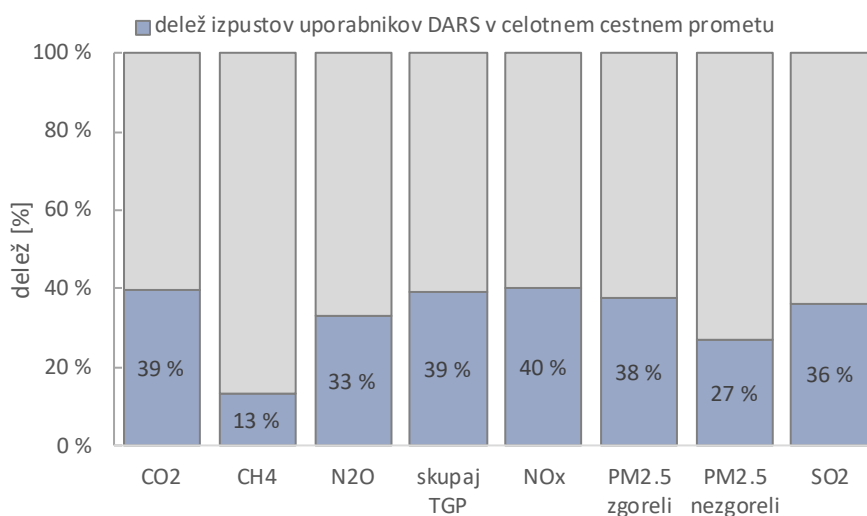
trov po slovenskih cestah, saj lahko vozila z gorivom, kupljenim v Sloveniji, kilometre opravijo tudi v tujini, poleg tega lahko kilometre v Sloveniji opravijo vozila z gorivom kupljenim v tujini. Čeprav to deloma vpliva na rezultate, pa ne spreminja splošne slike vpetosti izpustov uporabnikov sistema DARS v širši okvir problematike izpustov. Slika 10 prikazuje deleže izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest družbe DARS v celotnem cestnem prometu v letu 2023.

Iz podatkov je razvidno, da predstavljajo izpusti uporabnikov avto- in hitrih cest družbe DARS praviloma 30–40 % vseh izpustov v cestnem prometu. Izjema so le izpusti metana, ki dosegajo le 13 %.

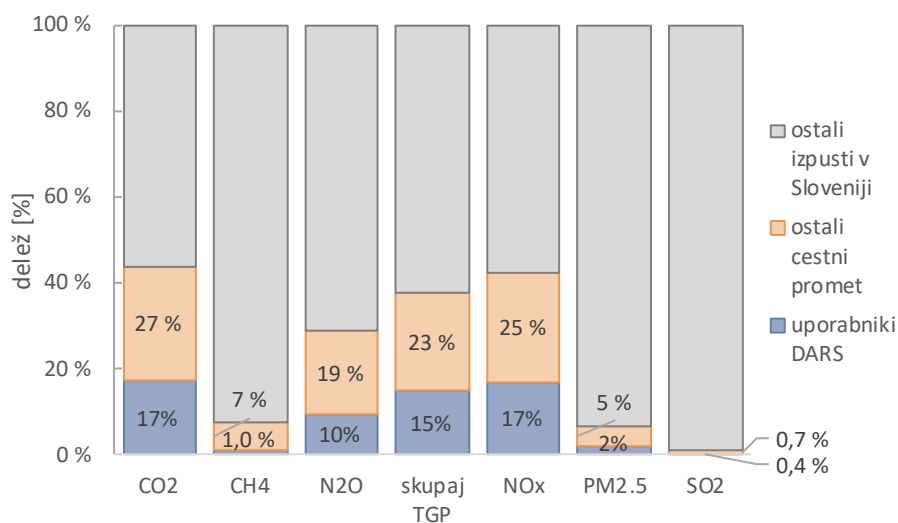
Slika 11 prikazuje deleže izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest družbe DARS glede na vse izpuste v Republiki Sloveniji v letu 2023.

Izračuni izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest družbe DARS kažejo, da so ti velik vir izpustov CO₂ (in s tem toplogrednih plinov) – okoli 15 %. Prav tako je pomemben delež NO_x, kjer delež izpustov uporabnikov avto- in hitrih cest predstavlja 17 % skupnih izpustov tega onesnaževala zraka.

Podatki o dolžini državnih cest [OPSI, 2023a] kažejo, da avto- in hitre ceste predstavljajo zgolj 3,9 % vseh cest v Sloveniji oziroma 7,5 %, ob upoštevanju števila pasov. Podatki o večjih relativnih izpustih toplogrednih plinov in onesnaževal zraka nakazujejo na večjo prometno obremenitev avto- in hitrih cest v sistemu DARS.



Slika 10. Delež izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest družbe DARS v celotnem cestnem prometu.



Slika 11. Delež izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avto- in hitrih cest družbe DARS glede na vse izpuste v Republiki Sloveniji.

4 POENOSTAVLJEN NAPOVEDNI MODEL

Velika količina prometnih podatkov zahteva njihovo obsežno obdelavo. Zaradi potrebe po hitri oceni gibanja izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka uporabnikov avtocestnega sistema v Republiki Sloveniji je za kratkoročne ocene (do nekaj let) smiselno uporabiti poenostavljen pristop. Analiza kaže, da je najvplivnejši parameter za spremembo izpustov rast količine prometa, pri čemer prevladujejo avtomobili (v enačbah (4)-(6) označeni z indeksom A) in tovorna vozila (indeks TV). Oceno izpustov toplogrednih plinov za naslednje leto (izpusti TGP_{n+1}) je mogoče izračunati s poenostavljeno implementacijo Eulerjeve metode na podlagi predhodnih izpustov (izpusti TGP_n) in rasti prometa (rast):

$$\text{izpusti } TGP_{n+1} = \text{izpusti } TGP_{A,n+1} + \text{izpusti } TGP_{TV,n+1} \quad (4)$$

$$\text{izpusti } TGP_{A,n+1} = \text{izpusti } TGP_{A,n} \cdot (1 + \text{rast}_A) \quad (5)$$

$$\text{izpusti } TGP_{TV,n+1} = \text{izpusti } TGP_{TV,n} \cdot (1 + \text{rast}_{TV}) \quad (6)$$

Podatke o rasti prometa avtomobilov rast_A in rasti prometa tovornih vozil rast_{TV} lahko pridobimo bodisi iz podatkov reprezentativnih števec prometa bodisi iz podatkov sistema DarsGo. Po izkušnjah so spremembe emisijskih faktorjev razmeroma postopne, pri čemer se izračunajo z zamikom za več let nazaj.

Verifikacijo modela smo izvedli glede na podatke iz leta 2022, ko so izpusti toplogrednih plinov uporabnikov avto- in hitrih cest znašali 2061,9 kt CO₂ ekv. Skupni promet na avto- in hitrih cestah se je v letu 2023 v primerjavi z letom 2022 povečal za 2,0 %, pri čemer je bila rast glede na cestninske kategorije različna, od 0,3 % za vlačilce, prek 1,5 % za osebna vozila in do 10,3 % za težje tovornjake. Z upoštevanjem metodologije, predstavljene v poglavju 2, so skupni izpusti v letu 2023 znašali 2103,01 kt CO₂ ekv, pri uporabi poenostavljenega modela pa 2096,2 kt CO₂ ekv. Razlika v rezultatih obeh pristopov znaša 0,3 %, kar kaže na ustreznost poenostavljenega modela.

Za leto 2024 je znašala rast avtomobilskega prometa 2,9 %, rast tovornega prometa pa 0,6 %. Ob upoštevanju deležev avtomobilskega in tovornega prometa 65,7 % in 34,3 % ter izhodiščnih izpustov toplogrednih plinov za leto 2023 znaša ocena izpustov za leto 2024 2143,20 kt CO₂ ekv.

5 RAZPRAVA

Predstavljeni model izračuna izpustov TGP in onesnaževal zraka predstavlja pomemben korak v sistematičnem spremljanju in upravljanju izpustov na avtocestnem sistemu. Povezava realnih podatkov s preverjenimi emisijskimi faktorji potrjuje ključne predpostavke o okoljski obremenitvi cestnega prometa. Hkrati omogoča kakovostno osnovo za poročanje po direktivi CSRD, s čimer zadostuje tovrstnim zahtevam družbe DARS. Poseben poudarek na količini prometa omogoča identifikacijo ključnih odsekov za ukrepanje. Metodologija izračuna, ki združuje podatke števec z emisijskimi faktorji modela COPERT, je izkazala visoko uporabnost in prilagodljivost. Pomembne so tudi prepoznane omejitve orodja COPERT, ki temelji na standardiziranih emisijskih faktorjih. Ti ne zajemajo nekaterih lokalnih posebnosti, kot so mikroklima, lokalni zastoji ali strmi cestni odseki, kar je bilo delno upoštevano z dodatnimi korekcijskimi

faktorji (npr. za vožnjo težkih tovornih vozil v klanec). Pomanjkljivost modela je pri ocenjevanju prometa na priključkih, kjer neposredni podatki manjkajo in je potrebna ustrezna inženirska presoja. Primerjava modeliranih rezultatov s statističnimi podatki (npr. porabo goriva po prometnem sektorju) kaže na dobro skladnost, kar potrjuje uporabnost razvite metodologije

Tako je ugotovljeno, da slovenski avtocestni sistem kljub velikim količinam prometa izkazuje nižje izpuste toplogrednih plinov in onesnaževal zraka na prevoženi kilometer v primerjavi z regionalnimi in mestnimi cestami, predvsem zaradi enakomnejših hitrosti ter manj pogostih zaustavitev in speljevanj. Čim bolj nemoten prometni tok je sicer temeljna prometna paradigma avto- in hitrih cest, vendar je ustrezna kvantifikacija količine prometa in izpustov pomembna pri analizi sprememb na tovrstnem cestnem omrežju (npr. z gradnjo dodatnih pasov in priključkov).

