

oktober 2022

letnik 71

# Gradbeni vestnik

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



254

RAČUNSKI MODEL ZA OPIS  
TEMPERATURNEGA VPLIVA  
NA MERITVE DEFORMACIJ

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

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

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

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:  
**Romana Hudin**

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:  
**Kočeviski tisk**

**Naklada: 450 tiskanih izvodov**  
**3000 naročnikov elektronske verzije**

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

Letno izide 12 številčk. Letna naročnina  
za individualne naročnike znaša 23,16 EUR;  
za študente in upokoјence 9,27 EUR;  
za družbe, ustanove in samostojne podjetnike  
171,36 EUR za en izvod revije; za  
naročnike iz tujine 80,00 EUR.  
V ceni je všteti DDV.  
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:  
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:  
**Izgradnja nove brvi med Lentom in  
Taborom v Mariboru,**  
foto: MAKRO 5 GRADNJE, d.o.o.

**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, oktober 2022, letnik 71, str. 253-272**

## 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: [sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si](mailto:sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si). V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

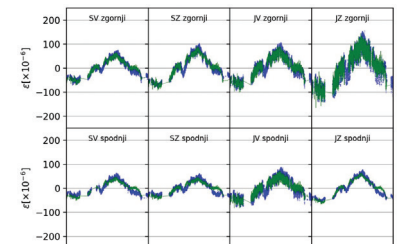
**Uredništvo**

# VSEBINA CONTENTS

## ČLANKI PAPERS

dr. Uroš Bohinc, univ. dipl. inž. fiz.  
**RAČUNSKI MODEL ZA OPIS TEMPERATURNEGA  
VPLIVA NA MERITVE DEFORMACIJ  
NUMERICAL MODEL OF TEMPERATURE  
INFLUENCE ON DEFORMATION MEASUREMENTS**

254



## FOTOREPORTAŽI Z GRADBIŠČ

Gorenjska gradbena družba, d. d.  
**STANOVANJSKO-POSLOVNI KOMPLEKS  
SPEKTRA V LJUBLJANI**

261



Direkcija RS za infrastrukturo  
**PREDOR PEKEL NA NOVI TRASI  
ŽELEZNIŠKE PROGE MARIBOR-ŠENTILJ**

267



## 271 NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

## KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

dr. Uroš Bohinc, univ. dipl. inž. fiz.  
uros.bohinc@zag.si  
Zavod za gradbeništvo Slovenije,  
Dimičeva ul. 12, 1000 Ljubljana



Znanstveni članek  
UDK 539.4.019.1:692.447(497.5Zadar)

# RAČUNSKI MODEL ZA OPIS TEMPERATURNEGA VPLIVA NA MERITVE DEFORMACIJ

## NUMERICAL MODEL OF TEMPERATURE INFLUENCE ON DEFORMATION MEASUREMENTS

### Povzetek

V prispevku je predstavljen izviren način za napoved odvisnosti izmerjenih deformacij od temperature okolice. Izhaja iz poenostavljenega fizikalnega modela, ki je umerjen s pomočjo niza obstoječih meritev, ki pokrivajo časovni razpon enega leta. Spremljanje konstrukcijskega stanja zvonika stolnice sv. Anastazije v Zadru je bilo opravljeno z namenom, da bi zanesljivo določili morebitne dolgotrajne trende obnašanja in tako omogočili pravočasno ukrepanje. Za uspešno določitev dolgotrajnih trendov je ključna ločitev temperaturnega vpliva na meritve. Rezultati kažejo, da je mogoče na predstavljeni način dokaj dobro izločiti temperaturni vpliv na meritve in tako izboljšati zaznavo morebitnih dolgotrajnih trendov.

Ključne besede: meritve deformacij, modeliranje temperaturnega vpliva, spremljanje konstrukcijskega stanja

### Summary

The paper presents an original method for predicting the dependence of measured deformations on ambient temperature. It is derived from a physical model calibrated using a set of existing measurements covering the time span of one year. The aim of the structural health monitoring of the bell tower of the Cathedral of St. Anastasia in Zadar was to reliably determine any long-term trends in behavior and thus enable timely planning of interventions. Separating the effects of temperature on measurements is key to successfully determining long-term trends. The results show that the temperature influence on the measurements can be eliminated well in the presented way.

Key words: deformation measurements, modelling of temperature influence, structural health monitoring

## 1 UVOD

### 1.1 Zakaj spremljanje konstrukcijskega stanja s pomočjo senzorjev postaja globalni trend

Spremljanje konstrukcijskega stanja (Structural Health Monitoring – SHM) objektov postaja globalno prepoznan trend, saj se uveljavlja praktično povsod, kar pomeni skokovit razvoj metod in pristopov za učinkovito merjenje, analizo podatkov, modeliranje in napovedovanje ukrepov. Bistvo SHM je, da pravočasno zaznamo spremembe na konstrukcijah, na podlagi česar lahko ustrezno reagiramo in preprečimo nesorazmerno škodo. Poleg tega je SHM lahko eden od pomembnih preventivnih varnostnih sistemov v primeru nepredvidenih dogodkov, na primer potres, bistveno povečan promet, močan veter, nepredvidene obtežbe zaradi posebne rabe. Grajeni objekti so v rabi daljša časovna obdobja in so lahko podvrženi različnim nepredvidljivim vplivom in spremembam v življenjski dobi. Njihovega spreminjanja torej ne moremo predvideti vnaprej, zato je pomembno, da spremembe spremljamo sproti in po potrebi nanje reagiramo. Na ta način dosežemo, da ne pride do nepopravljivih poškodb, sploh na objektih z veliko kulturno vrednostjo ali na pomembni infrastrukturi, kjer bi lahko prišlo do varnostnih tveganj, popravila pa lahko načrtujemo in opravljamo tudi ekonomsko bolj učinkovito. Med odmevnimi primeri uspešne uporabe SHM v Evropi je glavna železniška postaja v Berlinu, jez Eder v Nemčiji, kraljeva vila v Monzi v Italiji ter cerkev San Vigilio ob jezeru Lugano v Švici [Habel, 2009]. V Sloveniji je med drugim SHM-sistem vzpostavljen za spremljanje stanja viadukta Ravbarkomanda, ki je bil vzpostavljen ob zadnji sanaciji objekta leta 2018 [Anžlin, 2021].

### 1.2 Kaj zajema sistem SHM in kje je uporaben

Tehnološki razvoj ponuja vedno širši nabor tipal, hkrati se olajšujeta zapisovanje in hramba izmerkov v ustrezne podatkovne zbirke. Napredni SHM-sistemi so sestavljeni iz več komponent: (1) senzorični sistem, (2) sistem za pridobivanje in prenos podatkov, (3) sistem za obdelavo in nadzor podatkov, (4) sistem za modelno spremljanje stanja konstrukcije, (5) sistem za upravljanje s podatki, (6) sistem za pregledovanje in vzdrževanje. Ob tem je možna navezava na informacijsko modeliranje gradenj (Building Information Modelling – BIM), saj prinaša dodatne pozitivne učinke pri načrtovanju in upravljanju grajenih objektov.

Poleg visokih stavb SHM pogosto vzpostavimo na mostovih, podzemni infrastrukturi in nizkih gradnjah. Izzivi, s katerimi se spoprijemamo pri meritvah in njihovi interpretaciji, so odvisni od tipa konstrukcije, lokacije, rabe, vgrajenih materialov in drugih parametrov. Tehnologija optičnih vlaken je omogočila zanesljive, stabilne in robustne senzorje, ki lahko dolgoročno delujejo tudi v bolj zahtevnih okoljih [Glisic, 2013].

Pri stavbah s pomočjo SHM lahko spremljamo pojavljanje napak, ki bi zahtevale sanacijo, lahko pa so razlogi za uporabo SHM tudi zagotavljanje varnosti. Pogosto je tudi, da nas za-

nima toplotni odziv konstrukcije, senzorski sistem pa lahko uporabimo tudi skupaj s spremljanjem toplotnega odziva za namene gradbene fizike. Tak primer je opisan v študiji Canton Tower (supervisoka zgradba, 610 m), kjer so uporabili SHM z več kot 16 vrstami senzorjev (skupno objekt spremlja več kot 600 senzorjev) za spremljanje obnašanja objekta v realnem času med gradnjo kot med obratovanjem [Wang, 2014]. SHM na tem objektu med drugim vključuje nadzor vibracij in nadzor nad tehnologijami izkoriščanja obnovljivih virov energije. Meritve so različne tudi glede na konstrukcijske materiale. Pri jeklenih premostitvenih objektih nas na primer zanimajo procesi korozije [Urban, 2017], pri armiranobetonskih spremljamo nastajanje in razvoj razpok, medtem ko je pri lesenih konstrukcijah ključno spremljanje vlage. Ker gre običajno za majhne spremembe, zanesljiva določitev časovnega trenda odziva predstavlja velik izziv.

### 1.3 Spremljanje deformacij na izbranih konstrukcijskih detajlih

Najpogosteje spremljane količine so deformacije oz. pomiki, ki jih merimo na izbranih konstrukcijskih detajlih. Z analizo časovnega razvoja meritev želimo razbrati, ali je stanje stabilno, ter zaznati morebitne postopne spremembe, ki zmanjšujejo nosilnost ali kako drugače kažejo na zmanjšanje funkcionalnosti. Lokalne deformacije so odvisne od mehanskih sprememb kakor tudi od spreminjanja temperature konstrukcije. Nema lokrat je vpliv temperature večji, zato je v časovnem odzivu prevladujoč in bistveno oteži analizo dolgotrajnih trendov. V večini primerov imamo opraviti z zelo počasnimi spremembami, zato je zanesljiva določitev časovnega trenda še toliko težja. Skupni vpliv temperaturnega raztezanja na posamezne meritve pomika oz. deformacije je odvisen od temperaturnega polja v konstrukciji, česar običajno ne moremo meriti neposredno. Največkrat je edina dosegljiva posredna informacija o temperaturi konstrukcije, meritve temperature zraka na mestu v bližini razpok ali v najboljšem primeru na nekaj mestih. Očitno je to premalo, da bi lahko določili celotno temperaturno polje in tako predvideli deformacijo, ki jo ta povzroči. Vendarle lahko iz te informacije izluščimo dovolj, da vsaj v omejenem obsegu predvidimo temperaturni vpliv na meritve. To nam omogoči, da se pri analizi časovnega trenda osredotočimo le na deformacijo, ki jo povzroča mehanske napetosti oz. spremembe v razporeditvi obtežbe.

