

GRADBENI VESTNIK

april 2020



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

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, april 2020, letnik 69, str. 93-116

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik
Dušan Jukić
prof. dr. Matjaž Mikoš
IZS MSG: **Gorazd Humar**
Ana Brunčič
dr. Branko Zadnik
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**
UM FGPA: **doc. dr. Milan Kuhta**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Romana Hudin

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

500 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

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

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

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

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

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

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

Uvodnik

stran **94**

Dejan Prebil, univ. dipl. inž. grad.
POTRESNA ODPORNOST STAVB V SLOVENIJI

Manifest ECCE

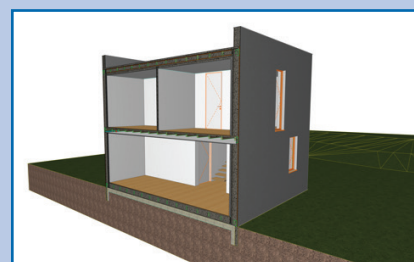
stran **95**

dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad.
ECCE RAZGLAŠA LETO 2020 ZA LETO 3S-PRISTOPA

Članki • Papers

stran **97**

asist. Maja Žigart, mag. inž. arh.
izr. prof. dr. Metka Sitar, univ. dipl. inž. arh.
asist. dr. techn. Marko Jaušovec, univ. dipl. inž. arh.
**LCC VREDNOTENJE Z UPORABO BIM-ORODJA V
ZGODNJI FAZI PROJEKTIRANJA TRAJNOSTNIH STAVB**
LCC EVALUATION USING BIM IN THE EARLY DESIGN
STAGE OF SUSTAINABLE BUILDING DESIGN



stran **107**

Uroš Razpet, univ. dipl. inž. arh., MBA
Janko Mele, univ. dipl. inž. grad.
Simon Kogoj, univ. dipl. inž. grad.
**RAZŠIRITEV POTNIŠKEGA TERMINALA TE NA
LETALIŠČU JOŽETA PUČNIKA LJUBLJANA**
WIDENING OF THE TE PASSENGER TERMINAL AT THE
LJUBLJANA JOŽE PUČNIK AIRPORT



Poročilo o strokovnem srečanju

stran **113**

Miša Hrovat
STROKOVNO SREČANJE GBC SLOVENIJA

Novi diplomanti

Eva Okorn

Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Gradbišče mostu čez Savinjo pri kraju Marija Gradec pri Laškem, foto Matej Jarm

POTRESNA ODPORNOST STAVB V SLOVENIJI

Ob nedavnem potresu v Zagrebu se marsikdo sprašuje, kako potresno odporno je naše grajeno okolje in kako bi tak potres prestali naši gradbeni objekti, predvsem stavbe, saj so te najbolj potresno izpostavljene, njihova porušitev pa je neposredno povezana tudi z izgubo človeških življenj.

Enoznačnega odgovora na ta vprašanja ni, saj je vsak gradbeni objekt edinstven. Četudi so nekateri med seboj na videz podobni ali so celo grajeni po istih tipskih načrtih, ima vsak svojo zgodovino izvedbe, uporabe, vzdrževanja, rekonstrukcij, morda celo škodljivih nestrokovnih posegov v konstrukcijo, vsak stoji na drugačnem terenu in je podvržen drugačnim okoljskim vplivom. Na splošno pa velja močna korelacija med potresno odpornostjo in časom izgradnje posameznega objekta. V tem pogledu so potresno najbolj ogroženi stari, dotrajani, slabo vzdrževani objekti in tisti, zgrajeni med drugo svetovno vojno in letom 1964, ko smo v Jugoslaviji dobili prve, sicer primitivne predpise za potresno odporno gradnjo. Z vidika današnje stopnje razvoja protipotresne gradnje in dojemanja potresne varnosti vemo, da ti predpisi še zdaleč niso zagotavljali ustreznega nivoja varnosti. Velik napredek pri zagotavljanju varnosti pa so pomenili predpisi, ki so začeli veljati leta 1981, še toliko bolj pa sodobni standardi Evrokod, ki so obvezni za uporabo od leta 2008.

Ljubljana je glede na seizmološko karto poleg severozahodnega dela Slovenije med najbolj ogroženimi mesti v Sloveniji. Tako v prestolnici kot drugje po državi je delež stavb, zgrajenih pred letom 1964, ki kasneje nikoli niso bile potresno ojačane, zelo visok. Če zraven prištejemo še stavbe, zgrajene med letoma 1964 in 1981, je delež še toliko višji. Pri tej skupini stavb lahko pričakujemo v primeru potresa, kot je nastal v Zagrebu, mnogo odpovedi oziroma podobne posledice, saj je struktura stavb v obeh prestolnicah podobna.

V primeru predvidenega projektne potresa, to je potresa, ki ga predvideva potresna karta nevarnosti in ga projektanti upoštevajo pri izdelavi projektne dokumentacije, pa lahko v Ljubljani pričakujemo še precej hujše posledice. Tako ekonomske kot v obliki izgube človeških življenj. V dnevnem časopisu je bilo v preteklem letu že objavljeno več člankov o študiji Potresne ogroženosti 15 ljubljanskih stolpnic, zgrajenih v šestdesetih letih, katere

izvedbo je naročila Mestna občina Ljubljana. S študijo je ugotovljeno, da sta za kar sedem stolpnic najbolj smiselni rušitev in nadomestna gradnja, pri ostalih pa bi bilo treba razmisliti vsaj o potresni utrditvi. Njihova potresna odpornost je namreč izjemno nizka. Sposobne so prevzeti le od 2,5 do 3,3 odstotka svoje lastne teže v horizontalni smeri. Sodobne stavbe v Ljubljani so na primer v skladu z današnjimi predpisi dimenzionirane na več kot 25 odstotkov lastne teže, odvisno od tipa tal, kategorije pomembnosti objekta in nekaterih drugih lastnosti konstrukcije stavbe.

Vprašljiva potresna odpornost nelegalnih in neskladnih objektov

Poleg starejših stavb so izredno problematične tudi nekatere novejšje stavbe, ki so bile grajene nelegalno, to je brez gradbenega dovoljenja, ali neskladno s projektno dokumentacijo. Te so bile praviloma grajene brez vključitve pristojnih strokovnjakov in niso bile podvržene predpisanim postopkom nadzora. Po nekaterih projekcijah je neskladnih in nelegalnih objektov v Sloveniji blizu pol milijona. Velik del takih objektov se je gradil tako rekoč po trenutnem navdihu zidarjev, na osnovi njihovih izkušenj iz objektov, ki so bili grajeni ob povsem drugačnih okoliščinah. Velik del jih je zgrajenih celo brez zidarjev, v lastni režiji. V nekaterih enostanovanjskih in tudi večstanovanjskih stavbah so nekateri lastniki brez vključitve ustreznih strokovnjakov tudi odstranjevali pomembne dele potresnih konstrukcijskih elementov, kar se lahko zaradi zmanjšanja horizontalne togosti objekta za usodno izkaže šele ob potresu.

Država za ureditev takega stanja nima prave strategije. Veljavna zakonodaja omogoča celo hitro in nekritično legalizacijo vseh takih objektov brez preverbe njihove mehanske odpornosti in stabilnosti. Izvedba statičnih oziroma potresnih analiz ni zahtevana, je pa zahtevana ustrezna umeščenost v prostor, kar jasno kaže na prioritete države.

Zakonodajalec na račun drugih ciljev vedno manj pozornosti posveča varnosti objektov

Čeprav bi lahko sklepali, da je danes stopnja razvoja družbe privedla do nivoja, kjer je varnost ljudi absolutno najpomembnejša, in da je primerno poskrbljeno vsaj za varno gradnjo objektov, ki se gradijo ali rekonstruirajo zdaj, se stroka s tem v celoti ne more strinjati, pripravljavce predpisov pa na to tudi

često, a večinoma brezuspešno opozarja. Nivo strokovnega znanja o potresni odpornosti je danes sicer na visoki ravni, ne moremo pa pritrditi, da temu ustrezno sledi zakonodaja. Ta na račun drugih ciljev iz spremembe v spremembo manj pozornosti posveča varnosti. Odgovornost se čedalje bolj prepušča posameznemu strokovnjaku. V marsikaterem primeru o tem, ali se ga bo sploh vključilo, odloča celo strokovnjak iz druge stroke, največkrat arhitekt ali pa celo investitor sam. Glede na to, da je nastanek rušilnega potresa redek pojav, ne pretirano prisoten v trenutni zavesti ljudi, ne manjka oseb, od katerih je sicer varnost odvisna, a problematike potresne odpornosti ne obvladajo, se je ne zavedajo dovolj ali pa jo zavestno zanemarijo. Treba je vedeti, da korektna potresna analiza v fazi projektiranja vzame precej več časa kot zgolj statična analiza brez upoštevanja potresnega vpliva. Če se potresna analiza poenostavi ali izpusti, je seveda cena bistveno nižja od cene za korektno in celostno analizo. To ob izključnem kriteriju najnižje cene za izdelavo projektne dokumentacije na dolgi rok sproži verižno reakcijo negativne selekcije, kjer strokovni in odgovorni gradbeni projektanti ne dobijo dela, ker so predragi. Ta degradacija stroke z negativno selekcijo se je še pospešila ob spremembah zakonodaje v zadnjih letih, saj ta ne zahteva več revizije mehanske odpornosti in stabilnosti niti za najzahtevnejše objekte. Tako je recimo zagotovitev ustreznih potresne odpornosti bolnišnice, ki mora obstati tudi v času, ko drugi objekti že odpovedo, odvisna le od znanja, vestnosti in trenutne dobre forme enega samega gradbenega strokovnjaka. Predvidenega ni nobenega mehanizma nadzora pravilnosti njegovih izračunov in predvidenih rešitev do trenutka, ko nastane potres in se napaka že pokaže v obliki večje gospodarske škode ali v obliki izgube življenj.

V upravnih enotah ni strokovnjakov, ki bi lahko ovrednotili pravilnost rešitev, nadzornik in izvajalec na gradbišču za to v splošnem nista kompetentna, prav tako se tega ne preverja ob tehničnem pregledu.

Najprej potresna, šele nato energetska sanacija stavb

Veliko priložnost za postopno sistemsko urejanje problematike potresne odpornosti obstoječega stavbnega fonda zamujamo v

primeru energetske sanacije, ko bi bil čas za hkratno potresno sanacijo najprimernejši. Država preko svojih mehanizmov te enkratne priložnosti kljub večletnim pozivom stroke ne izkoristi. Preko EKO-sklada celo brez zadržka nekritično subvencionira energetske sanacije vseh objektov, tudi potresno nevarnih. S tem ti dobijo novo podobo, ki ljudem daje lažen občutek varnosti, sicer pa se s tem skrijejo vse konstrukcijske napake in razpoke, ki bi

sicer lahko opozarjale na konstrukcijsko neprijetnost. Motivacija za potresno sanacijo se ob tem za daljše obdobje precej zmanjša, saj bi bilo treba pri potresni sanaciji novo fasado uničiti in jo izvesti ponovno.

V Ljubljani lahko ob nastanku projektnega potresa pričakujemo še mnogo usodnejše posledice, kot jih lahko danes vidimo v Zagrebu. Obsežnejših sistemskih ukrepov za ureditev tega področja ni na vidiku. Ko bo katastrofa tu,

bo morala odgovornost prevzeti ne le stroka, pač pa tudi politika in strokovne službe ministrstev, ki se na jasna opozorila in priporočila stroke ne zmenijo dovolj. Gradbena stroka zna in želi zagotavljati potresno varnost, potrebuje pa podporo politike in družbe na splošno.

Dejan Prebil, univ. dipl. inž. grad. svetovalec za zakonodajo in inženirstvo, Inženirska zbornica Slovenije

ECCE RAZGLAŠA LETO 2020 ZA LETO 3S-PRISTOPA

Evropski svet gradbenih inženirjev, ECCE, je z **Manifestom¹ razglasil leto 2020 za leto 3S-pristopa: varno (Safe) – zanesljivo (Sound) – trajnostno (Sustainable)**. Dogodek uradne razglasitve je bil organiziran 14. decembra 2019 v Nikoziji na Cipru na 27. Generalni skupščini Ciperskega združenja gradbenih inženirjev. Idejo o napovedi leta 2020 kot 3S-pristopa »varno – zanesljivo – trajnostno« smo v ECCE razvijali že nekaj let in izhaja iz dokumenta z naslovom *Potreba po vključevanju konstrukcijske / protipotresne ojačitve obstoječih stavb ob izvedbi izboljšav njihove energetske učinkovitosti*, ki je eden od projektov tekočega dela ECCE. Poleg izboljšav energetske učinkovitosti stavb pa danes govorimo tudi o pametnih stavbah (smart buildings), ki uporabljajo pri svojem funkcioniranju avtomatizirane procese upravljanja in nadzora sistemov, kot so npr. HVAC, razsvetljava, požarna varnost in številni drugi. V stavbe se vgrajujejo integrirana mreža senzorjev, mikročipov in naprav, ki stalno zbirajo podatke, jih primerno obdelujejo in pripravljajo

v oblike, uporabne za izboljševanje, obvladovanje vzdrževalnih stroškov in večanje splošne učinkovitosti stavbe.

Manifest poudarja potrebo po vključevanju konstrukcijskih/protipotresnih ojačitev obstoječih stavb z istočasnim izboljšanjem njihove energetske učinkovitosti. Sledi novim trendom in zahtevam po kvalitetnem stavbnem fondu, ki izpolnjuje zahteve današnjega bivanja. Povzamemo jih lahko kot zahtevo po:

**... pametnem financiranju pametnih stavb
... Toda stavbo lahko imenujemo pametna
še, ko izpolni pristop 3S, torej ko je varna,
zanesljiva in trajnostna.**

Zanimivo je, da se podobna razmišljanja pojavljajo tudi v drugih okoljih, ki so v Evropi povezana z gradbeništvom. Za celotno evropsko industrijo, tudi gradbeno, je pomembno, da je bil 11. 12. 2019 v Bruslju sprejet Zeleni sporazum EU (EU Green Deal²), ki obravnava razvoj evropske družbe v časovnem obdobju do leta 2050. Ob predstavitvi ga je komentirala tudi nova predsednica

Evropske komisije ga. Ursula von der Leyen in napovedala iz njega izhajajoče evropske investicijske vložke v višini 1000 mrd. EUR. Izjemno pomembno in spodbudno je, da FIEC³ v svojem sporočilu za javnost z dne 11. 12. 2019 sprejema tudi stališče ECCE glede potrebe po vključitvi konstrukcijskih ojačitev obstoječih stavb vzporedno z izboljšanjem energetske učinkovitosti. Citiram iz njihove izjave za javnost: »FIEC pozdravlja prizadevanja za izboljševanje stavbnega fonda, obenem pa opozarja oblikovalce politik, da je treba opraviti obnovitev energetske učinkovitosti vzporedno z drugimi popravili in vzdrževalnimi deli, kot so tista, ki so namenjena ojačitvam konstrukcij in izboljšanju njihove varnosti.«

Vsekakor je čas, da se celotna inženirska javnost tudi v Sloveniji pripravi in začne sodelovati pri aktivnostih, ki bodo realizirale navedene ideje.

dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad.