Izvedena analiza potrjuje, da ima uporaba slovenskega avtocestnega omrežja pomemben delež pri izpustih toplogrednih plinov, zlasti zaradi visokih obremenitev z osebnim in tovrnim prometom. Rezultati so pokazali, da je skupna količina izpustov na avtocestah leta 2023 znašala 2103,0 kt CO₂ ekv, kar predstavlja pomemben delež celotnih izpustov iz cestnega prometa v Sloveniji. Analiza je tudi pokazala, da številčno relativno majhen delež težkih tovornih vozil povzroči skoraj tretjino vseh izpustov na avtocestnem omrežju. Dodatno povečanje porabe goriva zaradi cestnih naklonov kaže, da so lokalne geografske razlike pomemben dejavnik, ki ga je treba vključevati v modeliranje.

Predlagan je bil tudi poenostavljen model napovedovanja izpustov toplogrednih plinov in onesnaževal zraka, ki temelji na rasti količine avtomobilskega in tovornega prometa na avto- in hitrih cestah. Ocenjujemo, da je takšen pristop dovolj natančen za srednjeročno obdobje (tri leta), kasneje je zaradi sprememb v pogonskih sistemih in relativnih prometnih obremenitvah smiselno preveriti in morebiti prilagoditi predpostavke tovrstnega modela.

Potencial za nadgradnjo vključuje obravnavo dinamike zastojev in napovedi vpliva ukrepov za zmanjšanje izpustov (npr. spremembe omejitev hitrosti ali spodbujanje multimodalnega prevoza). Analiza lahko vključuje tudi podatke o vremenu in nesrečah. Nadaljnja uporabnost modela je tudi preizkušanje scenarijev za trajnostno preusmerjanje tovornega prometa, kot so na primer navedeni v Celovitem nacionalnem energetskem in podnebnem načrtu Republike Slovenije (NEPN) in drugih strateških dokumentih.

6 ZAHVALA

Za podatke, uporabljene v analizi, se avtorja zahvaljujeva podjetju DARS, d. d., Prav tako gre zahvala dr. Tomažu Vidicu, mag. Jožetu Knezu in dr. Petru Gašperšiču za dodatne konzultacije in pojasnila.

7 LITERATURA

ARSO. Izpusti toplogrednih plinov | Okoljski kazalci. Agencija Republike Slovenije za okolje, <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/izpusti-toplogrednih-plinov-12>, 2025.

Asfinag, Roads to Sustainable Mobility: Sustainability Report (Sustainability Report) (p. 160). Asfinag, https://www.asfinag.at/media/hpujh_oce/asfinag_nachhaltigkeitsbericht_2021_engl.pdf, 2021.

CSRD, Corporate Sustainability Reporting Directive. Directive (EU) 2022/2464, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng>, 2022.

Die Autobahn, Nachhaltigkeitsbericht 2022 (Nachhaltigkeitsbericht) (p. 64). Die Autobahn, 2022.

Domagała, J., Kadłubek, M., Economic, Energy and Environmental Efficiency of Road Freight Transportation Sector in the EU, *Energies*, 16(1), 461, <https://doi.org/10.3390/en16010461>, 2023.

DRSI, Cestna infrastruktura. Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo. Ministrstvo za infrastrukturo, <https://www.gov.si teme/cestna-infrastruktura/>, 2024.

EEA, (, October 31), Greenhouse gas emissions from transport in Europe, Retrieved August 29, 2025, from <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>, 2024.

GHG Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard - Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. Washington DC, ZDA, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf, 2023.

Gnap, J., Šarkan, B., Konečný, V., Skrúcaný, T., The Impact of Road Transport on the Environment, In A. Śladkowski (Ed.), *Ecology in Transport: Problems and Solutions* (pp. 251-309). Cham: Springer International Publishing, https://doi.org/10.1007/978-3-030-42323-0_5, 2020.

IPCC, National Greenhouse Gas Inventories Programme. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>, 2006.

IPCC, Climate Change 2014 Synthesis Report Fifth Assessment Report: Summary for Policymakers (Synthesis Report). Intergovernmental Panel on Climate Change, https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_summary.php, 2020.

ISO, Greenhouse gases – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations (Version 1). International Organization for Standardization, <https://www.iso.org/standard/78864.html>, 2023.

JRC, Modelling Inventory and Knowledge Management System of the European Commission (MIDAS). Computer model to calculate emissions from road traffic. Joint Research Center, <https://web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/explore/models/model-copert/>, 2014.

Kazancoglu, Y., Ozbiltekin-Pala, M., Ozkan-Ozen, Y. D., Prediction and evaluation of greenhouse gas emissions for sustainable road transport within Europe, *Sustainable Cities and Society*, 70, 102924, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102924>, 2021.

Kegljevič Zagorc, L., TRAJNOSTNI RAZVOJ IN SPREMEMBE V GRADBENIŠTVU. SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND CHANGES IN THE CONSTRUCTION. *Gradbeni Vestnik*, 68, 195-200, 2019.

Lipar, P. in dr., Prometni podatki: Pregled posameznih baz in potreb ter metodologija (No. 24/2018) (p. 51). Ljubljana, Slovenija: Prometnotehniški inštitut, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 2018.

Nkesah, S. K., Making road freight transport more Sustainable: Insights from a systematic literature review, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 22, 100967, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100967>, 2023.

Ntziachristos, L., Gkatzoflias, D., Kouridis, C., Samaras, Z., COPERT: A European Road Transport Emission Inventory Model, In I. N. Athanasiadis, A. E. Rizzoli, P. A. Mitkas, & J. M. Gómez (Eds.), *Information Technologies in Environmental Engineering* (pp. 491-504). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, https://doi.org/10.1007/978-3-540-88351-7_37, 2009.

Ntziachristos, L., Samaras, Z., EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023: Technical guidance to prepare national emission inventories (No. EEA Report 06/2023). Copenhagen, Danska: European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023>, 2023.

Olivari, E., Caballini, C., Lluch, X., How to calculate GHG emissions in freight transport? A review of the main existing online tools, *Case Studies on Transport Policy*, 19, 101343, <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101343>, 2025.

OPSI, (a), Dolžine državnih cest in E-cest po občinah in regijah od leta 1990 dalje, OPSI - Odprti podatki Slovenije. Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo, <https://podatki.gov.si/dataset/dolzine-drzavnih-cest-po-obcinah/resource/dc40c782-c7ab-464e-8815-5c3ffec33831>, 2023.

OPSI, (b), Evidenca registriranih vozil - presek stanja, po letih. OPSI - Odprti podatki Slovenije. Ministrstvo za infrastrukturo, <https://podatki.gov.si/dataset/evidenca-registriranih-vozil-presek-stanja>, 2023.

Roukounakis, N., Valkouma, E., Giama, E., Gerasopoulos, E., The development of a carbon footprint model for the calculation of GHG emissions from highways: the case of Egnatia Odos in Greece, *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(1), 74-83, <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1523509>, 2020.

Storebælt, Storebæltsforbindelsen Baeredygtighedsrapport 2022 (Baeredygtighedsrapport). Storebælt, <https://publications.sundogbaelt.dk/baeredygtighedsrapport/storebaelt-baeredygtighedsrapport-2022-finalpdf/>, 2022.

T&E, The State of European Transport 2024 (p. 12). Transport&Environment, <https://www.transportenvironment.org/state-of-european-transport/state-of-transport>, 2024.

Travesset-Baro, O., Rosas-Casals, M., Jover, E., Transport energy consumption in mountainous roads. A comparative case study for internal combustion engines and electric vehicles in Andorra, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 34, 16-26, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.09.006>, 2015.

Zhou, M., Jin, H., Ding, F., Minimizing vehicle fuel consumption on hilly roads based on dynamic programming, *Advances in Mechanical Engineering*, 9(5), 168781401769411, <https://doi.org/10.1177/1687814017694116>, 2017.

DAN ZDRUŽENJA ZA BETON SLOVENIJE 2025

Združenje za beton Slovenije (ZBS) je 17. septembra 2025 organiziralo letošnji Dan ZBS. Dogodek, ki tradicionalno povezuje slovensko betonersko stroko, je v veliki predavalnici ljubljanske Fakultete za gradbeništvo in geodezijo postregel s šestimi aktualnimi predavanji priznanih strokovnjakov. Ponovno nas je razveselil odličen odziv betonerskih kolegov in kolegic, s katerimi smo preživeli zanimiv, poučen in prijeten dan.

Prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, predsednica ZBS, je v uvodnem nagovoru izpostavila skupno željo zbranih po razvoju znanja o betonu in prenosa le-tega v prakso: »Če imamo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo privilegij navdihovati naslednjo generacijo gradbenikov, pa želimo v Združenju za beton članom ponuditi kakovostna izobraževanja, katerih namen je skrb za izboljšanje kakovosti betona in betonerskih del ter njegove trajnosti.« Ob tem je dodala, da so dogodki, kot je Dan ZBS, odlična priložnost za izmenjavo dobrih praks in znanj s področja betona ter mreženje znotraj betonerske stroke v Sloveniji (slika 1).



Slika 1. Dan ZBS 2025 (foto: Združenje za beton Slovenije).

V prvem predavanju je dr. Andraž Hočevar iz inštituta Igmat predstavil dvoslojno izvedbo betonskega vozišča v novi cevi predora Karavanke, kjer je bila izvedena tudi površinska obdelava z izpostavljenimi zrni agregata (slika 2). Predstavljene so bile ključne tehnične podrobnosti procesa, vključno z recepturo betona, ki je prilagojena tehnologiji gradnje in končni obdelavi površine.



Slika 2. Vgradnja betonskega vozišča v novi cevi predora Karavanke (foto: Združenje za beton Slovenije).

Nadaljeval je doc. Uroš Rustja iz arhitekturnega biroja Void s predavanjem z naslovom Beton v kompleksnem krajinskem in topografskem kontekstu. Predstavil je novo pokopališče Ankaran, kjer med masivnimi pranimi betonskimi zidovi v barvi rjava peščenjaka izstopajo žarni zidovi iz brušenega pigmentiranega betona, tlaki iz štokanega belega betona in urbana oprema iz brušenih prefabrikatov. Projekt je letos prejel Plečnikovovo nagrado, najvišjo nagrado za dosežke na področju arhitekture.