### 1.4 Modeli za napovedovanje temperaturnega odziva konstrukcij

Obstoječe modele za napoved temperaturnega vpliva je mogoče v grobem razdeliti na tiste, ki izhajajo iz fizikalnega modela konstrukcije, in tiste, ki za napoved uporabljajo zgolj meritve. Prvi so za širšo uporabo manj primerni, saj zahtevajo natančno modeliranje termomehanskega odziva, običajno z metodo končnih elementov. Prejšnje študije so na primer že testirale učinkovitost različnih regresijskih metod za numerične modele, ki obravnavajo razmerja med temperaturnimi porazdelitvami in strukturnim odzivom [Kromanis, 2014]. Gradnja natančnega modela je žal zamudna in potrebuje vhodne podatke, ki večkrat niso dosegljivi. Dodatno je treba za napo-

ved odziva izračunati celotno temperaturno polje konstrukcije, za kar bi potrebovali širšo mrežo meritev temperature. To pa je v praksi redko izvedljivo.

Po drugi strani modeli, ki fizikalnega ozadja ne upoštevajo, ne trpijo za omenjenimi težavami in lahko napovedo odziv na temperaturna nihanja zgolj z analizo preteklih časovnih serij. Tak pristop zahteva uporabo modernih metod strojnega učenja in nevronskih mrež in se v zadnjem času vedno bolj uveljavlja [Mishra, 2021]. Takšni modeli so računsko zahtevni, predvsem pa je lahko težavna njihova interpretacija. Zato je v nekaterih primerih smiselno uporabiti srednjo pot in zgraditi model, ki temelji na najosnovnejših fizikalnih principih in zato ni odvisen od natančnega numeričnega modela konstrukcije.

Pri cikličnem spreminjanju zunanje temperature v razsežnem polprostoru je mogoče globinski profil temperature relativno dobro opisati z rešitvijo 1D parcialne diferencialne enačbe za prevajanje toplote v analitični obliki. Značilnost rešitve je, da z naraščajočo globino pada amplituda temperaturnih nihanj in hkrati narašča fazna razlika. Na analitično rešitev se opira tudi standard SIST EN ISO 13786:2017 [SIST, 2017], ki obravnava dinamične toplotne značilnosti s preprostimi računskimi metodami. Model, ki je predstavljen v tem prispevku, smiselno upošteva osnovne lastnosti analitične rešitve, vendar na zelo poenostavljen način, ki omogoča izračun ob minimalnem številu parametrov.

## 1.5 Namen raziskave

V tem prispevku je predstavljen izviren način za napoved odvisnosti izmerjenih deformacij od temperature zunanjega zraka. Izhaja iz fizikalnega modela, ki je umerjen s pomočjo niza obstoječih meritev, ki pokrivajo časovni razpon sezonskega cikla

temperaturnih nihanj. Pristop je preizkušen na meritvah deformacij obstoječih razpok na zvoniku stolnice sv. Anastazije v Zadru v kombinaciji s podatki, izmerjenimi s pomočjo vremenske postaje v bližini.

## 2 MERITVE IN METODOLOGIJA IZRAČUNA

### 2.1 Opravljene meritve

Meritve deformacij smo izvajali na zvoniku katedrale sv. Anastazije Zadru, ki je visok 54,9 m, v obdobju 12 mesecev [Uglešić, 2014]. Vzpostavljen je bil merilni sistem z merilniki pomika na osnovi optičnih vlaken (merilni sistem SMARTEC SOFO). Merilniki pomika so bili nameščeni preko dveh sidrišč na zunanji površini zidu čez 8 razpok, ki se nahajajo na vseh štirih fasadah zvonika (po dve razpoki na vsaki od štirih fasad), glej sliko 1. Merska mesta so označena z oznako fasade in vertikalnega položaja (spodaj/zgoraj).

Razdalja med sidrišči merilnikov pomika je znašala 0,5 m. Na zračni razdalji okvirno 150 m od zvonika smo vzpostavili vremensko postajo z zajemom temperature in vlažnosti zraka, zračnega pritiska, padavin ter hitrosti in smeri vetra. Podatke iz vremenske postaje smo zajemali v podatkovno bazo sočasno s podatki o meritvah deformacij, in sicer 1 meritev vsakih 10 min.

### 2.2 Metodologija za izračun temperaturnega vpliva

Vpliv spreminjajoče se temperature okolice na meritev širine razpoke modeliramo s poenostavljenim numeričnim mode-



**Slika 1.** Levo: pogled na zvonik katedrale sv. Anastazije v Zadru, desno: rdeče okvirno označena merilna mesta, od leve proti desni: JV, JZ, SV in SZ fasada.

lom. Predpostavimo, da je sprememba širine razpoke  $d$  sorazmerna spremembi temperature podlage  $\theta(t)$ , ki pa je ne merimo in ne poznamo.

$$\Delta d_{model} = k\Delta\theta(t) \quad (1)$$

Osnovna neznanica je torej temperatura  $\theta(t)$ , ki jo poskušamo oceniti iz meritev temperature zraka  $\theta_z(t)$  na podlagi modela temperaturnega odziva konstrukcije. Dosleden fizikalni model temperaturnega odziva sloni na reševanju parcialne diferencialne enačbe za prenos toplote in je v praksi zaradi zahtevnosti neizvedljiv. Temperaturo podlage zato poskušamo napovedati s poenostavljenim modelom, ki se po osnovnih fizikalnih principih le zgleduje, ne upošteva pa jih v celoti. Glavni cilj je tako v čim boljši meri napovedati temperaturo podlage le na osnovi meritev temperature zraka, pri čemer osnovna ideja modela izhaja iz razmisleka, da se temperatura podlage zaradi končne toplotne kapacitete z zamikom odziva na spremembe zunanje temperature.

Sprememba temperature  $d\theta$  je sorazmerna toploti  $dQ$ , ki prehaja iz okolice, pri čemer je sorazmernostni koeficient obratno sorazmeren toplotni kapaciteti  $C$ :

$$d\theta = dQ/C \quad (2)$$

Toplotni tok  $dQ/dt$  v opazovani del na površini konstrukcije je vsota toplotnega toka, ki teče iz notranjosti in toplotnega toka, ki teče v okolico. Ta je v prvem približku sorazmeren s temperaturno razliko med zrakom in podlago  $dQ=K(\theta_z-\theta)dt$ , kjer  $K$  označuje konstanto, ki opredeljuje odvisnost toplotnega toka od temperaturne razlike. Toplotni tok, ki teče iz notranjosti, je sorazmeren z gradientom temperature in ga ni mogoče preprosto oceniti. Zavaljo rešljivosti modela toplotni tok proti notranjosti v primerjavi s tokom proti okolici zanemarimo.

Zvezo med hitrostjo spreminjanja temperature in temperaturno razliko med okolico in telesom tako lahko opišemo s preprosto diferencialno enačbo:

$$\frac{d\theta}{dt} = (\theta_z - \theta)/t_c \quad (3)$$

S časovno konstanto  $t_c=C/K$  opišemo skupni vpliv razmerja med toplotno kapaciteto in toplotno prehodnostjo, ki določa časovni zamik odziva temperature podlage proti temperaturi okolice.

Oceno za  $\theta(t)$  dobimo z numeričnim integriranjem zgornje enačbe med časoma  $t_0$  in  $t_1$ , pri čemer izhajamo iz izmerjene temperature zraka  $\theta_z(t)$  in predpostavimo, da je  $\theta(t_0)=\theta_z(t_0)$ . Za numerično integracijo diferencialne enačbe uporabimo eksplicitno metodo Runge-Kutta.

Konstanti  $k$  in  $t_c$  določimo z optimiranjem razlike med izmerjenim  $\Delta d_{meritev}(t)$  in napovedanim odzivom  $\Delta d_{model}(t)$  v izbranem časovnem nizu meritev med  $t_0$  in  $t_1$ :

$$\int_{t_0}^{t_1} (\Delta d_{meritev} - \Delta d_{model})^2 dt \quad (4)$$

Optimizacijo izvedemo v dveh korakih. Najprej ločeno določimo  $t_c$ . To storimo tako, da za različne parametre  $t_c$  integriramo diferencialno enačbo in tako dobimo različne časovne poteke temperature  $\Delta\theta_{model}(t)$ , ki jih primerjamo s časovnim potekom meritev širine razpok  $\Delta d_{meritev}(t)$ . Da bi lahko opravili primerjavo,

najprej oboje pretvorimo v brezdimenzijsko obliko z normiranjem vrednosti na območje  $[-1,1]$ . Normiranje signala  $x(t)$ , ki v danem območju med  $t_0$  in  $t_1$  zavzame največjo vrednost  $x_{max}(t)$  in najnižjo vrednost  $x_{min}(t)$ , opravimo s pomočjo transformacije  $\bar{x}=(x-x_0)/\Delta x$ , kjer je  $x_0=(x_{min}+x_{max})/2$  in  $\Delta x=(x_{max}-x_{min})/2$ . Normirani signal označimo z  $\bar{x}(t)$ . Parameter  $t_c$  tako določimo z minimiziranjem razlike  $\int_{t_0}^{t_1} (\Delta\bar{\theta}_{meritev} - \Delta\bar{d}_{model})^2 dt$ . Numerična integracija je hitra in zato cel postopek računsko nezahteven. Ko določimo  $t_c$ , nazadnje določimo še parameter  $k$  s pomočjo metode najmanjših kvadratov.