2020
leto
3S-pristopa,
varno – zanesljivo – trajnostno
(Safe) – (Sound) – (Sustainable)

Potreba po izvedbi konstrukcijske/protipotresne ojačitve obstoječih stavb ob istočasnem izboljšanju njihove energetske učinkovitosti

- V številnih evropskih državah večina obstoječih stavb, ki so bile zgrajene v 70., 80. letih prejšnjega stoletja ali prej, ni zasnovana v skladu s sodobnimi projektnimi standardi, ki vključujejo tudi zahteve za potresno varnost in energetske učinkovitost. Ob tem vemo, da je ena od najpomembnejših človekovih pravic imeti **varno, zanesljivo in trajnostno** prebivališče (3S).
- Glede na datum izgradnje je danes večina stavb nezadostno energetske učinkovita in tudi potresno slabo odporna. Iz te ugotovitve izhaja potreba, da mora družba (širša in inženirska javnost) sprejeti ukrepe, s katerimi bomo starejše stavbe z vzdrževalnimi deli ohranjali v *operativnem, zanesljivem in odpornem stanju, kar bo zagotovilo predvsem varnost uporabnikov*.
- V kolikšni meri lahko stavba prenaša obremenitve, je odvisno predvsem od njenih stebrov, nosilcev in sten, to je njenega konstrukcijskega nosilnega sistema. Večina obstoječih stavb nima potrebne odpornosti proti horizontalnim obremenitvam, in jih moramo ojačiti. Zlasti starejše obstoječe stavbe so zelo občutljive za potresne ali dinamične obtežbe iz drugih virov.
- Zaradi preseganja načrtovane življenjske dobe, ki je 50 let, je treba izvesti konstrukcijske ojačitve, s katerimi izboljšamo seizmične lastnosti in trajnost stavbe, istočasno pa izvedemo tudi druge *ukrepe, s katerimi zagotovimo funkcionalnost, varnost in sodobno udobje bivanja uporabnikov*.
- *V zadnjem desetletju je bil pomen energetske obravnave stavb dovolj poudarjen; povečana poraba energije vodi v škodljive vplive na okolje* (npr. podnebne spremembe). Zaradi tega se je v gradbeni sektor vpeljal koncept energetske učinkovitosti, ki je sledil evropskim ciljem o 20 % zmanjšanju emisij toplogrednih plinov in 20 % prihrankom energije do leta 2020. *V EU predstavlja gradbeni sektor, skupaj z gospodinjstvi, skoraj 70 % vse energetske potrošnje*, predvsem v obliki električne energije. Ob teh ugotovitvah **potreba in pomembnost varnosti pri obstoječih stavbah do sedaj žal nista bili poudarjeni oziroma obravnavani**.
- Trenutno je z vidika trajnosti poudarek na razvoju metodologije integriranega konstrukcijskega in energetskega načrtovanja (**Sustainable Structural Design – SSD**) le pri novih stavbah.
- Pri starejših obstoječih stavbah pa je vprašanje konstrukcijske, potresne odpornosti in energetske neučinkovitosti poglobljene pomena. Za njihovo obnovo je treba uporabiti podoben celostni pristop kot pri novih stavbah.

*Novi trend danes je pametno financiranje pametnih stavb.
Toda stavbo lahko imenujemo pametna le, ko izpolni pristop 3S –
varna, zanesljiva in trajnostna.*

Tako ECCE razglša leto 2020 za
leto **3S**-pristopa:
varno – zanesljivo – trajnostno

Prevod iz angleščine dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad.

¹ – 2020 The Year of the 3S Approach, safe – sound – sustainable, ECCE, Nikozija, 14. 12. 2019.

² – EU Green Deal, European Commission, Brussels, 11. 12. 2019 COM(2019) 640 final.

³ – FIEC – Press Release, 11. 12. 2019.

LCC VREDNOTENJE Z UPORABO BIM-ORODJA V ZGODNJI FAZI PROJEKTIRANJA TRAJNOSTNIH STAVB

LCC EVALUATION USING BIM IN THE EARLY DESIGN STAGE OF SUSTAINABLE BUILDING DESIGN

asist. Maja Žigart, mag. inž. arh.

maja.zigart@um.si

izr. prof. dr. Metka Sitar, univ. dipl. inž. arh.

metka.sitar@um.si

asist. dr. techn. Marko Jaušovec, univ. dipl. inž. arh.

marko.jausovec@um.si

UM, Fakulteta za gradbeništvo, prometno

inženirstvo in arhitekturo

Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

Znanstveni članek

UDK 624:72(035)

Povzetek | Pri prizadevanjih za trajnostno gradnjo je vprašanje optimizacije investicije v središču odločanja vseh deležnikov v načrtovanju, gradnji in uporabi stavbe. V članku so povzete ugotovitve ekonomskega vrednotenja objekta z uporabo informacijskega modela stavbe (BIM) in analize stroškov življenjskega cikla (LCC). Pri avtomatizaciji procesa vrednotenja sta bili uporabljeni dve programski orodji, Graphisoft Archicad za BIM v kombinaciji s programsko opremo Legep za LCC. Preizkus modela na študiji primera potrjuje domnevo, da je ocenitev stroškov v življenjskem ciklu z uporabo BIM v povezavi z LCC z vključeno podatkovno bazo gradbenih elementov možna že v zgodnji fazi projektiranja. Z vidika deležnikov takšen pristop omogoča izbor optimalnih rešitev v zvezi z vrsto odločitev pri projektiranju stavbe.

Ključne besede: BIM, LCC, stroškovna analiza, življenjski cikel stavbe

Summary | With regard to efforts to achieve sustainable architectural design, the question of cost optimal investment is in the focus of the decision-making process of stakeholders in building sector. The article summarizes the findings of the economic assessment of buildings using Building Information Modeling (BIM) and Life Cycle Cost (LCC) cost analysis. To exploit the automated evaluation process within the computing environment, several tools were used, including Graphisoft Archicad software for BIM in combination with Legep software for LCC. The case study model confirms the assumption that the economic assessment of a building can already be done in the early stages of design, if the BIM model is used in combination with LCC tools with integrated databases of building elements. From a stakeholder perspective, such an approach enables the optimal decision making on a range of solutions in the design process of a building.

Key words: BIM, LCC, economic analysis, building life cycle

1 • UVOD

V družbi je že dalj časa prisotna skrb za kakovost okolja, v zadnjih desetletjih zlasti zaradi škodljivih vplivov, povezanih z gradnjami. Veliko pove podatek, da gradbena industrija že z rabo surovin in proizvodnjo gradbenih materialov močno vpliva na trajnostnost (Yin, 2018). Gradbeni sektor v EU je odgovoren za 38 % emisij ogljikovega dioksida (CO₂) in 40 % celotne porabe energije (Evropska komisija, 2018). Pri tem je pomemben podatek, da v Sloveniji energija za ogrevanje stavb predstavlja približno 25 %-ni delež celotne porabe energije, h kateremu bistveni delež prispevajo individualne hiše, ki predstavljajo 75 % stanovanjske gradnje in s tem 55 % celotne površine stavbnega sektorja (Zavrl, 2012). Kot enega ključnih dokumentov za zmanjšanje porabe energije in emisij je EU uvedla direktivo o energetski učinkovitosti stavb 2002/91/ES (EPBD, 2002). Slovenija je leta 2010 uskladila zahteve s sprejetjem Pravilnika o učinkovitih rabi energije v stavbah (PURES), ki vključuje tehnične smernice za graditev »TSG-1-004 Učinkovita raba energije z minimalnimi standardi za načrtovanje, gradnjo in vzdrževanje trajnostnih stavb« (PURES, 2010). V okviru aktualnih prizadevanj za gradnjo udobnih in kakovostnih stavb s čim manjšo porabo energije je treba najprej razumeti procese. Potem sledi njihova optimalizacija, ki poteka v celotnem življenjskem ciklu stavb. Posledično so na vseh področjih, povezanih z gradnjo stavb, vedno bolj prisotne različne metode trajnostne optimizacije, prepoznavne kot ključna orodja za načrtovanje stanovanjskih okolij (Skalicky, 2019), gradbenih konstrukcij (Žula, 2019) in odprtega prostora (Rozman Cafuta, 2015).

Med pomembnimi vidiki vrednotenja trajnostnih stavb je poleg okoljskega in socialnega

tudi ekonomski vidik. Raziskave so pokazale, da so stroški uporabe stavbe v daljšem življenjskem obdobju lahko tudi do štirikrat višji od stroškov načrtovanja in gradnje ((BS ISO 15686-5:2017), (White, 2016)). Začetni stroški v procesu gradnje stavb znašajo sicer manj kot 30 % celotnih stroškov življenjskega cikla, vendar predstavljajo bistven dejavnik odločitve o investiciji (Far, 2015). Obenem velja, da se kar 80 % možnih prihrankov pri investiciji in obratovanju stavbe opredeli že v začetni fazi načrtovanja (Hofer, 2011). Takrat je mogoče v veliki meri vplivati na njeno učinkovitost. Pri tem so odločilnega pomena zlasti odločitve glede zasnove in toplotnega ovoja stavbe kakor tudi izbire materialov, ogrevalnih ter drugih energetskih sistemov.

Metode vrednotenja, ki izpostavljajo ekonomski vidik, so povezane z doslednim spremljanjem stroškov v celotnem življenjskem ciklu stavbe. Za vse deležnike pri načrtovanju, gradnji in uporabi stavbe, od lastnika, investitorja, javnih služb, arhitekta, projektanta do izvajalca in uporabnika, je pomembno, da stavba ohranja svojo vrednost tudi v prihodnosti. V ta namen se je uveljavila stroškovna analiza življenjskega cikla stavbe na osnovi LCC (Life Cycle Cost). Ta je bila že leta 1995 definirana kot skupni strošek lastništva, upravljanja, vzdrževanja in odstranjevanja stavbe ali sistema v stavbi v določenem obdobju (Fuller, 1996).

Analize LCC zahtevajo enostaven dostop do informacij in uporabo podatkov v realnem času. Temu ustreza informacijski model stavbe BIM (Building Information Model), ki ponuja ustrezen repozitorij podatkov (Deshpande, 2014). Številne metode optimizacije stroškov uporabljajo ročni postopek, ki pravilo-

ma ne dosegata visoke stopnje natančnosti podatkov (Ferrara, 2016). Nasprotno pa lahko avtomatiziran postopek s pomočjo BIM-modela natančnost rezultatov bistveno izboljša (Basbagill, 2014). BIM-orodja prav tako zagotavljajo samodejni delovni proces za pretvorbo modela BIM v energijski model stavbe BEM (Building Energy Model) za celovito analizo rabe energije v stavbi. To omogoča projektantom učinkovitejšo zasnovo trajnostne stavbe in s tem optimizacijo stroškov že v zgodnji fazi načrtovanja.

Pri ekonomskem vrednotenju z uporabo BIM je ključna prednost ta, da se podatki, ki jih pridobimo iz BIM-modela, kvalitetnejši in natančnejši ter omogočajo visoko stopnjo sinhronizacije med orodji (Ren, 2017). Nadalje uporaba stroškovnih orodij, povezanih z BIM, predstavlja dober način strukturiranega merjenja stroškov skozi življenjski cikel stavbe (Love, 2015). BIM namreč omogoča iterativne postopke v zasnovi objekta in s tem prispeva k izvedbi multidisciplinarnih optimizacijskih metod (Sakikholes, 2015). LCC predstavlja ključno orodje za presojo ekonomske trajnostnosti v gradbeništvu, ki vključuje ekonomsko analizo variantnih rešitev načrtovanja stavb glede na različne investicijske stroške, stroške v času uporabe in rabe virov (Langdon, 2007).

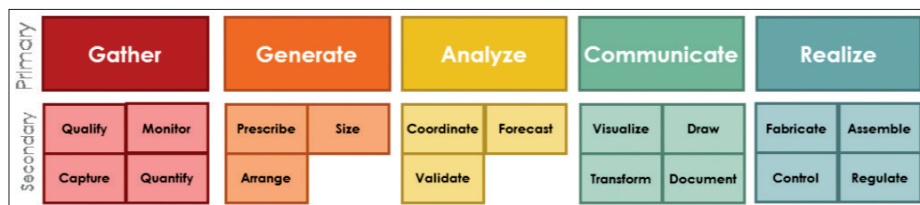
Cilj študije je razvoj razširjenega modela ekonomskega vrednotenja stavbe z namenom uporabe informacijskega modela stavbe. V prvem delu članka sta opisana razširjeni model in metodologija, ki nam s pomočjo BIM in BEM ter z obširno bazo podatkov gradbenih elementov omogočata ekonomsko vrednotenje stavbe že v zgodnji fazi projekta. V nadaljevanju članka so podrobneje predstavljeni aplikacija razvitega modela na primeru ekonomskega vrednotenja manjše enodružinske hiše in rezultati takšne analize.

pa tudi sprejemanje odločitev vseh deležnikov na osnovi deljenih in združenih informacij v modelu. Temu ustreza opis Nacionalnega standarda informacijskega modela o stavbah v ZDA (NBIMS, 2007). Ta opisuje BIM kot izdelavo elektronskega modela stavbe z namenom vizualizacije objekta, statične analize objekta, analize konfliktov, preverjanja standardov, stroškovnih analiz, priprave proračuna ter za številne druge namene. V študiji primera smo za LCC-analizo uporabili t. i. namene uporabe BIM po Kreiderju in Messnerju (Kreider, 2013). Opredeljeni so kot metoda uporabe informacijskega modeliranja skozi življenjski

2 • METODOLOGIJA

Programska oprema BIM omogoča modeliranje in simuliranje procesa gradnje stavbe v virtualnem okolju v povezavi z različnimi programskimi orodji LCC, pa tudi vrednotenje stroškov gradnje in obratovanja stavbe. Ključni podatki modela BIM predstavljajo informacije o lastnostih posameznih gradbenih elementov stavbe. S pomočjo določenih programskih orodij, kot je npr. Graphisoft Archicad, pa lahko na osnovi izračuna o letni potrebni energiji

za obratovanje stavbe izvedemo neposredno analizo rabe energije v stavbi. Ta vključuje tudi stroške vzdrževanja in obratovanja stavbe. Pri tem je pomembno izdelati natančen načrt s časovnim in stroškovnim okvirom ter razporedom servisnih in vzdrževalnih del, kar zagotavlja integrirani pristop za celovito oceno stroškov vzdrževanja in storitev (Far, 2015). BIM omogoča digitalno predstavitev fizičnih in funkcionalnih lastnosti stavbe, istočasno



Slika 1 • Nameni uporabe BIM po Kreiderju in Messnerju (Kreider, 2013).

cikel stavbe za dosego enega ali več ožjih ciljev (slika 1). Primarni nameni uporabe vključujejo zbiranje (angl. gather), izdelavo (angl. generate), analizo (angl. analyze), komunikacijo (angl. communicate) in realizacijo (angl. realize).

