



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



**STRATEŠKI MODEL PLANIRANJA I
PROJEKTOVANJA OBNOVE BETONSKIH
FASADA VISOKIH SLOBODNOSTOJEĆIH
STAMBENIH ZGRADA S ASPEKTA
ENERGETSKE EFIKASNOSTI, TRAJNOSTI I
BEZBEDNOSTI OD POŽARA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori:

Prof. dr Mirjana Malešev

Prof. dr Mirjana Laban

Kandidat:

Suzana Draganić

Novi Sad, 2022. godine

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA¹

Vrsta rada:	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora:	Suzana Draganić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje, institucija):	Prof. dr Mirjana Malešev, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu Prof. dr Mirjana Laban, vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
Naslov rada:	Strateški model planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada s aspekta energetske efikasnosti, trajnosti i bezbednosti od požara
Jezik publikacije (pismo):	Srpski (latinica)
Fizički opis rada:	Broj: Stranica <u>529</u> Poglavlja <u>9</u> Referenci <u>381</u> Tabela <u>110</u> Slika <u>253</u> Grafikona <u>31</u> Priloga <u>12</u>
Naučna oblast:	Građevinsko inženjerstvo
Uža naučna oblast (naučna disciplina):	Uža naučna oblast 1: Građevinski materijali, procena stanja i sanacija konstrukcija; Discipline: Energetska efikasnost i trajnost zgrada; Uža naučna oblast 2: Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara; Disciplina: Bezbednost zgrada od požara;
Ključne reči / predmetna odrednica:	visoke stambene zgrade, fasade, energetska efikasnost, trajnost, bezbednost od požara, obnova zgrada, model obnove
Rezime na jeziku rada:	Održive zgrade su istovremeno otporne, bezbedne, zdrave, energetski efikasne, trajne i komforne za korišćenje. U okviru sprovedenih istraživanja razvijen je i formiran strateški model kojim se rešava problem istovremene integracije više zahteva/aspekata (energetska efikasnost, trajnost, bezbednost od požara) u procesu obnove fasada/zgrada. Validacijom predloženog modela kroz studiju slučaja je dokazano da se njegovom upotrebom omogućuje: metodološki pristup unapređenju stanja postojećih zgrada u pravcu održivog izgrađenog okruženja, a da se pri tom

¹ Autor doktorske disertacije potpisao je i priložio sledeće Obrasce:

5b – Izjava o autorstvu;

5v – Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije i o ličnim podacima;

5g – Izjava o korišćenju.

Ove Izjave se čuvaju na fakultetu u štampanom i elektronskom obliku i ne koriče se sa tezom.

	zadrže nasleđene vrednosti i prednosti postojećih zgrada; detekcija, lociranje i geometrijska karakterizacija pukotina na fasadama primenom novokreiranog poluautomatizovanog digitalnog alata; procena rizika od požara, primenom novokreirane metodologije, jedinstvene na našim prostorima i u skladu sa najnovijim trendovima u oblasti analize rizika; dostupnost podataka i informacija potrebnih za detaljnu analizu stvarnog stanja i celokupni proces planiranja i projektovanja obnove postojećih zgrada, putem dosijea zgrade, koji predstavlja jedan od izlaznih rezultata modela; kao i formiranje okvira za dalji razvoj modela za različite nivoe obnove od pojedinačnih zgrada do kompletnih blokova zgrada i naselja u celini.
Datum prihvatanja teme od strane nadležnog veća:	24.12.2020.
Datum odbrane: (Popunjavanje odgovarajuća služba)	
Članovi komisije: (titula, ime, prezime, zvanje, institucija)	<p>Predsednik: dr Vlastimir Radonjanin, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu</p> <p>Član: dr Meri Cvetkovska, redovni profesor, Građevinski fakultet, Univerzitet Sv. Kiril i Metodij u Skoplju</p> <p>Član: dr Jelena Atanacković-Jeličić, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu</p> <p>Član: dr Srđan Popov, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu</p> <p>Mentor: dr Mirjana Malešev, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu</p> <p>Mentor: dr Mirjana Laban, vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu</p>
Napomena:	

