

junij 2023

letnik 72

Gradbeni vestnik

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



134

**MOST VINTGAR – EDINI MED
VELIKIMI KAMNITIMI MOSTOVI
NA BOHINJSKI PROGI, KI ŠE
STOJI V IZVORNI OBLIKI**

141

**SKLADNOST DNEVNE OSVETLJENOSTI
PROSTOROV V VEČSTANOVANJSKIH
ZAZIDAVAH V SLOVENIJI S PRIPOROČILI
STANDARDA SIST EN 17037 –
ŠTUDIJA PRIMERA**

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: **dr. Rok Cajzek**
mag. Jernej Nučič
Tina Bučič
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: 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 izide 12 številčk. 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:
Muzejski parni vlak na mostu Vintgar,
posneto leta 1994, foto: Cesare Quaiat

**Glasilno 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, junij 2023, letnik 72, str. 133-156

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. 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

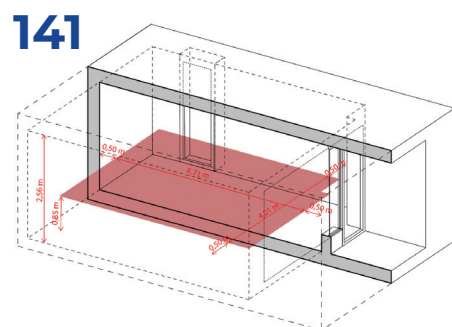
VSEBINA CONTENTS

ČLANKI PAPERS

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.
**MOST VINTGAR – EDINI MED VELIKIMI
KAMNITIMI MOSTOVI NA BOHINJSKI PROGI,
KI ŠE STOJI V IZVORNI OBLIKI**
*THE VINTGAR BRIDGE – THE ONLY BIG STONE
BRIDGE ON THE BOHINJ RAILROAD STILL
STANDING IN ORIGINAL SHAPE*



asist. dr. Nataša Šprah, univ. dipl. inž. arh.
**SKLADNOST DNEVNE OSVETLJENOSTI
PROSTOROV V VEČSTANOVANJSKIH
ZAZIDAVAH V SLOVENIJI S PRIPOROČILI
STANDARDA SIST EN 17037 – ŠTUDIJA PRIMERA**
*COMPLIANCE OF DAYLIGHT PROVISION OF
INDOOR SPACES IN MULTI-DWELLING BUILDINGS
IN SLOVENIA WITH THE RECOMMENDATIONS OF
SIST EN 17037 – A CASE STUDY*



POROČILO S STROKOVNEGA SREČANJA

Jožef Preskar, DGIT Novo mesto
STROKOVNI POSVET »MOSTOVI POVEZUJEJO«



FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

Martin Kolar, dipl. inž. grad. (Vilkograd, d. o. o.)
**PRESTAVITEV KANALIZACIJSKEGA
KOLEKTORJA NA OBMOČJU VILHARJEVE
CESTE V LJUBLJANI**



NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLENDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.
samostojni raziskovalec zgodovine gradbeništva
gorazd.humar@gmail.com
Šempeter pri Gorici



Strokovni članek
UDK/UDC: 624.21.036:691.2(497.4)

MOST VINTGAR – EDINI MED VELIKIMI KAMNITIMI MOSTOVI NA BOHINJSKI PROGI, KI ŠE STOJI V IZVORNI OBLIKI

THE VINTGAR BRIDGE – THE ONLY BIG STONE BRIDGE ON THE BOHINJ RAILROAD STILL STANDING IN ORIGINAL SHAPE

Povzetek

V ozki soteski reke Radovne, znani pod imenom Vintgar, se nedaleč od Bleda na Bohinjski železniški progi nahaja kamniti most z imenom Vintgar. Zgrajen je bil leta 1906 na železniški povezavi med Jesenicami, Gorico in pristaniščem v Trstu. Progo in vse objekte na tej trasi so zgradile avstrijske državne železnice v rekordnem času treh let. Na odseku med Jesenicami in Gorico so bili zgrajeni trije veliki kamniti mostovi. To so bili Solkanski most z lokom razpona 85 m, še danes je to največji kamniti lok med mostovi, most v Ajbi pri Kanalu s tremi loki po 40 m in enim po 30 m ter most Vintgar z enim lokom razpona 41 m. Vendar je most Vintgar danes še edini most, zgrajen na Bohinjski progi, ki se je ohranil v izvorni obliki. Hkrati velja istočasno za največji kamniti most v Sloveniji, ki se je v izvorni obliki ohranil vse do danes. Most Vintgar je še vedno v uporabi in po njem teče železniški promet med Jesenicami in Sežano.

Ključne besede: kamniti most, zgodovina gradbeništva, Bohinjska proga, Paul Séjourné, podporni oder, Zufferjeva klopica

Summary

In a very narrow gorge of the Radovna river known as Vintgar, not far from Bled, there is a railway bridge called Vintgar. It forms a part of the Bohinj railroad. It was built in 1906 as part of the railroad connection between Jesenice, Gorizia and the port of Trieste. The railway and all the structures were built by the Austrian Railroad State Company in the record time of three years. On the section between Jesenice and Gorizia three big stone bridges were built. These bridges were: the Solkan bridge with a span of 85 m, still today its arch is the biggest stone arch in the world in the category of bridges, the Ajba bridge near Kanal with three arches of 40 m and one arch of 30 m, and the Vintgar bridge with one arch having a span of 41 m. However, the Vintgar bridge is the only one of the three big stone bridges that is still preserved in its original shape. At the same time, it is the biggest stone bridge in Slovenia that has been preserved in unchanged shape to this day.

Key words: stone bridge, the construction history, Bohinj railroad, Paul Séjourné, centering, Zuffer bench

1 UVOD

Potem ko je bil leta 1869 odprt Sueški prekop, ki je močno skrajšal plovne poti proti Indiji in Daljnemu vzhodu, je osrednje Sredozemlje postalo vse bolj zanimiva destinacija za trgovske tokove, ki so sicer v tem času v veliki meri še gravitirali v čezatlantske povezave skozi Gibraltar. To obdobje druge polovice 19. stoletja sovпада tudi v čas, ko je industrijska revolucija v Evropi doživljala svoj največji razmah. In prav zato se je v Evropi začelo bliskovito širiti železniško omrežje. Avstro-Ogrska, v kateri smo takrat živeli Slovenci, je bila pri razvoju železniškega omrežja po njenem obširnem ozemlju med vodilnimi državami v svetovnem merilu. Že leta 1857 je bila zgrajena Južna železnica, ki je prestolnico Dunaj preko Gradca, Maribora in Ljubljane povezala s Trstom kot glavnim pristaniščem Avstro-Ogrske.

Hiter gospodarski razvoj zahodnih industrijskih predelov Avstrije in južne Bavarske je kar klical h graditvi nove proge proti Trstu. Pojavljalo se je veliko predlogov za potek trase nove proge proti Trstu, vendar se je postopno le začel oblikovati končni predlog njene trase, ki je zajemal potek Bohinjske proge med Jesenicami in Gorico, kot jo poznamo danes. Nastala je kot kompromisni predlog med variantami povezav čez Predil ter nove proge, ki bi se od obstoječe Rudolfove proge proti Trstu odcepila v Škofji Loki. Postopno se je že leta 1897 na podlagi želja nemške države, avstrijskega železniškega ministrstva in avstrijskega generalštaba oblikoval predlog za potek proge od Jesenic skozi nov bohinjski predor proti Gorici in naprej proti Trstu. Tak potek proge je po oceni vojaških oblasti potekal dovolj v zaledju Avstro-Ogrske, saj je bila takratna politična situacija zaradi napetosti s sosednjo Italijo eno od meril za določanje poteka proge.

Avstrijski parlament je predlog sedanjega poteka proge obravnaval 6. maja 1898. Številni pomisleki o takem poteku Bohinjske proge so se takoj pojavili predvsem v strokovnih krogih, saj je bila trasa te proge ocenjena kot izjemno tvegana prav zaradi težkih geoloških pogojev na njenem odseku skozi Baško grapo. Kljub temu je bil 12. februarja 1901 v parlament vložen predlog načrta zakona o hkratni gradnji Phyrnske, Turske in



Sliki 1. Kamniti železniški most na Bohinjski progi v Vintgarju ima razpon loka 41 m. Foto: Wikimedia [Wikimedia, 2009].

Karavanško-Bohinjske proge. In le malo kasneje 1. junija 1901 je bil zakon o gradnji vseh treh prog sprejet. Pot h gradnji je tako bila odprta [Humar, 1996].

Kmalu je vzdolž celotne trase železniške proge med Jesenicami in Trstom postalo nadvse živahno. Na številna odprta gradbišča med letoma 1903 in 1906 so se zgrnile množice delavcev z vseh območij Avstro-Ogrske. Na gradbišču Bohinjske proge so se pojavila praktično tudi vsa gradbena podjetja, ki so le dobri dve leti prej sodelovala pri gradnji dunajske mestne železnice in ostalih prog po državi. V razmeroma kratkem času so bile vse nove avstrijske alpske proge tudi zgrajene. Prvi vlak med Jesenicami in Bohinjsko Bistrico je peljal že 11. novembra 1905, torej precej prej, kot je bila odprta celotna Bohinjska proga [Rustja, 1990]. Vzrok za večmesečno zamudo pri odprtju te proge je bila zamuda v predoru Bukovo v Baški grapi, ki ga graditeljem zaradi geoloških težav nikakor ni uspelo pravočasno prebiti. Vseeno je bila celotna Bohinjska proga 19. julija 1906 le odprta za promet. Kot prvi vlak je po njej zapeljal habsburški dvorni vlak s prestolonaslednikom Francem Ferdinandom.

2 GEOGRAFSKA POZICIJA MOSTU VINTGAR

Most premošča sotesko reke Radovne nedaleč od kraja Blejska Dobrava, v katerem leži železniška postaja z imenom Vintgar. Postaja Vintgar je druga postaja Bohinjske proge v smeri od Jesenic proti Novi Gorici. Sama postaja leži na nadmorski višini 573 m, ki je hkrati tudi najvišja točka celotne Bohinjske proge vzdolž trase nekdanje železnice Jesenice–Trst. Postaja Vintgar se nahaja na stacionaži km 4,838, kar hkrati pomeni njeno oddaljenost od izhodiščne postaje Jesenice [Petronio, 2000].

Sam most Vintgar čez reko Radovno pa stoji na stacionaži km 6,144, kar označuje razdaljo mostu od izhodiščne postaje Jesenice. Radovna pod mostom teče po 1,6 km dolgi soteski Vintgar, ki leži med hriboma Boršt in Hom. Soteska Vintgar je s pohodno potjo vzdolž soteske ena od zelo obiskanih turističnih točk širšega blejskega območja. Most Vintgar se nahaja povsem v spodnjem delu soteske tik pred slikovitim slapom Šum.

Takoj po mostu Vintgar železniška proga preide v 1.181,29 m dolg predor Vintgar pod Homom, ki je eden daljših predorov na celotni trasi Bohinjske proge. Njegova značilnost je ta, da je povsem raven. Po predoru železniška proga pripelje do postaje Podhom, ki ji kmalu zatem sledi postaja Bled jezero.

3 OPIS MOSTU

Most Vintgar je v celoti zgrajen iz kamna, kar je bil sicer običajen način gradnje cele generacije velikih železniških mostov na obsežnem omrežju avstrijskih železnic. Celotna dolžina mostu znaša 65,00 m, vendar pri mostu dimenzijsko in vizualno dominira glavni nosilni lok z razponom 41,00 m, ki se pne nad globoko sotesko Radovne. Od rečne gladine pa do višine zgornjega roba tirnic znaša višinska razlika celih 33 metrov.

Glavni lok mostu ima razpon 41,00 metrov, kar pomeni razdaljo med notranjima deloma obeh spodnjih točk loka. Lok je oblikovan kot del pravilne krožnice oziroma kot krožni lok s polmerom 21,376 m, medtem ko puščica loka znaša 15,32 m.



Slika 2. V neposredni bližini mostu je slap Šum reke Radovne. Foto: Miro Zalokar [Zalokar, 2022].