Na podlagi celotne strategije vrednotenja objekta je bilo treba določiti implementacijo BIM v LCC ter posledično na podlagi vizije in ciljev za projekt določiti ustrezne namene uporabe

uporabljen Graphisoft Archicad za izdelavo BIM- in BEM-modela ter LEGEP za celostno stroškovno analizo in vrednotenje. Nadalje smo v razširjenem modelu določili, kako se bodo med vrednotenjem informacije zbirale, izdelale, analizirale ter kako bo potekala komunikacija med programsko opremo in kako se bodo rezultati vrednotili. Pri razvoju modela je bilo ključno upoštevati celotno življenjsko dobo objekta, ki upošteva tako prvotno inves-

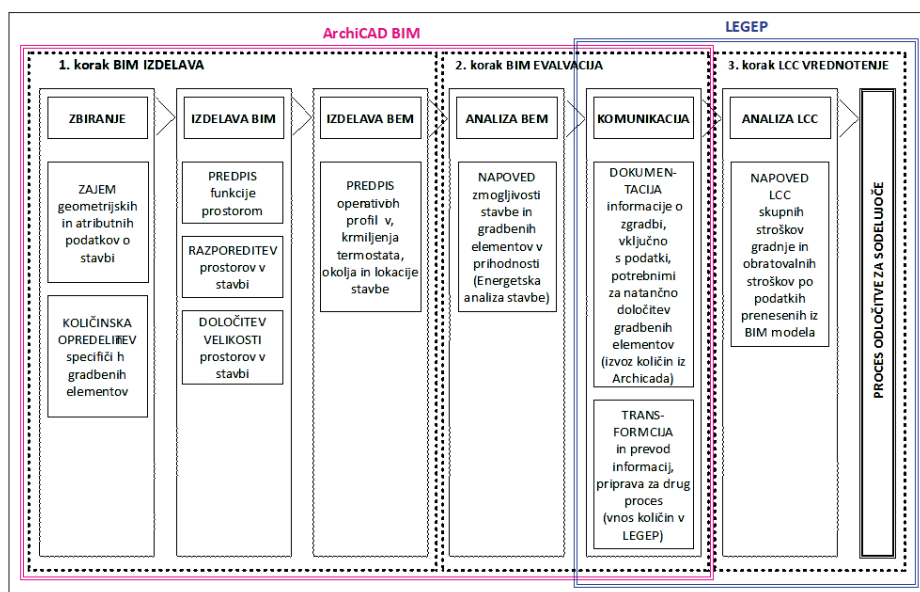
elementov stavbe, sestavljenih iz različnih gradbenih materialov. Gradbeni materiali niso prikazani zgolj grafično, temveč vključujejo tudi podatke o njihovih fizikalnih lastnostih, kot so debelina, gostota, specifična toplota, toplotna prevodnost itd. Gradbene elemente stavbe v BIM predstavljajo kompoziti, kot so stene, plošče, streha..., sestavljeni iz različnih materialov.

Drugi korak predstavlja BIM-evaluacija na osnovi energijske analize BEM-modela z uporabo Archicada, komunikacija rezultatov med Archicadom in orodjem LEGEP za LCC-analizo. Podatke o količinah posameznih gradbenih elementov stavbe z vsemi parametri, pridobljenimi s pomočjo orodja Schedules, izvozimo iz programa Archicad in jih uvozimo v Legep za LCC-analizo. V kolikor analiziramo stavbe, ki še niso zgrajene, za oceno LCC v analizi stroškov gradnje in obratovanja uporabimo predvideno učinkovitost stavbe in gradbenih elementov na osnovi baze podatkov o stroških gradnje SIRADOS¹, ki jo avtomatsko uporablja orodje Legep (Koenig, 2012).

Zadnji, tretji korak predstavlja LCC-vrednotenje na osnovi analize rezultatov v obliki možnih rešitev za različne udeležence v procesu projektiranja stavbe. Procesi projektiranja vključujejo faze gradnje, obratovanja stavbe, vključno s porabo energije, ter stroške vzdrževanja in obnove. Z vidika deležnikov uporabljen razširjeni model predstavlja pomembno orodje z neposrednim ekonomskim vplivom, saj omogoča odločanje o bistvenih elementih stavbe v zgodnji fazi načrtovanja.

Postopki vrednotenja LCC zahtevajo dodatne podatke in posebna pravila za analize daljših časovnih obdobj, vključno s stopnjo inflacije. Zato so v študiji primera uporabljeni sledeči privzeti ekonomski dejavniki z namenom dinamičnega izračuna LCC: 2% inflacije stroškov gradnje, 4% inflacije cen energentov, 3,5% realna obrestna mera ter 5,5% kapitalna obrestna mera. Le-ti se ujemajo s podatki Statističnega urada Republike Slovenije (SURS, 2018) ter parametri LCC-izračunov po sistemu DGNB in NaWoh, ki ju uporablja programsko orodje Legep (Koenig, 2017).

Pri dinamičnem LCC-izračunu se stroški, ki nastopijo kasneje, ekstrapolirajo na prihodnje vrednosti z uporabo stopnje inflacije (Moyer, 2011). Posledično so vse vrednosti podane v sedanji vrednosti. Ta predstavlja razliko med sedanjo vrednostjo izdatkov za pridobitev dolgoročne naložbe in sedanjo vrednostjo neko denarnih tokov od te naložbe ter se jo uporablja za ocenjevanje ustreznosti dolgoročnih projektov (Kruschwitz, 2010).



Slika 2 • Razširjeni model vrednotenja LCC na osnovi izbranih namenov uporabe BIM po Kreiderju (Kreider, 2013).

BIM z aplikacijo LCC na stanovanjski stavbi. V zgodnji fazi načrtovanja projektov je pomembno prepoznati najustreznejše uporabe BIM glede na specifične značilnosti projekta, saj je v fazi projektiranja mogoče veliko različnih tradicionalnih nalog nadomestiti z implementacijo BIM. Tako smo za razširjeni model vrednotenja izbrali ustrezne primarne in sekundarne namene uporabe BIM. Razvoj razširjenega modela je vključeval določitev namenov uporabe in dodatnih značilnosti za vsako uporabo BIM ter razdelitev in dopolnitev le-teh s primerno programsko opremo, in sicer glede na faznost vhodnih in predvsem izhodnih podatkov (npr. BIM- in BEM-analiza). Tako sta

ticijo kakor tudi uporabo objekta. Na ta način smo razvili razširjeni model celovitega vrednotenja stavbe, ki predstavlja proces povezave BIM in LCC (slika 2).

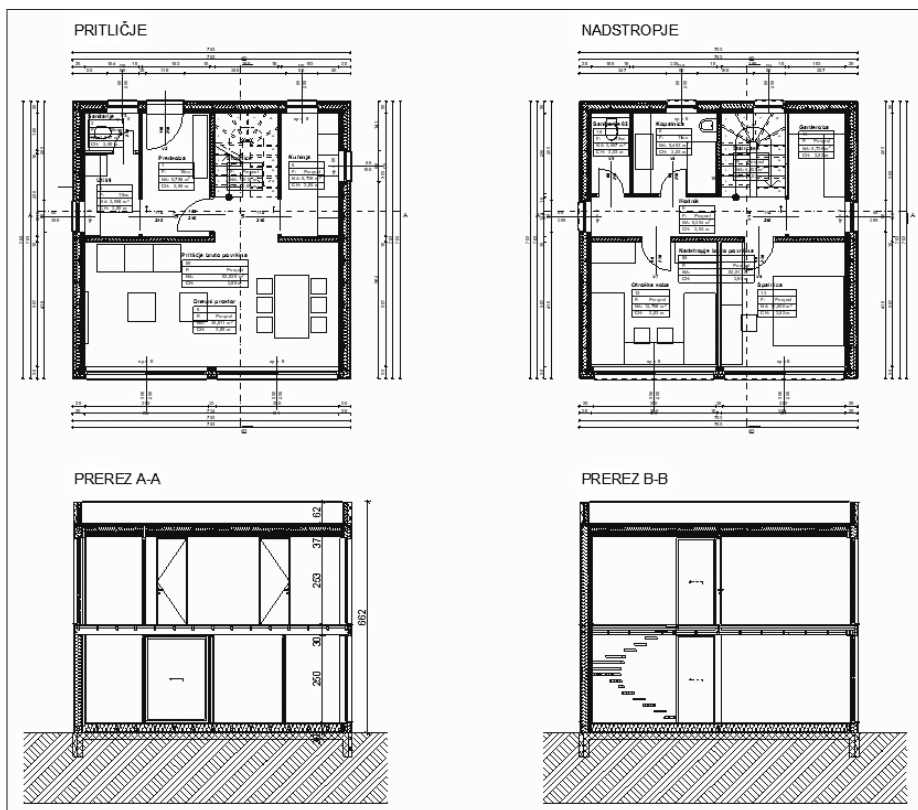
Prvi korak razširjenega modela predstavlja izdelavo BIM-modela, v sklopu katerega najprej poteka zbiranje geometrijskih in drugih podatkov. Njihov namen je predstaviti trenutno in/ali želeno stanje stavbe ali stavbnih elementov. V nadaljevanju je treba za kasnejšo razčlenitev stroškov LCC opredeliti potrebno količino posameznih gradbenih elementov. Ko so zbrani vsi potrebni podatki o stavbi, izdelamo virtualni model v programskem orodju Archicad, ki podaja lastnosti gradbenih

¹ Ena od vodilnih baz podatkov na trgu dokumentacije stroškov gradbenih del v Evropi (SIRADOS, 2016).

3 • APLIKACIJA METODE NA VZORČNEM PRIMERU

Aplikacijo predstavljenega modela pokažemo na primeru vrednotenja manjše enodružinske hiše (slika 3).

vano prostornino 251,32 m³. Zgrajena je v nizkoenergijskem konstrukcijskem sistemu Canopea, z izjemo armiranobetonske temeljne plošče.

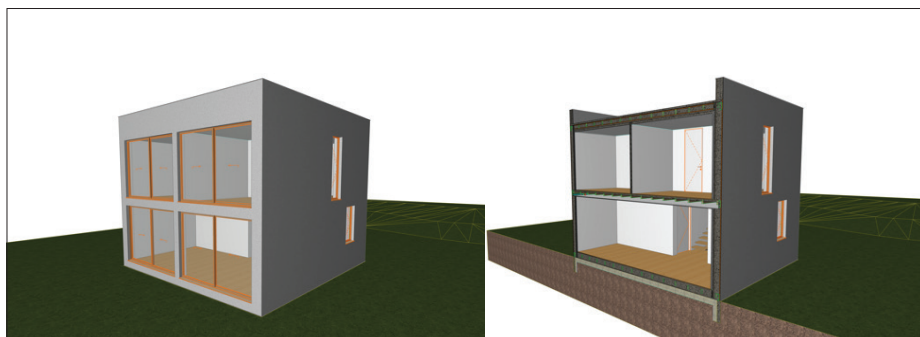


Slika 3 • Načrt enodružinske hiše s konstrukcijskim sistemom Canopea.

3.1 Izdelava BIM

V prvem koraku izdelave BIM-modela smo zbrali in organizirali splošne informacije o stanovanjski hiši za štiričlansko družino, ki je preproste kubične oblike z notranjimi dimenzijami 7,20 m × 7,20 m. Stavba s 116 m² skupne bruto tlorisne površine, 99,89 m² neto tlorisne površine in notranjo ogre-

Sistem Canopea je zmagovalca tekmovanja Solar Decathlon Europe (SDE) 2012, katerega cilj je spodbujanje raziskav in inovacij trajnostne, pametne gradnje s poudarkom na zasnovi stavbe, ki porablja čim manj virov in energije (SDE, 2019). Zatem ko smo zbrali vse geometrijske in atributne podatke posameznih gradbenih elementov ter njihove količine, smo



Slika 4 • Priprava BIM-modela v Archicadu.

izdelali virtualno stavbo kot BIM-model v orodju Archicad (slika 4).

3.1.1 Toplotni ovoj Canopea

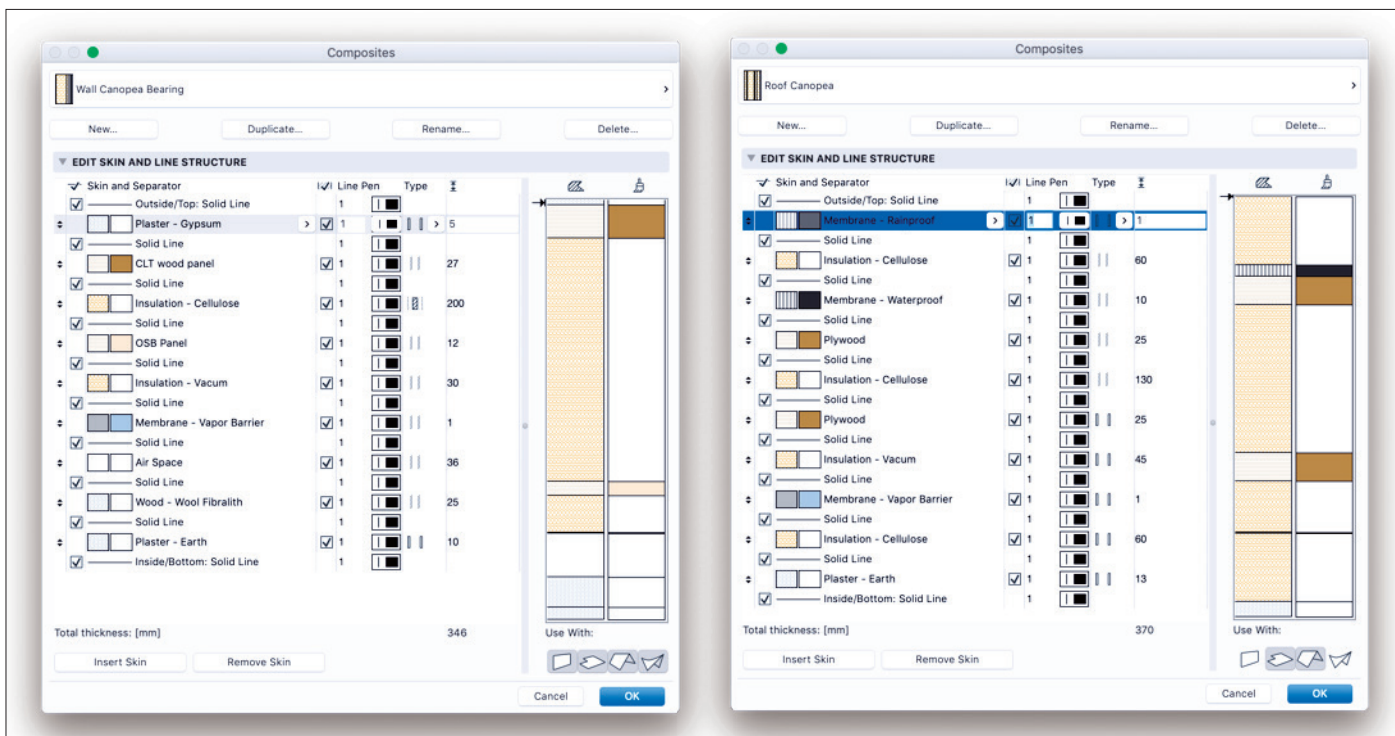
Konstrukcijski sistem Canopea (slika 5) vključuje visokozmogljiv toplotni ovoj, izveden v okvirno-panelnem lesenem sistemu na osnovi montažne jeklene konstrukcije ogrodja. Napolnjen je s toplotno izolacijo iz celuloze v kombinaciji z vakuumskimi izolacijskimi ploščami na notranji strani in Kerto-Q LVL-ploščami na zunanji strani ovoja stavbe. Notranji končni sloj predstavlja zemeljski omet, zunanji ovoj pa je možno izvesti v različnih, praviloma lokalnimi materiali. V programskem orodju Archicad smo izdelali tudi kompozitne sestave zunanjih zidov, strehe (slika 5) ter drugih stavbnih elementov (temeljne plošče, stropne plošče, notranjih zidov).