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Suzana Draganić
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	dr Mirjana Malešev, full professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad dr Mirjana Laban, associate professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
Thesis title:	Strategic model for planning and designing the renewal of concrete facades of free-standing high-rise residential buildings from the aspect of energy efficiency, durability and fire safety
Language of text (script):	Serbian language (latin)
Physical description:	Number of: Pages <u>529</u> Chapters <u>9</u> References <u>381</u> Tables <u>110</u> Illustrations <u>253</u> Graphs <u>31</u> Appendices <u>12</u>
Scientific field:	Civil Engineering
Scientific subfield (scientific discipline):	Scientific subfield 1: Building materials, assessment and repair of structures; Disciplines: Energy efficiency and durability of buildings; Scientific subfield 2: Disaster risk management and fire safety; Discipline: Fire safety of buildings;
Subject, Key words:	high-rise residential buildings, facades, energy efficiency, durability, fire safety, building renewal, renewal model
Abstract in English language:	Sustainable buildings are resistant, safe, healthy, energy efficient, durable and comfortable to use. Within the scope of the conducted research, a strategic model was developed and formed, which solves the problem of the simultaneous integration of several requirements/aspects (energy efficiency, durability, fire safety) in the process of renewal of facades/buildings. Validation of the proposed model through a case study proved that its use enables: a methodological approach to improving the condition of existing buildings in the direction of a sustainable built environment, while maintaining the inherited values and advantages of

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

5b – Statement on the authority,

5v – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5g – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

	existing buildings; detection, location and geometric characterization of facade cracks using a newly created semi-automated digital tool; fire risk assessment, using a newly created methodology, unique in our region and in accordance with the latest trends in the field of risk analysis; the availability of data and information needed for a detailed facade assessment and the overall process of planning and designing the renewal of existing buildings, through the „building file“, which is one of the output of the model; as well as forming a framework for further development of models for different levels of renovation from individual buildings to complete blocks of buildings and settlements as a whole.
Accepted on Scientific Board on:	24.12.2020.
Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	<p>President: dr Vlastimir Radonjanin, full professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member: dr Meri Cvetkovska, full professor, Faculty of Civil Engineering, University of Sv. Cyril and Methodius in Skopje</p> <p>Member: dr Jelena Atanacković-Jeličić, full professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member: dr Srđan Popov, full professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member, Mentor: dr Mirjana Malešev, full professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad</p> <p>Member, Mentor: dr Mirjana Laban, associate professor, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad</p>
Note:	

SADRŽAJ

SPISAK SLIKA.....	9
SPISAK TABELA.....	18
SPISAK DIJAGRAMA.....	22
SPISAK SKRAĆENICA.....	23
1. UVOD.....	25
1.1. Potreba za istraživanjem.....	25
1.2. Predmet i cilj istraživanja	30
1.3. Očekivani rezultati istraživanja (hipoteze).....	31
1.4. Kratak prikaz programa istraživanja.....	31
2. STANJE STAMBENOG FONDA I REGULATIVE U EVROPSKOJ UNIJI I REPUBLICI SRBIJI	33
2.1. Analiza stambenog fonda	33
2.1.1. Opšte karakteristike stambenog fonda.....	33
2.1.2. Izgradnja višespratnih stambenih zgrada u posleratnom periodu.....	40
2.1.3. Karakteristike stambenih zgrada izgrađenih u periodu 1961-1990.....	44
2.2. Preskriptivni propisi i tehnički zahtevi za spoljne zidove visokih zgrada.....	52
2.2.1. Trajnost i životni vek zgrada	54
2.2.2. Energetska efikasnost i termička zaštita zgrada	67
2.2.3. Bezbednost visokih zgrada od požara	88
3. TEORIJSKE OSNOVE ZA RAZVOJ MODELA	107
3.1. Postojeći modeli, metode i alati za planiranje procesa obnove fasada.....	107
3.1.1. Donošenje odluka u procesu planiranja obnove zgrada	108
3.1.2. Alati za podršku procesu odlučivanja u ranoj fazi obnove zgrada.....	109
3.1.3. Alati za podršku procesu odlučivanja pri obnovi stambenih zgrada.....	111
3.2. Metodologije za procenu stanja spoljnih zidova zgrada.....	119
3.2.1. Procena trajnosti spoljnih zidova zgrada.....	119
3.2.2. Procena energetske performansi zgrada.....	147
3.2.3. Procena rizika od požara.....	158
3.3. Termoizolacioni materijali za obnovu fasade.....	181
3.3.1. Odabir termoizolacionih materijala za obnovu zgrada	181
3.3.2. Položaj dodatnog termoizolacionog sloja.....	182
3.3.3. Vrste termoizolacionih materijala	185