Debelina loka je spremenljiva vzdolž njegovega poteka proti sredini mostu. V spodnjem delu loka ob njegovih petah znaša debelina loka 2,40 m, medtem ko je lok najtanjši v temenu, kjer znaša njegova debelina 1,40 m. Lok se tako od njegovih

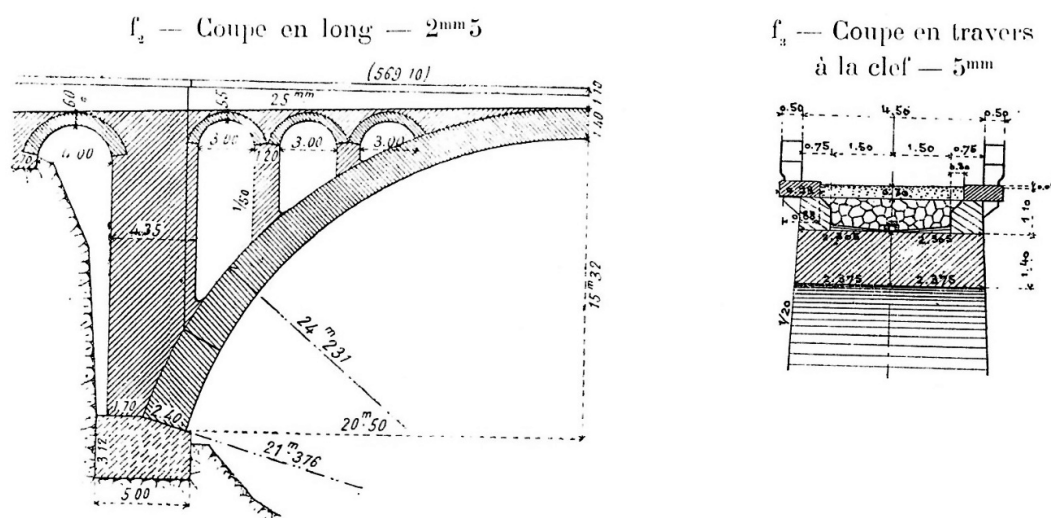


Slika 3. Muzejski parni vlak na mostu Vintgar, posneto leta 1994. Foto: Cesare Quaiat [Quaiat, 1994].

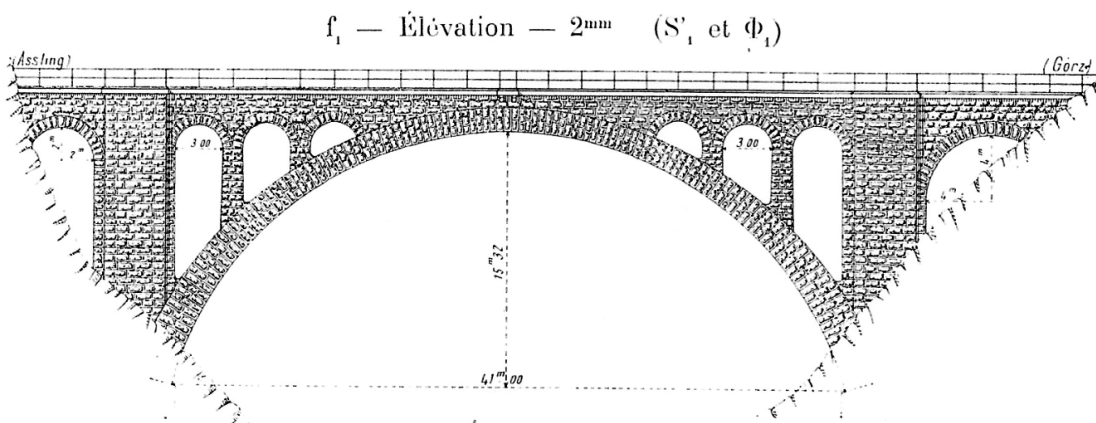
spodnjih delov vse do sredine loka torej stanjša kar za cel meter, kar vsekakor prispeva k njegovemu prijetnem videzu, vitkosti in eleganci. Po širini meri lok v zgornjem delu 4,50 m, medtem ko je v spodnjem delu nekoliko širši.

Kamni, ki sestavljajo lok, so klesani na poseben način z izbočeno vidno površino kamnov. Enak način oblikovanja kamnitih kvadrov je bil uporabljen tudi pri gradnji vseh ostalih mostov na novih avstrijskih alpskih progah.

Nad glavnim lokom so na vsaki njegovi strani, simetrično levo in desno od sredine mostu, zgrajene po tri manjše ločne odprtine, ki so zmanjševale težo mostu in delno omogočale prihranek pri gradnji mostu. Vseh šest odprtini je širokih po 3,0 m, medtem ko stebri med njimi merijo v debelino 1,2 m. Levo in desno od glavnega loka na obeh pristopnih delih mostu sta bili zgrajeni še dve ločni in ne povsem zaključeni odprtini.



Slika 4. Vzdolžni in prečni prerez mostu Vintgar (povzeto iz knjige *Grandes voûtes*, Tome II, str. 172, avtorja P. Séjournéja [Séjourné, 1913-1916]).



Slika 5. Vzdolžni pogled mostu Vintgar (povzeto iz knjige *Grandes voûtes*, Tome II, str. 172, avtorja P. Séjournéja [Séjourné, 1913-1916]).

Tudi most Vintgar je zabeležen v znameniti knjigi z naslovom *Grandes voûtes*, Tome II (Veliki loki, zvezek II, str. 171) velikega francoskega konstruktorja mostov Paula Séjournéja, ki je v skupno šestih zvezkih izšla med letoma 1913 in 1916 [Séjourné, 1913-1916]. V tej knjigi je Paul Séjourné objavil samo tiste masivne (kamnite in betonske) mostove, ki so imeli razpon loka nad 40 metri. Most Vintgar je uvrstil v kategorijo kamnitih mostov z visokimi loki.

Posebno pozornost zaslužita glavna stebra mostu prav zaradi svoje masivnosti. To je v svojem zapisu o mostu Vintgar zapisal tudi Paul Séjourné [Séjourné, 1913-1916], ki si je most ogledal avgusta 1909. Enako pripombo je dal tudi za veliki istočasno grajeni železniški most čez Sočo v Ajbi pri Kanalu, ki je bil najdaljši kamniti most in hkrati edini most z več loki v Avstro-Ogrski [Humar, 2022]. Razlog za tako močno dimenzionirane (celo predimenzionirane) stebre vseh večjih kamnitih mostov na Bohinjski progi ni izhajal iz statičnega računa mostu, saj tako močni stebri na osnovi teh izračunov niso bili potrebni. Ni mi znano, ali je Paul Séjourné poznal zahteve avstrijskega generalštaba, ki jih je postavljal pri gradnji vseh večjih železniških mostov. Generalštab je namreč potrjeval vse projekte mostov in zahteval, da stebri mostov omogočajo v primeru razstrelitve loka mostu postavitev začasne in hitro postavljive vojaške jeklene konstrukcije tipa Roth Waagner. Ker se je prav to zgodilo pri Solkanskem mostu in pri mostu v Ajbi v času prve svetovne vojne, lahko lažje razumemo daljnovidnost vojaških oblasti za obnašanje mostov v vojnih razmerah, kar se je žal tudi potrdilo. Široka in mogočna stebra na obeh straneh loka sta torej omogočala postavitev take zasilne jeklene konstrukcije v morebitnih vojnih razmerah. Na srečo se to pri mostu Vintgar ni zgodilo.

Zgornji del mostu je oblikovan povsem s takratnimi smernicami za gradnjo mostov. Sredi mostu so na dveh kamnitih konzolah na vsaki strani mostu zgradili po eno manjšo ložo za izogibanje železničarjem, ki bi se med delom pri vzdrževanju mostu znašli med prehodom vlaka na mostu. Enake izogibalne lože so bile zgrajene tudi nad loki Solkanskega mostu in mostu v Ajbi. Ograja mostu je bila povsem običajna in iz železa. Zanimivo je tudi to, da so bili tiri položeni le 1,10 m nad temenom zgornjega roba (ekstradosa) nosilnega loka mostu, kar približno ustreza debelini gramozne grede iz tolčenca, ki se na železniških pragah nahaja pod pragovi.

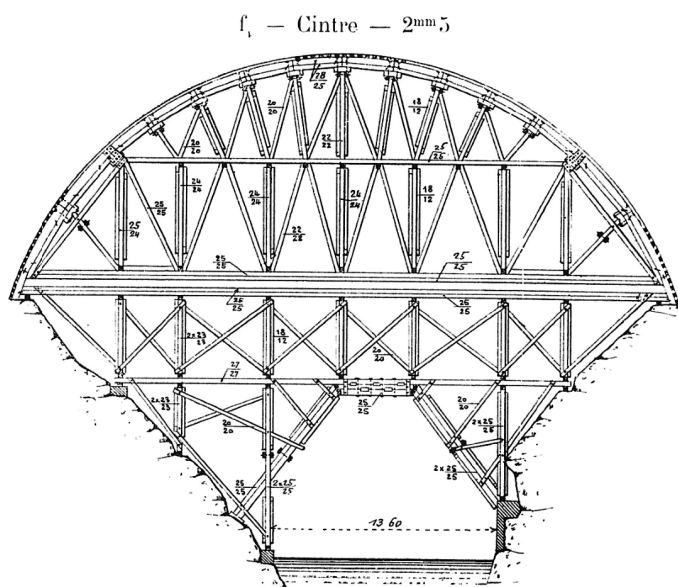
4 GRADNJA MOSTU

Malo ali skoraj nič zapisov o gradnji mostu se ni ohranilo do današnjih dni. Kar danes vemo o gradnji mostu se da dobiti največ iz opisa Paula Séjournéja [Séjourné, 1913-1916]. Iz skopih, a vseeno pomembnih podatkov, ki jih je zapisal, se da razbrati, da je gradnja mostu pričela 4. julija 1904, torej nekje v obdobju, ko so pričeli graditi vse večje mostove na trasi Bohinjske proge. Temelje mostu na brežinah Radovne so izdelali v času od avgusta 1904 do 25. aprila 1905, zelo verjetno s prekinitvijo del v zimskem času, saj se območje mostu nahaja v predelu, kjer nastopajo nizke zimske temperature. Temelji so zgrajeni iz zidanih kamnitih blokov z uporabo malte med stiki. Ni zaslediti, da bi pri gradnji temeljev uporabili beton kot pri Solkanskem mostu. Iz načrta temeljev in njihovih mer se da sklepati, da so bili temelji glavnega loka položeni na solidno in nosilno skalnato podlago. Dimenzija temeljev, ki so nosili poleg glavnega loka tudi glavna stebra mostu, je znašala v tlorisu pribl. 5,0 x 5,0 m.

Gradnja mostu je oživila spomladi 1905, ko so se začele pripravne na gradnjo glavnega nosilnega loka mostu. V ta namen je bil zgrajen okoli 30 m visok leseni delovni oder pahljačaste oblike. V spodnjem delu odra, kjer je tekla Radovna, je bila puščena odrska odprtina v širini 13,60 m. Na ta način vode Radovne niso zalivale podpornega odra.

Podporni oder je bil v konstrukcijskem pogledu sestavljen iz dveh osnovnih delov. Spodnji del odra je bil povsem fiksni in ni omogočal nobenih pomikov njegovih sestavnih delov. Drugače je bilo z zgornjim sekundarnim delom podpornega odra, ki je ležal na spodnjem delu. V vseh spodnjih vozliščih zgornjega dela odra so bile nameščene posebne naprave za postopno zniževanje odra pri razodranju. To so bile tako imenovane Zufferjeve klopice [Humar, 1996], ki so bile sestavljene iz posebno oblikovane lesene klade, ki je s točno določenim časovnim razporedom njenega postopnega rezanja omogočala kontrolirano in počasno zniževanje zgornjega dela odra med njegovim podiranjem po koncu gradnje kamnitega loka.

Pri vseh mostnih gradnjah na avstrijskih železnicah je bil za gradnjo podpornih odrov uporabljen vedno le kvaliteten les. To se da sklepati tudi po podatkih o dovoljenih napetostih v posameznih lesenih elementih odra. Tako je bila dovoljena



Slika 6. Vzdolžni prerez lesenega podpornega odra mostu Vintgar. V vozliščih zgornjega in spodnjega dela odra so bile nameščene lesene naprave za spuščanje odra, imenovane Zufferjeve klopice (povzeto iz knjige *Grandes voûtes*, Tome II, str. 172, avtorja P. Séjournéja [Séjourné, 1913-1916]).

za tlačno obremenjene elemente odra najvišja napetost do 60 kg/cm^2 (6 MPa), za upogibno obremenjene elemente odra pa najvišja dovoljena natezna napetost 80 kg/cm^2 (8 MPa).

Podporni oder je bil, gledano v prečnem prerezu, zgrajen iz petih vzporednih in enakih delov na osnem razmaku 1,20 m. Skupna širina posameznega loka je znašala od 22 cm do 25 cm. Najmočnejši leseni tramovi, vgrajeni v podporni oder, so dosegali dimenzije 25 x 25 cm.

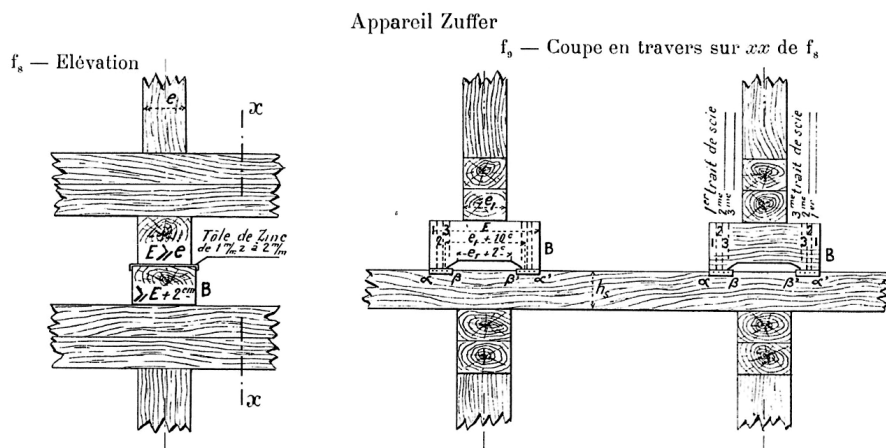
Tudi gradnja glavnega kamnitega loka je tekla po ustaljenih in preizkušenih principih avstrijske šole za gradnjo kamnitih mostov, ki je bila znana po svoji solidnosti in sistematičnosti. Žal še ni povsem znan izvor kamna, ki so ga vgradili v lok mostu.