Zidovi in streha v konstrukcijskem sistemu Canopea imajo nizke U-vrednosti, in sicer zid 0,08 W/m²K ter streha 0,07 W/m²K. U-vrednost betonske temeljne plošče je 0,15 W/m²K. Predvidena je trislojna zasteklitev okenskih odprtih z lastnostmi stekla U_g = 0,49 W/m²K in g-vrednostjo 52%. Okna so izdelana z lesenimi okvirji z U_f = 0,72 W/m²K, senčena z zunanjimi žaluzijami.

3.2 Izdelava energijskega modela BEM

Drugi korak razširjenega modela predstavlja proces BIM-analize, s katerim smo model BIM s pomočjo dodatnih nastavitev v Archicadu neposredno pretvorili v energijski model stavbe BEM znotraj enega programa. V ta namen smo določili toplotne bloke stavbe, sestavljene iz ene ali več toplotnih con (slika 6), ki predstavljajo volumen zraka znotraj posameznega prostora ali sobe. Hkrati so se določile tudi termične lastnosti konstrukcijskih sistemov (slika 7).

Nadalje smo določili enovit profil obratovanja v celotni stavbi. Najnižja temperatura je v skladu s tehnično smernico za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije (TSG-1-004, 2010) 20 °C, najvišja temperatura pa je omejena na 26 °C. V stavbi smo predvideli ogrevanje in ohlajevanje objekta med 6. in 23. uro ter LED-razsvetljavo za izračun potreb električne energije in notranjih dobitkov. Za hišo, namenjeno bivanju štirih oseb, smo privzeli nastavitve stanovanjskega profila v programskem orodju Archicad: 120 W dobitka toplote, 150 l porabe vode ter 10 g vlage na m² na osebo na dan. Te vrednosti odražajo specifikacije obratovalnega profila po standardu DIN 18599 o energetski učinkovitosti stavb (EcoDesigner STAR User Manual, 2014).



Zid (zunANJI)	
material	deb. (mm)
Tanek omet	2
Armatura	3
Kerto-Q LVL-panel	27
Toplotna izolacija iz celuloze	200
OSB-plošča	12
Vakuumsko izolacijski panel	30
Parna zapora	0.2
Jekleni nosilci	35x84
Paneli Fibralth	25
Zemeljski omet	10
Debelina zidu (mm)	346
U-vrednost (W/m2K)	0,08

Streha	
material	deb. (mm)
Polietilenska hidroizolacija	
Leseni nosilci + izolacija iz celuloze	60
Kerto-Q LVL paneli	25
Toplotna izolacija iz celuloze	130
Kerto-Q LVL paneli	25
Vakuumsko izolacijski paneli (les. nosilci)	45
Parna zapora	0.2
Toplotna izolacija iz celuloze (les. nosilci)	60
Reflektivna izolacijska plast	10
MK-plošča	12.5
Zemeljska barva (Akterre)	3
Debelina strehe (mm)	370
U-vrednost (W/m2K)	0,07

Slika 5 • Kompozitna sestava gradbenega elementa zunanjega zidu in strehe v konstrukcijskem sistemu Canopea v orodju Archicad z osnovnimi podatki.

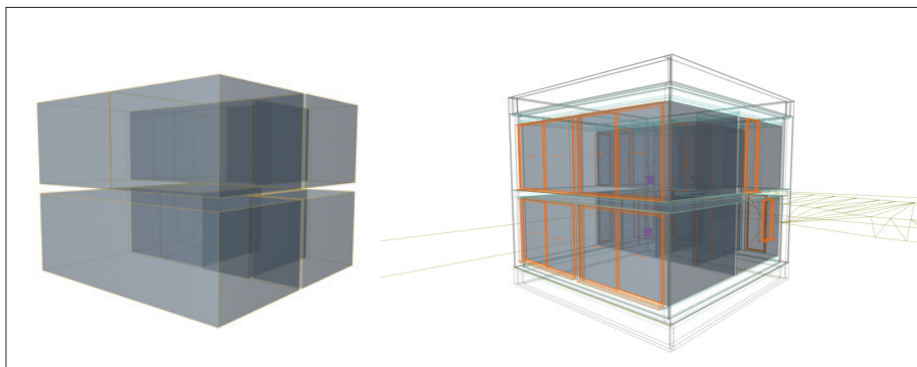
V sklopu BIM-modela smo opredelili podatke o lokaciji in aktivnih tehničnih sistemih v stavbi.

Lokacija stavbe je v Mariboru na 46° 34'53" N, 15° 38'22" E in nadmorski višini 297.00 m (slika 8). Odprta zastekljena fasada

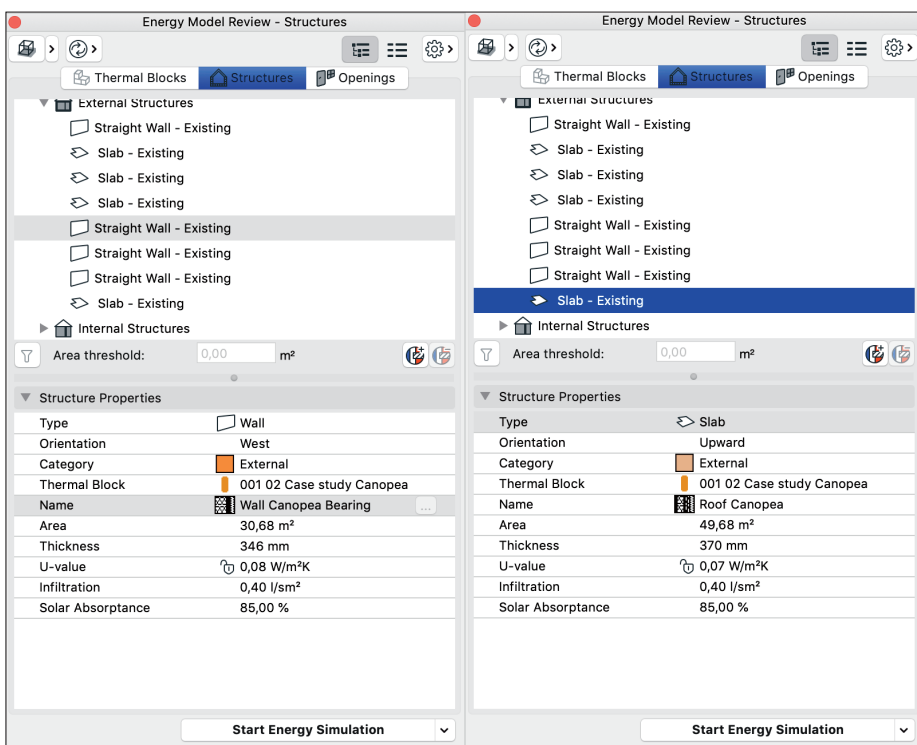
dnevnega prostora je usmerjena proti jugu. Po podatkih strežnika klimatskih podatkov Strusoff, ki ga Archicad uporablja za energetsko analizo, mesto Maribor spada v podnebno vrsto A, območje 5A, s povprečno letno temperaturo 10,55 °C, z minimalnimi temperaturami -9,67 °C v januarju ter najviš-

jimi temperaturami +38,82 °C v juliju (slika 8). Povprečna letna vlaga znaša 78,82 %, povprečno sončno sevanje 163,80 Wh/m², vetrovi pa dosegajo povprečno hitrost 2,38 m/s.

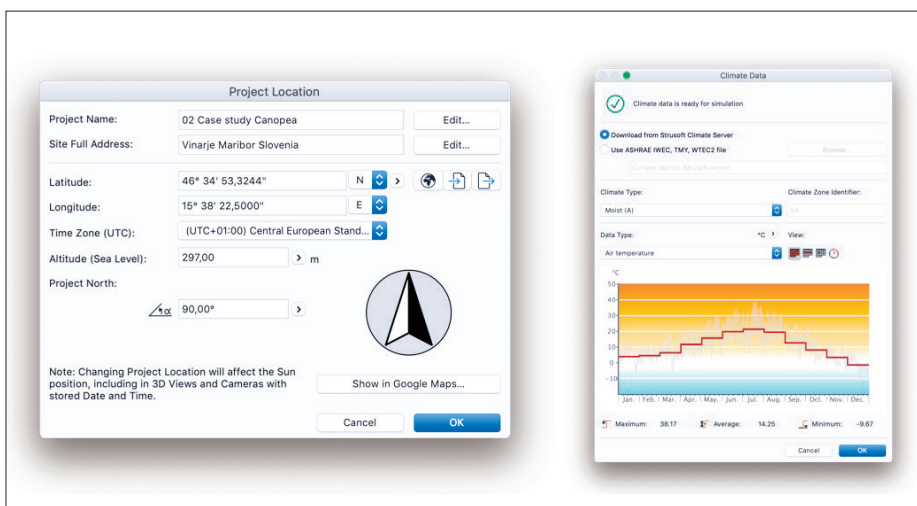
Potrebe po ogrevanju in proizvodnji tople vode so zagotovljene s toplotno črpalko zrak-voda



Slika 6 • Toplotni bloki za energijski model stavbe (BEM).



Slika 7 • Termične lastnosti izbranega konstrukcijskega sistema v orodju Archicad za zid in streho.



Slika 8 • Geografska lokacija s klimatskimi podatki v Archicadu.

z močjo 11,8 kW in koeficientom učinkovitosti COP 4,0. To je v skladu s tehnično smernico za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije (TSG-1-004, 2010). Priprava tople vode za gospodinjstvo predvideva povprečno temperaturo 10 °C za hladno vodo in 60 °C za toplo vodo, kot to predvideva standard DIN 18599 (EcoDesigner STAR User Manual, 2014). V stavbi je predvideno hlajenje, naravno prezračevanje pa poteka z izmenjavo zraka 0,3 1/h.

3.2.1 Povezava orodij BIM in LCC

Razširjeni model v drugem koraku predvideva preplet orodij BIM (Archicad) in LCC (Legep) kot komunikacijo med orodjema. Najprej smo dokumentirali podatke BIM-modela tako, da smo natančno določili količine posameznih gradbenih elementov. To smo izvedli s pomočjo orodja Schedules² v Archicadu v obliki volumnov in površin (preglednica 1).

Za prenos količin gradbenih elementov iz Archicada v Legep smo uporabili tako imenovane grobe in drobne elemente (preglednica 2) iz obsežne baze podatkov SIRADOS, ki jo ta uporablja. Grob element v Legepu je zbirka drobnih elementov, ki opisuje stavbno konstrukcijo za predvideno stavbo (npr. strešna konstrukcija, zidna konstrukcija ...). Ker količinsko evidentiranje gradbenih objektov ni normirano s standardi, je bilo potrebno predpostaviti pogoje zajemanja gradbenih elementov. Tako smo količine določili z zunanjimi robovi le-teh. Upoštevati pa je treba zmanjšanje notranjih sestavnih slojev, npr. v vogalih ali stikih plošče in stene. Tako smo vsak grob element razdelili na skupne sloje drobnih elementov, ki imajo enako površino. Natančne količine volumnov in površin avtomatsko pridobljene s pomočjo orodja Schedules iz BIM-modela v Archicadu so nato ročno vpisane v pripadajoče dele grobih elementov v orodju Legep v razmerju 1 : 1 (slika 9).





3.3 LCC-analiza

Zadnji, tretji korak predstavlja vrednotenje na osnovi LCC-analize stavbe. Iz podatkov BIM-modela smo najprej izvedli napoved LCC, ki vključuje stroške gradnje, vzdrževanja in uporabe stavbe, pri čemer je za dosledna dva določena življenjska doba 50 let. Faza rušitve in odstranitve objekta v študiji primera ni bila upoštevana.³

² Avtomatizacija procesa dokumentacije v Archicadu v obliki izvoza dejanskih količin zmodeliranih elementov z določljivo ustreznih parametrov.

Components by Layers		
Name	Volume (m ³)	Area (m ²)
Interior Partition		
Gypsum Plasterboard	1,25	82,75
Gypsum Plasterboard construction	0,86	87,84
Insulation Mineral Soft	1,85	36,77
Site & Landscape Terrain		
Soil	2.629,78	1.177,91
Structural Bearing		
Air Space	4,00	110,95
Air Space Frame	10,45	55,02
CLT wood panel	3,71	136,88
Gypsum Plasterboard	1,95	147,57
Gypsum Plasterboard construction	1,68	140,14
Insulation Cellulose	37,88	293,40
Insulation Mineral Hard	4,52	40,75
Insulation Mineral Soft	21,67	169,33
Insulation Vacuum	5,68	164,10
Membrane Rainproof	0,06	60,02
Membrane Vapor Barrier	0,16	181,36
Membrane Waterproof	0,70	141,44
OSB Panel	4,48	295,53
Plaster Earth	1,57	141,49
Plaster Gypsum	0,95	174,55
Plywood	2,58	103,24
Reinforced Concrete Structural	14,23	74,92
Stone Finish	0,12	8,49
Timber Floor	1,61	106,81
Wood Wool Fibralith	2,37	94,36
Structural Bearing steel structure		
	3,91	
Teracce		
Timber Teracce	1,35	54,00

Preglednica 1 • Izvoz podatkov v obliki Schedules iz Archicada.