Z modelom (1) lahko sorazmerno dobro opišemo sezonske variacije, ki predstavljajo pretežni del odziva, zaradi preproste zasnove modela pa ni mogoče hkrati zajeti tudi dnevnih variacij. Zato model (1) razširimo v vsoto dveh prispevkov

$$\Delta d_{model} = k_1\Delta\theta_1(t)+k_2\Delta\theta_2(t), \quad (5)$$

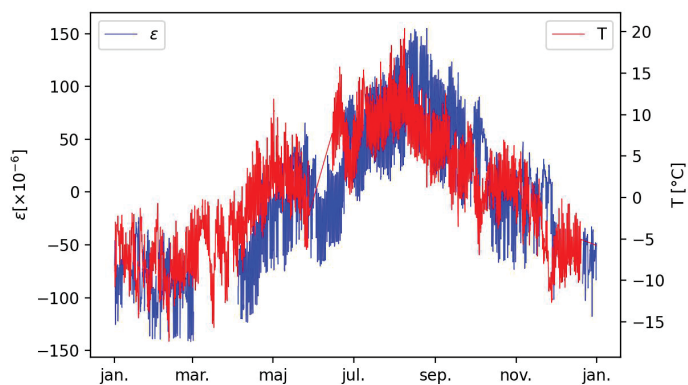
kjer je  $\Delta\theta_1$  sezonska in  $\Delta\theta_2$  dnevna variacija temperature. Dnevno variacijo temperature določimo na podoben način kot sezonsko, pri čemer rešujemo nekoliko modificirano diferencialno enačbo (3), kjer namesto  $\theta_z$  privzamemo razliko  $\theta_z-\theta_p$ , kjer temperatura  $\theta_p$  predstavlja temperaturo sloja, kjer dnevna nihanja temperature niso več opazna. Pri integraciji diferencialne enačbe nastavimo začetno vrednost  $\theta_2(0)=0$ . Temperaturo spodnjega sloja  $\theta_p$  neodvisno ocenimo z numerično integracijo (3), kjer za  $t_c$  privzamemo oceno 1 dan, ki je izbrana izkustveno.

Osnovna ideja za tovrstni pristop izhaja iz predpostavke, da je toplotni tok, ki ogreva površinski sloj, razlika toplotnih tokov, ki izhajajo od površine in proti notranjosti. Čeprav sta tokova različna, lahko v prvem približku privzamemo, da je skupni toplotni tok sorazmeren temperaturni razliki med površino in spodnjim slojem  $\theta_z-\theta_p$ . Časovno konstanto  $t_{c2}$  določimo z optimizacijo časovnega zamika med razliko  $\Delta d_{model}-k_1\Delta\theta_1(t)$  ter  $\Delta\theta_2(t)$ . Vrednost  $t_{c2}$  iščemo v območju od nekaj minut do nekaj ur, pri čemer fiksiramo parametra  $k_1$  in  $t_{c1}$ , ki ju določimo že v prvem koraku. Sledi le še določitev  $k_2$  ob fiksiranju vseh preostalih parametrov.

Z možnostjo nastavitve različnih koeficientov  $k_1$  in  $k_2$  lahko model zajame različne konfiguracije meritev. V skrajnem primeru, ko gre za merjenje razdalje med sidrišči na homogeni površini, predvidevamo, da velja  $k_1=k_2$ . V primeru pa, ko sta sidrišči merilnika vgrajeni čez razpoko in lahko privzamemo, da je zgornji sloj od spodnjega ločen, raztezanje zgornjega sloja povzroči zapiranje razpoke, zato sta predznaka  $k_1$  in  $k_2$  različna, kar je predstavljeno na sliki 3.

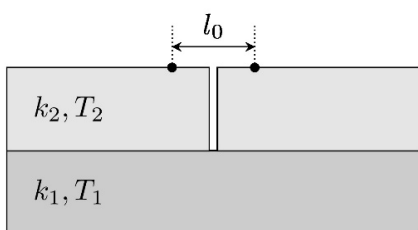
### 3 REZULTATI

Na sliki 2 in 3 sta prikazana časovna diagrama meritev temperature zraka (rdeče) in relativne deformacije razpoke na JV fasadi zgoraj  $\varepsilon=\Delta d/l_0$  (modro), pri čemer je  $l_0$  začetna razdalja med sidrišči merilnika razpok,  $\Delta d$  pa izmerjena sprememba razdalje. Meritvi sta zaradi lažje primerjave prikazani na ločenih oseh. Slika 2 prikazuje časovni potek temperature zraka in deformacije v razponu enega leta. Razvidno je, da meritve deformacij časovno zaostajajo za temperaturnimi nihanji, kar kaže na toplotno vztrajnost objekta, ki se na spremembe temperature okoliškega zraka odziva s približno 14,6-dnevnim zamikom (glej preglednico 1).

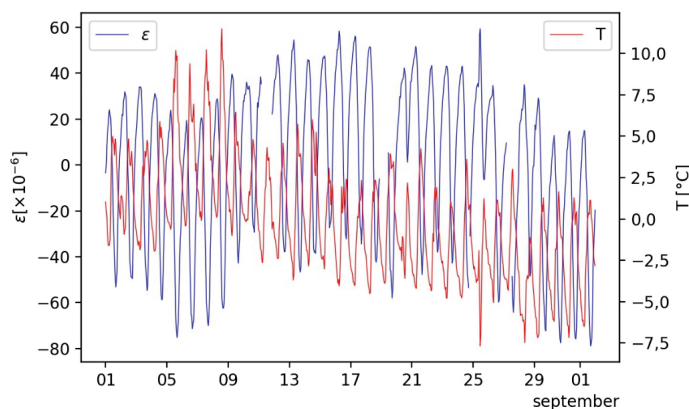


**Slika 2.** Časovni potek temperature zraka in deformacije za merilno mesto JV zgoraj v razponu enega leta.

Podrobnejša primerjava časovnega poteka deformacij proti poteku temperature zraka za obdobje 30 dni na sliki 4 razkriva, da je predznak spremembe deformacij nasproten predznaku temperaturnih sprememb, iz česar je mogoče sklepati, da se razpoke z ogrevanjem zraka zapirajo. Tudi v primeru dnevnih temperaturnih nihanj deformacije razpok sledijo z zamikom, vendar je ta bistveno krajši. Zapiranje razpok z naraščajočo zunanjo temperaturo je na prvi pogled nekoliko presenetljivo, vendar ga je mogoče razložiti sorazmerno preprosto. Če je površinski sloj od spodnjega ločen, raztezanje površinskega sloja povzroči zmanjševanje razdalje med sidriščema, raztezanje podlage pa povečevanje razdalje (prikaz na sliki 3).

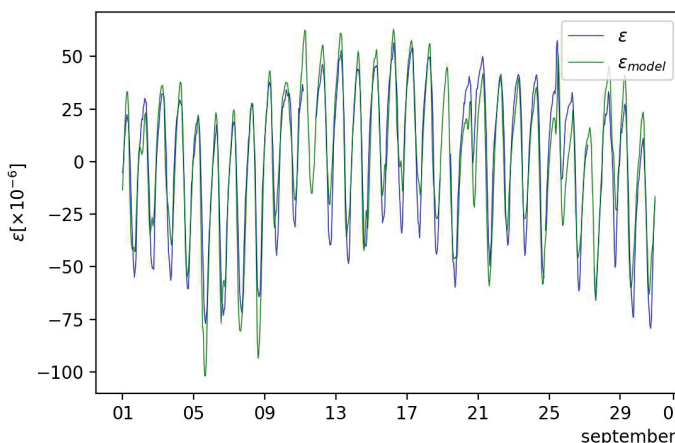
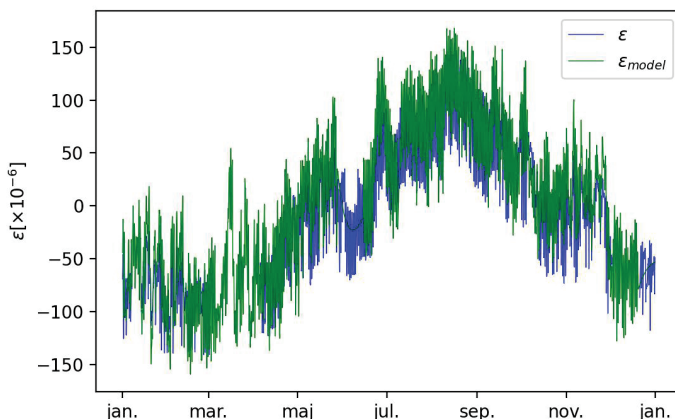


**Slika 3.** Model razpoke.



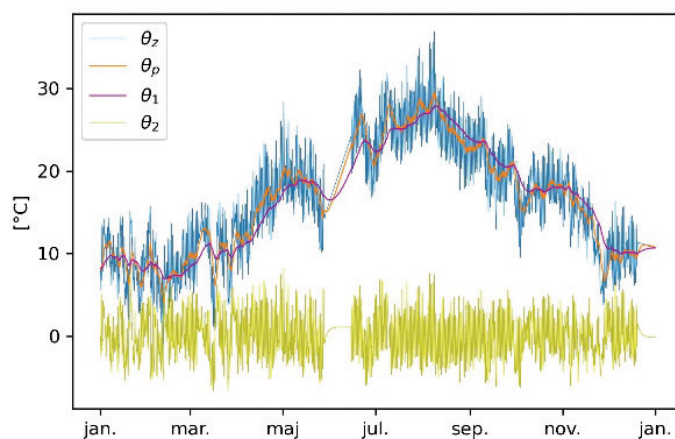
**Slika 4.** Časovni potek temperature zraka in deformacije za merilno mesto JV zgoraj v razponu 30 dni.

Na sliki 5 je predstavljena primerjava med izmerjeno (modro) in modelirano (zeleno) deformacijo razpoke na JV fasadi

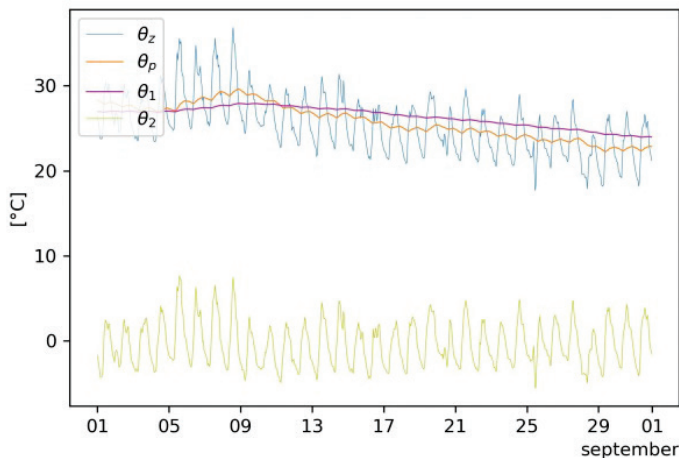


**Slika 5.** Primerjava modelne napovedi deformacij z izmerjenimi v razponu enega leta in enega meseca za merilno mesto JV zgoraj.

zgoraj. Kljub preprosti zasnovi je model sposoben sorazmerno dobre napovedi, saj absolutna vrednost razlike med modelom in meritvijo ne presega vrednosti  $30 \times 10^{-6}$ . Dobro opiše tudi fazno razliko pri sezonskem kakor tudi pri dnevnem nihanju. Razlike med izmerjenim in napovedanim odzivom so posledica poenostavitve modela in deformacij, ki so neodvisne od temperaturnih nihanj in jih povzročijo mehanske spremembe ali spremembe v obremenitvi.