Kamnit kvadri so iz apnenca, med njimi pa so stike polnili s cementno malto iz cementa in drobnega peska v težnostnem razmerju 1 : 3. Zagotovo so tudi pri vgrajevanju kamnitih kvadrov v lok stike med njimi polnili na način, kot je bil podrobno opisan pri gradnji Solkanskega mostu. Natančno so namreč izmerili volumen posameznega stika med dvema kvadroma in vanj vtiskali točno toliko malte, dokler ta ni zapolnila celotnega volumna stika.

Kamnite kvadre so na nosilni oder nanašali po točno vnaprej določenem vrstnem redu. Uporabili so takrat že dobro uveljavljeno in preizkušeno metodo postopnega nanašanja kamnitih kvadrov na oder v medsebojno ločenih in simetričnih segmentih. Ker je lok mostu Vintgar spadal med manjše velike loka na avstrijskih železnicah, so kamne vgrajevali le v štirih ločenih segmentih. Za primerjavo je treba navesti, da so dosti večji lok Solkanskega mostu pričeli vgrajevati v sedmih ločenih in simetrično razporejenih segmentih. Spodnja levi in desni segment sta seveda postopno rasla od temelja loka navzgor, srednja segmenta pa sta se nahajala nekje na dveh tretjinah razdalje do temena loka. Postopni in ločen način vgrajevanja kamnitih blokov po segmentih je omogočal enakomerno obremenitev podpornega odra, ki se je na ta način tudi postopno in kontrolirano posedal brez kakršnekoli škode za že vgrajene dele.

Nosilni leseni oder je bil v statičnem pogledu izračunan tako, da brez posebnih težav prenese dve tretjini teže vseh kamnov loka. Pri nadaljnjem nanašanju kamnov v lok je namreč že pričel sodelovati vsaj spodnji že dokončani prstan oz. sloj kamnitega loka. Podporni oder je bil računsko nadvišan zaradi predvidenih posedkov za 120 mm. Tudi pri gradnji mostu Vintgar so se projektanti odra ušteli tako kot pri Solkanskem mostu. Oder se je namreč med gradnjo posedel le za 33 mm, kar je precej manj od predvidenega.

Do spuščanja podpornega odra je prišlo 20. septembra 1905, ko je bil lok v celoti dokončan in ko so na njem bili zgrajeni že vsi stebri malih ločnih odprtin nad lokom. Ob postopnem razodranju s pomočjo naprav za spuščanje zgornjega dela odra, imenovanih Zufferjeve klopice, se sam kamniti lok ni podal več niti za milimeter, kar zagotovo govori o solidnosti gradnje loka.



Slika 7. Lesene klade za spuščanje odra, imenovane Zufferjeve klopice. S postopnim rezanjem se je klopica vedno bolj vtiskala v spodnji les, kar je omogočilo kontrolirano spuščanje odra (povzeto iz knjige *Grandes voûtes*, Tome II, str. 166, avtorja P. Séjournéja [Séjourné, 1913-1916]).

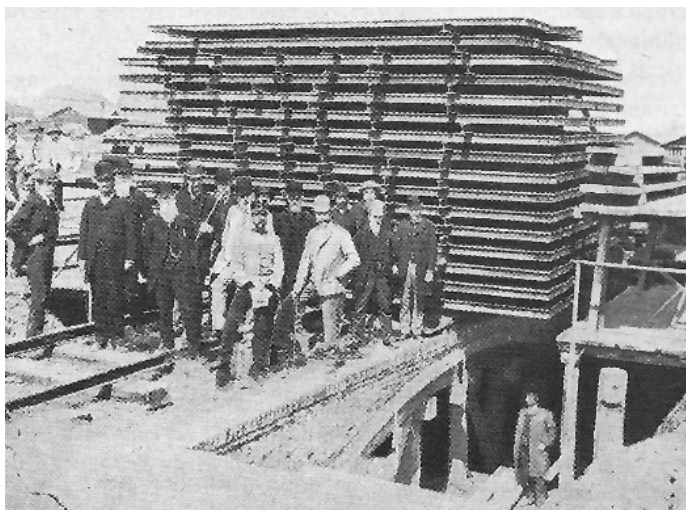
Znane so tudi največje obremenitve v kamnih spodnjega in najbolj obremenjenega dela loka. Te so znašale vsega 30 kg/cm² (3 MPa), kar je manj kot 3 odstotke porušne trdnosti kamna, ki je bil uporabljen za gradnjo mostu.

Prvi vlak je čez most peljal že 11. novembra 1905, ko je bil prevozen že cel odsek Bohinjske proge med Jesenicami in Bohinjsko Bistrico.

Most je zgradila gradbena družba Madile und C. iz Celovca. Gradnjo mostu je vodil inženir Anton Max, medtem ko je projekt mostu izdelal inženir dr. Robert Schönhöfer, ki je znan tudi po tem, da je izdelal statični račun Solkanskega kamnitega mostu [Humar, 1996].

5 O AVSTRIJSKI ŠOLI ZA GRADNJO VELIKIH MASIVNIH MOSTOV

Tudi most Vintgar, kot vsi veliki kamniti mostovi na avstrijskih železnicah, je bil grajen po principih, ki jih je uvedla Zveza avstrijskih inženirjev in arhitektov (ÖIAV-Österreichisches Ingenieur und Architekten Verein). Ta je v letih 1890-1891 ustanovila Komisijo za loke (Gewölbe Ausschuss), katere naloga je bila, da izvedejo eksperimente, ki naj dokažejo pravilnost v tistem času razvitih teorij o elastičnem obnašanju velikih kamnitih mostnih konstrukcij [Pauser, 1987]. V ta namen je ta komisija izvedla vrsto preizkusov, ki so bili prvi te vrste na svetu.

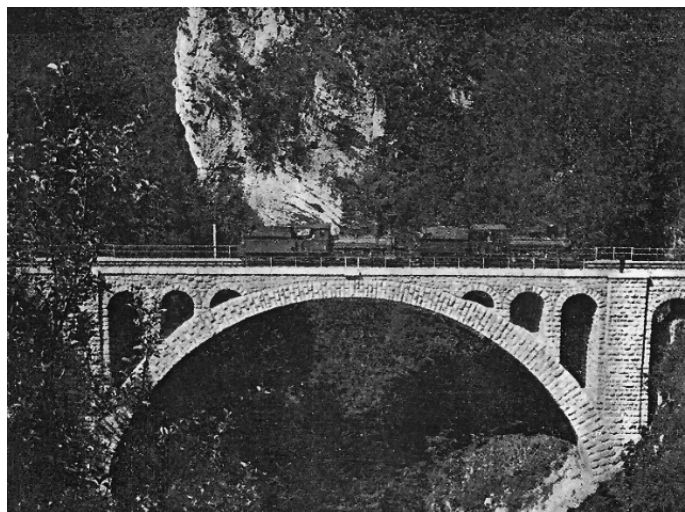


Slika 8. Obremenilni test manjšega ločnega mostu pri Dunaju, ki ga je izvedla Komisija za loke avstrijskega združenja inženirjev in arhitektov (ÖIAV) leta 1889 (povzeto iz knjige *Entwicklungsgeschichte des Massivbrücken-baues*, str. 31, A. Pauserja [Pauser, 1987]).

Izsledki te komisije so pomenili pomembno prelomnico pri teoretični obravnavi gradnje velikih masivnih (kamnitih) mostov po teoriji elastičnosti. Do korenitih sprememb je prišlo tudi pri njihovi gradnji. Avstrijci so povzeli hkrati še izkušnje francoskih kolegov pri gradnji velikih kamnitih lokov z načinom gradnje lokov po posameznih ločenih segmentih kamnitih kvadrov,

torej s postopnim in enakomernim načinom polaganja kamnov na podporni oder. V doktrino te komisije spada tudi uvedba naprav za postopno in kontrolirano spuščanje podpornega odra, imenovanih Zufferjeve klopice. Prve take naprave so bile uporabljene med letoma 1883 in 1884 pri gradnji železniškega mostu Wäldlitobel na Tirolskem. To je bil prvi avstrijski most, ki je presegel razpon loka nad 40 m. Imel je razpon 41 m, kar je enak razpon, kot ga je imel dobrih 20 let kasneje zgrajeni most Vintgar. Tudi oblikovno je most Wäldlitobel skoraj povsem enak mostu Vintgar.

Že konec istega leta je bil v Galiciji (danes v Ukrajini) zgrajen železniški most Jaremcze z razponom loka 65 m, pri gradnji katerega so bili upoštevani in se potrdili vsi izsledki Komisije za loke [Humar, 1996].



Slika 9. Most Vintgar z dvema testnima lokomotivama. Razpon loka 41 m (povzeto iz knjige *Grandes voûtes*, Tome II, str. 171, avtorja P. Séjournéja [Séjourné, 1913–1916]).



Slika 10. Kamniti most Wäldlitobel na avstrijskem tirolskem z razponom loka 41 m. Zgrajen je bil leta 1884 pri kraju Klösterle (povzeto iz knjige *Grandes voûtes*, Tome II, str. 157, avtorja P. Séjournéja [Séjourné, 1913–1916]).

6 ZAKLJUČEK

V Avstro-Ogrski je bilo konec 19. in v začetku 20. stoletja zgrajenih 11 kamnitih mostov, ki so imeli loke, večje od 40 metrov. Od teh je bilo 9 železniških mostov. Po razponu loka je bil s 85 m na prvem mestu Solkanski most čez Sočo, medtem ko je bil najdaljši kamniti most čez Sočo v Ajbi pri Kanalu, ki je v dolžino meril 242,50 m. Oba mostova sta bila med obema svetovnima vojnoma hudo poškodovana. Solkanski most je dobil nov kamniti lok leta 1927, most v Ajbi pa je bil povsem na novo zgrajen leta 1954. Ostalih 7 mostov se je ohranilo v originalni obliki in stojijo še danes, med njimi je tudi most Vintgar, ki je še vedno prav tak, kot je bil zgrajen.

Most Vintgar je po vseh svojih elementih konstrukcije kot po načinu gradnje tipičen predstavnik klasične avstrijske šole za gradnjo kamnitih mostov na železniških progah. Je tudi edini še ohranjeni večji kamniti most v Sloveniji z razponom loka nad 40 m, ki se je do današnjih dni ohranil v svoji izvorni in nespremenjeni obliki. Da ni bil poškodovan ali porušen ne v prvi in ne v drugi svetovni vojni gre zasluga dejstvu, da se most nahaja v ozki in globoki soteski, ki ga ščiti.

Prav zaradi teh karakteristik lahko predstavlja most Vintgar pomemben tehnični spomenik z začetka 20. stoletja in osnovo za učno uro iz zgodovine gradbenega inženirstva, posebej še iz zgodovine gradbenega inženirstva na naših tleh.

7 LITERATURA

Humar, G., Kamniti velikan na Soči, Založba Branko, Nova Gorica, 1996.

Humar, G., Most v Ajbi-velikan med mostovi, ki ga ni več, Gradbeni vestnik, 71(3), 70–81, 2022.

Pauser, A., Entwicklungsgeschichte des Massivbrückenbaues, Österreichischer Betoverein, Wien, 1987.

Petronio, P., Transalpina - Bohinjska proga, Slovenske železnice d. d., Ljubljana, 2000.

Quaiat, C., zasebni arhiv, 1994.

Rustja, K., Proga predorov, Tiri in čas, Železniško gospodarstvo Ljubljana, Ljubljana, 1990.

Séjourné, P., Grandes voûtes, Tome I – VI, Imprimerie Vve, Tardy – Pigelet et fils, Bourges, 1913 – 1916.

Wikimedia, Spletna stran portala Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blejski_vintgar_-_lo%C4%8Dni_most_%C4%8D Dez_reko_Radovno.jpg, datum vpogleda 10. 4. 2023, 2009.

Zalokar, M., zasebni arhiv, 2022.