Element	Določitev stroškov	Opis
Gradbeni element 	Stroškovni okvir	Opisuje celotno konstrukcijo (KG 300) ali tehnično opremo (KG400) stavbe
Makro element 	Ocena stroškov	Opisuje sestavni del stavbe (npr. strop, vključno z vsemi sloji, stopnicami itd). Cena se izračunana iz osnovnih drobnih elementov.
Grobi elementi 	Izračun stroškov	Grobi element je zbirka drobnih elementov, ki opisuje stavbno konstrukcijo za predvideno stavbo (npr. strešna konstrukcija, zidna konstrukcija ...). Cena se izračuna iz drobnih elementov.
Drobni elementi 	Izračun stroškov/predračun	Skupni popis vseh storitev v začetni ali zaključni fazi gradnje (npr. opečna kritina s podkonstrukcijo, sekundarna kritina ...). Cena se izračuna avtomatsko iz cen posameznih pozicij.
Storitev	Predračun	Opisuje konkretno storitev s potrebnimi materialnimi stroški, delom in časom. Dejanske cene z možnostjo odstopanja (od – povprečno – do cene).

Preglednica 2 • Sistemi vstavljanja gradnikov v Legep.

Makro element v Legep-u		Grobi element v Legep-u		Avtomatski izvoz iz ArchiCAD-a in vpis 1:1 v Legep (schedules)		Avtomatski izračun v Legep-u	
Außenwand							
133532322	335.3	AW Kalkzementputz, 2-lagig, gerieben, Dispersion	132,490	m2	30,12 €	3.990,60 €	2,54 %
133142123	331.4	Stahlstaender, 1/2 IPE, ZE 200 mm, OSB 12mm innen, Kerto-Q 27mm außen	122,300	m2	79,43 €	9.714,29 €	7,16 %
133649923	336.4	AW Vakuumisolationspaneel 30 mm, innenseitig	104,740	m2	56,75 €	5.944,00 €	4,38 %
133643113	336.4	AW Vorsatzschale GK innen, CW 50/62,5, GK 12,5 mm	90,810	m2	22,74 €	2.065,02 €	1,52 %
133638122	336.3	AW Lehmputz innen, 2-lagig	90,810	m2	25,53 €	2.318,38 €	1,71 %
134521311	345.2	IW Dispersion auf Putz, waschbeständig	90,810	m2	3,01 €	273,34 €	0,20 %
133047923	330.4	AWK Atika aus Holz, BSH, MW 160, Plattenschalung, Lasur	18,680	m2	95,23 €	1.778,90 €	1,31 %
		Drobni elementi v Legep-u			Avtomatski uvoz iz baze SirADos		

Slika 9 • Prikaz dela vnosa podatkov za zunanji zid v konstrukcijskem sistemu Canopea, izvoženih iz Archicada in vstavljenih v orodje Legep, z uporabo grobih in drobnih elementov baze SirADos.

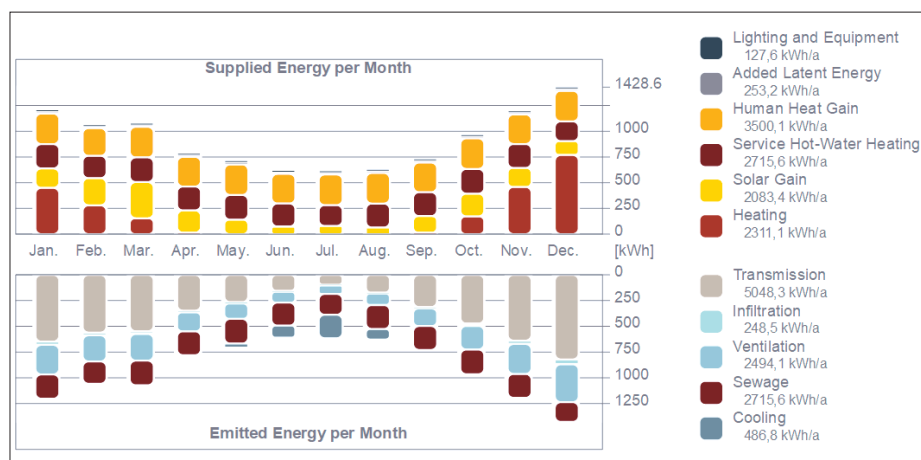
³ Podrobnejša metodologija LCC-analize in razširjena predstavitev modela sta predstavljena v študiji, ki sta jo opravila Jaušovec in Sitar (Jaušovec, 2017).

4 • REZULTATI

V raziskavi smo prišli do določenih zaključkov, ki se odražajo v rezultatih študije primera. Ugotovili smo, da v kolikor želimo analizirati stroške skozi celoten življenjski cikel stavbe, je treba najprej analizirati energijsko rabo obratovanja le-te. Ta del smo izvedli v programskem orodju Archicad z analizo različnih kazalnikov, kot so potrebe po energiji za ogrevanje in hlajenje stavbe ter energiji za ogrevanje sanitarne vode. Mesečna energijska bilanca z vsemi vhodnimi in izhodnimi energijskimi tokovi je prikazana na sliki 10.

Ključni rezultati energijske analize stavbe, ki smo jih uporabili v LCC, so prikazani v tabeli 3. Podatke o energijski rabi stavbe, ki smo jih uporabili za uvoz v Legep, predstavljajo del stroškovne analize v času uporabe objekta.

V Legepu izračunani stroški gradnje vzorčnega primera hiše v konstrukcijskem sistemu Canopea so predstavljeni v tabeli 4 in v bruto znesku znašajo 148.624,67 EUR. Stroškovna analiza v Legepu je po DIN276 ločena na posamezne segmente gradnje stavbe:



Slika 10 • Rezultati energijske analize stavbe v orodju Archicad.

gradbeno konstrukcijo (300), ki med drugim zajema zemeljska dela, zunanje zidove, okna, senčila, streho, notranje zidove in strojne instalacije (400).

Nadaljnji stroški, ki vključujejo stroške čiščenja, dobave in odstranjevanja, vzdrževanja in popravil za življenjsko dobo stavbe 50 let po DIN 276 in DIN 18960 so predstavljeni v preglednici 5 kot letni stroški.

Iz preglednice je razvidno, da so zelo visoki stroški popravil. Ti povprečno letno obsegajo kar 2472,26 € neto, kar je več kot stroški oskrbe in odstranjevanja, ki vsebujejo tudi stroške za porabo energije predstavljene v preglednici 3. Zaradi dobrega toplotnega ovoja in uporabe toplotne črpalke objekt namreč nima visokih stroškov pri oskrbi z energijo.

Skupni stroški gradnje objekta in operativni stroški so prikazani v preglednici 6, ki ponazarja tudi sedanje vrednosti objekta za obdobje 50 let.

Rezultati LCC-vrednotenja nam pokažejo, da stroški gradnje znašajo približno 59 % celotne sedanje vrednosti stavbe, nadaljnji stroški pa kar 41 % sedanje vrednosti stavbe za enako obdobje 50 let. Stroški vzdrževanja znašajo 15.012,09 EUR, stroški servisiranja in popravil pa kar 45.883,56 EUR. To pomeni, da bi skupni stroški LCC za gradnjo in vzdrževanje stavbe za obdobje 50 let znašali 202.362,15 EUR neto.

Ogrevanje v kWh/a	Priprava tople vode v kWh/a	Hlajenje v kWh/a	Razsvetljava v kWh/a	Elektrika za toplotno črpalko v kWh/a
2311.1	2715.6	486.8	127.6	1734.0

Preglednica 3 • Ključni rezultati energijske analize BEM modela v kWh/a.

Canopea / Nr. DIN276 (2008)	Skupaj neto v €	Na BTP ⁴ v €/m ²
Gradbena konstrukcija (300)	90.937	723
Zemeljska dela	585	5
Zunanji zidovi	48.132	382
Okna	14.438	/
Senčila	6.631	/
Streha	14.590	116
Notranji zidovi	6.655	53
Strojne instalacije (400)	28.523	227
Neto gradbeni stroški (300 in 400)	119.460	/

Preglednica 4 • Rezultati vrednotenja stroškov gradnje v orodju Legep.

⁴ BTP – bruto tlorisna površina.

Nadaljnji stroški	Neto v €	Delež stroškov proizvodnje v %	Bruto v €
Čiščenje na leto	237	0,20	260
Oskrba in odstranjevanje na leto	736	0,62	806
Vzdrževanje na leto	289	0,24	812
Popravila na leto	2.472	2,07	2.707

Preglednica 5 • Rezultati vrednotenja letnih stroškov v orodju Legep.

Skupni stroški	Neto v €	Delež stroškov proizvodnje %	Sedanja vrednost v €
Stroški gradnje (KG 300 in 400) (neto)	119.460		119.460
Čiščenje	237	0,20	5.793
Vzdrževanje	289	0,24	15.012
Popravila (KGR 300/400)	2.472	2,07	45.884
Oskrba in odstranjevanje	736	0,62	16.214
Skupni stroški	Sedanja vrednost v €		Sedanja vrednost/bruto površina v €/m²
Stroški gradnje in nadaljnji stroški (LCC)	202.362		1.608

Preglednica 6 • Rezultati vrednotenja LCC za konstrukcijski sistem Canopea v orodju Legep (DIN 276 + DIN 18960).

5 • SKLEP

V članku je prikazana povezava orodij BIM in LCC v zgodnji fazi projektiranja z name-nom omogočiti celovito oceno stroškov skozi celotni življenjski cikel stavbe. Pri tem smo se oprli na trditve Hoferja, da je možno približno 80% prihranka vseh investicijskih in obratovalnih stroškov opredeliti že v zgodnji fazi projektiranja (Hofer, 2011). Za ekonomsko vrednotenje smo razvili razširjeni model, ki se opira na t. i. opredelitev namenov uporabe BIM po Kreiderju in Messnerju (Kreider, 2013). V razširjenem modelu vrednotenja stavbe smo uporabili BIM-model za nadaljnjo energijsko analizo in vrednotenje LCC. Celovito vrednotenje vključuje stroške gradnje, obratovanja, vzdrževanja in obnove stavbe za obdobje 50 let, v katere niso vključeni stroški rušenja, odstranjevanja in ponovne uporabe materialov. Veliko obstoječih študij na temo ekonomskega vrednotenja stavb in stavbnih ovojev se analiz ni lotilo celovito, ampak le z delno obravnavo stroškov v življenjskem ciklu stavbe. Naj-večkrat so ti stroški povezani z začetno investicijo in/ali porabo energije, ne vključujejo pa stroškov vzdrževanja, popravil, zamenjave in čiščenja, ki v življenjski dobi stavbe predstavljajo velik

delež. Hkrati številne študije, ki niso uporabljale BIM, niso privedle do natančnih podatkov in posledično kakovostnih rezultatov. V aplikaciji se študija razlikuje od drugih, znanih iz literature, ki primarno teoretično analizirajo prednosti ali različne modele vrednotenja, pri tem pa zanemarijo empirični pristop. Predstavljena študija se razlikuje od študij, znanih iz literature, ki primarno teoretično analizirajo prednosti ali različne modele vrednotenja, pri tem pa zanemarijo empirični pristop. Pri tem sta se za izjemno težavni pokazali kompleksnost in dolgotrajnost analiz, kar je privedlo do necelovitih ekonomskih analiz. Model ekonomskega vrednotenja, ki smo ga razvili, z uporabo BIM in BEM ter obsežne podatkovne baze gradbenih elementov omogoča celovitost analitičnih postopkov in natančnost pridobljenih podatkov že v zgodnji fazi projektiranja. Model vključuje dinamične izračune LCC, ki upoštevajo ključne ekonomske dejavnike (inflacijo stroškov gradnje, inflacijo cen energentov, realno obrestno mero ter kapitalsko obrestno mero), na osnovi katerih so končne vrednosti podane v sedanji vrednosti.

Vrednotenje celovitih stroškov stavbe, izvedljivo v zgodnji fazi projektiranja, povezu-

je gradbeno-informacijsko modeliranje BIM z analizo stroškov življenjskega cikla LCC. Pri tem se naslanja na uporabo BEM-modela za energijsko analizo ter natančne popise materialov, ki jih je mogoče izvoziti iz BIM-modela. Ključnega pomena je izkoriščanje samodejnega avtomatiziranega postopka v računalniškem okolju, ki uporablja več programskih orodij: Archicad za pripravo BIM, BEM in izvoz natančnih količin popisov, potrebnih za celovito LCC-analizo ter programsko opremo Legep za pripravo LCC-izračunov na osnovi podatkovnih baz o cenah gradbenih storitev. Legep omogoča avtomatiziran proces z uporabo prednastavljenih makroelementov baze podatkov SIRADOS, ki se je v zadnjih 30 letih razvila v eno vodilnih na trgu dokumentacije stroškov gradbenih del v Evropi (SIRADOS, 2016). Baza podatkov izrazito poenostavlja LCC-analizo z uporabo grobih in drobnih elementov, kar omogoča vrednotenje že v zgodnji fazi načrtovanja stavbe. Predstavljen razširjeni model ekonomskega vrednotenja stavbe dokazuje, da je LCC-analiza stavbe z uporabo BIM-modela mogoča že v zgodnji fazi projektiranja. Prav tako predstavlja pomembno orodje z neposrednimi ekonomski učinki pri sprejemanju odločitev vseh deležnikov v načrtovanju, gradnji in uporabi stavbe.