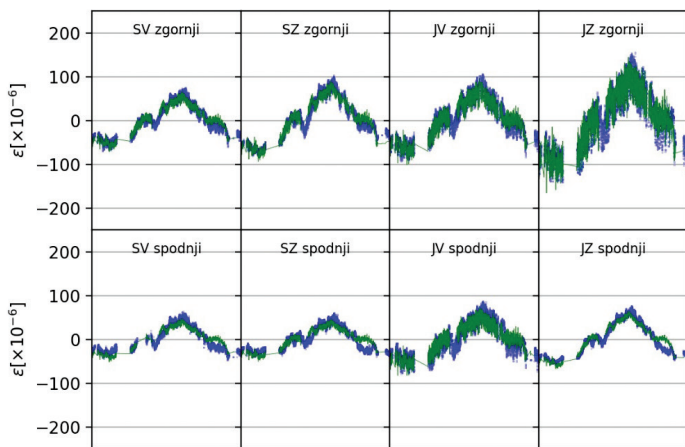




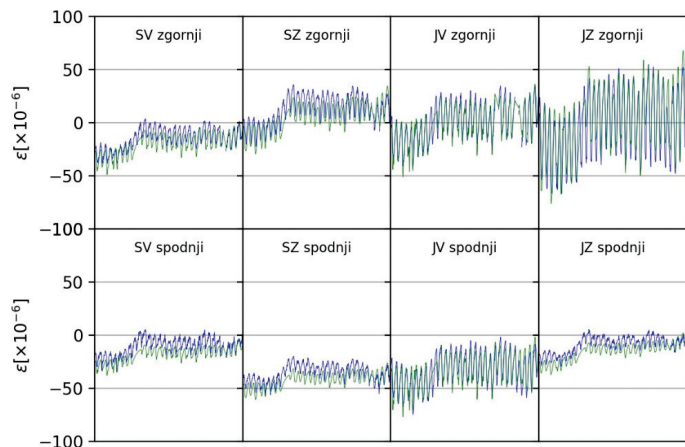


**Slika 6.** Primerjava temperaturnih nizov za model meritve JV zgoraj v časovnem razponu enega leta in enega meseca.

Slika 6 prikazuje primerjavo različnih temperaturnih nizov, ki so uporabljeni v modelu meritve razpoke na mestu JV



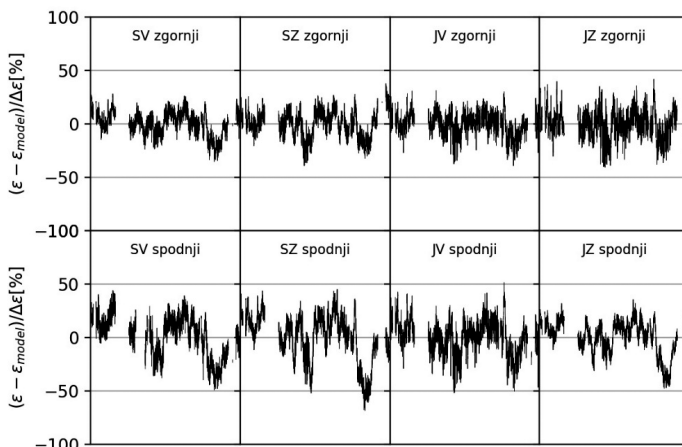
**Slika 7.** Primerjava meritve razpok (modro) z modelsko napovedjo (zeleno) za vsa merska mesta v obdobju enega leta.



**Slika 8.** Primerjava meritve razpok (modro) z modelsko napovedjo (zeleno) za vsa merska mesta v obdobju 30 dni.

zgoraj. Poleg temperature zraka  $\theta_z$  so prikazane še sezonska in dnevna variacija temperature  $\theta_1$  in  $\theta_2$  ter temperatura  $\theta_p$ , ki sicer služi le za računski pripomoček pri izračunu dnevne variacije  $\theta_2$ .

Slika 7 prikazuje primerjavo med modelsko napovedjo in meritvami v obdobju enega leta za vsa merska mesta. Na sliki 8 so na diagramih, ki obsegajo isto časovno obdobje, prikazane relativne razlike med modelsko napovedjo in meritvami  $\epsilon - \epsilon_{model}$  glede na razpon  $\Delta\epsilon = (\epsilon_{max} - \epsilon_{min})/2$ . Vidimo lahko, da so v prikazani razliki sezonska in dnevna nihanja znatno manj izrazita, kar olajšuje interpretacijo in zaznavo morebitnih dolgotrajnih trendov.



**Slika 9.** Diagrami prikazujejo razliko med meritvijo razpok in modelsko napovedjo za vsa merska mesta v obdobju enega leta relativno glede na razpon  $\Delta\epsilon = (\epsilon_{max} - \epsilon_{min})/2$ .

Parametri modelov za posamezne razpoke, ki so bili izračunani na podlagi optimizacije, so podani v preglednici 1. Časovne konstante sezonskih nihanj so v razponu od 7,1 do 17,3 dneva, za dnevna nihanja pa od 9 do 141 min. Koefficienti  $k_1$  so v relativno majhnem razponu od 0,9 do 1,8. Enako velja za koeficiente  $k_2$ , ki ležijo v območju od -0,1 do -1,6. Predznak koeficientov  $k_1$  in  $k_2$  je nasproten, kar je v skladu z opažanjem, da se razpoke ob segrevanju zapirajo.

	$tc_1$ [dni]	$k_1$	$tc_2$ [min]	$k_2$
SZ spodaj	9,6	0,9	127	-0,3
SZ zgoraj	10,1	1,8	141	-0,4
SV spodaj	7,1	1,0	9	-0,2
SV zgoraj	8,4	1,3	19	-0,3
JZ spodaj	10,1	1,4	59	-0,1
JZ zgoraj	17,3	2,4	79	-1,6
JV spodaj	14,6	1,3	9	-0,8
JV zgoraj	9,3	6,7	9	-0,8

**Preglednica 1.** Parametri modelov razpok.

## 4 DISKUSIJA

Modeliranje temperaturne odvisnosti meritve širine razpoke zgolj na podlagi zunanje temperature je mogoče le z modelom, ki fizikalnih zakonitosti ne upošteva povsem dosledno, zato ga je treba obravnavati le kot računsko orodje, ki pomaga pri lažji interpretaciji meritev. Kljub temu je zanimivo, da je mogoče oceniti red velikosti za  $t_{c1}$  z grobo oceno. Najprej zapišemo  $t_{c1} = m_q / K = mc_p / K$ , kjer je  $K$  skupni toplotni tok na enoto temperaturne razlike in je produkt toplotne prestopnosti in površine. Toplotno prestopnost  $\Lambda = \lambda S / dx = 1300 \text{ kW/K}$  ocenimo iz toplotne prevodnosti apnenca, ki znaša  $\lambda = 1,3 \text{ W/mK}$ , površine  $S$ , ki jo ocenimo na ca.  $2000 \text{ m}^2$  (višina 55 m, stranica zvonika približno 5 m, štejemo dvojno površino, ker je zvonik odprt), in debeline mejne plasti  $dx$ , ki jo ocenimo na ca. 2 mm. Maso zvonika določimo iz ocene debeline zidov 0,5 m in ocene gostote apnenca  $\rho = 2000 \text{ kg/dm}^3$  na ca. 1000 ton. Če upoštevamo še toplotno kapaciteto apnenca  $c = 840 \text{ kJ/kgK}$ , dobimo

$$t_{c1} = \frac{mc_p}{\Lambda} = \frac{10^6 \text{ kg} \cdot 840 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{1300 \frac{\text{kW}}{\text{K}}} = 7,5 \text{ dni}$$

Čprav gre za izjemno grobo oceno, je ta vendarle v okviru razpona vrednosti, ki jih dobimo z optimizacijo, in znaša od 7 do 17 dni za različna merska mesta.

Pri sinusno spreminjajočem se poteku zunanje temperature s periodo  $t_0$  lahko ocenimo vdorno globino  $\delta$  (globino, pri kateri se amplituda zmanjša za  $e=2,71828$  krat) s pomočjo izraza  $\delta = \sqrt{\frac{\lambda t_0}{\pi \rho c}}$ , ki je povzet po definiciji, podani v členu 3.2.7 iz standarda SIST EN ISO 13786:2017 [SIST, 2017]. Za konkretni primer za periodo  $t_0=1$  dan znaša vdorna globina 4,7 mm, za periodo  $t_0=1$  leto dni pa 8,8 cm.

## 5 SKLEP

Prikazan način modeliranja temperaturnega vpliva na meritve deformacij je kljub preprosti zasnovi učinkovit in omogoča izračun modelske napovedi, na podlagi katere je mogoče izboljšati zanesljivost napovedi meritev deformacij. Temperaturni vplivi na izmerjene deformacije so lahko bistveno večji od konstrukcijskih vplivov, ki jih želimo spremljati, zato je pri oceni obnašanja koristno odšteti temperaturni vpliv in tako bolj jasno izpostaviti ključne dejavnike, ki vplivajo na časovni razvoj razpok. Z razvitim modelom temperaturne odvisnosti, ki ga umerimo na enoletni časovni zgodovini meritev temperature in deformacij, je mogoče v nadaljevanju iz meritev okoliške temperature sorazmerno dobro napovedati deformacije razpok. Razlika med meritvijo in modelsko napovedjo zato lahko služi za koristno orodje pri interpretaciji meritev. Ključno spoznanje je, da uspešna interpretacija meritev deformacij ni mogoča, če ob meritvi deformacij hkrati ne merimo vsaj še temperature okoliškega zraka. Z meritvijo temperature in s preprostim modelom, ki je predstavljen v tem prispevku, je mogoče napovedati vpliv temperature na meritve deformacij in ga izločiti pri skupni oceni vpliva deformacij.