Slika 11. Most Vintgar čez reko Radovno z muzejskim vlakom Slovenskih železnic, d. d. Foto: Miro Zalokar [Zalokar, 2022].

asist. dr. Nataša Šprah, univ. dipl. inž. arh.

natasa.sprah@um.si

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo,

Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

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



Znanstveni članek

UDK/UDC: 620.9:728.2(497.4)(078.7)

SKLADNOST DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV V VEČSTANOVANJSKIH ZAZIDAVAH V SLOVENIJI S PRIPOROČILI STANDARDA SIST EN 17037 – ŠTUDIJA PRIMERA

COMPLIANCE OF DAYLIGHT PROVISION OF INDOOR SPACES IN MULTI-DWELLING BUILDINGS IN SLOVENIA WITH THE RECOMMENDATIONS OF SIST EN 17037 – A CASE STUDY

Povzetek

Grajeno okolje zmanjšuje razpoložljivost dnevne svetlobe in s tem pomembno vpliva na človeško zdravje. Pomanjkanje izpostavljenosti dnevni svetlobi se odraža na dolgoročnem delovanju naših bioloških cirkadianih ritmov in številnih drugih vidikih psihofizičnega počutja. Predvsem stanovanjske stavbe so močan okoljski dejavnik, ki vpliva na zdravje in počutje uporabnikov, saj v njih preživimo največji del svojega življenja. V Sloveniji edine zahteve po osvetljevanju specifično stanovanjskih stavb, ki veljajo na nacionalnem nivoju, predpisujejo velikost odprtine za osvetljevanje in razmerja dimenzij bivalnih prostorov, medtem ko dejanska minimalna količina dnevne svetlobe v prostoru ni določena. V članku sta predstavljeni študiji primerov osvetljenosti prostorov dveh pritličnih stanovanj v večstanovanjskih zazidavah z višjo gostoto, katerih cilj je bil ugotoviti, v kolikšni meri izpolnjujejo najnižjo priporočeno raven osvetljenosti z dnevno svetlobo standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah. Rezultati simulacij kažejo, da je raven osvetljenosti v stanovanjih veliko nižja od minimalne priporočene, medtem ko simulacije osvetljenosti z dodatnim oknom in odstranjenimi izzidki nad okni pokažejo na možnosti za njeno zvišanje. V zaključku so podani ukrepi za zagotavljanje zadostne osvetljenosti stanovanj z dnevno svetlobo in usmeritve za nadaljnje raziskave.

Ključne besede: trajnostno načrtovanje stavb, večstanovanjska zazidava, osvetljevanje z dnevno svetlobo, SIST EN 17037, simulacija osvetljenosti z dnevno svetlobo

Summary

The built environment reduces the availability of daylight and thus has a significant impact on human health. The lack of daylight affects the long-term functioning of our biological circadian rhythms and many other aspects of psychophysical well-being. Residential buildings, in particular, are an important environmental factor affecting the health and well-being of their occupants, since we spend most of our lives in them. In Slovenia, the only daylighting requirements that apply specifically to residential buildings at the national level prescribe the size of daylight openings and the dimensions of living spaces, while the actual minimum amount of daylight in the space is not specified. This article presents case studies of the daylighting of the occupied indoor spaces of two ground-floor apartments in higher-density residential complexes to determine the extent to which they meet the recommended minimum level of daylight as defined in the standard SIST EN 17037: Daylight in Buildings. The results of the simulations show that the level of daylight in the apartments is far below the recommended minimum level, while the simulations show the possibility of increasing it by adding windows and eliminating the overhangs above the windows. In the conclusion, measures to ensure adequate daylighting in the apartments and recommendations for further research are given.

Key words: sustainable building design, residential developments, daylighting, SIST EN 17037, daylighting simulation

1 UVOD

1.1 Pomen dnevne svetlobe v grajenem okolju za človekovo zdravje

Dnevna svetloba pomaga pri izpolnjevanju človekovih fizioloških in psiholoških potreb z edinstvenimi lastnostmi, ki jih z umetno svetlobo ne moremo nadomestiti [Boubekri, 2008]. Številne raziskave so pokazale, da med zdravjem ljudi in izpostavljenostjo dnevni svetlobi obstaja vzročna povezava [Dovjak, 2019]. Pred dvema desetletjema je odkritje specializiranega fotoreceptorja v očesu, odgovornega za sinhronizacijo notranjega cirkadianega spodbujevalnika [Berson, 2022], razširilo razumevanje povezave med svetlobo in dnevno-nočnim ciklom pri ljudeh. Nezadostna izpostavljenost svetlobi iz okolja čez dan zmanjša nočno izločanje melatonina, hormona, ki uravnava cikle spanja in budnosti, in tako negativno vpliva na spanje ([Mishima, 2001], [Scheuermaier, 2010]), medtem ko višja raven izpostavljenosti svetlobi dokazano spodbuja telesno aktivnost in daljše trajanje spanja [Boubekri, 2014].

Grajeno okolje tudi zaradi zmanjšane razpoložljivosti svetlobe pomembno vpliva na človeško zdravje. Ugotovljeno je bilo, da je stopnja razširjenosti psihiatričnih motenj, motenj razpoloženja in anksioznih motenj znatno višja v mestih v primerjavi s podeželjem [Peen, 2010]. Pomanjkanje dnevne svetlobe v stavbah je povezano z depresijo [Brown, 2017], motnjami spanja in večjim pojavljanjem rakavih obolenj [Davis, 2001]. V grajenem okolju so stanovanjske stavbe močan okoljski dejavnik, ki vpliva na zdravje in počutje uporabnikov, saj v njih preživimo največji del svojega življenja ([Klepeis, 2001], [Schweizer, 2007]). Med epidemijo covida se je zaradi izolacij, karanten in dela od doma ta vpliv še povečal [Isaac, 2022].

1.2 Zakonodaja na področju osvetljevanja stanovanj z dnevno svetlobo

Zaradi dokazanega pozitivnega vpliva dnevne svetlobe na zdravje so standardi in predpisi o osvetljevanju stanovanjskih prostorov in določiti minimalnih zahtev ključnega pomena. V Sloveniji so edine zahteve po osvetljevanju specifično stanovanjskih stavb, ki veljajo na nacionalnem nivoju, podane v Pravilniku o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj [UL RS, 2011]. V 1. odstavku 14. člena je zapisano, da morajo biti stanovanjski prostori naravno osvetljeni, čemur v 7. členu sledi zapis, da naravna osvetljenost stanovanja z več kot štirimi ležišči ne sme biti zagotovljena izključno skozi odprtine, ki so orientirane v območju od severovzhodne do severozahodne smeri. Zahtevana neposredna osvetljenost prostora oz. dela stanovanja je dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtin, namenjenih osvetljevanju, dosega najmanj 20 % neto tlorisne površine teh delov stanovanja; podani sta omejitev globine (tri svetle višine) in širine (polovica dolžine) enostransko osvetljenih prostorov. Ob tem zahteve pravilnika ne upoštevajo dejanske količine dnevne svetlobe, ki pada v prostor, torej zanemarjajo lastnosti oken, ki močno vplivajo na količino svetlobe v interierju [Potočnik, 2020], ter vpliv senčenja, ki ga lahko povzročijo sosednje stavbe ali zaradi členjenosti ovoja stavba sama. Na osvetlitev bivalnih prostorov zaradi senčenja sosednjih stavb vpliva tudi gostota večstanovanjskih zazidav [Šprah, 2020], ki se je pri zazidavah, nastalih po osamosvojitvi Slovenije, zvišala ([Lestan, 2013], [Planišček, 2010]).

1.3 Vpliv gostote zazidave na osvetljenost stanovanj

Kompaktnost grajenega okolja je generalno priznana kot strategija, s katero bi lahko dosegli bolj trajnostne urbane oblike [Jabareen, 2006]. Raziskave o ekološkem odtisu so pokazale, da so za trajnostni urbani razvoj optimalna gosta mesta s kratkimi razdaljami med domovi in javnimi/zasebnimi storitvami [Holden, 2004]. Urbana gostota prav tako vodi do nižje skupne porabe energije v mestih [Güneralp, 2017]. Obenem obstajajo nekateri vidiki družbene trajnosti, na katere ima gostota zazidave negativen vpliv, kot sta na primer večja izpostavljenost onesnaževalcem zraka [Schweizer, 2007] in socialna pravičnost [Bramley, 2009]. Višanje gostote zazidave pomeni tudi zmanjšanje naravne osvetlitve bivalnih prostorov v notranjosti stavb [Šprah, 2020]. Ker pomanjkanje izpostavljenosti dnevni svetlobi pomembno vpliva na dolgoročno delovanje naših bioloških cirkadianih ritmov in številne druge vidike našega psihofizičnega počutja [Foster, 2021], lahko izsledke raziskav o duševnem zdravju v urbanih območjih [Peen, 2010] povežemo z razpoložljivostjo dnevne svetlobe v grajenem okolju. Premajhna osvetljenost z dnevno svetlobo je pri stanovanjski zazidavi največji problem stanovanj v pritličjih, saj so med vsemi arhitekturno močnejšega senčenja sosednjih stavb ter zaradi lege pod izsidki ali balkoni najslabše osvetljena [Bizjak Železnik, 2015].

1.4 Standard SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah

Razvoj informacijske tehnologije v zadnjih desetletjih je omogočil relativno enostavno preveritev osvetlitve prostorov v notranjosti stavb z dnevno svetlobo z računalniškimi simulacijami [Ayoub, 2019]. Rezultati simulacij nam o dejanski osvetlitvi prostora povedo več kot upoštevanje zakonodaje o deležu fasadnih odprtin, namenjenih osvetlitvi, in količina ur neposredne osončenosti, ki je predpisana v veliko članicah EU [Darula, 2015] in je v Sloveniji pogosto določena v občinskih prostorskih načrtih posameznih občin. Napredek v razvoju simulacijskih orodij je upošteval slovenski nacionalni standard SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019]. Ta je najbolj izčrpen veljavni dokument o naravnem osvetljevanju v Sloveniji, saj opredeljuje dejavnike za doseganje ustrezne dnevne osvetljenosti notranjih prostorov s priporočili osvetljenosti notranjih bivalnih in drugih naseljenih prostorov z naravno svetlobo, zagotavljanje ustreznega pogleda navzven in podaja priporočila za trajanje osončenosti v bivalnih prostorih ter za omejitve bleščanja. Ker je standard povzet po evropskem, si prizadeva zagotoviti enako raven osvetljenosti bivalnih prostorov ne glede na to, za katero geografsko območje v Evropi se uporablja, kar pomeni, da je količina odprtin za osvetljevanje med drugim odvisna od geografske lokacije stavbe [Paule, 2019]. Slovenska zakonodaja upoštevanje določil standarda SIST EN 17037 predpisuje v Tehnični smernici za graditev TSG-1-004: 2022 Energijska učinkovitost stavb [MOP, 2022], kjer so navedene vrednosti osvetljenosti prostorov iz standarda SIST EN 17037 kot osnova za načrtovanje porabe energije električne osvetlitve v stavbah, medtem ko upoštevanje priporočil o osvetljenosti z dnevno svetlobo s slovensko zakonodajo ni predpisano. Izsledki raziskave o pogojih standarda SIST EN 17037 kot omejitve za trajnostno urbanistično načrtovanje stanovanjske zazidave [Šprah, 2020] so pokazali, da je za minimalno osvetlitev po slovenski zakonodaji najglobljega bivalnega prostora z minimalno odprtino za osvetljevanje v pritličjih stavb potrebna razmeroma nizka gostota zazidave.

1.5 Cilj raziskave in raziskovalno vprašanje

Raziskovalno vprašanje predstavljene raziskave se glasi: V kolikšni meri bivalni prostori v izbranih pritličnih stanovanjih večstanovanjskih zazidav z višjo gostoto izpolnjujejo najnižjo priporočeno raven osvetljenosti z dnevno svetlobo iz standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019]? Cilj raziskave je doseči boljše razumevanje stanja osvetljenosti z dnevno svetlobo pritličnih bivalnih prostorov v večstanovanjskih zazidavah v Sloveniji in opozoriti na morebitne posledice uporabe novega standarda v načrtovalski praksi.

2 METODA

Opravljen raziskavo lahko metodološko razdelimo na dva dela, ki sta predstavljena v podpoglavjih. V prvem delu (2.1) je predstavljena izbira prostorov, ki smo ju uporabili kot osnovo za zasnovo modelov za simulacijo osvetljenosti in preveritev skladnosti z zahtevami SIST EN 17037. V drugem (2.2) so predstavljeni zasnova modelov in računalniški programi, s katerimi je bila izvedena simulacija osvetljenosti izbranih bivalnih prostorov.

2.1 Opis izbranih prostorov

Za preizkus s simulacijo naravne osvetljenosti smo izbrali sobi v dveh večstanovanjskih zazidavah, nastalih pod okriljem Stanovanjskega sklada Republike Slovenije (SSRS) in Javnega stanovanjskega sklada Mestne občine Ljubljana (JS MOL) v Ljubljani (slika 1). Razlog za izbor večstanovanjskih zazidav, nastalih pod okriljem stanovanjskih skladov, je, da sta izvajalca stanovanjske politike države in občine [UL RS, 2015], katere cilj je med drugim dolgoročno zagotavljanje kakovosti bivanja za vse prebivalce. Arhitekturna zasnova obeh zazidav je nastala na podlagi natečajev, kar je predstavljalo dodaten razlog za predpostavko, da zazidavi predstavljata kvalitetni stanovanjski okolji. Izmed drugih, ki sta jih zgradila opisana stanovanjska sklada, sta bili večstanovanjski zazidavi ob Mesarski cesti in Polju II izbrani zaradi visokega faktorja zazidanosti (FZ) in faktorja izrabe zemljišča (FI), saj smo želeli preveriti osvetljenost v najslabših možnih razmerah, ki jih za osvetlitev z dnevno svetlobo predstavljajo prav visoke gostote zazidave [Šprah, 2020]. Tudi sobi sta bili izbrani kot primer najslabših možnih razmer zaradi velike globine prostora in pritlične lege za ložo oz. pod konzolo ter bližine sosednjih stavb, ki povzročajo dodatno senčenje.