6 • LITERATURA

- Basbagill, J., Flager, F., Lepech, M., A Multi-Objective Feedback Approach for Evaluating Sequential Building Design Decisions, *Automation in Construction*, 45, 136–150, 2014.
- BS ISO 15686-5:2017 Buildings and Constructed Assets—Service-Life Planning. Part 5: Life-Cycle Costing, www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686-5:ed-2:v1:en, 2019.
- Cafuta, M., Open Space Evaluation Methodology and Three Dimensional Evaluation Model as a Base for Sustainable Development Tracking, *Sustainability*, 7(10), 13690–13712, 2015.
- Deshpande, A., Azhar, S., Amireddy, S., A Framework for a BIM-Based Knowledge Management System, *Procedia Engineering*, 85, 113–122, 2014.
- EcoDesigner STAR User Manual; GRAPHISOFT: Budapest, 2014.
- EPBD, Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council, *Official Journal of the European Communities*, eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:EN:PDF, 2019.
- Evropska komisija, Energy performance of buildings, ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/, 2019.
- Far, M. S., Duarte, C., Pastrana, I.A., Building Information Electronic Modeling (BIM) Process as an Instrumental Tool for Real Estate Integrated Economic Evaluations, *Proceedings of the 22nd Annual European Real Estate Society Conference*, Istanbul, Turkey, 2015.
- Ferrara, M., Fabrizio, E., Virgone, J., Filippi, M., Energy Systems in Cost-Optimized Design of Nearly Zero-Energy Buildings, *Automation in Construction*, 70, 109, 2016.
- Fuller, K. S., Petersen, R. S., Life cycle costing manual for federal energy management program, Gaithersburg, 1996.
- Hofer, G., Herzog, B., Grim, M., Leutgöb, K., Calculating Life Cycle Cost in the Early Design Phase to Encourage Energy Efficient and Sustainable Buildings, *ECEEE 2011 Summer Study, Energy Efficiency First: The Foundation of a Low-Carbon Society*, ECEEE: Stockholm, Sweden, 1074, 2011.
- Jaušovec, M., Sitar, M., Comparative Evaluation Model for Smart Envelope Systems, *Energy efficiency*, University of Maribor Press, Maribor, 153–157, 2017.
- Koenig, H., *LEGEP-Handbuch für die Gebäudezertifizierung*, Weka media, Kissing, 2012.
- Koenig, H., Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden
Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten, Endbericht, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, Gröbenzell, 2017.
- Kreider, R., Messner, J., The Uses Of BIM: Classifying And Selecting BIM Uses, Version 0.9, The Pennsylvania State University, 10–11, 2013.
- Langdon D., Life Cycle Costing (LCC) as a Contribution to Sustainable Construction, *Guidance on the Use of the LCC Methodology and Its Application in Public Procurement*, Davis Langdon Management Consulting, London, 3, 2007.
- Love, P., Liu, J., Matthews, J., Sing, C., Smith, J., Future Proofing Ppps: Life-Cycle Performance Measurement And Building Information Modelling, *Automation in Construction*, 56, 26–35, 2015.
- NBIMS, National Institute of Building Sciences, National Building Information Model Standard Version 1.0- Part 1: Overview, Principles, and Methodologies, National Institute of Building Sciences, Oslo, 2007.
- PURES, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, 2010, Zakon o graditvi objektov RS, <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043>, 2019.
- Ren, G., Li, H., BIM Based Value for Money Assessment in Public-Private Partnership, *Collaboration in a Data-Rich World*, Springer, Cham, 51-62, 2017.
- Sakikhales, M. H., Stravoravdis, S., Using BIM to Facilitate Iterative Design, *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*, 149, 9–19, 2015.
- SDE, Solar Decathlon Europe, 2019, <https://solardecathlon.eu/press/>, 2019.
- SIRADOS, <http://lekep.de/uber-uns/sirados/>, 2016.
- Skalicky, V., Čerpes, I., Comprehensive assessment methodology for liveable residential environment, *Cities*, 94, 44–54, 2019.
- SURS, Statistični urad Republike Slovenije,
Količina energije, namenjene končni rabi, je v letu 2017 znašala 206.000 TJ, *Energetska statistika*, Slovenija, 2018.
- White, G., Boyne, P., *Facilities Management, BIM and Quantity Surveying*, Routledge, Abingdon, 2016.
- Yin, B., Laing, R., Leon, M., Mabon, L., An evaluation of sustainable construction perceptions and practices in Singapore, *Sustainable Cities and Society*, 39, 2018.
- Zavrl, M., Gjerkeš, H., Tomšič, M., Integration of Nearly Zero Energy Buildings in Sustainable Networks – a Challenge for Sustainable Building Stock, *World engineering forum* 2012, 163, 2012.
- Žula, T., Kravanja, S., Božičnik, S., Optimizacija trajnostnega dobička, ustvarjenega pri proizvodnji nosilcev, *Gradbeni vestnik*, 68, 279–284, 2019.

RAZŠIRITEV POTNIŠKEGA TERMINALA TE NA LETALIŠČU JOŽETA PUČNIKA LJUBLJANA

WIDENING OF THE TE PASSENGER TERMINAL AT THE LJUBLJANA JOŽE PUČNIK AIRPORT

Uroš Razpet, univ. dipl. inž. arh., MBA
PLAN B, d. o. o., Gregorčičeva ulica 21 b,
2000 Maribor

Janko Mele, univ. dipl. inž. grad.
Simon Kogoj, univ. dipl. inž. grad.
Gradbeni biro Mele, Janko Mele, s. p.,
Cesta gradenj 6, 1360 Vrhnika

Strokovni članek
UDK 625.712.12:72(497.4Brnik)

Povzetek | V članku je opisano načrtovanje razširitve potniškega terminala na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana. Opisani so izhodišča in smernice arhitekturne zasnove, ki je v veliki meri definirala tudi konstrukcijsko zasnovo, ki je skoraj v celoti vidna. Pri projektiranju je bilo uporabljeno BIM-projektiranje. Na kratko je opisana konstrukcijska zasnova terminala.

Glavne besede: potniški terminal, Letališče Jožeta Pučnika, arhitekturna zasnova, konstrukcija, BIM

Summary | The article presents the widening of the passenger terminal at the Ljubljana Jože Pučnik Airport. Starting points and guidelines of architectural design are presented, which, to a large extent, have also defined almost completely visible structural design. BIM design was used. Structural design of the terminal is presented in brief.

Key words: passenger terminal, Ljubljana Jože Pučnik Airport, architectural design, structure, BIM

1 • UVOD

Projekt razširitve potniškega terminala na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana izhaja iz velike rasti števila potnikov in za območje našega največjega letališča predstavlja velik korak k ustvarjanju izraza novega sodobnega mednarodnega letališča. Z zasnovo in umestitvijo novega objekta se v precej raznolikem letališkem grajenem okolju ponudi priložnost oblikovanja nove hierarhije in berljivosti prostora, ki bo predvsem potniku omogočila jasnejšo orientacijo. Z novim terminalom želimo potrditi kvalitete zasnove obstoječega terminala, ki so ga do danes prerasle gradnje v okolici. Z novim objektom

terminala obstoječega spoštljivo povežemo v eno celoto in ga pri tem ohranimo v njegovi primarni podobi. Prenova obstoječega terminala ni bila predmet naloge.

Obstoječi terminal T1 je bil grajen v več fazah v obdobju med letoma 1963 in 2007. Sedanja podoba T1 na cestni strani (land-side) je posledica širitve v letu 1974. Značilnost objekta je poliestrska fasada modularne izvedbe, za katero je avtor objekta, arhitekt Ciril Oblak, prejel tudi nagrado Prešernovega sklada. Na letališki strani (air-side) je objekt dobil današnjo podobo leta 2007 po projektu arhitekta Vladimirja Koželja. Po takratnih projektih je

bila širitev predvidena v dveh fazah, izvedena je bila zgolj 1. faza.

Zasnovo razširitve potniškega terminala, arhitekturno kot konstrukcijsko, v veliki meri narekujejo tehnološke zahteve letališča. Z zasnovo želimo programu letališča omogočiti možnost prilagajanja, ki ga narekujejo spreminjajoči se trendi v letalskem prometu. To dosežemo z enostavno in jasno konstrukcijsko skeletno zasnovo, ki ostaja prezentna tudi v končni podobi notranjosti terminala. Da pa letališče ne bi bil zgolj objekt, podrejen tehnologiji, ampak bi ob tem nosil svojo sporočilnost identitete prostora, kamor potniki prihajajo, smo pri snovanju sodelovali še z umetniškim timom Aleksandro Vajd in Lauro Amann.

Zaradi kompleksnosti objekta in vidnih konstrukcijskih kot tudi inštalacijskih elementov smo kot orodje za pripravo projekta izbrali

BIM-projektiranje, kar nam tako v fazi projektiranja kot v nadaljevanju gradnje omogoča večjo usklajenost med posameznimi ses-

tavinami objekta (konstrukcijo, arhitekturo, inštalacijami).

2 • PREDSTAVITEV PROJEKTA

Objekt razširitve potniškega terminal je postavljen v kontekst obstoječih letaliških objektov, ki si od jugovzhoda proti severozahodu sledijo v

skozenj potniki vstopajo oz. izstopajo iz objekta. Objekt je od ceste odmaknjen za širino pločnika, ki omogoča varno komunikacijo.



Slika 1 • Pogled na novi terminal.

naslednjem vrstnem redu: cargo del letališča, obstoječi terminal T1, terminal T2 – 1. faza na letališki strani (air-side), kontrolni stolp, obstoječa (stara) upravna stavba. Severno od obstoječega terminala je nova upravna stavba s parkirno hišo. Zahodno od terminala TE je manjši cargo (TNT) del letališča. Osrednja prometnica vodi k terminalu s severne strani, zahodno od nje je parkirišče (slika 1).

Razširitev potniškega terminala TE pomeni podaljšanje obstoječih potniških terminalov T1 in T2 1. faza v smeri proti severozahodu. Novi del potniškega terminala ima 16.000 m², od tega 2000 m² posega v obstoječi terminal. Obstoječi objekt terminala ima 14.000 m².

Projektni avtorski tim je skupina arhitektov PlanB, ki jo sestavljajo Uroš Razpet, Petar Vidanoski, Karin Grdešič Rožman, Gašper Medvešek, Danaja Vastič, Jernej Markič, Jure Kolenc, Mojca Zavasnik, Mojca Grabrič, Tina Silič in Maja Pečar. Skupaj smo pripravili celotno arhitekturno zasnovo novega terminala in notranje opreme objekta.

Novi objekt tipološko predstavlja nizek podolgovat, pravokoten objekt, ki ga deli ločnica med cestno (landside) in letališko (airside) stranjo. Objekt se odpira na cestno stran, kjer

Vzdolž pločnika je predviden nadstrešek brez motečih stebrov (slika 2). Objekt je izrazito linearen kot posledica grajenega konteksta in narave programa.

Vzhodni del terminala se naveže na obstoječi terminal T1 s povezovalnim hodnikom s komercialnimi vsebinami. Osrednji del objekta je zaradi programa dvoetažen. Zahodni del objekta je ponovno enoetažen. Objekt definira

njegova linearnost, ki se oblikovno naslanja na izročilo terminala T1 arhitekta Oblaka. Terminal TE se na južni strani nasloni na terminal T2 – 1. faza arhitekta Koželja. Zasnova terminala TE poveže omenjena terminala v smiselno celoto, katere notranjost je v celoti podrejena potniškim tokovom in tehnologiji.

Objekt definira poteza nadstreška na cestni strani. Nad pritličnim objektom se v osrednjem delu dvigne enakovredna etaža (slika 3). Fasada je transparentna, z namenom, da je notranjost svetla in orientacijsko ustrezna. Transparentne površine se odpirajo proti razgledom na severu. S severne strani sta predvidena vhod in izhod v objekt (landside).

Objekt je oblikovan praktično in skladno s pričakovani potnika, ki si želi kvalitetne in udodne storitve. Objekt združuje tehnične, komercialne in potnikove potrebe v enoten ovoj (slika 4). Raznolikost programa in potreb bi lahko privedla do drobljenja objekta, zato je ta oblikovan kot enotna mreža, ki omogoča optimalno umestitev tehnološke opreme s kar najmanj motečimi konstrukcijskimi elementi. Konstrukcija objekta je dovolj odprta, da omogoča fleksibilnost pri uporabi (slika 5). Fasade, kjer v objekt vstopa potnik, so transparentne, prav tako je odprt vzhodni del objekta, ki se navezuje na T1. Ostale fasade so polne, kot narekuje funkcionalnost objekta oz. njegov notranji ustroj. Etažne plošče so izrazito horizontalen element, ki dominirajo. Močni liniji nadstreška in strehe prekinja ritem fasade, ki se nadaljuje tako



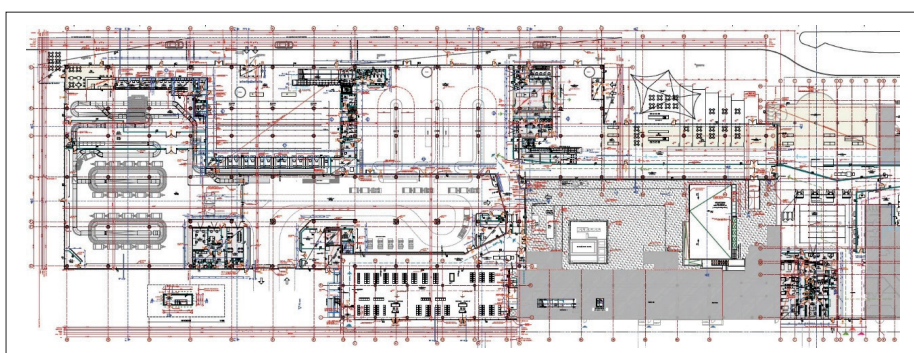
Slika 2 • Nadstrešek vzdolž celotnega novega dela terminala.

v steklenem kot polnem delu. Predviden je metrični raster, ki se pomensko navezuje na obstoječi terminal T1.

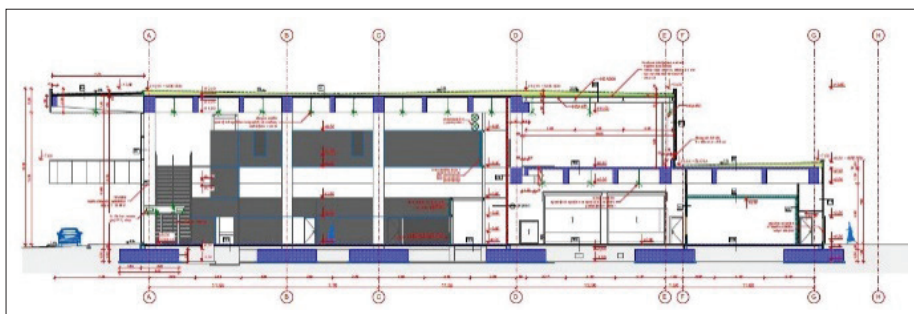
V notranjosti novega terminala so, vezano tudi na finančni okvir, prisotni materiali osnovnih gradnikov objekta z vidno betonsko konstrukcijo stebrov in stropnih plošč z nosilci (slika 6), tlak v brušenem betonu, vidna jeklena konstrukcija in lesene stenske obloge. Z novim terminalom želimo ponuditi potnikom tudi izkušnjo prostora, ki bo nosil sporočilo okolja, v katero vstopajo. Skozi terminal si sledijo intervencije v sodelovanju z Aleksandro Vajd in Lauro Amann.



Slika 3 • Osrednji vhodni prostor z višjim delom nadstreška.



Slika 4 • Torisna zasnova s skeletno konstrukcijo v celotni razširitvi terminala.



Slika 5 • Prerez skozi vhodni dvovišinski del.



Slika 6 • Vidni konstrukcijski elementi v notranjosti objekta terminala.