Tretje predavanje je obravnavalo prehod na novo Uredbo EU za gradbene proizvode. Uredba uvaja številne novosti za gradbene proizvode s poudarkom na trajnosti, preglednosti, krožnosti in digitalizaciji. Izvedla se bo prenova vseh tehničnih specifikacij, uvajajo se digitalni potni listi, obveznost okoljskih podatkov in drugo. Proizvajalce čakajo številne priložnosti pa tudi izzivi v dolgem prehodnem obdobju ... Predstavitev je podala Tinkara Kopar iz Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

Sledila je primerjava zdajšnjega pristopa k projektiranju betona, ki temelji na stopnjah izpostavljenosti in pripadajočih mejnih parametrih sestave betona, in sodobnejšega pristopa, ki temelji na preverjanju zahtevanih lastnosti betona. Poleg tega so bili predstavljeni rezultati preskusov primerjave betonov po obeh pristopih k projektiranju ter njun vpliv na ogljični odtis betona. Posneto predstavitev je pripravil Ruben Šavli, diplomant na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, dodatna pojasnila pa je podal Sašo Seljak iz podjetja Alpacem cement.

Peto predavanje je pripravil dr. Dejan Hribar iz podjetja Strabag – Laboratorij TPA. V predstavitvi večnamenskega kompleksa Emonika City Centre – enote P2 so bile izpostavljeni konstrukcijske posebnosti, izvedbeni izzivi in tehnološke zanimivosti, ki spremljajo gradnjo masivne armiranobetonske talne plošče in prefabriciranih kletnih sten (slika 4). Poseben poudarek je bil namenjen načinu izvajanja notranje kontrole kakovosti svežega in otrdelega betona.

V zadnjem predavanju so bile povzete aktualne informacije z letnega sestanka CEN TC 104 Concrete and related products, ki je bil konec junija v Madridu. Na področju preskušanja betona je bila podaljšana veljavnost večini standardov, sprejetih leta 2019, še za pet let. Predstavitev je podal dr. Aljoša Šajna iz Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Dr. Šajna, sicer tudi predsednik Sveta strokovnjakov ZBS, je zbrane seznanil tudi z načrtovanim ponovnim izvajanjem izobraževanj Zdrženja za beton Slovenije; z dobrodošlo novostjo za slovensko betonersko stroko pričnemo v letu 2026.

Iskrena hvala predavateljem za deljenje njihovih bogatih izkušenj. V Zdrženju za beton Slovenije upamo, da smo s širokim naborem tem in druženjem izpolnili visoka pričakovanja naših članov in tudi drugih ter da se bomo v prihodnje srečevali pogosteje – tudi znotraj mreže članov Zdrženja za beton, ki ima v zadnjem letu deset novih kolektivnih članov: Pilih beton, Betonarna Sava, Žurbi team, Betesting, S-prom tehnika, Deltabloc, VOC PGM, MC Building Chemicals, Inštitut BAM in Rudolfovo.

Dogodek so podprli Alpacem Cement, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, ZAG, Lespatex, TKK, Igmat, Irma, DRI, Holcim, Inštitut BAM in Nivo Eko.

Dogodku je sledila 21. redna letna skupščina za člane Zdrženja za beton Slovenije.



Slika 3. Pokopališče Ankaran, poslovilni prostor (foto: Ana Skobe, OUTSIDER).



Slika 4. Večnamenski kompleks Emonika, enota P2 (vizualizacija: Mendota Invest).

Avtorja: Andrej Sopotnik, Violeta Bokan Bosiljkov

46. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

Letošnje, 46. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije je ponovno potekalo v Portorožu, tokrat 13. in 14. novembra 2025. Dogodka se je udeležilo 275 inženirjev, raziskovalcev in študentov, kar potrjuje, da zborovanje ostaja osrednje strokovno srečanje s področja gradbenih konstrukcij v Sloveniji (slika 1). Številčna udeležba je organizacijskemu odboru olajšala pripravo dogodka in še enkrat potrdila, da si stroka želi rednega strokovnega povezovanja in izmenjave znanja.

Zborovanje so v uvodnem delu odprli predsednik Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev (SDGK) dr. Primož Može, predsednik Matične sekcije gradbenih inženirjev pri

Inženirski zbornici Slovenije (IZS) Andrej Pogačnik in prof. dr. Matjaž Dolšek, prodekan za raziskovalno in mednarodno področje (slika 2). Predsednik SDGK je v nagovoru poudaril izzive, ki stroko čakajo ob uvedbi druge generacije evrokodov, ter obsežno delo, ki je pred nami pri pripravi nacionalnih dodatkov, izobraževanj in implementaciji novih zahtev v prakso. Opozoril je, da celoten obseg evrokodov druge generacije presega 8000 strani, kar bo zahtevalo usklajeno delovanje strokovnih skupin in ustrezno podporo institucij. Izpostavil je tudi pomen povezovanja strokovne skupnosti in raziskovalnih ustanov pri oblikovanju nacionalnih parametrov ter poudaril, da je uspeh procesa odvisen od sodelovanja širše stroke. Predsednik Matične



Slika 1. Udeleženci 46. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije.



Slika 2. Uvodni nagovori, dr. Primož Može, predsednik SDGK; Andrej Pogačnik, predsednik MSG; prof. dr. Matjaž Dolšek, UL FGG.

sekcije gradbenih inženirjev pri IZS je v svojem nagovoru opozoril na širši kontekst gradbeništva kot ene ključnih gospodarskih panog v Sloveniji. Predstavil je vlogo pooblaščenih inženirjev, delo zbornice ter pomembne aktivnosti sekcije v zadnjem mandatu. Izpostavil je številne projekte, med njimi izdane publikacije, strokovne posvete, pripravo tehničnih smernic po poplavah, digitalizacijo, sodelovanje s sorodnimi strokami ter izzive, ki jih prinaša prehod na nove evrokode. Udeležence je pozval k aktivnemu sodelovanju v zborničnih organih ter poudaril pomen strokovnega dialoga in ugleda inženirskega poklica. Prof. dr. Matjaž Dolšek je zbrane seznanil s stanjem vpisa na Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, kjer so bila v prvem letniku univerzitetnega študija na smeri Gradbeništvo zapolnjena vsa mesta. Tudi prof. Dolšek je poudaril pomembnost priprave nacionalnih dodatkov k drugi generaciji evrokodov in kratak časovni okvir, v katerem je treba dodatke pripraviti, uskladiti in sprejeti, ne nazadnje pa je treba novo vsebino vpeljati tudi v učne načrte na univerzah. V oktobru je bil prof. Dolšek izvoljen za predsednika SIST/TC KON, strokovnega telesa pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo, ki skrbi za standardizacijo na področju gradbenih konstrukcij in implementacijo evrokodov v slovenski prostor.

Prvi sklop predavanj sta zaznamovala dva vabljeni predavatelja (slika 3). Lorenz Haspel, schlaich bergermann partner, je predstavil inovativno zasnovo jeklenega železniškega mostu z mrežastim sistemom vešalk iz ogljikovih vlaken, ki predstavlja pomemben mejnik pri razvoju kompo-

zitnih materialov v mostogradnji. Jennifer Anna Pazdon, Cast Connex, je nadaljevala s predavanjem o vozliščih iz litega jekla, področju, ki je v Sloveniji manj poznano, a ima velik potencial. V nadaljevanju dopoldanskega programa so sledila predavanja s področja konstrukcij: med drugim predstavitev projektiranja in izvedbe strehe stadiona Al Thumama, izvedbe večetažne lesene stavbe X-LAM ter gradnje inženirskih objektov ob železniški infrastrukturi v Münchnu. Program dopoldneva je sklenil sklop Aktualno v gradbeništvu, v katerem so bile predstavljene težave v posameznih fazah graditve ter razvoj nizkoogljikne injekcijske mase za prednapete kable brez cementa.

Po kosilu je sledilo predavanje inženirja Marjana Pipenbaherja, enega vodilnih svetovnih projektantov mostov, ki je predstavil aktualne trende pri načrtovanju, gradnji in monitoringu mostov z velikimi razponi (slika 3). Popoldanski del prvega dne je bil namenjen mostovom, predstavljeni so bili novi most za pešce in kolesarje pri Špici v Celju, pokrit leseni most čez Poljansko Soro na Hotavljah in premoščanje kraških pojavov v predoru T2 drugega tira železniške proge Divača-Koper. Sledila so predavanja s področja sanacij in utrjevanja konstrukcij, med njimi tudi model parametrične potisne krivulje za načrtovanje potresne utrditev stavb ter predstavitev koncepta potresnih izolatorjev. Dan smo zaključili s sklopom informacijske tehnologije, v katerem sta bila predstavljena razvoj digitalnega dvojčka podpornega zidu in vključevanje parametričnih orodij v projektantske delovne tokove. Prvi dan se je tradicionalno sklenil s svečano večerjo ob glasbi (slika 4).



Slika 3. Vabljeni predavatelji: Lorenz Haspel, Jennifer Anna Pazdon, Marjan Pipenbaher in Chris Hendy.



Slika 4. Družabni večer s glasbeno skupino.

Drugi dan zborovanja je zaznamovalo predavanje Chrisa Hendyja, AtkinsRéalis, ki je predstavil ključne izboljšave pri projektiranju jeklenih in betonskih mostov, ki jih prinaša druga generacija evrokodov (slika 3). Dopoldanski del je bil namenjen eksperimentalni analizi konstrukcij, kjer so bile predstavljene meritve vibracij in laboratorijske preiskave starih prednapetih nosilcev. Sledil je sklop numerične analize konstrukcij, ki je obravnaval potresni odziv zidanih konstrukcij, prenovo določil za načrtovanje odprt in prebojev v nosilcih iz lepljenega lameliranega lesa ter optimizacijo sovprežnih stropnih sistemov. Zborovanje smo zaključili s sklopom Zgodovina konstrukcij, kjer so bili predstavljeni ključni prispevki Miroslava Kasala ter razvoj potresnoodpornega projektiranja Ervina Preloga.