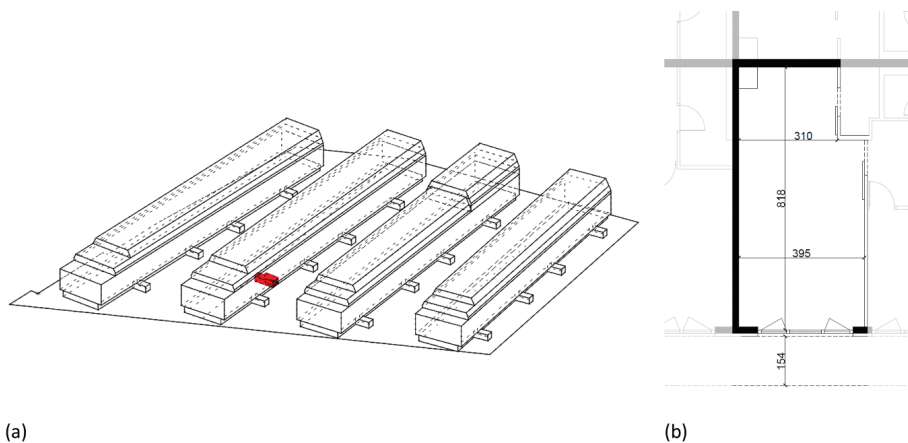
(a)



(b)

Slika 1. Večstanovanjski zazidavi ob (a) Mesarski cesti in (b) Polju II v Ljubljani.

Štirje večstanovanjski, dvostransko orientirani koridorski bloki ob Mesarski cesti, izgrajeni leta 2004, so z izjemo dela enega, za etažo višjega bloka visoki šest etaž. Osvetljenost smo preverjali v dnevni sobi z jedilnico in kuhinjo 2,5-sobnega stanovanja v pritličju drugega bloka z vzhodne strani (slika 2(a)). Soba v pritličju je bila izbrana kot primer potencialno slabo osvetljenega prostora zaradi izredne globine in lege v pritličju pod konzolo (slika 2(b)). Je ena izmed šestnajstih enakih sob v pritličju te večstanovanjske zazidave.



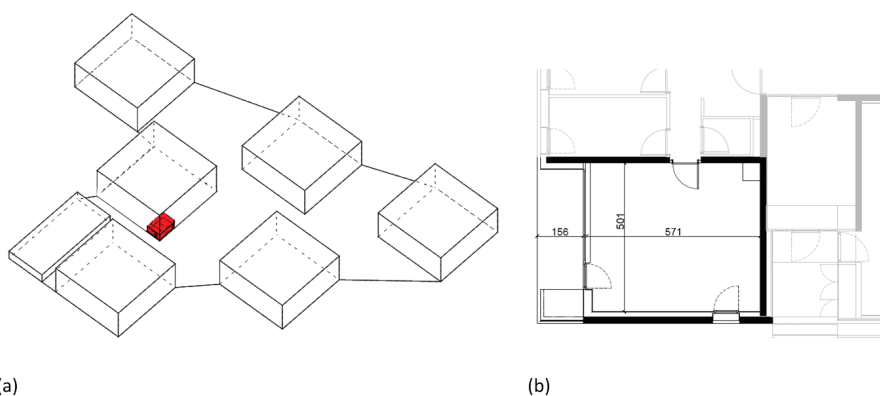
(a)

(b)

Slika 2. Izbrana soba v večstanovanjski zazidavi ob Mesarski ulici v Ljubljani, (a) označena z rdečo v modelu zazidave in (b) prikazana v tlorisu. Lastna risba, povzeta po načrtih arhitekture, pridobljenih na SSRS (dimenzije v centimetrih).

Večstanovanjsko zazidavo Polje II sestavlja šest točkovnih večstanovanjskih stavb s štirimi etažami, postavljenih v vzorcu šahovnice. Osvetljenost smo preverjali v bivalnem delu 2,5-sobnega stanovanja v jugozahodnem vogalu pritličja najbolj osenčenega bloka, ki ga sestavljajo kuhinja, dnevna soba in jedilnica (slika 3(a)). Soba je bila kot primer potencialno slabo osvetljenega prostora izbrana zaradi pritlične lege, v bližini sosednje stavbe in lože pred večjim oknom (slika 3(b)). Je ena izmed devetintridesetih podobnih sob v pritličju te večstanovanjske zazidave, med katerimi samo dve ležita tako blizu nasproti stoječe stavbe. Zaradi lože na zahodni strani smo lahko preverili njen negativni vpliv na osvetlitev prostora, medtem ko je dodatno okno na južni strani prostora omogočilo preveritev vpliva dvostranske orientacije sobe na njeno osvetljenost.

[McNeel, 2010], medtem ko smo simulacijo osvetljenosti z dnevno svetlobo izvedli s pomočjo vtičnika za Rhinoceros, DIVA-for-Rhino [Solemma LCC, 2019]. Ta je bil prvotno razvit na podiplomski šoli za oblikovanje na univerzi v Harvardu in omogoča izvedbo različnih ocen okoljske učinkovitosti stavb, med drugim modeliranje sončnega sevanja in dnevne svetlobe v stavbah in njihovi okolici. Diva za simulacijo dnevne svetlobe uporablja odprtokodni program Radiance [Ward Larson, 1998], ki omogoča izračune z metodo sledenja žarkom. Istočasno uporablja dve metodi sledenja žarkov – deterministično, ki sledi žarkom od proučevanega objekta do njihovega izvora, in stohastično, pri kateri žarki potekajo in se odbijajo v naključne smeri, kar omogoča izračun tako direktne kot difuzne komponente osvetlitve. Program omogoča simulacijo s šestimi od



Slika 3. Izbrana soba v večstanovanjski zazidavi Polje II v Ljubljani, (a) označena z rdečo v modelu zazidave in (b) prikazana v tlorisu. Lastna risba, povzeta po načrtih arhitekture, pridobljenih na JSS MOL (dimenzije v centimetrih).

2.2 Opis modelov za simulacijo osvetljenosti

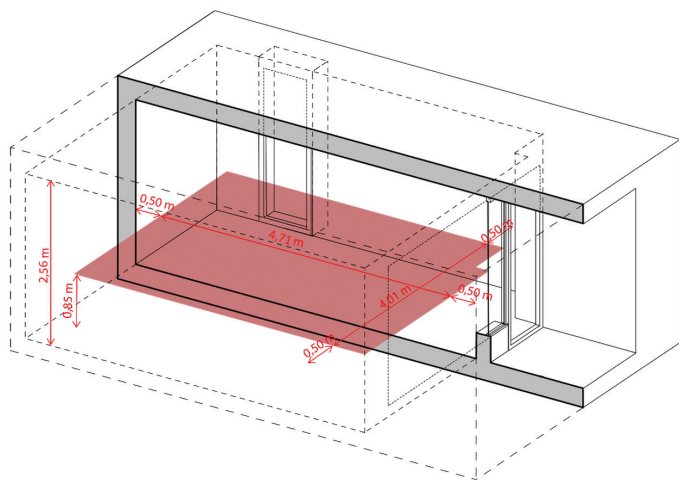
Za osnovo za preveritev naravne osvetljenosti izbranih dveh prostorov smo uporabili določila standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah o osvetljenosti z dnevno svetlobo. Ta navaja, da je prostor z dnevno svetlobo ustrezno osvetljen, če so ciljne ravni osvetljenosti dosežene na določenem delu referenčne ravnine v prostoru vsaj polovico svetlih ur dneva. Podane so tri ravni ciljne osvetljenosti: visoka, srednja in najnižja. Glede na metodologijo, priporočeno v SIST EN 17037, obstajata dva načina za izračun dnevne svetlobe (D) na referenčni ravnini z določenimi vrednostmi za D, ki jih je treba doseči glede na dano lokacijo. Drugi način je izračun stopnje osvetljenosti z uporabo podnebnih podatkov o osvetljenosti in ustreznega časovnega koraka. Metoda določitve D, ki predstavlja razmerje med osvetljenostjo točke v prostoru ter osvetljenostjo točke na horizontalni ravnini pri neovirani hemisferi v istem časovnem obdobju, je enostavnejša, saj predvideva oblačno nebo in zato ne vključuje vpliva direktne osenčenosti. V raziskavi je bila ta metoda uporabljena, ker je primerna za preveritev osvetljenosti v najslabših možnih razmerah, ki vključujejo oblačno nebo [Tregenza, 2018].

Modele izbranih dveh bivalnih prostorov in volumnov stavb večstanovanjskih zazidav ob Mesarski cesti in Polju II smo ustvarili z orodjem za tridimenzionalno modeliranje Rhinoceros

šestnajstih vrst standardnih tipov neba, od močno oblačnega do jasnega, definiranih pri Mednarodni komisiji za razsvetljavo [CIE, 2003]. Pri simulacijah svetlobe pod oblačnim nebom, ki smo jih uporabili za izračun D, Radiance uporablja CIE tip neba 16. Radiance je bil izbran zaradi validiranosti s številnimi raziskavami ([Mrdaljevic, 1995], [Reinhart, 2000], [Reinhart, 2001]).

V skladu s priporočili standarda SIST EN 17037 smo s simulacijami pridobljeni D na referenčni ravnini primerjali z določenimi vrednostmi za ciljni in minimalni D, ki jih je treba doseči glede na dano lokacijo. Preveriti smo želeli, če izbrana prostora izpolnjujeta minimalna priporočila o osvetljenosti z dnevno svetlobo, torej smo preverili najnižje priporočene ravni dnevne osvetljenosti. V Sloveniji je za doseganje najnižje priporočene ravni dnevne osvetljenosti treba doseči najmanjšo ciljno osvetljenost 100 lux na 95 % referenčne ravnine in 300 lux na 50 % referenčne ravnine polovico svetlih ur dneva, kar pomeni doseči $D = 0,6\%$ na 95 % referenčne ravnine in $D = 1,8\%$ na 50 % referenčne ravnine. Vrednosti D v prostoru so bile simulirane na referenčni ravnini 850 mm nad tlemi, izvzemši območje oboda ravnine v razdalji 500 mm od stene, na mreži 250 mm × 250 mm (slika 4).

Pri simulacijah osvetljenosti prostorov smo predpostavili svetlobno prepustnost zasteklitve 0,81, kar ustreza vrednostim, značilnim za sodobne dvoslojne zasteklitve [Reflex, 2023]. Odsevnosti notranjih sten, stropa, tal in fasad analiziranih ter nas-



Slika 4. Umestitev referenčne ravnine za simulacijo D v izbrani sobi večstanovanjske zazidave Polje II.

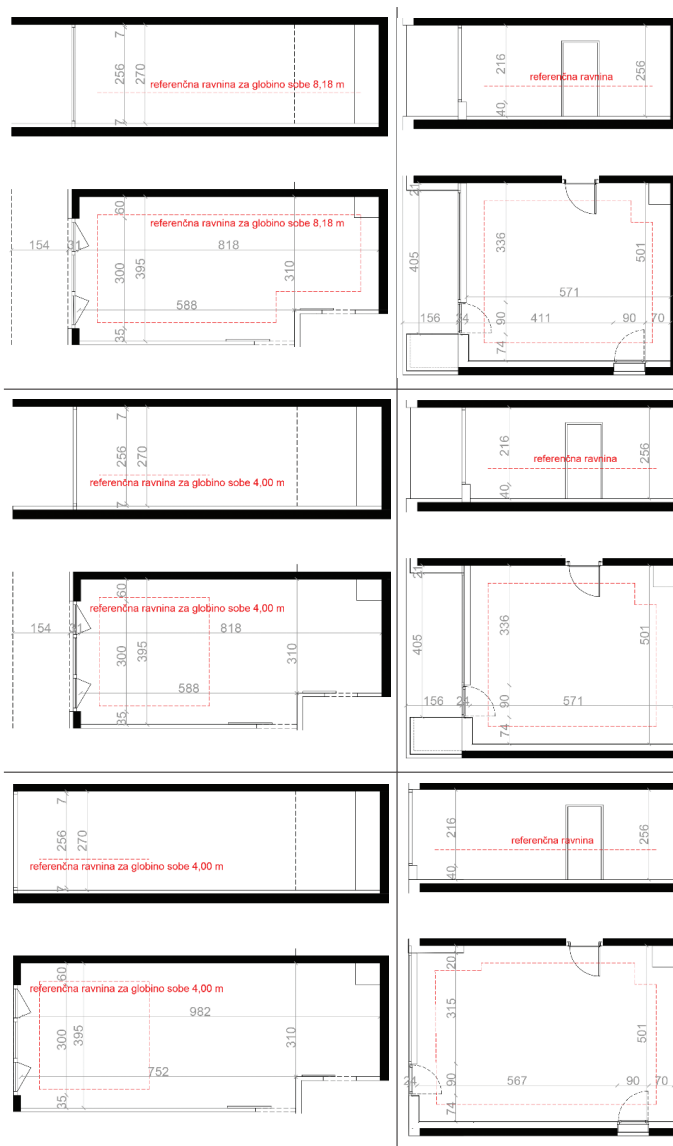
proti stoječih stavb smo določili v skladu s priporočili standarda SIST EN 17037 (preglednica 1). Potencialnega vpliva senčenja dreves zaradi kompleksnosti nismo vključili, saj bi bilo poleg njihove natančne pozicije treba določiti tudi vrsto, velikost in delež listov na njih glede na letni čas [López-Ordóñez, 2017].

površina	odsevnost
notranje stene	0,7
notranji strop	0,8
tla sobe	0,4
fasada	0,3
zunanja tla	0,2

Preglednica 1. Uporabljene nastavitve odsevnosti materialov za različne površine v simulacijah z Divo-for-Rhino.