3.3.4. Svojstva i performanse termoizolacionih materijala	187
3.3.5. Negorivi termoizolacioni materijali	192
4. RAZVOJ I KREIRANJE STRATEŠKOG MODELA OBNOVE	196
4.1. Identifikacija i evidencija visokih slobodnostojećih stambenih zgrada na urbanom području grada Novog Sada	196
4.2. Klasifikacija i tipologija visokih slobodnostojećih stambenih zgrada	197
4.2.1. Utvrđivanje kriterijuma za klasifikaciju	198
4.2.2. Definisani tipovi zgrada.....	210
4.3. Predlog strateškog modela planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada	242
4.3.1. Faza 1 - Karakterizacija zgrade	242
4.3.2. Faza 2 - Priprema i organizacija snimanja i pregleda zgrade	244
4.3.3. Faza 3 - Snimanje zgrade.....	246
4.3.4. Faza 4 - Generisanje ortofasada.....	246
4.3.5. Faza 5 - Procena stanja fasada.....	246
4.3.6. Faza 6 - Predlog mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja.....	265
4.3.7. Faza 7 - Evaluacija predloženih mera i rešenja obnove fasada	266
4.3.8. Faza 8 - Donošenje odluke o obnovi fasada.....	266
5. VALIDACIJA PREDLOŽENOG MODELA OBNOVE KROZ STUDIJU SLUČAJA... 267	
5.1. Faza 1 - Karakterizacija zgrade	267
5.2. Faza 2 - Priprema i organizacija snimanja i pregleda zgrade	267
5.2.1. Planiranje misija	267
5.2.2. Planiranje geodetskih merenja.....	270
5.3. Faza 3 - Snimanje zgrade.....	271
5.3.1. Snimanje stambenog bloka.....	271
5.3.2. Snimanje fasada.....	272
5.4. Faza 4 - Generisanje ortomozaika stambenog bloka i ortofasada	274
5.5. Faza 5 - Procena stanja fasada.....	279
5.5.1. Faza 5.1 - Procena trajnosti	279
5.5.2. Faza 5.2 - Procena energetske performansi.....	313
5.5.3. Faza 5.3 - Procena bezbednosti od požara.....	321
5.6. Faza 6 - Predlog mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja fasada.....	354
5.6.1. Mere koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača	355
5.6.2. Mere koje se implementiraju na nivou cele zgrade	363

5.7. Faza 7 - Evaluacija predloženih mera i rešenja obnove	365
5.7.1. Evaluacija mera koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača.....	365
5.7.2. Evaluacija mera koje se implementiraju na nivou cele zgrade.....	372
5.8. Faza 8 - Donošenje odluke o obnovi fasada	377
5.9. Generisanje Dosijea zgrade	378
6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	380
7. NAUČNI DOPRINOS, PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA I MOGUĆNOST PRIMENE U PRAKSI.....	383
8. LITERATURA	385
9. PRILOZI.....	413
Prilog 1 – Obrazac 1 za prikupljanje podataka (Analiza dostupne dokumentacije).....	413
Prilog 2 – Uputstvo za snimanje fasada bespilotnim vazduhoplovom.....	418
Prilog 3 – Klasifikacione liste mogućih uzroka defekata i oštećenja u globalnom sistemu inspekcije omotača zgrada.....	427
Prilog 4 – Klasifikaciona lista defekata i oštećenja u globalnom sistemu inspekcije omotača zgrada.....	431
Prilog 5 – Obrazac 2 za prikupljanje podataka (Prikupljanje podataka na terenu)	432
Prilog 6 – Kvalitativna ček-lista za identifikaciju minimalnih tehničkih zahteva bezbednosti od požara visokih stambenih zgrada.....	436
Prilog 7 – Koordinate orijentacionih tačaka izmerene totalnom stanicom Trimble S5	450
Prilog 8 – Mape oštećenja i defekata spoljnih zidova	452
Prilog 9 – Izvod iz Elaborata energetske efikasnosti zgrade (postojeće stanje).....	455
Prilog 10 – Dijagrami raspodele temperature u preseku međuspratne tavanice pri dejstvu Standardnog požara ISO 834.....	495
Prilog 11 – Izvod iz Elaborata energetske efikasnosti zgrade (I nivo unapređenja)	497
Prilog 12 – Izvod iz Elaborata energetske efikasnosti zgrade (II nivo unapređenja).....	515