V okviru letošnjega zborovanja smo v sodelovanju z Inženirsko zbornico Slovenije in Grand hotelom Bernardin postavili na ogled del razstave o mostovih na Soči v Sloveniji, ki je bila na ogled vsem obiskovalcem hotela od 4. do 14. novembra 2025 (slika 5). Posebna zahvala za postavitev razstave gre Gorazdu Humarju, ki je tudi eden od avtorjev razstavnih panojev. Tudi tokrat sta se našemu vabi-



Slika 5. Razstava Mostovi na Soči v Sloveniji.

lu odzvala predsednika društev gradbenih konstruktorjev Severne Makedonije in Srbije, kjer vsako drugo leto organizirajo zborovanja svojih članov. Konferenca Društva gradbenih konstruktorjev Severne Makedonije je bila od 24. do 27. septembra 2025 v Ohridu, konferenca Društva gradbenih konstruktorjev Srbije pa bo od 23. do 25. septembra 2026 v Zlatiboru, vljudno vabljeni. Konference v Ohridu se je na vabilo udeležil tudi predsednik SDGK.

Ob koncu se zahvaljujemo vsem, ki so prispevali k uspešni izvedbi zborovanja – avtorjem, recenzentom, članom organizacijskega in znanstvenega odbora ter pokroviteljem, ki so z izdatno podporo omogočili izvedbo dogodka. Posebna zahvala gre tudi številnim udeležencem, ki z redno udeležbo potrjujejo, da je zborovanje pomembna platforma za izmenjavo strokovnih znanj, predstavitev novosti in krepitev povezovanja v stroki.



Slika 6. Predsedniki društev gradbenih konstruktorjev Severne Makedonije (Darko Nakov), Slovenije (Primož Može) in Srbije (Ivan Ignjatović).

Avtorja: Dominik Klemenčič, Primož Može
Avtor fotografij: Edo Wallner

15. MEDNARODNA KONFERENCA O PREDORIH IN PODZEMNIH OBJEKTIH: LET'S TALK UNDERGROUND



Slika 1. Konferenco je odprl predsednik ITA Slovenija, Milan Črepinšek.

Slovensko društvo za podzemne gradnje, ITA Slovenija, je organiziralo 15. mednarodno konferenco o predorih in podzemnih gradnjah. Dogodek, ki je potekal od 18. do 20. novembra, je vključeval delavnico, predavanja v slovenščini in angleščini ter strokovno ekskurzijo. Prva dva dneva sta potekala v prostorih Austria Trend Hotela Ljubljana, kjer so se udeleženci izobraževali, izmenjevali izkušnje in se povezovali. V petek se je konferenca zaključila z ogledom nove cevi predora Karavanke.

Konferenco sta odprla predsednik ITA Slovenija Milan Črepinšek in predsednik ITA-AITES Andrea Pigorini, ki sta s svojima nagovoroma ustvarila odličen uvod v delavnico Predorogradnja v zahtevnih pogojih. Oder so nato prevzeli domači in tuji strokovnjaki, med njimi Nedim Radončič, strokovnjak za predorogradnjo in geotehniko pri iC



Slika 2. Delavnica za mlade člane.

consulenten, ki je predstavil moderne pristope k predorogradnji na podlagi novejših projektov iz Švice in Avstrije. Popoldne je vzporedno s predavanji v sosednji dvorani potekala delavnica za mlade člane ITA Slovenija, kjer so udeleženci razpravljali o modernizaciji metod predorogradnje, vlogi digitalnih orodij ter vključevanju podzemnih prostorov kot ključnega dela trajnostnega mesta.

Glavni konferenčni dan, 19. novembra, se je začel s pozdravnimi nagovori Milana Črepinška, predsednika ITA Slovenija, Andreja Rajha z Ministrstva za infrastrukturo Republike Slovenije ter Andreja Ribiča iz DARS-a. Sledilo je uvodno predavanje častnega gosta Andree Pigorinija, ki je predstavil razvoj predorov za visoko hitrostne železnice v Italiji. Po prvem sklopu predavanj se je program nadaljeval vzporedno v dveh dvoranah, in sicer v slovenskem in angleškem

jeziku. Zadnji sklop je bil ponovno skupen, v njem pa so bili predstavljeni projekti železniškega vozlišča Ljubljana, podzemne prometne rešitve za mestni predor Maribor ter razvoj spletne platforme za pregledovanje predorov na osnovi digitalnih dvojčkov.

Uradni del konference se je zaključil z okroglo mizo z naslovom Pogodbe, obračun in dodatna dela v predorogradnji. V pogovoru so sodelovali Milan Črepinšek, Maja Koršič Potočnik, Kristjan Mugerli, Andrea Pigorini, Angelo Žigon, Tatjana Zalokar in Janez Kušnik. Razprava je ponudila dragocen vpogled v kompleksnost pogodbenih razmerij ter tehnične in organizacijske izzive, s katerimi se srečuje

panoga. Dan se je zaključil s svečano večerjo in druženjem ob glasbeni spremljavi akustičnega dueta Fed Horses.

Po dveh dneh izobraževanja in izmenjave strokovnih izkušenj, so se udeleženci podali na teren, kjer so si ogledali gradnjo predora Karavanke. Projekt so predstavili predstavniki podjetij DARS, DRI, Cengiz, Elea iC in Geoportal ter udeležence popeljali v podzemlje nove cevi, katere odprtje je predvideno za pomlad 2026. Na terenu so prikazali napredek pri delih, ključne tehnične rešitve in izzive, s katerimi so se soočali pri izvedbi. Ekskurzija se je zaključila s kosilom v Kranjski Gori, kjer so udeleženci nadaljevali razprave o strokovnih temah in dobrih praksah.



Slika 3. Glavni konferenčni dan.



Slika 4. Okrogla miza z naslovom Pogodbe, obračun in dodatna dela v predorogradnji.



Sliki 5 in 6. Ogled gradnje predora Karavanke.

Avtor: ITA Slovenija
Fotografije: Tamara Vidmar

FOTOREPORTAŽA MOST CERŠAK



Slika 1. Utrinek s slavnostne otvoritve mostu (27. 9. 2025).

Lokacija: Most Ceršak, most za kolesarje in pešce preko mejne reke Mure v Ceršaku

Investitor: Občina Šentilj in Marktgemeinde Straß in Steiermark

Projektant arhitekture: Ponting, d. o. o.

Projektant gradbenih konstrukcij: Ponting, d. o. o.

Izvajalec: Pomgrad, gradbeno podjetje, d. d.

Most za pešce in kolesarje čez mejno reko Muro pri Ceršaku je zgrajen v okviru mednarodne kolesarske povezave Ceršak-Oberschwarza med občinama Šentilj (SLO) in Straß in Steiermark (AUT). Most povezuje levo nabrežje reke Mure (avstrijska stran) in otok na Muri, med naravno strugo in dovodnim kanalom Male hidroelektrarne (MHE) Ceršak, tik pod prelivom nekdanjega, danes porušenega jezua.

Nosilno konstrukcijo mostu predstavljata dva vzporedna masivna lesena lepljena nosilca (GL28h) dolžine 87,60 m, ki sta med seboj prečno povezana z jeklenimi okvirji – prečniki in horizontalnim zavetrovanjem v ravnini prečnikov, pod pohodno površino. Vzдолžno sta nosilca podprta z jeklenimi ležišči na opornikih ter preko jeklenih vešalk in jeklenih distančnikov obešena na nosilne jeklene vrvi, ki so sidrane na vrhu obojestranskih pilonov na opornikih.

Vzдолžna lesena nosilca, ki sta sestavljena iz treh segmentov dolžine do 29,00 m, istočasno predstavljata tudi ograjo, pred vremenskimi vplivi pa sta zaščiteni z opažno oblogo (macesen, accoya) in nerjavnim pločevinastim prekritjem.

Nosilne jeklene vrvi so polno zaprte (zatesnjene) vrvi s polnilom in dvojno antikorozijsko zaščito (FLC062). Vešalke so klasične jeklene zatege (natezne palice) s premerom 23 mm (M24).

Krovna konstrukcija je prav tako lesena, sestavljena iz vzdolžnikov (GL24h) in prečno postavljenih pohodnih profiliranih desk debeline 40 mm (accoya).

Oporniki so masivni armiranobetonski, globoko temeljeni na štirih pilotih premera 120 cm in dolžine 14 m. Prav tako armiranobetonski so obojestranski simetrični piloni, ki se dvigajo ca. 8 m nad terenom v zaledju rečnih bregov oziroma 11,10 m nad temeljno pilotno ploščo.



Slika 2. Lokacija mostu pred začetkom gradnje (januar 2024).

Zahtevnost gradnje zaradi posega v zaščiteno naravno okolje (Natura 2000) v dveh različnih državah in s tem povezanih strogih naravovarstvenih pogojev in zahtev se je še dodatno povečala vsled omejitev dostopov, predvsem na slovenski strani in vedno pogostejših ekstremnih vremenskih dogodkov, ki so večkrat vplivali na izvedbo del. Gradnja se je začela junija 2024 in zaključila septembra 2025.



Slika 3. Odkop pilotov na slovenski strani.



Slika 4. Začetek polaganja armature temeljne plošče.



Slika 5. Zaopazen opornik (SLO) in izveden opornik (AUT), plato za montažo nosilcev (marec 2025).



Slika 6. . Dobava in ...



Slika 7. ... montaža lesenih nosilcev na gradbišču (avgust 2025).

Večji del gradbišča za potrebe montaže mostne konstrukcije se je organiziral na avstrijski strani. Gorvodno od opornika se je začasno uredil utrjen delovni plato iz gramoznega materiala. Na mestih odlaganja lesenih nosilcev (začasne podpore) so se na utrjeni podlagi izvedle armiranobetonske plošče v debelini min. 15 cm. Na njih so bili preko začnih podpor iz stolpov Staxo in Tosin odloženi leseni nosilci, podprti z ustreznimi ležišči.

Pred montažo prekladne konstrukcije (dvig) so se leseni vzdolžni nosilci z jeklenimi prečniki in horizontalnim zavetrovanjem med seboj povezali v glavni mostni nosilec. Prav tako so se na most montirali leseni vzdolžniki za pohodno konstrukcijo, zunanji zaščitni opaži in protimrčesna zaščita. Skupna teža konstrukcije za dvig je znašala slabih 67 ton.