Izsledki raziskave o povezavi gostote večstanovanjske zazidave in osvetljenosti bivalnih prostorov [Šprah, 2020] so pokazali, da je globina v pritličje umeščene primerno enostransko osvetljene sobe pri večstanovanjskih zazidavah z višjimi faktorji zazidanosti (med 30 % in 50 %) in izrabe (med 1 in 2) med 4 in 5 m. Ker so v tej raziskavi preverjeni prostori globlji, smo v naslednjem koraku globino meritve D z referenčno mrežo daljšega prostora v stanovanju na Mesarski cesti skrajšali do dolžine, ko bi naj bila glede na izsledke predhodne raziskave najnižja priporočena raven dosežena (preglednica 2). Tako naj bi identificirali dejansko globino bivalnega prostora, ki dosega najnižjo priporočeno raven dnevne osvetljenosti po standardu SIST EN 17037.

V zadnjem koraku smo raziskali vpliv konzole pred oknom modela bivalnega prostora v večstanovanjski zazidavi na Mesarski ter lože pred oknom in vpliv dodatnega okna v večstanovanjski zazidavi Polje II. V modelu bivalnega prostora stanovanja v večstanovanjski zazidavi na Mesarski cesti smo odstranili konzolo nad oknom ter ponovno izvedli simulacijo D na referenčni mreži (preglednica 2). V modelu bivalnega prostora stanovanja v večstanovanjski zazidavi Polje II smo pred ponovitvijo simulacije prostor podaljšali do konca lože. Simulacijo smo ponovili še z nespremenjeno pozicijo lože in brez dodatnega okna.



Preglednica 2. Geometrične lastnosti vseh modelov prostorov za simulacijo D (dimenzije v centimetrih).

3 REZULTATI

3.1 Bivalni prostor v večstanovanjski zazidavi dvostransko orientiranih koridorskih blokov

Simulacija osvetljenosti izbranega primera sobe na Mesarski cesti pokaže, da najnižji D $\geq 0,6\%$, in s tem najmanjšo ciljno osvetljenost 100 lx, dosega le 41,87 % celic referenčne ravnine v sobi, medtem ko bi moral v skladu s SIST EN 17037 ta vrednost dosežati 95 % (preglednica 3). Delež celic z D $\geq 1,8\%$ in s tem doseženo ciljno osvetljenostjo 300 lx je le 9,64 %, medtem ko bi moral biti v skladu s SIST EN 17037 enak ali višji od 50 %. Tudi pri zmanjšani globini meritve osvetljenosti na 4 m je delež celic z D $\geq 0,6\%$ le 76,92 %, medtem ko je delež celic z D $\geq 1,8\%$, 15,38 %. Po odstranitvi

konzole nad oknom vse celice referenčne ravnine v sobi dosegajo vrednost $D \geq 0,6 \%$, medtem ko $D \geq 1,8 \%$ dosega ali presega 55,95 % celic. To pomeni, da je najnižja priporočena raven osvetljenosti glede na SIST EN 17037 dosežena komaj pri za več kot polovico zmanjšani globini sobe in odstranjeni konzoli pred njo.

znaša 54,72 %, medtem ko je delež celic z $D \geq 1,8 \%$ 8,49 %. Ob podaljšanju sobe do konca lože in dodatnim oknom na južni stranici sobe sta deleža celic na referenčni ravnini, ki dosegajo zadosten D , skladna z najnižjo priporočeno ravno iz SIST EN 17037, saj je najmanjši ciljni D dosežen na celotni površini referenčne ravnine sobe, medtem ko delež celic z $D \geq 1,8 \%$ znaša 50,24 %.

	globina meritve 8,18 m	globina meritve 4 m	
	soba z ložo		soba brez lože
 D [%]			
delež celic z $D \geq 0,6 \%$ [%]	41,87 %	76,92 %	100,00 %
delež celic z $D \geq 1,8 \%$ [%]	9,64 %	15,38 %	55,95 %

Preglednica 3. Osvetljenost sobe z dnevno svetlobo v večstanovanjski zazidavi na Mesarski cesti. Z rdečim okvirjem je označena nespremenjena osnovna konfiguracija sobe.

3.2 Bivalni prostor v točkovni večstanovanjski zazidavi

	soba z ložo		soba brez lože
	soba brez stranskega okna	soba s stranskim oknom	
 D [%]			
delež celic z $D \geq 0,6 \%$ [%]	54,72 %	100,00 %	100,00 %
delež celic z $D \geq 1,8 \%$ [%]	8,49 %	22,64 %	50,24 %

Preglednica 4. Osvetljenost sobe z dnevno svetlobo v večstanovanjski zazidavi stolpičev Polje II. Z rdečim okvirjem je označena nespremenjena osnovna konfiguracija sobe.

Kot je razvidno iz preglednice 4, sta najnižji $D \geq 0,6 \%$ in s tem najmanjša ciljna osvetljenost 100 lx dosežena na celotni površini referenčne ravnine sobe v večstanovanjski zazidavi Polje II. Delež celic z $D \geq 1,8 \%$ in s tem ciljna osvetljenost 300 lx sta dosežena na 22,64 % površine, medtem ko bi moral glede na priporočila o najnižji ciljni osvetljenosti v SIST EN 17037 ta delež znašati 50 % ali več. Pri odstranitvi dodatnega okna se oba deleža celic prepolovita: delež celic z $D \geq 0,6 \%$

4 DISKUSIJA IN ZAKLJUČKI

Pritlična stanovanja v gosti stanovanjski zazidavi so sicer najslabši možni primer osvetljenosti z dnevno svetlobo, vendar vseeno predstavljajo določen delež stanovanjskega fonda, ki lahko negativno vpliva na zdravje stanovalcev. Rezultati študije primerov bivalnih prostorov v iz-

branih pritličnih stanovanjih večstanovanjskih zazidav ob Mesarski cesti in Polje II v Ljubljani so pokazali, da ta ne izpolnjujeta priporočil standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019] o najnižji priporočeni ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo. Izbrana metoda preveritve s faktorjem dnevne svetlobe zanemari neposredno komponento osončenosti, kar predstavlja omejitve raziskave. Kljub temu smo jo v raziskavi uporabili, ker je D dober pokazatelj osvetljenosti v neugodnih razmerah – ob oblačnem nebu, kar se sklada s kontekstom raziskave, kjer raziskujemo osvetljenost stanovanj v najslabših možnih razmerah.

Ob tem je treba poudariti, da je bil v študiji zanemarjen vpliv vegetacije, kar pomeni, da je dejanska osvetljenost lahko še bistveno nižja. Med omejitve raziskave vpliva tudi izbira tipa zasteklitve, torej njegove svetlobnotehnične lastnosti. Osvetljenost z dnevno svetlobo je bila simulirana za dvoslojno zasteklitev; pri vedno bolj uporabljani trojni zasteklitvi bi se svetlobna prehodnost in posledično osvetljenost prostora dodatno zmanjšali. Rezultati študije primerov kažejo, da zgolj upoštevanje trenutne zakonodaje o deležu odprtih za osvetljevanje in merah notranjih prostorov nista zagotovilo za izgradnjo dovolj osvetljenih stanovanj. Res je, da smo v obeh zazidavah preverjali predvidoma najslabše osvetljeni prostor – v zazidavi na Mesarski je takšnih prostorov šestnajst, medtem ko sta v zazidavi Polje II takšna prostora samo dva, vseeno pa velja, da je treba zadostno osvetljenost zagotoviti vsem bivalnim prostorom. Še posebej bi to moralo veljati za stanovanja, ki so nastala na podlagi javnih natečajev pod okriljem javnih stanovanjskih skladov. Enostavno rešitev za izboljšanje osvetljenosti bi predstavljalo normativno povečanje razmerja med površino odprtih za osvetljevanje s tlorisno površino bivalnega prostora, ob čemer je treba poudariti, da je s Pravilnikom o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj [UL RS, 2011] predpisani 20-% delež odprtih glede na tlorisno površino stavbe med najvišjimi v Evropski uniji – na Švedskem in Danskem znaša 10 %, na Poljskem, v Italiji in Nemčiji 12,5 % in v Franciji 17 % [Kunkel, 2015] – zato je njegovo povečanje malo verjetno. Prav tako so kritiki standarda [Paule, 2019] med drugim zapisali, da ta v sedanji obliki jasno spodbuja načrtovalce k povečanju zastekljenih površin, kar ni v skladu s ciljem zmanjševanja porabe energije v stavbah, in pozvali k ponovnemu razmisleku o oznakah priporočenih ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo.

Obstajajo tudi drugi načini zagotovitve zadostne osvetljenosti pritličnih stanovanj. Predhodna raziskava [Šprah, 2020] je pokazala, da prostori v pritličnih stanovanjih večstanovanjskih zazidav nižje gostote, zasnovani v skladu s Pravilnikom o minimalnih tehničnih zahtevah za gradnjo stanovanjskih stavb in stanovanj [UL RS, 2011], izpolnjujejo priporočila standarda SIST EN 17037: Dnevna svetloba v stavbah [SIST, 2019] o najnižji priporočeni ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo. Kadar nižje gostote zazidave ni mogoče implementirati, so možni posegi na nivoju arhitekturne zasnove stavb. Kot je pokazal rezultat simulacije v

prostoru z dvostransko orientacijo, dodatno okno na drugi stranici prostora bistveno poveča raven osvetljenosti. Ob tem pomembno vlogo igra tipologija večstanovanjske stavbe, saj ta med drugim prejudicira eno-, dvo- ali večstransko orientacijo bivalnih prostorov. Pri točkovnem vzorcu zidave je praviloma več globljih prostorov umeščenih v vogale stavb, kar omogoča dvostransko postavitev oken in s tem vsaj teoretično boljše pogoje za osvetljenost z dnevno svetlobo, medtem ko ima pri dvostransko orientiranem koridorskem bloku s poudarjeno vzdolžno tlorisno dimenzijo, ki spada v linijski vzorec zidave, večina stanovanj enostransko orientacijo. Razlog za to je tlorisna zasnova, sestavljena iz stanovanj, nanizanih v dve vrsti ob osrednjem skupnem hodniku z vertikalnimi jedri. Stanovanja so dostopna s skupnega hodnika in so, razen vogalnih, enostransko osvetljena. Izbira tipologije stavbe prav tako lahko vpliva na globino prostorov, ki morajo biti glede na rezultate simulacije osvetljenosti s skrajšano referenčno ravnino v pritličnih stanovanjih gostejših večstanovanjskih zazidav za doseganje najnižjih priporočenih ravni osvetljenosti z dnevno svetlobo relativno plitki.

Simulaciji z odstranitvijo konzole in lože sta pokazali, da izzidki, ki senčijo zastekljeno odprtino, osvetljenost prostorov bistveno zmanjšujejo. Zunanji bivalni prostor je pomemben element stanovanja, ki pomaga izpolniti psihološke potrebe po različnih prostorskih izkušnjah in namenskosti [Smektala, 2022], katerega pomen se je med pandemijo še povečal [Duarte, 2023]. Zato se ga zaradi potencialnega zmanjšanja osvetljenosti notranjega prostora iz arhitekturne zasnove ne sme odstraniti, bi pa k večji osvetljenosti notranjih prostorov pripomoglo, da ni umeščen nad zastekljeno površino najglobljega prostora pritličnih stanovanj.

Rezultati študije primerov v povezavi z rezultati predhodne raziskave o osvetljenosti z dnevno svetlobo in gostoti večstanovanjske zazidave [Šprah, 2020] kažejo, da priporočeno minimalno raven osvetljenosti glede na SIST EN 17037 v prostorih pritličnih stanovanj gostejših večstanovanjskih zazidav težko doseči. Na podlagi izsledkov lahko zaključimo, da je v primeru, ko umestitev večjih, z izzidki nezasenčenih zastekljenih odprtih in plitvejših bivalnih prostorov z večstransko orientacijo v pritličje ni mogoča in kadar je zaradi drugih ciljev trajnostnega razvoja zagotovitev določene gostote večstanovanjske zazidave nujno potrebna, zaradi zagotavljanja zdravega stanovanjskega okolja kot najnižjo stanovanjsko etažo bolje zasnovati prvo etažo stavbe in pritličje nameniti drugim funkcijam.