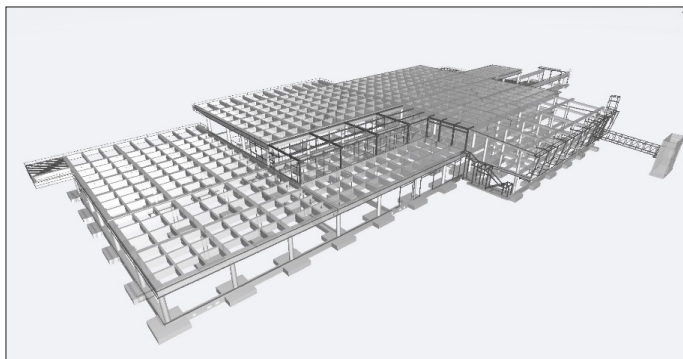
3 • IZDELAVA PROJEKTA V BIM

Projektiranje objekta letališkega terminala predstavlja kompleksen proces usklajevanja številnih sodelujočih z upoštevanjem vseh procesov delovanja letališča in varnostnih komponent. Za zagotovitev celostnega in usklajenega projekta smo uporabili 3D-projektiranje BIM. To predstavlja sodoben proces

načrtovanja objekta, pregleda v času gradnje in tudi možnost uporabe v času poznejšega obratovanja in vzdrževanja objekta. Proces vključuje vse udeležence projekta na skupnem digitalnem modelu. Projekt smo v 3D-modelu snovali vse od začetka s preveritvami možnosti umeščanja, navezovanja na obstoječe

objekte in zasnovo novega potniškega terminala. V modelu smo nadzorovali in združevali informacije arhitekturne zasnove, gradbenih konstrukcij (sliki 7 in 8), strojnih in električnih inštalacij (sliki 9 in 10).

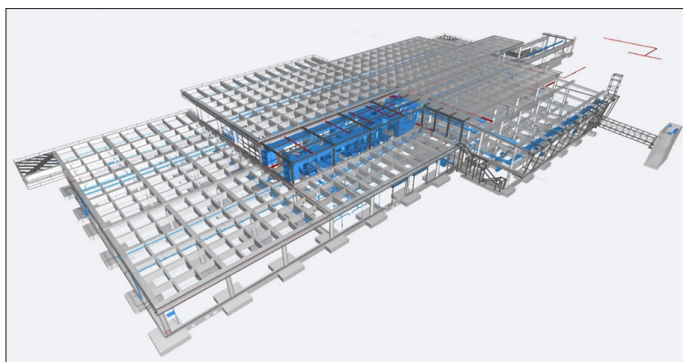
Poleg prednosti, ki jih prinaša možnost združevanja vseh informacij projekta na enem modelu, 3D-model omogoča tudi boljše predstavitev projekta naročniku in informiranje številnih sodelujočih pri projektu, kot je novi potniški terminal.



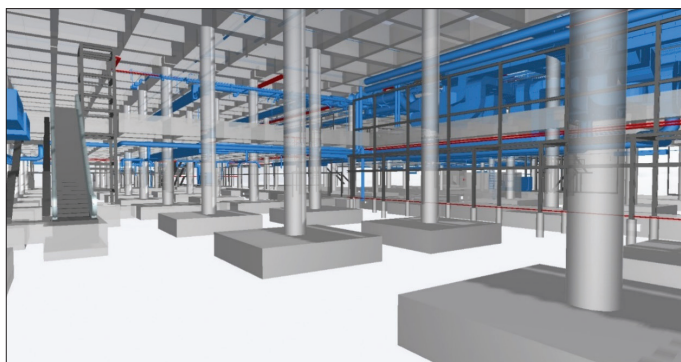
Slika 7 • Model konstrukcije.



Slika 8 • Model konstrukcije.



Slika 9 • 3D-model BIM z inštalacijami.



Slika 10 • 3D-model BIM z inštalacijami – pogled v notranjost.

4 • KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA

Novi objekt je konstrukcijsko zasnovan kot enoten konstrukcijski sklop, ki je razdeljen na posamezna dilatancijska polja (9 enot). Posamezne konstrukcijske enote imajo pravilne pravokotne tlorise. Med posameznimi enotami se izvedejo dilatacije (slika 11).

Dimenzije celotnega tlorisa pritličja znašajo 196 x 75 m, tloris nadstropja pa meri 92 x 75 m. Višinsko objekt obsega pritličje in nadstropje. Streha novega objekta je ravna.

Nosilno konstrukcijo objekta predstavljajo AB-okvirji v dveh ortogonalnih smereh, sestavljajo ga stebri v primarnih oseh, ki so

povezani s primarnimi AB-gredami dimenzij $b/h = 90/140$ cm. Polja med primarnimi gredami so razdeljena na tretjine s sekundarnimi AB-nosilci dimenzij $b/h = 40/140$ cm. Raster stebrov znaša v obeh smereh $e_x = 11,55$ m in $e_y = 11,55$ m ali manj. AB-stebri so okroglega prečnega preseka premera $d = 90$ cm (slika 12).

Medetažne konstrukcije so sestavljene iz AB-nosilcev v primarnih in sekundarnih oseh ter AB-plošč debeline $d = 15$ cm preko njih. Primarno polje je razdeljeno na tretjinska polja, ki jih premoščajo sekundarni nosilci. Medetažni

konstrukciji nad pritlično in nadstropno etažo predstavljata tudi nosilno konstrukcijo za sestavo ravne strehe. Nadstrešek ob objektu je izveden kot konzolna AB-konstrukcija.

Vertikalna komunikacija znotraj objekta poteka preko AB-stopnišč, montažnih tekočih stopnic in osebnega dvigala.

Objekt je temeljen na sistemu točkovnih AB-temeljev s tlorisnimi dimenzijami $a \times b = 5,0 \times 5,0$ m, $4,0 \times 4,0$ m, $3,6 \times 3,6$ m in $3,2 \times 3,2$ m, visokih 1,0 m v primarnih oseh. Zaradi bližine obstoječih objektov je treba temeljenje višinsko prilagajati oziroma izvesti ustrezno podbetoniranje. Temeljenje se opravi ob upoštevanju podatkov iz geotehničnega poročila z navodili in pogoji temeljenja.



Za potrebe širitve terminala TE je bilo izdelano Geotehnično poročilo o sestavi tal in pogojih temeljenja objekta »Terminala za potnike T2, 2. Faza«, št. poročila: 20-8824a/08, izdelovalca Geoinženiring, d. o. o. V poročilu so navedeni pogoji za izvedbo plitvega temeljenja.

V aprilu 2018 je bila izdelana novelacija geomehanskega poročila.

Armiranobetonska nosilna konstrukcija (stebri, nosilci, plošče) se izvede v kvaliteti vidnega betona razreda vidne površine VB3, za kar je bil izdelan projekt betona.

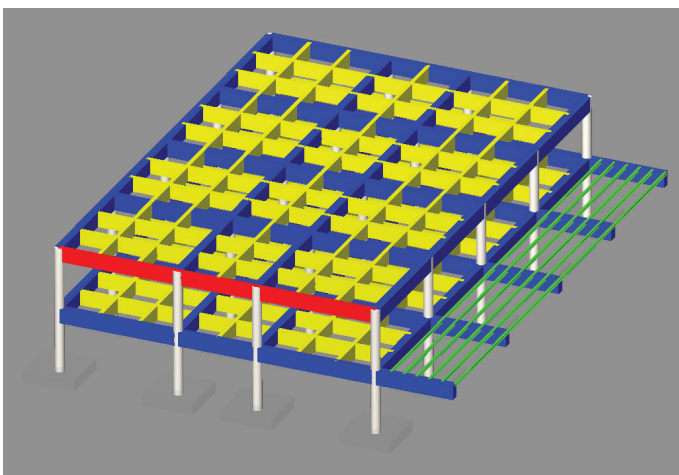
Za določitev obremenitev konstrukcije objekta so bili upoštevani naslednji obtežni primeri:

- g ... lastna in stalna obtežba (v območju dilat. enot DE 1- in DE 2-tehnologija, $g = 2,50 \text{ kN/m}^2$)
- p ... koristna obtežba prostorov ($p = 5,00 \text{ kN/m}^2$)
- s ... koristna obtežba s snegom (Brnik, 383 m n. v., cona A2, $s = 1,32 \text{ kN/m}^2$)
- v ... koristna obtežba z vetrom
- vzd. ... vzdrževanje strehe ($p_{vzd} = 0,40 \text{ kN/m}^2$)
- Q_x, Q_y ... potresna obtežba ($a_g = 0,225 g$; $q = 3$; tip tal C, faktor pomembnosti $\gamma = 1,2$)

Za betoniranje temeljev je bil uporabljen beton trdnostnega razreda C25/30, za ostale konstrukcijske elemente pa beton razreda C30/37 (vidni beton VB3).

Objekt je začelo graditi podjetje GIC GRADNJE, d. o. o., iz Rogaške Slatine julija 2019 (slike 13 do 15).

Slika 11 • Shemi dilatacijskih enot.



Slika 12 • Računski model dilatacijske enote IX.



Slika 13 • Armatura AB-stebrov v pritličju.



Slika 14 • Opaženje AB-stebrov.



Slika 15 • Zaščita in nega AB-stebrov po razopazanju.

5 • SKLEP

Z razširitvijo potniškega terminala na Letališču Jožeta Pučnika ustvarjamo nova vstopna vrata v slovenski prostor. Pri tem želimo poleg povečanja kapacitet in tehnološko posodobljenega letališča izpostaviti kontekst

prostora, kjer se letališče nahaja z okoliškimi pogledi v naravo in umetniškimi intervencijami v terminalu.

Arhitektonska zasnova objekta je sledila tehnološkim zahtevam investitorja, kar je hkrati

pogojevalo konstrukcijsko zasnovo v obliki prostorske skeletne konstrukcije. Raster konstrukcije stebrov je v obeh ortogonalnih smereh ca. 12 m, kar se izkaže za optimalno pri zahtevani tehnologiji objekta. Tako zasnovana konstrukcija omogoča tudi poznejše tehnološke spremembe na objektu brez večjih posegov v konstrukcijo.

6 • LITERATURA

GB Mele, Janko Mele, s. p., Projektna dokumentacija št. G-1729/2017 (PGD), Načrt gradbenih konstrukcij, 2018.

GB Mele, Janko Mele, s. p., Projektna dokumentacija št. G-1729/2017 (PZI), Načrt gradbenih konstrukcij, 2018.

PlanB, d. o. o., Foto arhiv, 2019.



STROKOVNO SREČANJE GBC SLOVENIJA

Slovensko združenje za trajnostno gradnjo GBC Slovenija je 6. marca 2020 v prostorih Tehnološko-raziskovalnega centra v Dolu pri Ljubljani gostilo več kot 90 projektantov in upravnikov večstanovanjskih stavb iz vse Slovenije, ki so se udeležili strokovnega posveta z naslovom Izzivi celovite prenove večstanovanjskih objektov. V imenu organizatorja GBC Slovenija je udeležence posveta najprej pozdravil predsednik UO-združenja dr. Iztok Kamenski, v imenu Zbornice za poslovanje z nepremičninami (ZPN) kot soorganizatorja njen direktor Boštjan Udovič, v imenu gostitelja srečanja pa podpredsednik JUB-ove uprave Dragan Stajić. Predavanja so prispevali predstavniki iz uglednih in trajnostno usmerjenih podjetij, arhitekturnih birojev, nevladnih organizacij in slovenskega okoljskega Eko sklada.

Dr. Iztok Kamenski je uvodoma pozdravil vse udeležence in jim na kratko orisal vlogo Slovenskega združenja za trajnostno gradnjo – Green Building Council Slovenija, ki pri nas postaja osrednje združenje, ki bdi nad trajnostnimi vidiki gradnje ter si prizadeva za trajnostni razvoj in učinkovitejšo upravljanje nepremičnin. To seveda vključuje celovito načrtovanje stavb, njihovo gradnjo in uporabo s poudarkom na njihovi energijski učinkovitosti, zmanjšanju okoljskega vpliva stavb in zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida, ki ga ustvarjajo stavbe skozi svoj življenjski cikel. Področje gradbeništva z vidika trajnostnih meril doživlja velike spremembe, zato je vloga GBC pri izmenjevanju znanj med strokovnjaki in pri izobraževanju deležnikov, med katerimi so tudi projektanti in upravniki večstanovanjskih stavb, izjemnega pomena. »V GBC Slovenija težimo k temu, da bi bila gradnja čim bolj prijazna do okolja in ga ne bi po nepotrebnem obremenjevala,« poudarja Kamenski. »V Sloveniji smo tako na eni strani postali pomemben promotor trajnostnih priporočil Level's, kazalnikov Evropske komisije za zmanjšanje okoljskih vplivov stavb, na drugi pa ob certifikacijskih



shemah, ki določajo, v kolikšni meri so stavbe grajene po trajnostnih smernicah, kot so standardi DGNB, BREEAM in LEED, prav tako ugotavljamo, kateri najbolj izraža investitorjev odnos do okolja, ljudi in javnega prostora. Če bodo postali del evropske gradbene direktive v okviru strateške agende Evropskega sveta 2019–2024, bodo kazalniki Level's predvidoma že prihodnje leto v Evropi postali realnost, proizvajalci pa bodo morali še bolj stremeti k vključevanju v krožno gospodarstvo in recikliranje gradbenih materialov,« je sklenil predsednik združenja Kamenski.