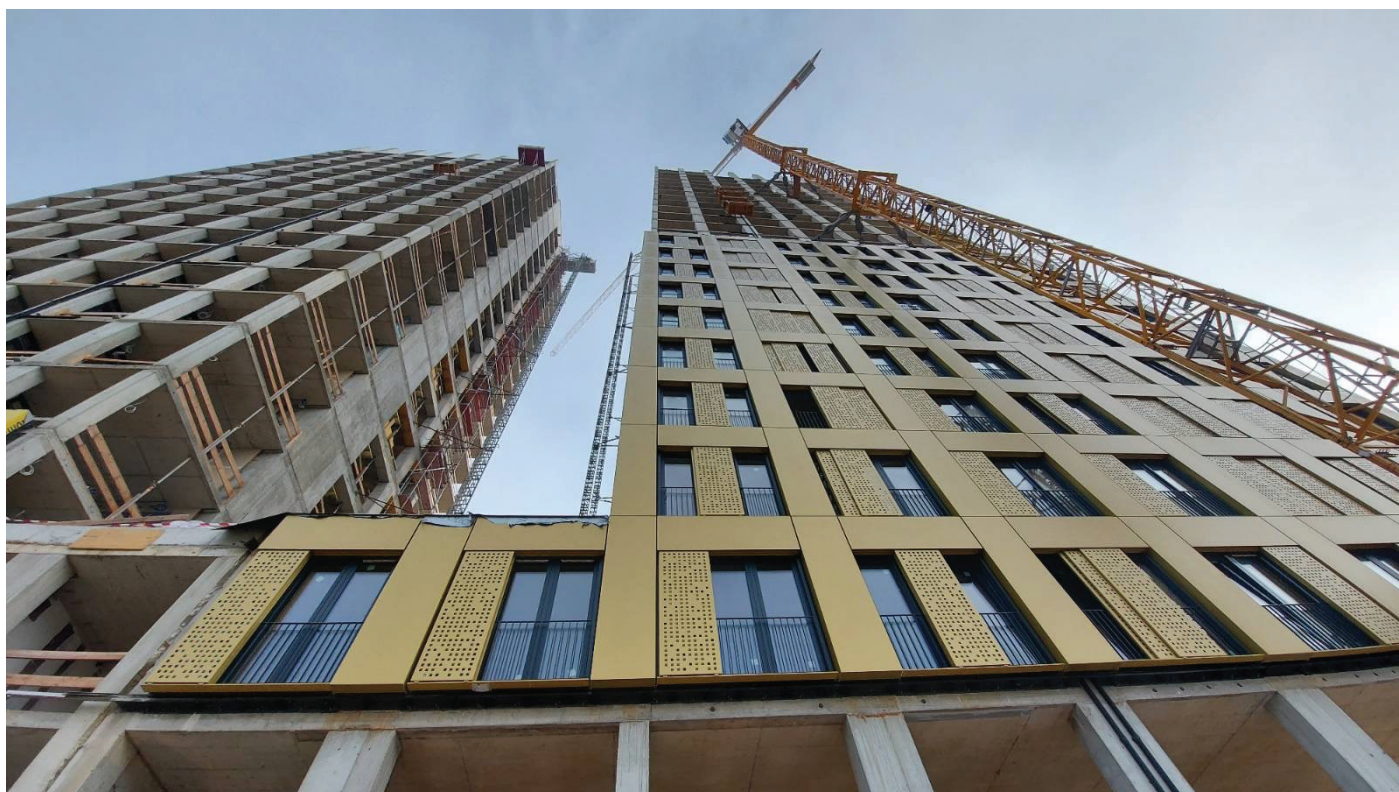
## 6 ZAHVALA

Predstavljeni rezultati so pridobljeni v sklopu dela infrastrukturne skupine Preizkušanje materialov in konstrukcij (ARRS – IO-0032), ki jo financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Za finančno pomoč se ji iskreno zahvaljujem.

## 7 LITERATURA

- Anžlin, A., Bohinc, U., Hekič, D., Kreslin, M., Kalin, J., Žnidarič, A., Comprehensive permanent remote monitoring system of a multi-span highway bridge. In Proceedings of the 2nd International Conference CoMS 2020/21 (p. Volume 2, p. 12), 2021.
- Glisic, B., Fiber optic sensors for subsea structural health monitoring. Subsea Optics and Imaging, 434–470, <https://doi.org/10.1533/9780857093523.3.434>, 2013.
- Habel, W. R., Structural health monitoring research in Europe: Trends and applications, Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure Systems. Woodhead Publishing Limited, <https://doi.org/10.1533/9781845696825.2.435>, 2009.
- Kromanis, R., Kripakaran, P., Predicting thermal response of bridges using regression models derived from measurement histories, Computers & Structures, 136, 64–77, <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUC.2014.01.026>, 2014.
- Mishra, M., Machine learning techniques for structural health monitoring of heritage buildings: A state-of-the-art review and case studies, Journal of Cultural Heritage, 47, 227–245, <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2020.09.005>, 2021.
- SIST, SIST EN ISO 13786:2017 Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods (ISO 13786:2017, Corrected version 2018-03), Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2017.
- Uglešič, D., Bohinc, U., Monitoring of cracks on the bell tower of St. Anastasia cathedral in Zadar Croatia, 7th European Workshop on Structural Health Monitoring, EWSHM 2014 - 2nd European Conference of the Prognostics and Health Management (PHM) Society, (June), 2020–2027, 2014.
- Urban, V., Krivy, V., Kubzova, M., Development of Corrosion Processes on Weathering Railway Bridge, Procedia Engineering, 190, 275–282, <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.05.338>, 2017.
- Wang, M. L., Lynch, J. P., Sohn, H., Sensor Technologies for Civil Infrastructures, Sensor Technologies for Civil Infrastructures (Vol. 1), Elsevier Inc., <https://doi.org/10.1533/9781782422433>, 2014.

# FOTOREPORTAŽA STANOVANJSKO-POSLOVNI KOMPLEKS SPEKTRA V LJUBLJANI



*Slika 1. Dosežena končna višina kompleksa Spektre in zaključek gradbenih del, oktober 2022.*

**Lokacija:** Ljubljana, Celovška cesta

**Investitor:** Spektra Invest, d. o. o.

**Projektant arhitekture:** Scapelab, d. o. o.

**Projektant gradbenih konstrukcij:** ELEA iC, d. o. o.

**Projektant strojnih in elektro instalacij:** NOM BIRO, projektiranje in svetovanje, d. o. o.

**Izvajalec gradbenih del:** Gorenjska gradbena družba, d. d.

Ob križišču Celovške in Rakuševe ulice, pri Celovških dvorih, je zrasel stanovanjsko-poslovni kompleks Spektra. Sestavljata ga dve stolpnici na pritrličnem podstavku. Po dograditvi bosta z višino 85,5 m najvišji stanovanjski stolpnici v Sloveniji. Poleg pritličja zajemata še 21 nadstropij in 4 kletne etaže. Zunanje tlorisne dimenzije stanovanjsko-poslovnega objekta so 62,5 m x 45,8 m, pokritega uvoza v podzemno garažo pa 62,5 m x 7,4 m.

Objekt sestavljajo trije deli, garažni in dva stolpiča, ki so med seboj ločeni z 10-cm dilatacijo, ki sega do temeljne plošče. Stolpiča sta v nadzemnem delu identična in sta v nadstropjih tlorisnih gabaritov 18,66 m x 24,40 m.



**Slika 2.** Vizualizacija stanovanjsko-poslovnega kompleksa Spektra; Scapelab, d. o. o.

Površine razširjenega pritličja bodo namenjene banki, trgovini, storitvenim dejavnostim in gostinskim lokalom. V srednjem delu pritličja bosta dva vhoda v stanovanjski del objekta. V 21 nadstropjih z etažno višino 3,4 m bo 214 stanovanj različnih velikosti, od garsonjer ter eno- do štirisobnih stanovanj s pripadajočimi ložami in atriji. Stanovanja bodo imela v bivalnih prostorih svetlo višino 280 cm, z okni na vseh zunanjih stenah, ki bodo segala od tal do višine 250 cm. V štirih kletnih etažah so predvideni tehnični prostori za elektro in strojne instalacije, prostor za smeti, kolesarnice, shrambe in parkirna mesta za stanovalce in obiskovalce trgovskih lokalov. V garaži bo zagotovljeno 392 parkirnih mest za motorna vozila, za stanovalce bo zagotovljenih tudi 536 parkirnih mest za kolesa, za ostale uporabnike objekta pa še dodatnih 35. V vsakem stolpiču je izvedeno po eno komunikacijsko jedro, ki vodi od najnižje kletne etaže do najvišje etaže objekta. Jedro bo sestavljeno iz stopnišča in dveh dvigal. Dvigala bodo s hitrostjo 3 m/s najhitrejša v Sloveniji. Kot prva stanovanjska sosesevka v Ljubljani bo Spektra imela tudi zasebni fitness prostor.



**Slika 3.** Vizualizacija stanovanja; Scapelab, d. o. o.



**Slika 4.** Vizualizacija stanovanja; Scapelab, d. o. o.

Gradnja Spektre se je začela v juniju leta 2021. Gradbena jama, varovana s piloti in geotehničnimi sidri, je bila izvedena že v letih 2007 in 2008. Leta 2019 je bila obstoječa podporna konstrukcija zaradi dotrajanosti ustrezno sanirana. Garažni del objekta je plitvo temeljen na temeljni plošči debeline 60 cm z odebelitvami pod stebri, stanovanjski del objekta s stolpnicama pa na temeljni plošči debeline 200 cm.