Slika 8. Montaža jeklenih prečnikov, vzdolžnikov in zunanjih opažev.



Slika 9. Montaža nosilnih vrvi.



Slika 10, 11, 12, 13. Dvig in montaža mostne konstrukcije (31. 8. 2025).



Slika 14. Most prvič v svoji končni poziciji ... še vedno ga drži žerjav (31. 8. 2025).



Slika 15. Milimetrska natančnost jeklenega ležišča.



Slika 16. Prvo prečkanje Mure preko novega mostu.



Slika 17. Zadnji posvet pred zaključkom montaže.



Slika 18. Povezava nosilnih vrvi z mostno konstruk.



Slika 19. Popuščanje žerjava – montaža mostu je končana (31. 8. 2025).



Sliki 20, 21. Montaža krovne konstrukcije, notranjih opažev in mostne opreme (september 2025).

Tehnični pregled mostu je bil izveden 24. 9. 2025, most je bil slavnostno odprt in predan v uporabo 27. 9. 2025.



Sliki 22, 23. Končan most (september 2025).

Avtor fotoreportaže: Rok Mlakar, univ. dipl. inž. grad. (PONTING, d. o. o.)

FOTOREPORTAŽA HANGAR ZA VZDRŽEVANJE LETAL



Slika 1. Hangar za vzdrževanje letal (foto: Nejc Vurnik).

Lokacija: Zgornji Brnik

Investitor: SOLINAIR – Letalsko podjetje, d. o. o.

Projektant arhitekture: API ARHITEKTI podjetje za arhitekturo, projektiranje in inženiring, d. o. o.

Projektant gradbenih konstrukcij: Gravitas, d. o. o., in Schwarzmann, d. o. o., za jekleni del

Izvajalec: Tosidos, gradbeni inženiring in izvedba, d. o. o.

Nominirani podizvajalec: Schwarzmann, projektiranje, proizvodnja in montaža objektov, d. o. o.

Januarja 2025 smo v družbi Tosidos za naročnika, letalsko podjetje Solinair, d. o. o., začeli gradnjo hangarja za vzdrževanje letal na letališču Brnik.

Projekt je programsko in konstrukcijsko razdeljen na dva dela: južni del predstavlja hangar za vzdrževanje in popravilo letal, severni del (aneks) pa je namenjen pomožnim prostorom (pisarne, garderobe, sanitarije), delavnicam za specifična servisna dela in skladiščem.

Severni del (aneks) je v celoti podkleten. Poseben izziv pri izvedbi aneksa je vgradnja tovrnega dvigala z nosilnostjo 6 t, saj skoraj vsi proizvajalci dvigal ponujajo le dvigala do nosilnosti 5 t.

Hangar je temeljen na pasovnih temeljih, ki segajo do globine 5,25 m. Betoniranje je potekalo v kampadah. Izvedba je vključevala tudi natančno vgradnjo sider v temelje hangarja za montažo jeklene konstrukcije hangarja.



Slika 2. Vežanje armature v prvi kampadi pasovnega temelja (foto: Petra Galo Volk).



Slika 3. Opaž pasovnega temelja (foto: P. G. Volk).



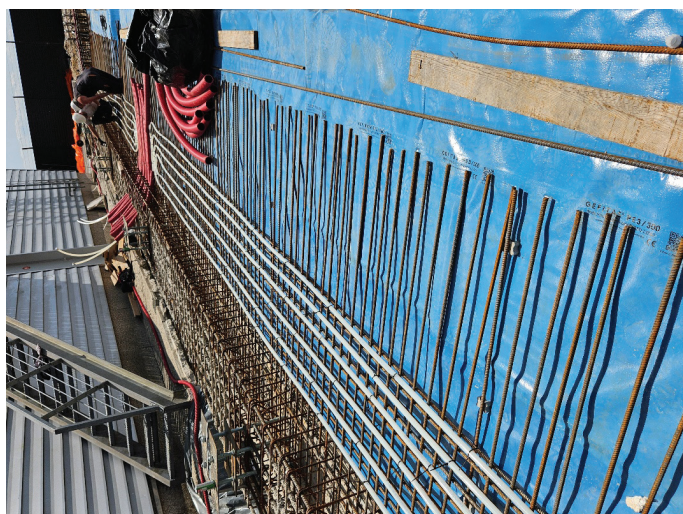
Slika 4. Prva kampada temelja, pripravljena na betonažo (foto: Petra Galo Volk).



Slika 5. Prva kampada pasovnega temelja po razopaženju (foto: Petra Galo Volk).



Slika 6. Vgradnja sider za montažo jeklene konstrukcije (foto: Petra Galo Volk).



Slika 7. Predpriprava za izvedbo oboda temeljne plošče (foto: Petra Galo Volk).

Po zaključenem temeljenju se je skladno z zahtevami projektne dokumentacije izvedel nastavek za temeljno ploščo. Ta se je zabetonirala le po obodu, nastavek armature pa je med čakanjem na nadaljevanje betonaže, ki je bilo mogoče šele po končani montaži jeklene konstrukcije in strehe, več mesecev oteževal preostala dela.



Slika 8. Sestavljanje jeklenega nosilca na tleh (foto: Jernej Nučič).



Slika 9. Postavitev prvih stebrov in dvigovanje polovice nosilca (foto: Jernej Nučič).

Hangar ima zunanje dimenzije 47,7 m x 68,7 m, enotnega volumna. Nosilna konstrukcija hangarja je bila predvidena kot tipska jeklena konstrukcija. Impozantna je svetla višina hangarja – 19,00 m oziroma 24,00 m do zgornjega nivoja jeklenega paličja.



Slika 10. Konstrukcija hangarja (foto: Jernej Nučič).

Konstrukcijo hangarja, vključno s streho in fasado, je izvedlo podjetje Schwarzmann, d. o. o. Posebnost konstrukcijske zasnove je njena modularnost – hangar je mogoče naknadno razširiti še za dodatnih 24 metrov, kar bi skupno širino povečalo na 72 m. Trenutna konstrukcija poteka od osi 5 do osi 13, s slemenom v osi 7. V primeru širitve se strešni nosilec podaljša, stebri v osi 5 pa se v celoti odstranijo.

Strešni nosilec višine 4,7 m in teže 19,5 t je bilo zaradi velikih dimenzij ter s tem povezanih omejitev pri transportu in cinkanju treba sestaviti neposredno na terenu. Vsi spoji diagonal v nosilcu so prednapeti. Pred vgradnjo v objekt je bil v proizvodnji v Polhovem Gradcu izveden testni dvig strešnega nosilca, s katerim je bilo preverjeno njegovo obnašanje med dviganjem ter opravljena primerjava izmerjenih povesov z izračunanimi. Posnetek tesnega dviga si je možno ogledati na povezavi <https://schwarzmann.eu/sl/news/inzenirski-podvig-pred-montazo-na-letaliscu/> oz. QR-kodi na sliki 11.

Posebnost projekta predstavljajo tudi hangarska vrata, široka 40 metrov in v najvišjem delu visoka 18 metrov. Vrata imajo dva podporna stebra, ki se ob dvigu zložita v horizontalni položaj, kar omogoča popolnoma prost prehod po celotni širini odprtine.



Slika 11. Sestavljanje zadnjih nosilcev hangarja (foto: Jernej Nučič).



Slika 12. Testni dvig nosilca (foto: arhiv Schwarzmann).

Po montaži strehe se je lahko začela izvedba temeljne plošče in elektro ter strojnoinštalacijskih del. Z namenom doseganja predvidenih rokov se je pod streho hangarja montiral dodatni delovni oder, ki je omogočal sočasno izvajanje betonskih in inštalacijskih del. Dokončanje vseh del je predvideno v februarju 2026.



Slika 13. Betoniranje prvega dela temeljne plošče hangarja (foto: Nejc Vurnik).



Slika 14. Vgrajevanje fasadnih panelov na severno stran aneksa (foto: Nejc Vurnik).

Avtorji fotoreportaže: Jernej Kete, Katarina Sirk, Tosidos, d. o. o., in mag. Jernej Nučič, Schwarzmann, d. o. o.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2026

SEMINAR	IZPIT
09. - 11. 02. 2026	Izpitni roki bodo objavljeni konec decembra 2025 na spletni strani IZS - MSC www.izs.si , v rubriki »Strokovni izpiti«, in na spletni strani ZDGITS www.zveza-dgits.si
13. - 15. 04. 2026	
12. - 14. 10. 2026	

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
2. Vodje del za področje gradbene stroke

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

Predavatelji so člani izpitne komisije pri Inženirski zbornici Slovenije (IZS).

Cena za udeležbo na seminarju znaša 797,00 EUR z DDV. Cena vključuje predavanja, seminarsko gradivo, odmor za kavo ter možnost brezplačnega parkiranja.

Kandidati lahko poslušajo tudi zgolj posamezno predavanje v okviru rednih seminarjev, cena za obisk posameznega predavanja je 160,00 EUR z DDV.

Seminarji načeloma potekajo v predavalnici, v primeru višje sile se izvedejo kot video konferenca.

Vabilo na seminar z urnikom in vsemi ustreznimi navodili prejme vsak udeleženec teden dni pred začetkom predavanja. **Kotizacija 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 najmanj **7 delovnih 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 sedežu IZS (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek in petek od 8.00 do 12.00 ure, torek od 12.00 do 16.00 ure), 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 na e-naslovu martina.babnik@izs.si.

VSEBINA LETNIKA 74/2025

Članki – Papers

Božiček, D., Potočnik, J., Pajek, L., Košir, M., PONA-ZORITEV METODOLOŠKE KOMPLEKSNOŠTI UVAJANJA LCA V NAČRTOVALSKO PRAKSO NA PRIMERU SMERNIC ZA NIZKOOGLJIČNE STAVBE SLOVENSКИH STANOVANJSКИH SKLADOV, ILLUSTRATION OF THE METHODOLOGICAL COMPLEXITY OF IMPLEMENTING LCA IN BUILDING DESIGN: GUIDELINES FOR LOW-CARBON BUILDINGS OF SLOVENIAN HOUSING FUNDS, junij, stran 78.