O aktivnostih, ki jih za projektante in upravnike večstanovanjskih stavb v slovenskem prostoru izvaja Eko sklad, je udeležence seznanil Luka Petkovšek, odgovoren za nepovratne subvencije za večstanovanjske objekte. Udeležencem je predstavil trenutno aktualni javni poziv in pogoje, ki veljajo za nove skupne naložbe večje energijske učinkovitosti starejših večstanovanjskih stavb, spodbude pa so namenjene za toplotne izolacije fasad, streh, stropov ipd. Navedel je, da mora biti vloga oddana pred zaključkom del za izvedbo gradnje (PZI) pa skladna z veljavnimi pravilniki. PZI mora biti izdelan skladno s trenutno veljavno zakonodajo in s pravili stroke, pri čemer mora biti pri izvedbi zagotovljen nadzor, kot





ga določajo Gradbeni zakon in nove tehnične smernice za požarno varnost v stavbah, ki so v veljavi od 1. 7. 2019. Večina vlog se nanaša na toplotne izolacije fasad, upravnikom večstanovanjskih stavb pa težave povzročajo izpolnjevanje zahtev za pravilno oddajo projektne dokumentacije: »Vsaj polovica vseh vlog za pridobitev subvencij ni popolna,« navaja Petkovšek, »zato moramo vlagatelje običajno pozvati k njihovi dopolnitvi. Večina projektantov potem zahteve izpolni in odda v ustrezni obliki, vendar si pri Eko skladu želimo, da bi bilo teh primerov v prihodnje čim manj.«

Dr. Iztok Kamenski je kot vodja JUB Akademije udeležencem predstavil tematiko vzdrževanja in sanacije fasadnih površin, pri tem pa opozoril zlasti na starejše večstanovanjske stavbe, zgrajene v 70. in 80. letih prejšnjega stoletja. Tiste fasadne površine, ki niso bile redno vzdrževane, so začele propadati in so pri kasnejši sanaciji pomenile bistveno višji strošek. Rešitev s podporo za sanacijo takih fasad je v slovenski prostor k sreči prinesel Eko sklad, slovenski okoljski javni sklad, ki pri nas deluje že 27 let in uporabnikom za okoljske naložbe namenja sredstva v obliki kreditov, za povečanje energetske učinkovitosti stavb pa jim podeljuje tudi subvencije. Predstavil je fasadne sisteme JUBIZOL, ki uporabnikom nudijo od 15- do 60-letno garancijo. V JUB-u so upravnikom večstanovanjskih stavb na voljo z vrsto nasvetov, kako sanirati različne poškodovane ali degradirane fasadne površine ter kako učinkovito vzdrževati »kondicijo« fasadnega sistema, da bi uporabnikom pomagali ohraniti bolj zdravo življenjsko okolje. O ključnih detajlih na fasadnih površinah ob uvedbi novih tehničnih

smernic je na srečanju predaval še gradbeni inženir **Aleš Kovač**, ki je s praktičnimi primeri prikazal, kako JUB rešuje probleme pri prenovah ali sanacijah fasadnih ovojev, s katerimi se soočajo projektanti ali upravniki večstanovanjskih stavb. Opozoril je še na njihovo veliko odgovornost pri preplastitvi fasad starejših objektov, ki že imajo vgrajene protipožarne bariere.

Iz škofjeloške družbe **Knauf Insulation** je na temo ravnih in zelenih streh ter izolacije fasad z mineralno kameno volno predavanje



prispeval **Domen Ivanšek**, pri čemer se je osredotočil tudi na požarno varnost, zvočno zaščito ter toplotno izolativnost materialov, ki jih podjetje ponuja na trgu. Predstavil je rešitve in priporočila za fasade iz kamene volne ter detajle, ki jih morajo projektanti upoštevati pri sanaciji fasadnih površin z izbranimi materiali ob upoštevanju aktualnih požarnih smernic. Podrobno je predstavil še druge lastnosti

fasad, kot so paroprepustnost, vodoodbojnost, odpornost proti mikroorganizmom in insektom ter sposobnost recikliranja materialov. Pri kontaktnih fasadah je omenil glavne tehnične smernice za njihovo pravilno izvedbo, ki so jih izdelali v GIZ PFSTI (www.izolirajfasado.si), in opozoril, da je pri visokih stavbah treba uporabiti negorljive materiale, še posebno pri prezračevanih fasadah. V nadaljevanju je izčrpno predstavil tudi ravne strehe s kameno volno, ki jih odlikujeta vodotesnost in toplotna prevodnost, ter nanizal prednosti intenzivnih in ekstenzivnih zelenih streh za urbana okolja, kot so večja vlažnost in zmanjševanje pregrevanja zraka, dolga življenjska doba, upravljanje padavinske vode ter življenjski prostor za opraševalce.

Prenovo fasadnega ovoja na poslovni zgradbi Slovenijales v Ljubljani, ki je potekala od novembra 2018 do aprila 2019, je predstavil **Peter Bandelj** iz podjetja **Alu König Stahl**. Ob upoštevanju želja investitorja, ki je želel ohraniti obstoječi videz objekta in tudi čim več obstoječih materialov, so zagotovili še boljšo zrakotesnost in vodotesnost, kot jo zahteva Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Pred prenovo fasade, katere površina meri kar 12.000 m², so pridobili tudi originalne načrte objekta iz leta 1980 in ob sanaciji ugotovili,

da je bil objekt res 100% izdelan po načrtih. V času sanacije je bil objekt polno operativen, objekt pa je še danes ohranil svojo prvotno arhitekturo.

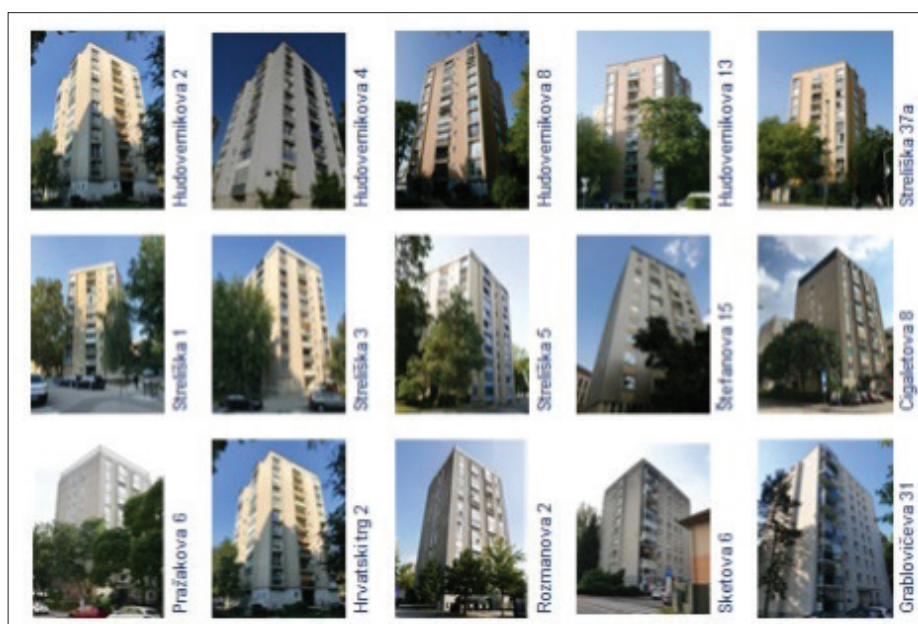
Mag. Primož Praper je predstavil celjsko podjetje **EUTRIP**, ki se ukvarja s celovitimi rešitvami na področju investicij. Njihovi strokovnjaki poleg izvedbe investicijske ter projektne dokumentacije za svoje naročnike,



ne potrebuje, torej ne potrebuje PZI-načrtov niti študij oziroma zasnove požarne varnosti, tako da mora upoštevati le veljavne gradbene predpise. Izjava, ki jo investitor odda na koncu izvedbe vzdrževalnih del, namreč sama po sebi ne zagotavlja, da se požarna varnost objekta ni zmanjšala.

Arhitekt Tomaž Krištof je na srečanju s projektanti in upravniki večstanovanjskih stavb pozornost posvetil potresni ogroženosti večstanovanjskih objektov, med katerimi je tudi 15 ljubljanskih stolpnic, ki so jih pri nas zgradili v začetku 60. let, v času, ko predpisi o potresno odporni gradnji še niso bili aktualni. Ti objekti na lestvici danes dosegajo le od 2 % do 10 % zahtevane požarne varnosti. Pet stolp-

med katerimi so poleg podjetij tudi vrsta šol, vrtcev in bolnišnic, izvajajo še nadzore in meritve ter energetske preglede objektov, izpolnjujejo pa tudi vloge za koriščenje nepovratnih sredstev ter za stranke pripravljajo vrsto konceptualnih rešitev. Udeležencem je s praktičnimi primeri razložil, zakaj je v smislu znižanja stroškov treba izvajati meritve na objektih, ki so toplotno sanirani, saj so ponekod investitorji po izvedbi sanacije že ugotavljali, da jim ta ni prinesla nobenih ugodnosti pri znižanju stroškov. Opozoril je tudi na racionalizacijo vzdrževanja objektov, kot je optimiranje temperature v praznih prostorih, in učinkovitejše urnike delovanja prezračevanja



v poslovnih stavbah, pa tudi na periodične preglede naprav, ki lahko pomembno vplivajo na letne stroške obratovanja.

Na področju gradnje in požarne varnosti so začeli veljati novi zakoni, novi pravilniki in nove tehnične smernice. Svoje izkušnje o tem je za podjetje **Bureau Veritas** na srečanju z udeleženci delila pooblaščenka inženirka tehnološke stroke, projektantka **Milena Uzar**, ki je poudarila, da je pri prenovi stavb treba nujno upoštevati več faktorjev, kot so namembnost objekta, odmik od relevantne meje in drugih objektov, višina stavbe, nezaščitene površine, obstoječa požarna zasnova stavbe ter ustrezna izbira materialov in sistemov. Meni, da je vključevanje projektantov požarne varnosti nujno potrebno tudi pri vzdrževalnih delih, ko investitor gradbenega dovoljenja

nic bi morali po mnenju strokovnjakov porušiti in zgraditi povsem na novo, pri nekaterih pa je mogoče protipotresno varnost doseči z notranjo ali zunanjo utrditvijo.

O prednostih rastrskih stropov Armstrong pri obnovi večstanovanjskih objektov je spregovoril **Edvard Plut iz družbe Armstrong Ceiling**. Rešitev, ki jih ponujajo uporabnikom, je veliko, za materiale pa nudijo 30-letne sistemske garancije.

O BIM-projektiranju stavb je udeležencem predaval **Gorazd Rajh** iz podjetja **Pilon**. Informacijsko modeliranje stavb v našem prostoru ni nekaj novega, saj je od njegove uveljavitve preteklo že 30 let. Gre za digitalni dvojček grajene stavbe, ki pokaže, kako bo stavba videti, ko bo zgrajena. Orodju BIM, ki ga



arhitekti in projektanti običajno uporabljajo za projektiranje novogradenj, so z leti dodajali še nove informacije, ki so za stavbo pomembne. Tako so proizvajalci ustvarjali svoje BIM-knjžnice, ki so snovalcem objektov omogočale izbiro njihovih materialov ali elementov, vključujoč tudi podatke o garancijah, navodilih za vzdrževanje ali servisiranje ipd. Zaradi BIM-tehnologije so v svetu zdaj projekti

izvedeni v predvidenih rokih, vrednost gradnje pa se od predvidene le malenkostno razlikuje. Znani so namreč vse količine in materiali, manj je napak v projektni dokumentaciji, manj je tudi dodatnega dela na gradbiščih. Rajh je predstavil še druge prednosti, ki jih bo BIM-tehnologija v prihodnje prinašala tudi upravnikom večjih stavb, od navigiranja v 3D-prostoru do takojšnjega dostopa do infor-

macij, vizualizacije posameznega prostora ali elementa, takojšnjega vnosa informacij, hitrejšega sledenja spremembam, pripravi poročil ipd.

Iz nevladne organizacije **Prostorž** se je srečanja GBC Slovenija udeležila **arhitektka Alenka Korenjak** s temo, kako oblikovati mesta po meri prebivalcev, saj je javni prostor ključni dejavnik pri gradnji stanovanj: »V Ljubljani v soseskah živita kar dve tretjini prebivalcev. Tako v prestolnici kot tudi v drugih mestih že zaznavamo drobljenje javnih površin. Med stanovalci vlada veliko nepoznavanje te tematike, prebivalci v večini primerov ne poznajo pristojnosti, odgovornosti in dolžnosti v zvezi z javno dostopnimi površinami v njihovi lasti. Država in mesta se počasi odmikajo s teh površin, tako danes postaja odvisno prav od stanovalcev samih, kako bodo javne površine uspeli ohraniti,« opozarja Korenjakova, »in prav upravniki večstanovanjskih stavb imajo v teh procesih izjemno pomembno vlogo.«

Miša Hrovat, agencija MAGA

Foto: arhiv GBC



Več informacij: dr. Iztok Kamenski, predsednik UO GBC Slovenija,
M: 041 716 845,
E: iztok.kamenski@jub.eu,
W: www.gbc-slovenia.si

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI,
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Nina Poglič, Statistična analiza padavin, mentorica izr. prof. dr. Mojca Šraj, somentorica asist. dr. Marjeta Škapin Rugelj; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=114771>

Polona Jeretina, Obnova toplotnega ovoja enostanovanjske hiše na Izlakah, mentor izr. prof. dr. Roman Kunič, somentorja asist. David Božiček in doc. dr. Mitja Košir; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=114772>

Matjaž Kravanja, Celovita prenova večstanovanjske stavbe v Tolminu, mentor izr. prof. dr. Roman Kunič, somentor doc. dr. Mitja Košir; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=114774>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Ratko Švraka, Spremembe predpisov za projektiranje mostov in njihov vpliv na lastnosti tipičnega armiranobetonskega nadvoza, mentorica prof. dr. Tatjana Isaković, somentorica dr. Maja Kreslin; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=114871>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

Barbara Virant, Vpliv stopnje prezračevanja na koncentracijo radona v notranjem okolju, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentorica doc. dr. Marjana Šijanec Zavrl; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=114823>

III. STOPNJA – DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

Mateja Klun, Analiza kondicijskega stanja betonskih težnostnih pregrad z uporabo sodobnih eksperimentalnih in numeričnih metod, mentor doc. dr. Andrej Kryžanowski, somentor prof. dr. Dejan Zupan; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=114790>

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

KOLEDAR PRIREDITEV

18.-21.5.2020

ICCUE 2020 - 7th International Conference on Civil and Urban Engineering

Dunaj, Avstrija
www.iccue.org/

28.-30.6.2020

ICSCER 2020 - 4th International Conference on Structure and Civil Engineering Research

Budimpešta, Madžarska
www.icscer.org/

8.-10.7.2020

UPADSD 2020 – Urban Planning & Architectural Design for Sustainable Development – 5th Edition

Firence, Italija
<http://bit.ly/UPADSD-2020>

3.-8.8.2020

EURO-MED-SEC-3 – 3rd European and Mediterranean Structural Engineering and Construction Conference

Limassol, Ciper
www.isec-society.org/EURO_MED_SEC_03/

7.-11.9.2020

6th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization

Budimpešta, Madžarska
www.isc6-budapest.com/

18.-20.10.2020

ICSECT'20 - 5th International conference on Structural Engineering and Concrete Technology

Lizbona, Portugalska
<https://icsect.com/>

2.-6.11.2020

5th World Landslide Forum

Kjoto, Japonska
<http://wlf5.iplhq.org/>

12.-14.11.2020

ICCSTE'20 - 5th International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering

Niagarski slapovi, Kanada
<https://iccste.com/>

19.-20.11.2020

CRRB – 22nd International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings

Brno, Češka
<http://crrb.wta.cz>

20.-22.4.2021

“Structural Faults + Repair-2020” & “European Bridge Conference-2020”

Edinburg, Škotska
www.structuralfaultsandrepair.com/

13.-17.6.2021

11th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar

Valletta, Malta
www.iwagpr2021.eu/

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