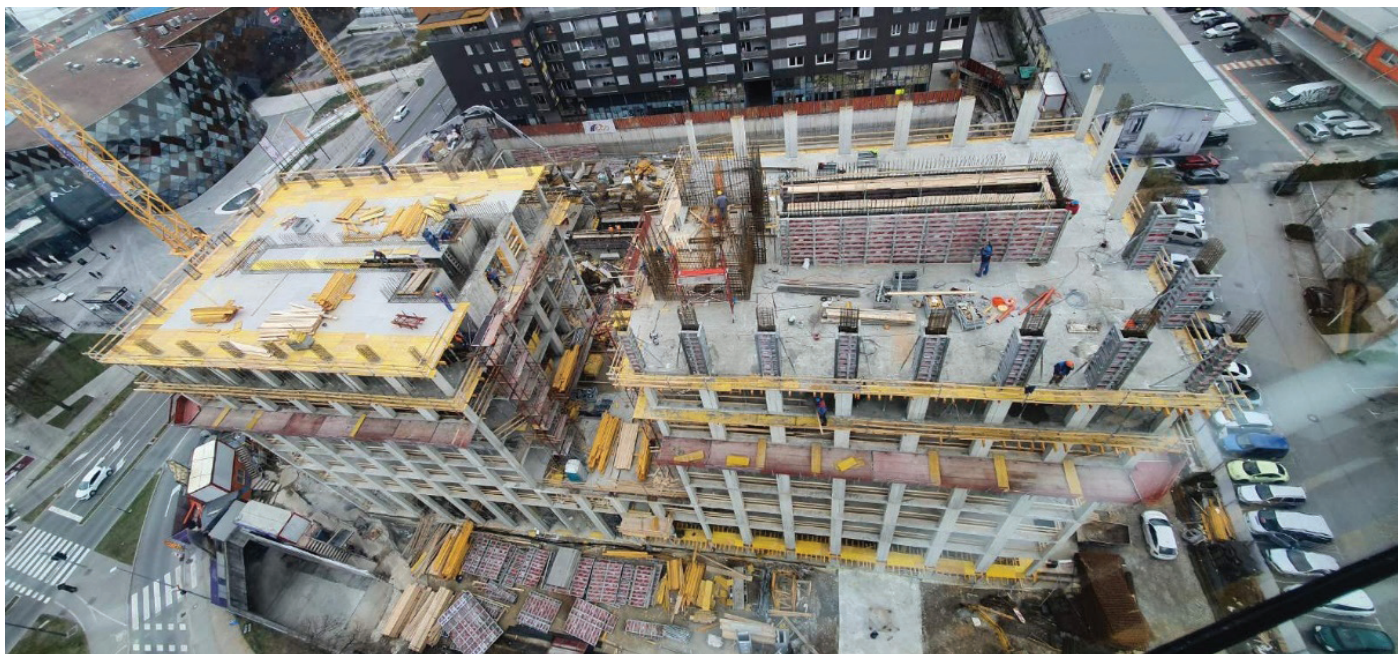


**Slika 5 in 6.** Pričetek del v gradbeni jami, julij 2021.



**Slika 7 in 8.** Gradnja kletnih etaž, september 2021.

Medetažne plošče objekta so armiranobetonske. V stolpnici so v podzemnem delu debeline 26 cm, v nadzemnih etažah pa so debeline 22 cm in so naknadno prednapete. Podprte so z armiranobetonskimi stebri in stenami, ki potekajo kontinuirno od temeljev do strehe. Za plošče je uporabljen beton trdnostnega razreda C30/37. Stene so od 4. kleti do 2. nadstropja debeline 50 cm, v višjih etažah pa se njihova debelina postopno zmanjšuje. Od 17. nadstropja do vrha je njihova debelina najmanjša in znaša 20 cm. Skupaj z jedrom dvigalnega jaška zagotavljajo zadostno potresno odpornost objekta. Stebri in stene so iz betonov trdnostnih razredov C50/60, C40/50 in C30/37. Armiranobetonska konstrukcija se je v celoti izvedla na mestu samem – na gradbišču.



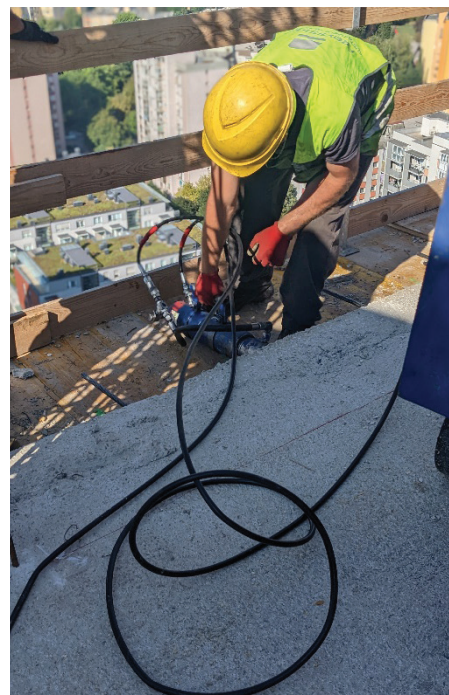
**Slika 9.** Gradnja spodnjih etaž stolpnic, april 2022.



**Slika 10.** Gradnja trgovskega dela objekta, v ozadju gradnja stolpnic, april 2022.



**Slika 11.** Betoniranje plošče, april 2022.



**Slika 12.** Naknadno napenjanje plošče, avgust 2022.

Fasada proizvajalca Schuco in z oblogo iz kompozitnega aluminija proizvajalca Alpolic je sestavljena iz izgotovljenih elementov, ki so izdelani v proizvodnji. Vse predelne stene stanovanjskega dela objekta so predvidene v sistemu mavčnokartonskih plošč Knauf.



**Slika 13.** Pogled proti Šmarni gori in Kamniškim Alpam z 21. nadstropja, avgust 2022.

Gradbena dela so se zaključila v začetku septembra. Trenutno se izvajajo fasaderska in obrtniška dela. Zaključek gradnje je predviden do poletja 2023.



**Slika 14.** Dosežena končna višina kompleksa Spektre, september 2022.



**Slika 15.** Zaključek gradbenih del, oktober 2022.

**Fotografije:** Gorenjska gradbena družba, d. d.



# FOTOREPORTAŽA PREDOR PEKEL NA NOVI TRASI ŽELEZNIŠKE PROGE MARIBOR-ŠENTILJ



*Slika 1. Gradnja predora Pekel na severni strani, september 2022.*

**Lokacija:** Počehova, Maribor

**Investitor:** Republika Slovenija, Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija RS za infrastrukturo

**Projekt:** Nadgradnja železniške proge Maribor-Šentilj-državna meja

**Ocenjena vrednost celotnega projekta nadgradnje železniške proge Maribor-Šentilj:** 286,6 mio. EUR

**EU-sredstva – Kohezijski sklad:** 101 mio. EUR

**Projektiranje predora:** Elea iC, d. o. o., in IBE, d. d.

**Pogodba:** Gradnja odseka železniške proge Maribor-Šentilj-d. m. od km 595+870 do km 599+600 glavne železniške proge št. 30 Zidani Most-Šentilj-d. m.

**Izvajalec:** Pomgrad, d. d., Kolektor Koling, d. o. o., SŽ – ŽGP, d. d., GH Holding, d. o. o., in GGD, d. d.

**Pogodbena vrednost:** 100.963.443,86 EUR

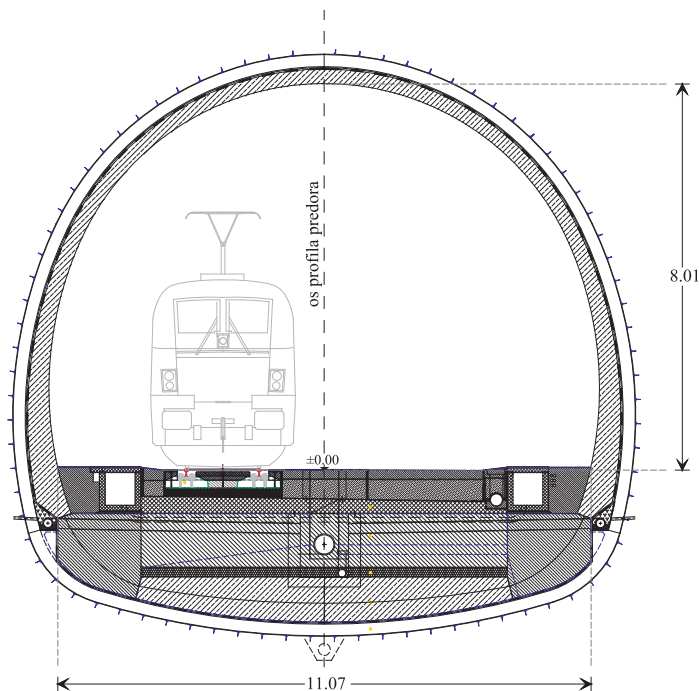
**Predvidena izvedba:** 2019-2023

Predor Pekel je del projekta nadgradnje železniške proge Maribor-Šentilj in bo zgrajen severno od Maribora ter vzhodno od obstoječe železniške proge, ki trenutno poteka skozi železniški predor Počehova, ki je bil kot del proge Južne železnice predan v promet že daljnega leta 1846. V obstoječem predoru je položen samo en tir, čeprav je bil predor zgrajen za dvotirno progo. Tir je elektrificiran in leži v krivinah s precej neugodnimi geometrijskimi elementi, ki ne dovoljujejo hitrosti, večje od 70 km/h. Zaradi te omejitve hitrosti in ostalih predvidenih del, ki bi jih bilo treba izvesti za doseganje veljavnih varnostnih standardov, je bila sprejeta odločitev o gradnji novega predora.



**Slika 2.** Predor Počehova na obstoječi železniški progi.

Predor Pekel bo dolg 1530 metrov, z 245 metrov dolgim reševalnim rovom in je projektiran za dvotirnost. V prvi fazi bo v predoru položen samo en tir, drugi tir se bo nameščal skladno s prometnimi potrebami. Pripravljalna dela v predoru so stekla septembra 2020 z urejanjem dostopov do gradbišča, čiščenjem pobočja ter izvedbo portalov. Za potrebe gradbenih del je bila v neposredni bližini postavljena tudi betonarna.