Brelih, A., Srdić, A., Dujc, J., Klinc, R., PREDOBDELAVA PODATKOV ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI IN ZASEBNOSTI PRI UPORABI VELIKIH JEZIKOVNIH MODELOV V GRADBENIŠTVU, DATA PREPROCESSING TO ENSURE SECURITY AND PRIVACY WHEN USING LARGE LANGUAGE MODELS IN CONSTRUCTION, december, stran 210.

Držečnik, M., Klanšek, U., Zupančič Hartner, T., Cajzek, R., NAPREDNO UPRAVLJANJE BETONARN S PODPORO DIGITALNIH DVOJČKOV, ADVANCED CONCRETE PLANT MANAGEMENT WITH THE SUPPORT OF DIGITAL TWINS, september, stran 150.

Isaković, T., PROJEKTIRANJE ENOETAŽNIH ARMIRANOBETOSNIKH MONTAŽNIH HAL PO NOvem EVROKODU 8: 1. DEL – POVZETEK PROJEKTIRANJA PO METODI SIL IN NJEGOVA OCENA Z N2 METODO, DESIGN OF SINGLE-STORY REINFORCED CONCRETE PRECAST BUILDINGS ACCORDING TO NEW EUROCODE 8: 1st PART – SUMMARY OF THE FORCE-BASED DESIGN AND ITS EVALUATION BY THE N2 METHOD, marec, stran 3.

Isaković, T., PROJEKTIRANJE ENOETAŽNIH ARMIRANOBETOSNIKH MONTAŽNIH HAL PO NOvem EVROKODU 8: 2. DEL – NOVI POSTOPEK ZA PROJEKTIRANJE PO METODI SIL, DESIGN OF SINGLE-STORY REINFORCED CONCRETE PRECAST BUILDINGS ACCORDING TO NEW EUROCODE 8: 2nd PART – NEW FORCE-BASED DESIGN PROCEDURE, marec, stran 16.

Ivanc, B., POSLOVANJE SLOVENSKEGA GRADBENIŠTVA V ZADNJEM DESETLETJU, BUSINESS PERFORMANCE OF SLOVENIAN CONSTRUCTION SECTOR IN THE LAST DECADE, junij, stran 106.

Janevski, A., Isaković, T., POTRESNI ODZIV ARMIRANOBETONSKIH STEN POVEZANIH S PLOŠČAMI BREZ POVEZOVALNIH GRED, SEISMIC RESPONSE OF REINFORCED CONCRETE WALLS COUPLED BY SLABS WITHOUT COUPLING BEAMS, marec, stran 29.

Janevski, A., Isaković, T., POTRESNO ODPORNO PROJEKTIRANJE AB STEN, POVEZANIH S PLOŠČAMI Z UPORABO NELINEARNE POTISNE ANALIZE, SEISMIC DESIGN OF RC WALLS COUPLED BY SLABS USING NONLINEAR PUSHOVER ANALYSIS, september, stran 124.

Kovač, M., Česen, M., MODELIRANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV IN ONESNAŽEVAL ZRAKA UPORABNIKOV AVTOCESTNEGA SISTEMA V SLOVENIJI, MODELING GREENHOUSE GAS AND AIR POLLUTANTS EMISSIONS FROM USERS OF THE MOTORWAY SYSTEM IN SLOVENIA, december, stran 220.

Kramer Stajnko, J., Nekrep Perc, M., MONITORING IN ANALIZA TRANSPORTA LEBDEČIH PLAVIN V REKI DRAVI, MONITORING AND ANALYSIS OF SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT IN THE DRAVA RIVER, junij, stran 96.

Kurent, B., Brank, B., PARAMETRIČNA ANALIZA ODZIVA VEČNADSTROPNIH LESENIH STAVB NA VETRNO OBTEŽBO, PARAMETRIC ANALYSIS OF THE RESPONSE OF MULTI-STOREY TIMBER BUILDINGS TO WIND LOADING, junij, stran 68.

Lutman, M., Kulović, I., Kržan, M., OCENA POTRESNE OGROŽENOSTI STAVB SODIŠČ V SLOVENIJI, SEISMIC RISK ASSESSMENT OF COURTHOUSE BUILDINGS IN SLOVENIA, september, stran 136.

Smolar, J., Bosiljkov, V., Suša, M., Antolinc, D., NAČRTOVANJE SESTAVE MEŠANICE ZEMLJINE ZA UPORABO V NENOSILNIH PREDELNIH BUTANIH STENAH, DESIGN OF THE SOIL MIXTURE COMPOSITION FOR THE USE IN NON-STRUCTURAL PARTITION WALL, december, stran 196.

Turk, T., Štukovnik, P., Marinšek, M., Bokan Bosiljkov, V., VPLIV TEŽKIH KOVIN IZ RECIKLIRANEGA AGREGATA NA LASTNOSTI BETONA, IMPACT OF HEAVY METALS FROM RECYCLED AGGREGATE ON CONCRETE PROPERTIES, september, stran 163.

Poročilo s strokovnega srečanja

ITA Slovenija, 15. Mednarodna konferenca o predorih in podzemnih objektih: Let's talk underground, december, stran 236.

Klemenčič, D., Može, P., 46. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, december, stran 233.

Sopotnik, A., Bokan Bosiljkov, V., Dan združenja za beton Slovenije, december, stran 231.

Šušteršič, J., 32. Slovenski kolokvij o betonih, september, stran 171.

Fotoreportaže z gradbišč

Baumgartner, M., Zalokar, N., Sirk, K., Center krožnega gospodarstva Zarica, september, stran 181.

Bogataj, M., Leseni paviljon na golf igrišču Arboretum, marec, stran 55.

Držečnik, M., Dom starejših Kozje, marec, stran 61.

Držečnik, M., Bazen Krško, september, stran 185.

Dujič, B., Potniški terminal Luke Koper, marec, stran 50.

Kete, J., Sirk, K., Nučič, J., Hangar za vzdrževanje letal, december, stran 245.

Klemenčič, D., Brv Hotavlje, september, stran 176.

Maraž, M., Sidranje »tie-down« privezov za pristaniške žerjave na kontejnerskem terminalu v luki Reka, marec, stran 45.

Mlakar, R., Most Ceršak, december, stran 238.

Stermecki, M., Novak, Z., Debevc, R., Kopališče Ilirija, junij, stran 114.

Obvestila ZDGITS

ZDGITS, Zadnji pripravljalni seminar in izpitni rok za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2025, junij, stran 120.

ZDGITS, Pripravljalni seminarji in izpitni roki za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2026, december, stran 251.

Voščilo

Kryžanowski, A., Voščilo predsednika ZDGITS, december, stran 195.

In Memoriam

Sodelavci Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, V spomin na doc. dr. Janeza Reflaka, univ. dipl. inž. grad. (1937-2025), junij, stran 67.

Šubic Kovač, M., Izr. prof. dr. Albin Rakar (1946-2025), september, stran 123.

Vsebina letnika 74/2025

December, stran 252.

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

Novi diplomanti

Okorn, E., marec, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; september, stran 192 in stran 3 ovitka; december, strani 254 do 256 in stran 3 ovitka.

Koledar prireditev

Okorn, E., marec, stran 4 ovitka; junij, stran 4 ovitka; september, stran 4 ovitka; december, stran 4 ovitka.

Naslovnice

CBD, d.o.o., Nadgradnja dvoetažne stavbe s CLT leseno masivno konstrukcijo, marec.

Dolenec, A., Železniška postaja v Ljubljani, december.

Može, P., Stavba z jeklenimi okvirji z disipacijo potresne energije s trenjem spojih (levo zgoraj), Salerno, Italija, junij.

Sopotnik, A., Montaža kolesarskega mostu preko Mure v Ceršaku, september.

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Miha Mantelj, Izdelava priročnika za uporabo sistemskih opažev, mentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, somentor doc. dr. Bojan Čas;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174330&lang=slv>

Tadej Trauner, Zmanjšanje vplivov na okolje v gradbeništvu na izbranem primeru, mentor izr. prof. dr. Matevž Dolenc, somentor Peter Henčič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173632>

Filip Sivonjić, Pregledna študija toplotnih izolatorjev za uporabo v stavbah, mentor doc. dr. Luka Pajek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173722&lang=slv>

Patricija Zaman, Dokumentacija v procesu graditve, mentor prof. dr. Žiga Turk, somentor asist. dr. Aleksander Srdić;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173778>

Kenan Tahirović, Projekt organizacije gradbišča za stanovanjski objekt na Jesenicah, mentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, somentor mag. Dejan Bogataj;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173719>

Maša Horvat, Vitka gradnja na primeru zahtevnega objekta, mentor izr. prof. dr. Matevž Dolenc;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174121>

Andraž Trantura, Linearni in nelinearni račun potresne odpornosti zidane stavbe, mentor izr. prof. dr. Matija Gams;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173020&lang=slv>

Anže Boštjančič, Procesi gradnje in vzdrževanja zgornjega ustroja železniške infrastrukture v Sloveniji, mentor doc. dr. Robert Rijavec, somentor mag. Primož Srebot;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173519&lang=slv>

Žiga Avsec, Mehanske in fizikalne lastnosti cementnih kompozitov primernih za zunanja kurišča, mentorica doc. dr. Petra Štukovnik;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174042&lang=slv>

Nikola Daničić, Specifika izvedbe visokih armiranobetonskih sten, mentor doc. dr. Bojan Čas, somentorja dr. Dejan Hribar in izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173714>

Tobias Susič Hosner, Pregled in primerjava pogostejših vrst modularnih mostov, mentor viš. pred. dr. Matej Kušar;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173779&lang=slv>

Ruben Šavli, Primerjava obstoječega in prihajajočega pristopa k projektiranju betona ter njun vpliv na oglični odtis betona, mentorica prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor Sašo Seljak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173169&lang=slv>