Načrtovanje trajnostne večstanovanjske zazidave je kompleksno. Posamični vidiki trajnostnega razvoja, predvsem okoljski in sociološki, vodijo do različnih smernic za načrtovanje. Že tema osvetljevanja z dnevno svetlobo vključuje zdravstvene in energetske vidike, ki se lahko znajdejo v jukstapoziciji. V iskanju optimuma je treba upoštevati vrsto področij, med katerimi je treba najti ravnovesje. Predložena raziskava je ob tem želela opozoriti tudi na razko-

rak med zahtevami veljavnega slovenskega standarda o dnevni svetlobi v stavbah in dejanskim stanjem, ki je posledica zakonodaje na tem področju. Izsledki predložene študije primerov in predhodne raziskave o osvetljevanju in gostoti zazidave [Šprah, 2020] so nakazali nekatere možne ukrepe za boljše osvetljevanje bivalnih prostorov večstanovanjske zazidave, kot so izbira tipologij, ki omogočajo dvostransko orientacijo globljih prostorov, in nižja gostota večstanovanjskih zazidav. K razumevanju kompleksnosti teme osvetljevanja z dnevno svetlobo bi pripomogle nadaljnje raziskave povezave vpliva gostote večstanovanjskih zazidav z arhitekturnim oblikovanjem stavb, ki bi lahko predstavljale osnovo za pripravo priporočil o optimizaciji zasnove večstanovanjskih zazidav glede na osvetljevanje z dnevno svetlobo.

Ob predpostavki, da je izpolnjevanje zahtev standarda SIST EN 17037 glede najnižje priporočene ravni osvetljenosti pogoj za zagotavljanje zdravega bivalnega okolja, ga je treba implementirati v načrtovalsko prakso. Začetek implementacije bi lahko predstavljala predpisana preveritev dnevne osvetlitve pritličnih stanovanj v natečajnih rešitvah javnih natečajev večstanovanjskih zazidav pod okriljem stanovanjskih skladov.

5 LITERATURA

Ayoub, M., 100 Years of daylighting: A chronological review of daylight prediction and calculation methods, *Solar Energy*, 194(November), 360–390, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.072>, 2019.

Berson, D. M., Dunn, F. A., Takao, M., Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock, *Science*, 295(RC191), 1070–1073, <https://doi.org/10.1126/science.1067262>, 2002.

Bizjak Železnik, B., Kakovost bivanja v pritličnih stanovanjih večstanovanjskih stavb, *Urbani Izziv*, posebna iz, 88–97, URN:NBN:SI:doc-ROXQ5S46, 2015.

Boubekri, M., *Daylighting, architecture and health: building design strategies* (1st ed.). Amsterdam: Elsevier/ Architectural Press, <https://doi.org/10.4324/9780080940717>, 2008.

Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Wang, C. H., Zee, P. C., Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers, *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(6), 603–11, <https://doi.org/10.5664/jcsm.3780>, 2014.

Bramley, G., Power, S., Urban form and social sustainability: The role of density and housing type, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(1), 30–48, <https://doi.org/10.1068/b33129>, 2009.

Brown, M. J., Jacobs, D. E., Residential Light and Risk for Depression and Falls: Results from the LARES Study of Eight European Cities, *Public Health Reports*, 126(1_

suppl), 131–140, <https://doi.org/10.1177/00333549111260s117>, 2017.

Darula, S., Christoffersen, J., Malikova, M., Sunlight and insolation of building interiors., *Energy Procedia*, 78, 1245–1250, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.266>, 2015.

Davis, S., Kaune, W. T., Mirick, D. K., Chen, C., Stevens, R. G., Residential magnetic fields, light-at-night, and nocturnal urinary 6-sulfatoxymelatonin concentration in women, *American Journal of Epidemiology*, 154(7), 591–600, <https://doi.org/10.1093/aje/154.7.591>, 2001.

Dovjak, M., Kukec, A., *Creating Healthy and Sustainable Buildings*, *Creating Healthy and Sustainable Buildings*. Cham.: Springer Open, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19412-3>, 2019.

Duarte, C. C., Cortiços, N. D., Stefańska, A., Stefańska, A., Home Balconies during the COVID-19 Pandemic: Future Architect's Preferences in Lisbon and Warsaw, *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(298), <https://doi.org/10.3390/app13010298>, 2023.

Foster, R. G., Fundamentals of circadian entrainment by light, *Lighting Research and Technology*, 53(5), 377–393, <https://doi.org/10.1177/14771535211014792>, 2021.

Güneralp, B., Zhou, Y., Ürge-Vorsatz, D., Gupta, M., Yu, S., Patel, P. L., ... Seto, K. C., Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(34), 8945–8950, <https://doi.org/10.1073/pnas.1606035114>, 2017.

Holden, E., Ecological footprints and sustainable urban form, *Journal of Housing and the Built Environment*, 19(1), 91–109, <https://doi.org/10.1023/B:JOHO.0000017708.98013.cb>, 2004.

Isaac, M., Hemeida, F. A., ScienceDirect Study of natural ventilation and daylight in a multi-storey residential building to address the problems of COVID-19, *Energy Reports*, 8(May), 863–880, <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2022.07.078>, 2022.

Jabareen, Y. R., Sustainable urban forms: Their typologies, models, and concepts, *Journal of Planning Education and Research*, 26(1), 38–52, <https://doi.org/10.1177/0739456X05285119>, 2006.

Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., ... Engelmann, W. H., The National Human Activity Pattern Survey, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 11(3), 231–252, <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>, 2001.

Lestan, K., Goličnik Marušič, B., Eržen, I., Golobič, M., Odprti prostor stanovanjskih naselij povečuje kakovost grajenega, *IB Revija*, 41–55, URN:NBN:SI:DOC-MIRJQMSM, 2013.

López-Ordóñez, C. F., Roset, J., Rojas-Cortorreal, G., Análisis de la radiación solar directa en las calles de barcelona,

en base a la relación entre su morfología y vegetación. *Architecture, City and Environment*, 12(34), 45–68, <https://doi.org/10.5821/ace.12.34.4708>, 2017.

MOP, Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2022 Energijska učinkovitost stavb, Ministrstvo za okolje in prostor, 2022.

Mrdaljevic, J., Validation of a lighting simulation program under real sky conditions, *International Journal of Lighting Research and Technology*, 27(4), 181–188, <https://doi.org/10.1177/14771535950270040701>, 1995.

Paule, B., Flourentzou, F., Perspective on daylight provision according to the new European standard "daylight in Buildings" (EN 17037), *Journal of Physics: Conference Series*, 1343(1), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1343/1/012165>, 2019.

Peen, J., Schoevers, R. A., Beekman, A. T., Dekker, J., The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 121(2), 84–93, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x>, 2010.

Planišček, A., Razvoj stanovanjske gradnje v Sloveniji, Stanovanjske Ne/Politike, Stanovanjske Arhitektura Med 2000-2010, Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije, 2010.

Potočnik, J., Košir, M., Influence of commercial glazing and wall colours on the resulting non-visual daylight conditions of an office, *Building and Environment*, 171(December 2019), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106627>, 2020.

REFLEX, spletna stran podjetja Reflex d. o. o. - <http://www.reflex.si/si/steklo/toplotna-zascita>, datum vpogleda 17. 3. 2023, 2023.

Reinhart, C. F., Herkel, S., The simulation of annual daylight illuminance distributions—a state-of-the-art comparison of six RADIANCE-based methods, *Energy and Buildings*, 32(2), 167–187, [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00042-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00042-6), 2000.

Reinhart, C. F., Walkenhorst, O., Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds, *Energy and Buildings*, 33(7), 683–697, [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00058-5), 2001.

UL RS, Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj, Uradni list RS št. 1/11, 133-136, 2011.

UL RS, Resolucija o nacionalnem stanovanjskem programu 2015–2025, Uradni list RS, št. 92/15 § (2015), 2015.

Schweizer, C., Edwards, R. D., Bayer-Oglesby, L., Gauderman, W. J., Ilacqua, V., Juhani Jantunen, M., Künzli, N., Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17(2), 170–181, <https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500490>, 2007.

SIST, SIST EN 17037:2019 Dnevna svetloba v stavbah, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2019.

Smektała, M., Baborska-Narožny, M., The use of apartment balconies: context, design and social norms, *Buildings and Cities*, 3(1), 134–152, <https://doi.org/10.5334/bc.193>, 2022.

Šprah, N., Košir, M., Daylight Provision Requirements According to EN 17037 as a Restriction for Sustainable Urban Planning of Residential Developments, *Sustainability (Switzerland)*, 12(1)(315), 1–22, <https://doi.org/10.3390/su12010315>, 2020.

Tregenza, P., Mardaljevic, J., Daylighting buildings: Standards and the needs of the designer, *Lighting Research and Technology*, 50(1), 63–79, <https://doi.org/10.1177/1477153517740611>, 2018.

Ward Larson, G., Shakespeare, R., *Rendering with Radiance: The Art and Science of Lighting Visualization*. San Francisco: Morgan Kaufman Publishers, Inc, 1998.

STROKOVNI POSVET »MOSTOVI POVEZUJEJO«

Strokovni posvet z naslovom Mostovi povezujejo je 21. 4. 2023 v hotelu Šport na Otočcu organiziralo Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov (DGIT) Novo mesto. Podpredsednik društva dr. Andrej Anžlin je program seminarja vsebinsko uskladil z uglednimi strokovnjaki in predavatelji. Udeležba je bila nad pričakovanji, saj je prisostvovalo več kot 150 slušateljev iz različnih krajev Slovenije in sosednje Hrvaške (slika 1).

Po uvodnem pozdravu predsednika DGIT Novo mesto Jožeta Preskarja in podžupanje MO Novo mesto gospe Sare Tomšič je za harmonijo dogodka poskrbela učenka glasbene šole Klara Malnar in na flavto odigrala dve skladbi.

Prisotne sta pozdravila tudi predsednik Zveze inženirjev Slovenije, ki je hkrati predsednik Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski ter



Slika 1. Udeleženci seminarja Mostovi povezujejo na Otočcu, 21. 4. 2023 (Foto: Natalija Eršte).

predsednik Hrvaške inženirske zveze (HIS – Hrvatski inženjerski savez), ki je hkrati predsednik Društva gradbenih inženirjev Zagreb (DGIZ), gospod Zdravko Jurčec.

Mostovi povezujejo bregove rek, naselja in mesta, države ..., predvsem pa ljudi. Tokrat so povezali stroko, ki sodeluje pri umeščanju, projektiranju, gradnji, nadzoru in vzdrževanju mostov (slika 2).



Slika 2. Udeleženci pozorno poslušajo.

Dr. h. c. Marjan Pipenbaher, projektant znamenitih in zahtevnih mostov doma in po svetu, nam je tokrat predstavil projekte 6 novih mostov čez reko Krko v Novem mestu. Dva mostova za pešce in kolesarje sta že zgrajena, dva sta že sprojektirana (most in brv čez reko Krko v Ločni), dva pa še projektirajo (most in brv čez reko Krko na zahodni obvoznici) (slika 3).



Slika 3. Dr. h. c. Marjan Pipenbaher.

Tomaž Weingerl je predaval o projektiranju mostov s tehnologijo nateznih trakov. Tudi primer mostu za pešce in kolesarje čez Krko – Irča vas, Novo mesto.

Danilo Malnar je predstavil tehnologijo gradnje peš mostov čez reko Krko – Irča vas in Loka - Kandija v Novem mestu (slika 4).



Slika 4. Danilo Malnar.

Iztok Likar je podrobneje predstavil tehnologije gradnje razporske konstrukcije pešmostu čez Krko – Irča vas v Novem mestu.

Gorazd Humar je imel zelo zanimivo predavanje z zgodovinskim pogledom na mostove na Slovenskem.

Doc. dr. Bojan Čas in doc. dr. Peter Češarek sta predstavila revizijo turistične brvi v Celju.

Dr. Matej Kušar je predstavil upravljanje premostitvenih objektov v upravljanju DARS.

Martin Hauptman je predaval o vplivu preobremenjenih tovornih vozil na infrastrukturo.

Po končanem seminarju smo imeli redni letni zbor članov DGIT Novo mesto, kjer smo med drugim sprejeli tudi letni načrt za prihodnje leto.

Prevladuje ocena, da so bile teme predavanj vsebinsko zelo zanimive, da smo poslušali odlične predavatelje ter da je bil dogodek zelo dobro organiziran, za kar se moramo zahvaliti tudi vsem podpornikom društva. Ja, tudi prihodnje leto se vidimo na Otočcu.

Jože Preskar, predsednik DGIT Novo mesto

FOTOREPORTAŽA PRESTAVITEV KANALIZACIJSKEGA KOLEKTORJA NA OBMOČJU VILHARJEVE CESTE V LJUBLJANI



Slika 1. Pogled na gradbišče prestavitve kanalizacijskega kolektorja v času priprav na izvedbo.

Lokacija: Ljubljana

Investitor: Mestna občina Ljubljana

Projektant: KonoB svetovanje, projektiranje, izvedba in nadzor gradbenih objektov, d. o. o.

Izvajalec: Vilkgograd nizke gradnje, d. o. o., in Citri, d. o. o.

Nadzor: USZ Inženiring, d. o. o.