**Slika 3.** Karakteristični prečni prerez predora Pekel.

Gradnja predora poteka po glinenem laporju s tankimi, redkimi polami peščenjaka. Izkopna dela potekajo po novi avstrijski metodi izkopa (NATM-metoda), ki je zasnovana tako, da hribino okrog območja izkopa obravnava kot breme in hkrati kot nosilni obroč, ki to breme prevzame. Uspešna je predvsem zaradi svoje prilagodljivosti različnim hribskim razmeram, saj omogoča kar največjo izbiro gradbenih in izkopskih metod ter izvedbe predorske obloge. Pri izgradnji je bil prvič v Sloveniji za podpiranje izkopa uporabljen tudi mikroarmirani brizgani beton, ki omogoča hitrejšo gradnjo brez uporabe armature. Predor Pekel bo prvi predor v Sloveniji, ki bo popolnoma vodotesen.



**Slika 4.** Vrtanje cevnega ščita na južni strani predora, marec, 2022.



**Slika 5.** Stabilizacija leve kalote na južni strani predora z brizganjem betona, maj, 2022.



**Slika 6.** Vrtanje minskih vrtin v predoru na severni strani, november, 2021.



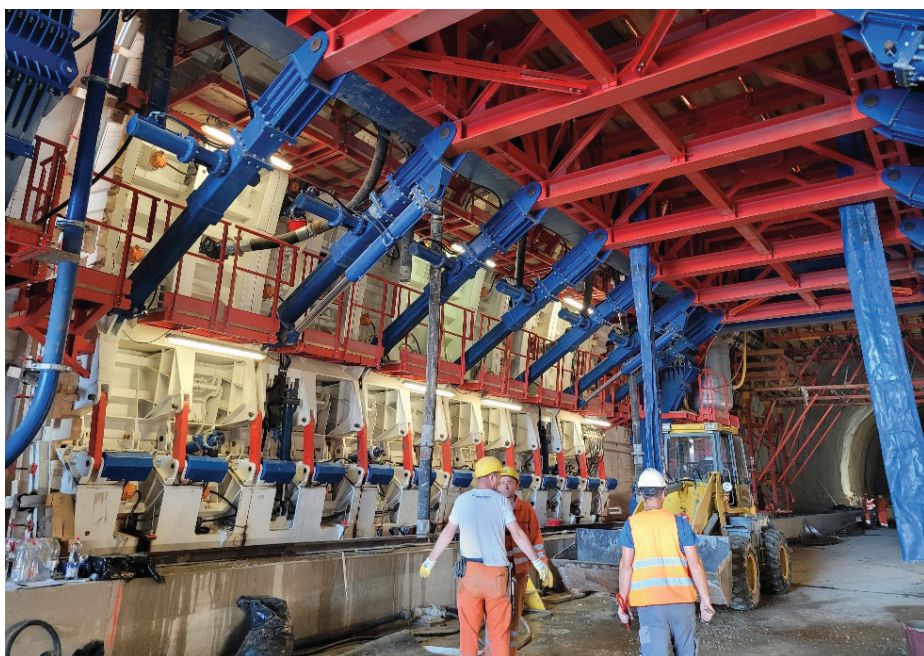
**Slika 7.** Preboj reševalnega rova, marec 2022.

Za preboj je bilo potrebnih 479 izkopskih dni oziroma 16 mesecev. Za izkop predora so bili uporabljeni predorski bager in freza ter tudi miniranje. Za podpiranje predora sta bila uporabljena stroj za nanašanje brizganega betona in vrtalni stroj za vgradnjo sider. Izkopanega je bilo 195.000 m<sup>3</sup> materiala. Za podpiranje so uporabili 30.000 m<sup>3</sup> brizganega betona in vgradili več kot 7000 sider.



**Slika 8.** Preboj železniškega predora Pekel, avgust, 2022.

V začetku meseca septembra 2022 se je začelo betoniranje notranje obloge, ki bo predvidoma potekalo šest mesecev. Betoniranje notranje obloge, ki predstavlja končno konstrukcijo predorske cevi, se je začelo na severni strani predora. Izdelava notranje obloge se izvaja po sistemu betoniranja posameznih segmentov. Po celotni dolžini predora je skupaj 121 segmentov dolžine 12 m. Pred betoniranjem notranje obloge se na primarno oblogo položi hidroizolacijska membrana in v določenih segmentih tudi armatura. Nato se po temelju na mesto posameznega segmenta premakne in namesti opažna konstrukcija teže 170 ton, s katero se v posamezni segment vgradi ca. 145 m<sup>3</sup> betona. Predvidena je betonaža 20 segmentov na mesec.



**Slika 9 in 10.** Betoniranje notranje obloge, september 2022.

Nov železniški predor Pekel bo zaključen v prvi polovici leta 2023. Močno bo izboljšal varnost železniške proge Maribor-Šentilj, povečal njeno prepustno zmogljivost in povečal hitrost proge na do 120 km/h, s čimer se bo skrajšal tudi potovalni čas.

Več o projektu je na voljo na spletnem portalu [Krajsamo razdalje](http://www.krajsamorazdalje.si).

(<http://www.krajsamorazdalje.si/projekti/izgradnja-odseka-od-pocehove-do-pesnice-novi-predor-pekeli-in-viadukt-pesnica>)

**Avtor:** Direkcija RS za infrastrukturo

# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Lucija Balant.** Vpliv zasnove stavbnega ovoja in obnašanja uporabnikov na rast in razvoj gliv na primeru enodružinske hiše, mentorica izr. prof. dr. Mateja Dovjak, somentor prof. dr. Tomaž Hozjan;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140364>

**Tilen Boštjančič.** Program zmanjševanja vodnih izgub pri oskrbi s pitno vodo v izbrani občini, mentor doc. dr. Daniel Kozelj;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140597>

**Katja Braniselj.** Prometno varnostna ureditev ceste med Cerknico in Dolenjim jezerom, mentor doc. dr. Peter Lipar, somentor pred. dr. Aleš Golja;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140581>

**Gašper Čufar.** Izdelava terminskega plana za projekt izgradnje skladiščnega objekta, mentor doc. dr. Aleksander Srdić;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141488&lang=slv>

**Katja Hrobat.** Materialni modeli sodobnih geopolimernih betonov za računske analize gradbenih konstrukcij, mentorica doc. dr. Jerneja Češarek Kolšek, somentor doc. dr. Peter Češarek;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140981>

**Matic Krištofelc.** Analiza cen odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v Mestni občini Kranj, mentorica izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140978>

**Klemen Kužnik.** Informacijske podlage za ocenjevanje tržne vrednosti stanovanjskih nepremičnin v mestni občini Novo mesto, mentorica izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140371>

**Anže Rojec.** Vrednotenje enodružinske hiše po shemi Active House s poudarkom na kazalnikih kakovosti notranjega okolja, mentorica izr. prof. dr. Mateja Dovjak, somentor Jernej Markelj;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=139972>

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Tilen Barut.** Poenostavljena ocena potisne krivulje zidane stavbe, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor asist. dr. Anže Babič;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141487&lang=slv>

**Uroš Bevk.** Numerična analiza sidranih zagatnih sten s polnili, mentor doc. dr. Boštjan Pulko;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140977>

**Matija Brezavšček.** Možnost uporabe orodja ArcGIS Pro 3D Analyst pri projektiranju cest, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140042>

**Fran Brkopec.** Analiza bioklimatskih danosti izbranih lokacij v Sloveniji kot izhodišče za načrtovanje energijsko učinkovitih stavb, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor asist. dr. Luka Pajek;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141116>

**Miha Dolinšek.** Uporaba zagatnic pri začasnih in trajnih geotehničnih konstrukcijah, mentor prof. dr. Janko Logar;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141379>

**Tomaž Durcik.** Projektiranje armiranobetonske etažne plošče, mentor prof. dr. Boštjan Brank;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=139841>

**Katarina Gerič Škopac.** Mehanske lastnosti 3D natisnjenih elementov, mentor izr. prof. dr. Primož Može, somentorica doc. dr. Sara Piculin;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141208>

**Bernard Jakaj.** 3D tisk modela jeklene hale, mentor izr. prof. dr. Primož Može, somentor Marko Jovanovski;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141119>

**Martin Jakovina.** Prometna analiza križišča Postojnske in Kolodvorske ceste v Pivki, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor viš. pred. dr. Rok Marsetič;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=139843>

**Neja Katič.** Umestitev in projekt novega avtobusnega postajališča v Šentjerneju, mentor doc. dr. Peter Lipar, somentor viš. pred. dr. Robert Rijavec;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140983>

**Ana Konkolič.** Pomen zgoščenosti in vlage na trdnost in vodoprepustnost zemljin, mentor prof. dr. Janko Logar, somentorica asist. dr. Jasna Smolar;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140801>

**Dijamandi Korneti.** Določanje mehanskih lastnosti lesa bukve, mentor prof. dr. Goran Turk, somentor Mitja Plos;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141364&lang=slv>

**Tajda Lovšin.** Projektiranje armirano betonske plošče, mentor prof. dr. Boštjan Brank;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141375&lang=slv>

**Eva Marič.** Analiza uspešnosti energijske sanacije večstanovanjskih stavb v Turjaškem naselju v Kočevju s pomočjo IR kamere, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor asist. dr. Luka Pajek;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141300&lang=slv>

**Maša Pavlič.** Vpliv steklenih vlaken na krčenje betonov visoke trdnosti, mentor doc. dr. Drago Saje;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=139844>

**Martina Stopar.** Analize stabilnosti vkopov v tanko plastovitih skladih zemljin, mentor prof. dr. Janko Logar, somentorica asist. dr. Jasna Smolar;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140692>

**Andraž Šenica Pavletič**, Tehnološki pristopi utrditve nosilne konstrukcije pri obnovi kamnite zidane zgradbe, mentor doc. dr. Bojan Čas, somentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141362&lang=slv>

**Kristjan Škerjanc**, Potresna analiza stavb po metodi s horizontalnimi silami v skladu z obstoječim standardom in osnutkom novega Evrokoda 8, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor asist. dr. Anže Babič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141117>

**Vita Škodič**, Predlog za izboljšanje prometne varnosti na prehodih za pešce, mentor doc. dr. Peter Lipar; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140979>