Irena Čepon, Program za učenje računa pomikov statično določenih konstrukcij, mentor izr. prof. dr. Matija Gams;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175987&lang=slv>

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Alja Banovec, Analiza ukrepov za obvladovanje padavinske vode na primeru industrijske cone, mentorica izr. prof. dr. Nataša Atanasova, somentor asist. dr. Matej Radinja;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174039&lang=slv>

Žiga Taljat, Prometna analiza križišča Verovškove in severne obvoznice v Ljubljani, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor asist. mag. Simon Detellbach;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174120&lang=slv>

Nejc Markič, Prikaz fenomena bočne zvrnitve z uporabo 3D tiska, mentorica doc. dr. Sara Zoubek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173631&lang=slv>

Jure Žgavc, Statična analiza in armaturni načrt AB etažne plošče poslovnega objekta, mentor doc. dr. Drago Saje;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173022>

Matej Lukan, Načrtovanje urbanih prometnih površin - analiza danskega, nizozemskega in slovenskega pristopa, mentor doc. dr. Peter Lipar;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173521&lang=slv>

Iza Golob, Analiza transporta plavin na porečju Kamniške Bistrice, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak, somentor izr. prof. dr. Simon Rusjan;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173014&lang=slv>

Luka Cedilnik, Analiza nihajnega časa stavbe, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentorica asist. Neja Fazarinc;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173427>

Matija Fajdiga, Podporni sistemi pri gradnji mostov, mentor izr. prof. dr. Primož Može, somentor dr. Erik Zupančič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173723&lang=slv>

Samuel Kifle, Meritve strižne trdnosti lesa bukve, mentor prof. dr. Goran Turk, somentor izr. prof. dr. Matija Gams;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174035&lang=slv>

Andi Katana, Analiza sočasnosti nastopa visokovodnih konic na reki Savi in njenih pritokih, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173725&lang=slv>

Gašper Hudovernik, Potencial uporabe slovenske montažne hiše v drugih klimatskih okoljih z gledišča osvetljenosti z dnevno svetlobo, mentor doc. dr. Jaka Potočnik;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173516>

Tomaž Kusterle, Prometno varnostna analiza ceste skozi naselje Blejska Dobrava in predlog ukrepov za izboljšanje prometne varnosti, mentor doc. dr. Peter Lipar;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173422&lang=slv>

Ema Sarajlija, Analiza robustnosti viaduktov na slovenskem avtocestnem omrežju, mentor doc. dr. Bojan Čas, somentor viš. pred. dr. Matej Kušar;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173717&lang=slv>

Tim Breznikar, Parametrična analiza 3D SPH simulacij obtekanja mostnih opornikov, mentor doc. dr. Gorazd Novak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173013>

Nejc Peklaj, Vizualizacijsko merjenje tokovnih razmer v 3D natisnjenem modelu pregrade, mentor doc. dr. Gorazd Novak, somentor prof. dr. Goran Turk;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173004>

Petra Trstenjak, Vpliv kriterijev za zagotavljanje osončenosti bivalnih prostorov na gostoto urbanega tkiva, mentor doc. dr. Jaka Potočnik;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173626&lang=slv>

Lana Planinc, Ocena stroškov potresne utrditve stavb, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentorica asist. Neja Fazarinc;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173426>

Jakob Lazar, Temeljenje trgovskega objekta v Kopru, mentor izr. prof. dr. Boštjan Pulko;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174124&lang=slv>

Kristian Vidović, Analiza odstopanj od terminskega plana na projektu izgradnje polnega priključka na Celovško cesto, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentor asist. dr. Aleksander Srdić;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173777&lang=slv>

Domen Makuc, Vpliv dodatkov na bazi ksantanskega gumija na strižno trdnost zemljin, mentorica doc. dr. Jasna Smolar, somentorica asist. dr. Barbara Fortuna;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173016>

Nina Mlakar, Analiza cestnega omrežja Celjske ceste v naselju Rogaška Slatina s predlogi ukrepov za izboljšanje prometne varnosti, mentor doc. dr. Robert Rijavec, somentor asist. mag. Simon Detellbach;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172037&lang=slv>

Žan Kostanjevec, Načrt organizacije gradbišča Stanovanjska soseska Nova Koper, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentor asist. dr. Aleksander Srdić;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172999>

Simon Saje, Preveritev ustreznosti ter tehnološki pristopi utrditve nosilnih konstrukcij hiše Srečka Kosovela, mentor doc. dr. Bojan Čas;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173017&lang=slv>

Tia Jagrič, Geotehnične osnove in pogoji uporabe točkovnih armiranobetonskih prefabriciranih temeljev za plitvo temeljenje daljnovidnih stebrov, mentor izr. prof. dr. Boštjan Pulko, somentor Nedžad Mešić;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173418&lang=slv>

Matic Poje, Prometno varnostna analiza cest v naselju Tomačevo in predlogi ukrepov za izboljšanje prometne varnosti, mentor doc. dr. Peter Lipar;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173328&lang=slv>

Ana Luštek, Prometno varnostna analiza s predlogi urejanja prometa na lokalni cesti Ledeča vas - Dolenja Stara vas, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor asist. mag. Simon Detellbach;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173623&lang=slv>

Miha Smrkolj, Gospodarjenje s sončnimi paneli, ki so odpadki, mentorica prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor asist. dr. Tilen Turk;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173168&lang=slv>

Andraž Novinšek Petrovčič, Mehanske lastnosti preprostih elementov izdelanih s 3D tiskom, mentor prof. dr. Goran Turk;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173007&lang=slv>

Valerij Kadilnik, Vpliv temperaturnih sprememb na napetosti in pomike v zgornjem ustroju železniške proge, mentor doc. dr. Robert Rijavec, somentor asist. Luka Trček;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173023&lang=slv>

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Ajda Cimperman, Vrednotenje vpliva modro-zelene infrastrukture na površinski odtok v urbanem okolju, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak, somentor asist. dr. Matej Radinja;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173021&lang=slv>

Aleksandra Ostojić, Analiza in predlog ukrepov za omejitev delovanja kanalizacijskega razbremenilnika na primeru urbanega območja, mentorica izr. prof. dr. Nataša Atanasova, somentor asist. dr. Matej Radinja;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173629&lang=slv>

Zala Kač, Odpornost različnih obrežnih zavarovanj in ureditev na procese rečne erozije, mentor izr. prof. dr. Simon Rusjan, somentor viš. pred. dr. Jošt Sodnik;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173324&lang=slv>

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

Neja Katič, Celostna prometna strategija občine Šentjernej, mentor doc. dr. Peter Lipar, somentor asist. Luka Trček;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172157&lang=slv>

Danijel Kirn, Numerična analiza potresnega obnašanja zidovja utrjenega z maltnimi oblogami in mrežami iz steklenih vlaken, mentor izr. prof. dr. Matija Gams, somentor asist. Nemanja Krtinič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173721>

Dijamandi Korneti, Časovno in stroškovno planiranje na podlagi modelov BIM, mentor doc. dr. Robert Klinc;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173724>

Fran Brkopec, Določitev mehanskih lastnosti v načinu II za lepilne spoje v bukovini, mentor prof. dr. Goran Turk, somentor Boris Azinovič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174332>

Matevž Štokelj, Odvisnost CBR vrednosti in enoosne tlačne trdnosti od vlage v primeru glinene zemljine, mentor doc. dr. Matej Maček;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172162>

Lucija Klinc, Vloga zvočne zaščite lesenih stavb v procesu graditve: študija primera, mentorica izr. prof. dr. Mateja Dovjak, somentorja Aljoša Flander in Ferdinand Deželak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175329&lang=slv>

Rok Jedlovčnik, Vzpostavitev registra osnovnih sredstev: študija primera cestne infrastrukture, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentorja asist. dr. Aleksander Srdić in Ivan Rus;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175330&lang=slv>

Ana Konkolič, Napovedovanje odziva armiranobetonskih stebrov v požarni peči, mentorica doc. dr. Jerneja Češarek Kolšek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175328>

Jan Trebše, Vpliv torzije na dimenzioniranje lesenih stenskih panelov in mehanskih veznih sredstev, mentor doc. dr. Bojan Čas, somentorja doc. dr. Robert Pečenko in Vid Lešić;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=176410&lang=slv>

Gaj Kump, Priprava knjige obračunskih izmer s pomočjo velikih jezikovnih modelov, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentorica asist. Anja Brelj;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=176404&lang=slv>

Bernard Jakaj, Projektiranje jeklenih konstrukcij za ponovno uporabo, mentorica doc. dr. Sara Zoubek, somentor izr. prof. dr. Primož Može;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=176406&lang=slv>

Žiga Zupancič, Projektiranje šestetažne okvirne armiranobetonske stavbe s programom Sofistik, mentor izr. prof. dr. Matija Gams, somentorica asist. Anja Brelj;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=176408&lang=slv>

Žiga Krvina, Uporaba velikih jezikovnih modelov za optimizacijo priprave ponudb v gradbeništvu, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentorica asist. Anja Brelj;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=176411&lang=slv>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smer Informacijsko modeliranje zgradb - BIM A+)

A Ashiqul Mursalin Chy, Parametrično generiranje standardiziranih prostorov, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173847>

Esra Karatepe, Standardising Information Requirements for BIM-Based QA/QC: A Contractor-Oriented Approach, mentor José Carlos Basto Lino;
<https://bimaplus.org/dissertations/>

Armin Memari, Dvosmerna integracija agentnih modelov z BIM za simulacijo energijske učinkovitosti stavb, mentor doc. dr. Luka Pajek, somentorica doc. dr. Ilaria Pigliautile;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173843&lang=eng>

Pablo Ignacio Santiago Camus Rojas, AI-Driven Assistant for LOIN in BIM Workflows, mentorja José Luis Duarte Granja in Mohamad El Sibai;
<https://bimaplus.org/dissertations/>

Afonso Ramos Portela, Ohranjanje in monitoring objektov kulturne dediščine z HBIM: Primer Emonskega rimskega zida, mentor prof. dr. Vlatko Bosiljkov, somentor doc. dr. Tilen Urbančič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173783&lang=slv>