Zaščita gradbenih jam: zagatnice dolžine 12 m in razporni okvirji HEA300

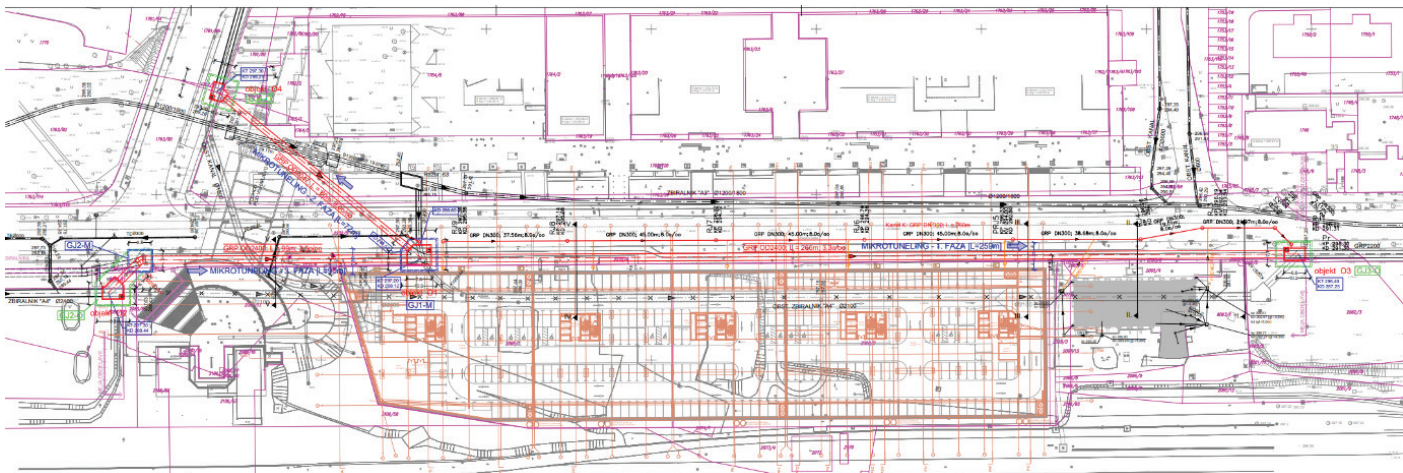
Globina izkopa: 10 m

Dolžina novega kanalizacijskega kolektorja: 411 m

Premer cevi: OD2400 mm GRP – poliester

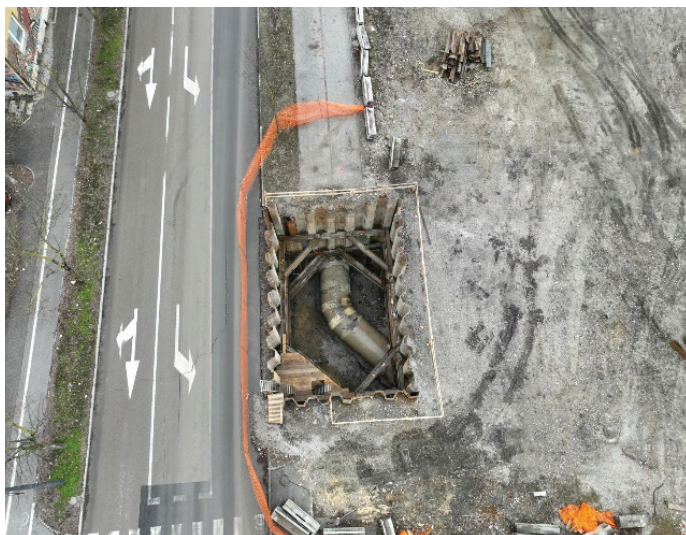
Zaradi izgradnje novega objekta Vilharia je treba prestaviti obstoječi kanalizacijski kolektor premera 2100 mm. Projekt prestavitve obstoječega kanalizacijskega armiranobetonkega kolektorja je bil zasnovan s čim manjšim posegom v obstoječo infrastrukturo in vplivom na okolico. Zaradi tega je bila za izvedbo izbrana tehnologija mikrotuneliranja. To je tehnologija, ki je namenjena izdelavi manjših tunelov. Gre predvsem za izdelavo cevovodov večjega premera (od 150 do 3800 mm in več) pa tudi večjih dolžin, ki v določenih pogojih lahko presegajo tudi nekaj kilometrov. Pomembna razlika med tunelsko gradnjo ter mikrotuneliranjem je, da pri slednji še vedno gre za daljinsko vodene stroje (MTBM – Micro Tunneling Boring Machine), ki služijo potiskanju cevi v horizontalni smeri.

Projekt prestavitve kanalizacijskega kolektorja vključuje štiri gradbene jame, ki so narejene z zagatnicami in razpornimi okvirji, ter izvedbo treh podvrtavanj po tehnologiji mikrotuneliranja premera 2400 mm v skupni dolžini 411 m. Najdaljši odsek v dolžini 260 m je bil zaključen v mesecu aprilu.



Slika 2. Situacija projekta (povzeto iz projekta PZI).

Na stičiščih zaradi sistema zaprtega tokokroga vode/bentonita omogoča vzdrževanje tlaka na čelu vrtnice. S tem pa je omogočen prehod med različnimi geološkimi formacijami. Brez takšnega sistema bi prišlo do čezmerne odvzema materiala na območju prehoda med konglomerati in prodi.



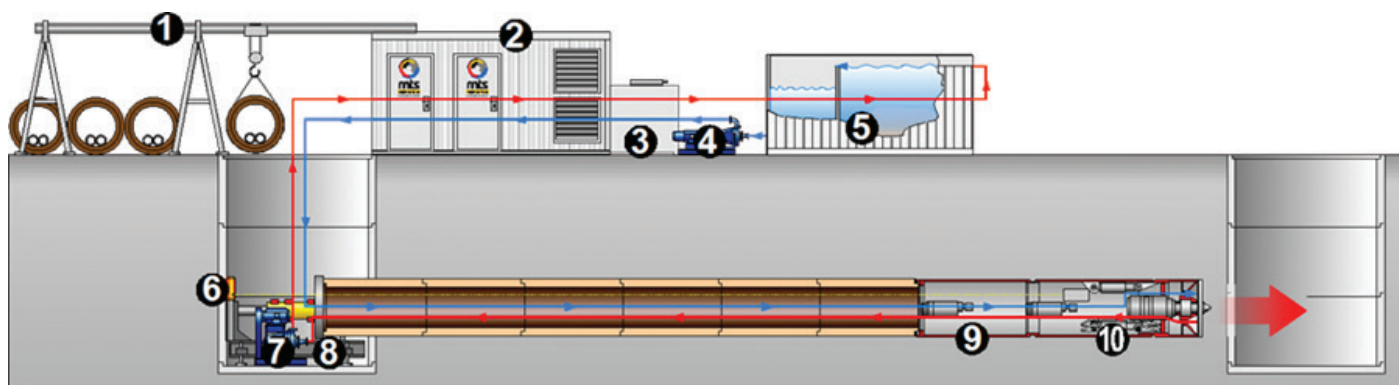
Slika 3. Gradbena jama na območju obstoječega kolektorja.



Slika 4. Poliestrške potisne cevi.

Geološki pogoji pri projektu so izredno zahtevni, ker med izvedbo prehajamo med različne geološke plasti. To so konglomerat, prod, zaglinjeni prod in glina.

Tehnologija zaradi sistema zaprtega tokokroga vode/bentonita omogoča vzdrževanje tlaka na čelu vrtnice. S tem pa je omogočen prehod med različnimi geološkimi formacijami. Brez takšnega sistema bi prišlo do čezmerne odvzema materiala na območju prehoda med konglomerati in prodi.



Slika 5. Tehnološki postopek gradnje mikrotunelov.

Tehnološki postopek gradnje mikrotunela sestavljajo:

1. dvigalo za cevi in ostale potrebe, ki ga lahko nadomesti tudi avtodvigalo,
2. operacijski zabojnik,
3. elektroagregat oziroma priključitev na omrežje,
4. črpalka za dovajanje sveže vode (angl. feed line),
5. separacijski zabojnik,
6. laser oziroma drugi sistemi spremljanja,
7. sesalna črpalka za iznos materiala (angl. slurry line),
8. potisna enota,
9. dodatna oziroma sledilna cev,
10. vrtna glava.

Pred pričetkom izvedbe mikrotunela je treba opraviti pripravljala dela in opraviti test vseh komponent. Po zaključku pripravljalnih del in po testiranjih sledita spust glave v gradbeno jamo in začetek izvedbe mikrotuneliranja.



Sliki 6 in 7. Priprava vrtna glave in separacije pred izvedbo mikrotunela.



Sliki 8 in 9. Sestavljena vrtilna glava v vstopni gradbeni jami.

Na vsake tri metre se doda nova cev in izvede montaža potrebnih komponent za izvedbo mikrotunela. Cevi in potrebne komponente se sestavljajo do zaključka podvrtavanja.

Ko dosežemo izstopno gradbeno jamo, sledita demontaža vrtilne glave in kompletna demontaža opreme v ceveh.



Slika 10. Potiskanje cevi med izvedbo mikrotunela.



Slika 11. Pogled v notranjost cevi.



Sliki 12 in 13. Prihod vrtalne glave v izstopno gradbeno jamo in njen dvig iz gradbene jame.

Po kompletnej demontaži se glava pelje na vstopno gradbeno jamo, kjer sledijo pregled, testiranje in priprava na izvedbo novega mikrotuneliranja.



Slika 14. Transport vrtalne glave na vstopno gradbeno jamo.

Več o tehnologiji sami si lahko preberete na spletni strani podjetja Vilkoograd (<https://www.vilkograd.com>) in v diplomskih ter magistrskih delih pod iskalnim nizom mikrotuneliranje in gradnja mikropredorov.

Avtor: Martin Kolar, dipl. inž. grad. (Vilkoograd, d. o. o.)

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Miha Kitek, Sile in napetosti v tirnici zaradi temperature, mentor doc. dr. Tomaž Maher, somentorica viš. pred. dr. Darja Šemrov;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=146723>

Tadej Prevec, SDoločitev osnovnih lastnosti porečij v Sloveniji, mentorica prof. dr. Mojca Šraj, somentor doc. dr. Nejc Bezak;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=146019>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

Tajda Božič, Analiza vplivov tesnosti stavbnega ovoja in naravnega prezračevanja na koncentracijo delcev v notranjem zraku stavb, mentorica izr. prof. dr. Mateja Dovjak, somentorica prof. dr. Janja Vaupotič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=146826>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Avdo Jusufbegović, Tehnične rešitve odvodnje tramvajske proge, mentor doc. dr. Mario Krzyk;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=146724>

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

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Ingo Pozvek, Numerična analiza lesene montažne dvonadstropne hiše, mentorica doc. dr. Erika Kozem Šilih, somentorica asist. dr. Mateja Držečnik;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84302&lang=slv>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jure Hržič, Vpliv vlažnosti na upogibno nosilnost lesenih nosilcev, mentor prof. dr. Miroslav Premrov, somentorica asist. dr. Mateja Držečnik;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84188&lang=slv>

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

20.-23.8.2023
**INTER-NOISE 2023 — 52nd International Congress and
Exposition on Noise Control Engineering**
Čiba, Japonska
<https://internoise2023.org>

4.-6.9.2023
**IS-PORTO 2023 - 8th International Symposium on
Deformation Characteristics of Geomaterials**
Porto, Portugalska
<https://web.fe.up.pt/~is-porto2023/>

12.-15.9.2023
**TKZ2023- 20th Technical Dam Control
International Conference**
Chorzów, Poljska
<https://tkz.is.pw.edu.pl/en/>

17.-20.9.2023
**ICPIC2023 - 17th International
Congress on Polymers in Concrete**
Varšava, Poljska
<https://icpic23.org/>

17.-21.9.2023
**12ICG - 12th International
Conference on Geosynthetics**
Rim, Italija
www.12icg-roma.org

18.-20.9.2023
**FRC 2023 - 4th ACI-fib-RILEM Workshop on Fiber
Reinforced Concrete: From Design to Structural
Applications**
Tempe, Arizona, ZDA
<https://faculty.engineering.asu.edu/frc2023>

18.-22.9.2023
**ICCC 2023 — 16th International Congress on
the Chemistry of Cement 2023**
Bangkok, Tajska
www.iccc2023.org

21.-23.9.2023
**ICCUE 2023 - 10th International Conference on
Civil and Urban Engineering**
Rim, Italija
www.iccue.org/

22.-24.9.2023
**ICCPM 2023 — The 14th International Conference on
Construction and Project Management**
Peking, Kitajska
www.iccpm.org/

28.-30.9.2023
**11th International Conference on
Auditorium Acoustics 2023**
Atene, Grčija
<https://auditorium2023.org/>

13.-15.10.2023
**ICACHE 2023 — 2023 9th International Conference on
Architectural, Civil and Hydraulic Engineering**
Čingdao, Kitajska
www.icache.net/

23.-25.10.2023
**TINCE'23 - Technological Innovations
in Nuclear Civil Engineering**
Pariz, Francija
www.sfen.org/evenement/tince23/

26.-27.10.2023
44. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije
Bled, Slovenija
www.sdgk.si/

14.-17.11.2023
WLF6 - 6th World Landslide Forum
Firence, Italija
<https://wlf6.org/>

15.-17.11.2023
**14. mednarodna konferenca o predorih in
podzemnih objektih**
Ljubljana, Slovenija
<https://conference.ita-slovenia.si/>

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