**Žiga Vehovec**, Metodologija izračunavanja indeksov za obračun razlike v ceni gradbenih storitev, mentor doc. dr. Bojan Čas; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141367&lang=slv>

**Urban Zemljič**, Časovna analiza poteka sanacije OŠ Trnovo, mentor doc. dr. Aleksander Srdić, somentor viš. pred. dr. Matej Kušar; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141371&lang=slv>

## I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Deja Mavri**, Predlog razvoja enačbe za določitev sintetičnega hidrograma enote na podlagi podatkov z območja Slovenije, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentorica prof. dr. Mojca Šraj; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140895>

**Ana Poglajen**, Določanje zrnastostne sestave rečnih plavin na naravnih prodiščih, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentor prof. dr. Matjaž Mikoš; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140082>

**Laura Rant**, Ureditve vodovarstvenega območja na primeru Slugove doline, mentor doc. dr. Mario Krzyk, somentor prof. dr. Janko Logar; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140896>

**Lea Šturbej**, Ureditev odvajanja in čiščenja odpadnih voda območja naselja Dobovec, mentor doc. dr. Mario Krzyk; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140898>

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

**Nick Bratina**, Numerično modeliranje jet-grouting (JG) slopov za zaščito gradbenih jam, mentor doc. dr. Boštjan Pulko; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140084>

**Eva Filipčič**, Potresnoodporno projektiranje 5-etažne jeklene stavbe po novem standardu Evrokod 8, mentor izr. prof. dr. Primož Može; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141212>

**Neža Gošte**, Ocena strižne nosilnosti preklad obstoječih krajših armiranobetonskih mostov, mentorica prof. dr. Tatjana Isaković, somentorica dr. Maja Kreslin; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140083>

**Jaka Majnik**, Geotehnična analiza pokritega vkopa pod nivojem podzemne vode, mentor doc. dr. Boštjan Pulko; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=140078>

**Veronika Pučnik**, Eksperimentalno podprto modeliranje potresnega odziva zidane stavbe v obstoječem in utrjenem stanju, mentor doc. dr. Matija Gams, somentorica prof. dr. Tatjana Isaković; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141489&lang=slv>

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

**Samir Mohamed Abdelmoneim Ahme Anbar**, Avtomatizacija BIM za projektiranje gradbenih storitev, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Metod Gaber; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141387>

**Veronica Lorena Andrade Sierra**, Simulacija upravljanja toka obiskovalcev v obalnem pasu Slovenije s tehnologijo urbanega digitalnega dvojčka, mentor doc. dr. Gregor Čok, somentor doc. dr. Tomo Cerovšek; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141484&lang=slv>

**Zama Ambe Azinwie**, Študija uporabe interoperabilnosti BIM z implementacijo delotokov za modeliranje, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor izr. prof. dr. Primož Može; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141492&lang=slv>

**Tshewang Dorji**, Theoretical application of framework for Digital twin for operation and maintenance phase, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentorica mag. Ekaterina Moskva; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141486&lang=slv>

**Dilan Durmus**, Sodelovanje pri BIM s pristopi socialnih omrežij, mentor prof. dr. Žiga Turk, somentor doc. dr. Robert Klinc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141474&lang=slv>

**Sarra Hadji**, Integracija BIM in energijskega modeliranja stavb - priložnosti, omejitve in vpliv na načrtovalski proces, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141380>

**Akpezi Ikede**, Sistem za nadzor napredovanja projektov BIM: primeri uporabe metod in prototip Revit vtičnika, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Andrej Kogovšek; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141210>

**Haris Rafiq**, Uporaba okolja metaverzum za izboljšanje procesa informacijskega modeliranja zgradb, mentor doc. dr. Matevž Dolenc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141476&lang=slv>

**Iuri Rodrigues**, Napredno upravljanje spremljave napredka del z okoljem Bexel Manager, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Veljko Janjič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141383>

**Julio Joaquin Salaberry Martin**, Avtomatizirane BIM QA/QC procedure s praktično uporabo, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentorja Andraž Starc in dr. Franc Sinur; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141482&lang=slv>

**Dhanjit Singer**, Uporaba razširjene resničnosti za upravljanje in vzdrževanje hidroelektrarn, mentor doc. dr. Matevž Dolenc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=141480&lang=slv>

## II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

**Denis Pirnat.** Vpliv hrupa ozadja na govorno razumljivost v visokošolskih predavalnicah, mentorica izr. prof. dr. Mateja Dovjak, somentor Rok Prisljan;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141490&lang=slv>

## II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Miha Češarek.** Analiza poslovnih procesov v gradbenem podjetju: študija primera, mentor doc. dr. Bojan Čas, somentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141202>

**Jasna Donevska.** Ocena negotovosti pri izdelavi kart poplavne nevarnosti, mentor doc. dr. Simon Rusjan, somentor prof. dr. Matjaž Mikoš;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141740>

**Aljaž Frank.** Predlog sanacije odlagališča Globovnik, mentor doc. dr. Matej Maček;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141206>

**Filmon Ghebremichael.** Vpliv podnebno povzročenih sprememb značilnosti poplav na škodo zaradi poplav, mentor doc. dr. Simon Rusjan, somentor viš. pred. dr. Andrej Vidmar;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=140360>

**Tilen Kuzman.** Zasnova sanacije zaplavnih pregrad na potoku Presušnik, mentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, somentorica asist. dr. Mateja Klun;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=141491&lang=slv>

**Agata Serwinska.** Uporaba analiz sočasnosti pojava padavin pri določanju projektnih pretokov v Sloveniji, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentorica prof. dr. Mojca Šraj;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=139886>

# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

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

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Erika Fišer.** Tehnološki elaborat za objekt rekonstrukcija tira št. 5 na železniški postaji Dobova, mentor izr. prof. dr. Marko Renčelj, somentorica Simona Pucelj;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82543>

**Niko Jagodič.** Vpliv pospešenega staranja na lastnosti naravnih izolacijskih materialov iz konoplje, plute, lesa in ovčje volne, mentor doc. dr. Gregor Kravanja, somentor izr. prof. dr. Samo Lubej;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82727&lang=eng>

**Manja Križaj.** Prenova kamnite zgradbe na otoku Molat, mentor prof. dr. Andrej Štrukelj, somentorica izr. prof. dr. Kaja Pogačar;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82912>

**Aljaž Kumberger.** Ocena osnovnega nihajnega časa zidane stavbe z umetno nevronske mreže, mentor izr. prof. dr. Iztok Peruš, somentor doc. dr. Mojmir Uranjek;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82647>

**Urban Tepeš.** Poslovanje na gradbišču gradnje poslovnega objekta, mentorica izr. prof. dr. Nataša Šuman, somentor Simon Veličkovič;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82962>

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Živa Doberšek.** Luminiscenčni beton z dodatkom nericiklirane odpadne plastike, mentor izr. prof. dr. Andrej Ivanič, somentor doc. dr. Gregor Kravanja;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82738>

**Nikolina Škrilec.** Luminiscenčni superhidrofobni beton z dodatkom mikrosilike in metakaolina, mentor doc. dr. Gregor Kravanja, somentor izr. prof. dr. Andrej Ivanič;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82714>

**Urh Jakob.** zaključek študija brez zaključnega dela

**Jan Trebše.** zaključek študija brez zaključnega dela

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Lara Fažon.** Prometno - varnostna analiza s primeri ureditve križišča v Čakovcu, mentor izr. prof. dr. Marko Renčelj;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=82952>

**Urška Červan.** Prenova in nadvišanje stanovanjskega bloka s CLT moduli - energetska in statična analiza, mentor prof. dr. Miroslav Premrov, somentorica prof. dr. Vesna Žegarac Leskovar;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=83087>

Rubriko ureja **Eva Okorn**, [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)

18.11.2022

**ARCHTHEO '22 — XVI. International Conference on Theory and History of Architecture**  
Spletna konferenca  
Carigrad, Turčija  
[www.dakamconferences.org/archtheo](http://www.dakamconferences.org/archtheo)

18.11.2022

**CUI'22 – X. International Contemporary Urban Issues Conference on Informality**  
Spletna konferenca  
Carigrad, Turčija  
[www.dakamconferences.org/cui](http://www.dakamconferences.org/cui)

6.-8.12.2022

**2nd EAGE/SEG Workshop on Geophysical Aspects of Smart Cities**  
Hong Kong, Kitajska  
<https://seg.org/SmartCityHongKong2022>

4.-6.4.2023

**S.ARCH BERLIN – 10th International Conference on Architecture and Built Environment**  
Berlin, Nemčija  
[www.s-arch.net/s-arch-berlin](http://www.s-arch.net/s-arch-berlin)

22.-23.5.2023

**SMARTINCS'23 - Conference on Self-Healing, Multifunctional and Advanced Repair Technologies in Cementitious Systems**  
Gent, Belgija  
<https://smartincs.ugent.be/index.php/conference>

29.-31.5.2023

**15th International Conference Underground Construction Prague 2023**  
Praga, Češka  
[www.ucprague.com/](http://www.ucprague.com/)

7.-9.6.2023

**17DECGE – 17th Danube - European Conference on Geotechnical Engineering**  
Bukarešta, Romunija  
<https://17decge.ro/>

25.-28.6.2023

**9ICEG - 9th International Congress on Environmental Geotechnics**  
Hania, Kreta, Grčija  
[www.iceg2022.org](http://www.iceg2022.org)

26.-28.6.2023

**NUMGE 2023 - 10th European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering**  
London, Anglija  
[www.issmge.org/events/numge-2023](http://www.issmge.org/events/numge-2023)

3.-6.9.2023

**IS-PORTO 2023 - 8th International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials**  
Porto, Portugalska  
<https://web.fe.up.pt/~is-porto2023/>

17.-21.9.2023

**12ICG - 12th International Conference on Geosynthetics**  
Rim, Italija  
[www.12icg-roma.org](http://www.12icg-roma.org)

28.-30.9.2023

**11th International Conference on Auditorium Acoustics 2023**  
Atene, Grčija  
<https://auditorium2023.org/>

14.-17.11.2023

**WLF6 - 6th World Landslide Forum**  
Firence, Italija  
<https://wlf6.org/>

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