Manasseh Tetteh, Napredek infrastrukturnega BIM-a z integriranimi prostorskimi podatki in izboljšanim pridobivanjem podatkov, mentor doc. dr. Jernej Tekavec;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173844&lang=eng>

Mujahed Mohammad Khaleel Bani Mustafa, Od BIM-a do interaktivnega digitalnega dvojčka: Delovni tok za integracijo virtualnih in fizičnih okolij, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173845&lang=slv>

Žiga Vehovec, Sledenje in obnavljanje identifikatorjev IFC v medplatformnih delotokih BIM, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Jure Česnik;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173846&lang=eng>

Ahtisham Ali Baig, Implementacija digitalnih dvojčkov na osnovi BIM-a za preventivno vzdrževanje v upravljanju objektov, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor Jure Vetršek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173780&lang=slv>

Igor Silva Guilherme, Vizualizacija rezultatov podatkovne analitike z uporabo modelov BIM za izboljšano sprejemanje odločitev, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentorja Andraž Starc in Miha Bačan;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173785&lang=slv>

Manzurul Haque, BIM-podprta komunikacija projektne zasnove pri stanovanjskih gradbenih projektih: izboljšanje preglednosti stroškov in vključenosti kupcev v faznih naložbenih modelih, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173782&lang=slv>

Gabriela Galvan Debarba, AI-Driven System to Support Early-Stage Floor Plan Generation, mentorja Bruno Figueiredo in Filipe da Silva Brandão, somentor João Silva;
<https://bimaplus.org/dissertations/>

Marcos Daniel Paz Ballesteros, Parametrično modeliranje in avtomatizacija gradbenih detajlov v okolju BIM, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentorja Aleš Žmavc in Aleksi Vičič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173781&lang=slv>

Eddy Alberto Mendoza Jimenez, Practical Augmented Reality for Modular Construction: A BIM Driven Factory to Site Workflow, mentor José Luis Duarte Granja;
<https://bimaplus.org/dissertations/>

Amanda Goulart Weber, Ocena stroškov projekta z uporabo BIM: Okvir za avtomatizirano določitev količin in integracijo baz podatkov, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173784&lang=slv>

Parastoo Bagheri, Izboljšanje arhitekturnega načrtovanja z BIM in robotskim rezanjem z vročo žico za parametrične opaže, mentor prof. dr. Vlatko Bosiljkov, somentor Bruno Acácio Ferreira Figueiredo;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=173940&lang=eng>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Luka Majko, Hidrološke analize in modeliranje vpliva suhih zadrževalnikov na poplavne razmere na porečju Drete, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak, somentor izr. prof. dr. Simon Rusjan;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=174037&lang=slv>

Žiga Črnilec Kesič, Celostna rešitev poplavne varnosti industrijskega območja ob Bodovelski grapi, mentorica doc. dr. Mateja Škerjanec, somentor izr. prof. dr. Gašper Rak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=172160>

Andrej Bizjak, Prispevek k vodnogospodarskemu načrtu porečja Kožbanjščka, Goriška brda, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor Jakob Šimon;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=174041&lang=slv>

Gabrijel Jelinič, Trajnostni koncept gospodarjenja z vodo v naselju Krkavče, mentor doc. dr. Mario Krzyk;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=172154&lang=slv>

Samuel Brhane Alemayohu, Regionalno napovedovanje požarov v naravi s tehnikami umetne inteligence, mentorica doc. dr. Mateja Škerjanec, somentorja Alessio De Rango in Alfonso Senatore;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=174575&lang=eng>

III. STOPNJA – DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRAJENO OKOLJE

Marko Blagojevič, Vpliv hidrodinamske kavitacije na odpadno blato in njen potencial za izboljšanje procesa anaerobne presnove, mentorica doc. dr. Sabina Kolbl Repinc, somentorja doc. dr. Benjamin Bizjan in doc. dr. Uroš Novak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174222&lang=slv>

Mark Bryan Alivio, Vrednotenje vpliva dreves na površinski odtok v urbanem okolju, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak, somentorica prof. dr. Mojca Šraj;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175552>

Doron Hekič, Uporaba mostnega sistema za tehtanje vozil med vožnjo za spremljanje konstrukcijskega stanja premostitvenih objektov, mentor doc. dr. Peter Češarek, somentor doc. dr. Aleš Žnidarič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174651&lang=slv>

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

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Oskar Abram, Razvoj in karakterizacija superhidrofobnega geopolimernega kompozita, mentor doc. dr. Gregor Kravanja, somentor izr. prof. dr. Andrej Ivanič;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=94932>

Nezir Alić, Izvedba komunalne in meteorne kanalizacije v območju Brda, mentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc, somentorica izr. prof. dr. Janja Kramer Stajnko;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=94935&lang=slv>

Metod Jarnovič, Uporaba daljinskega zaznavanja in 3D model cerkve sv. Frančiška Ksaverja v Radmirju, mentor doc. dr. Rok Kamnik;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=94716>

Lucijan Kenda, Ponudbeni predračun za enostanovanjsko stavbo in analiza cene za izdelavo estriha, mentorica izr. prof. dr. Nataša Šuman;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=94458&lang=slv>

Gregor Romih, Analiza dinamičnega odziva sistemov z eno prostostno stopnjo na časovno spremenljive zunanje obtežbe z uporabo spektrov odziva, mentor izr. prof. dr. Iztok Peruš, somentor doc. dr. Denis Imamović;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=95346&lang=eng>

Aljoša Temnikar, Obračun izvedenih del za gradnjo dovozne ceste in komunalne infrastrukture, mentorica izr. prof. dr. Nataša Šuman;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=95310>

Eva Tojnko, Priprava in vodenje dokumentacije v procesu graditve objekta na primeru, mentorica izr. prof. dr. Nataša Šuman;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=94756>

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Nina Černel, zaključek študija brez zaključnega dela.
Danijel Gavrič, zaključek študija brez zaključnega dela.
Gasper Krabonja, zaključek študija brez zaključnega dela.
Uroš Kroflič, zaključek študija brez zaključnega dela.
Živa Mahorič, zaključek študija brez zaključnega dela.
Lara Rajnar, zaključek študija brez zaključnega dela.
Stefan Simović, zaključek študija brez zaključnega dela.
Teo Sukič, zaključek študija brez zaključnega dela.

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Aljaž Kumberger, Hidrološko-hidravlična študija območja na Zgornjem Jezerskem s programoma QGIS in HEC-RAS, mentorica izr. prof. dr. Janja Kramer Stajnko, somentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=95301&lang=slv>

Urh Jakop, BIM pristop in lasersko skeniranje za ugotavljanje skladnosti izvedbe, mentor doc. dr. Zoran Pučko;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=94967>

David Virag, Statična in dinamična analiza osem etažne stavbe iz križno lepljenega lesa, mentor prof. dr. Miroslav Premrov, somentorica asist. Jelena Vilotijević;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=95519&lang=eng>

Katjuša Skledar, Uporaba digitalnega dvojčka za optimizacijo procesov projektiranja in vzdrževanja objekta, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor Matic Ledinek;
<https://dk.um.si>

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

INTERDISCIPLINARNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM

Teja Rožman, zaključek študija brez zaključnega dela.

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

KOLEDAR PRIREDITEV

4.-5.2.2026

7. Gradbeno-prostorsko-okoljska konferenca

Portorož, Slovenija

<https://gradbeno-prostorsko-okoljska-konferenca.si/#lokacija-in-kontakt>

4.-7.3.2026

10. mednarodna konferenca Gradbeništvo – znanost in praksa, GNP 2026

Budva, Črna gora
www.gnp.ucg.ac.me/

18.3.2026

Vodni dnevi 2026: Odpornost infrastrukture in družbe – temelj naše varnosti

Ljubljana, Slovenija

<https://sdzv-drustvo.si/vodni-dnevi/>

25.-26.3.2026

9. konferenca Biznis in trendi v gradbeništvo

Portorož, Slovenija

<https://gradbena-konferenca.si>

25.-27.3.2026

MEGRA – 35. mednarodni sejem graditeljstva

Gornja Radgona, Slovenija
www.megra.pomurski-sejem.si/

21.-24.4.2026

SEEBBE – International Building Trade Fair

Beograd, Srbija

<https://sajamgradjevine.rs/en/home/>

22.-24.4.2026

NASCC: The Steel Conference

Hibridna konferenca

Atlanta, Georgija, Združene države Amerike
www.nascc.aisc.org/

4.-7.5.2026

IFAT 2026 - The World's Leading Environmental Technology Trade Fair

München, Nemčija

<https://ifat.de/en/trade-fair/>

21.-29.5.2026

ICOLD 2026 Annual Meeting

Guadalajara, Mehika

www.icold-cigb.org/article/GB/news/events/icold-2026-annual-meeting-in-guadalajara-mexico-from-21-to-29-may-2026-2

22.-24.6.2026

12th BCRRRA 2026 Slovenia - 12th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields

Ljubljana, Slovenija

<https://bcrra.si/>

16.-18.9.2026

EUROSTEEL2026 - 11th European Scientific Conference on Steel and Composite Structures

Krakov, Poljska

<https://eurosteel2026.org/>

16.-20.9.2026

MOS Sejem

Celje, Slovenija

<https://ce-sejem.si/sejmi/mos/>

23.-25.9.2026

17. kongres Društva gradbenih konstruktorjev Srbije

Zlatibor, Srbija

<https://dgks.grf.bg.ac.rs/>

5.-7.10.2026

15th Central European Congress on Concrete Engineering

Vodice, Hrvaška

<https://sites.google.com/arhitekt.hr/ccc-2026-vodice/home>

20.-23.10.2026

INTERPRAEVENT 2026

Sapporo, Hokkaido, Japonska

www.kokusaisabo.or.jp/interpraevent2026/english/home-e.htm

23.-27.11.2026

WLF7 - 7th World Landslide Forum

Faridabad, Indija

<https://wlf7.org>

KOLEDAR IZOBRAŽEVANJ IZS ZA MSG

8.12.2025

Betonsko vozišče v novi cevi predora Karavanke

Spletno izobraževanje

www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0067/2025

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