SPISAK SLIKA

Sl. 1.1 – Shematski prikaz visoke stambene zgrade prema propisima RS.....	30
Sl. 2.1 – Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije	34
Sl. 2.2 – I faza izgradnje Limana - Liman 1, 1962. godina.....	42
Sl. 2.3 – Izgradnja stambenih zgrada u okolini Železničke stanice, 1968. godina.....	43
Sl. 2.4 – Stambene zgrade na Detelinari, 1969. godina.....	43
Sl. 2.5 – Grbavica (levo), izgradnja Limana 3 (desno), 1970. godina.....	43
Sl. 2.6 – Liman 2 početkom 80-ih, primena industrijskih tehnologija izgradnje	44
Sl. 2.7 – Bistrica (Novo naselje) u izgradnji, kraj 70-ih godina	44
Sl. 2.8 – Skeletni konstruktivni sistem	44
Sl. 2.9 – Masivni konstruktivni sistem: (a) podužni, (b) poprečni i (c) ukršteni	45
Sl. 2.10 – Panelni sistem sa prefabrikovanim pločama i zidovima.....	45
Sl. 2.11 – Mešoviti konstruktivni sistem.....	46
Sl. 2.12 – Netradicionalne tehnologije izgradnje: (a) montaža međuspratne tavanice, (b) učvršćivanje troetažnih stubova pomoću kosnika i (c) montaža ivične grede.....	47
Sl. 2.13 – IMS kao dominantan sistem primenjivan u izgradnji višespratnih stambenih zgrada u Novom Sadu: (a) Limani i (b) Bistrica	48
Sl. 2.14 – IMS zgrade na Limanu III.....	48
Sl. 2.15 – Koncept konstrukcije IMS sistema	48
Sl. 2.16 – Zgrade izvedene u sistemu NS 71 na uglu ul. Narodnog fronta i Balzakove na Limanu 3 ...	49
Sl. 2.17 – Predviđen (nikad postignut u praksi) koncept sistema NS-71.....	49
Sl. 2.18 – Zgrada izvedena u sistemu Montastan.....	49
Sl. 2.19 – Montaža sistema Montastan.....	49
Sl. 2.20 – Matrica elemenata i atributa: (a) preskriptivni pristup i (b)holistički pristup, zasnovan na performansama	52
Sl. 2.21 – Primer klasa izloženosti pojedinih elemenata zgrade.....	61
Sl. 2.22 – Pregled nosilaca primarne, sekundarne, korisne i finalne energije	69
Sl. 2.23 – Energetski bilans zgrade	69
Sl. 2.24 – Faktor oblika zgrada u odnosu na tip gradnje.....	70
Sl. 2.25 – Toplotni mostovi bez termičke izolacije	70
Sl. 2.26 – Mehanizam prenošenja toplote kroz spoljni zid zgrade u zimskim uslovima.....	72
Sl. 2.27 – Tačka rose i kondenzacija vodene pare	75
Sl. 2.28 – Grafički prikaz dijagrama difuzije vodene pare kroz zid: (a) bez kondenzacije, (b) kondenzacija u ravni (b) i (c) kondenzacija u zoni	76
Sl. 2.29 - Primeri sertifikata o energetskim svojstvima zgrade: (a) energetski razredi i (b) kontinualna skala	81
Sl. 2.30 – Karta Srbije i Crne Gore: levo – klimatske zone; desno – spoljne projektne temperature.....	82
Sl. 2.31 – Sedam nivoa bezbednosti od požara u zgradama	88
Sl. 2.32 – Uticaj zajedničkog delovanja elemenata/uslova odredbi zaštite od požara na bezbednost od požara visokih zgrada	89
Sl. 2.33 – Stablo događaja: Osnovne barijere požarne bezbednosti.....	89
Sl. 2.34 – Faze razvoja požara i mere pasivne zaštite od požara	90
Sl. 2.35 – Shematski prikaz evropskih klasa reakcije na požar.....	91
Sl. 2.36 – Metode ispitivanja reakcije na požar građevinskih proizvoda	92
Sl. 2.37 – Kriterijumi otpornosti na požar: nosivost (R), integritet (E) i toplotna izolacija (I).....	92
Sl. 2.38 – Klase otpornosti na požar elemenata konstrukcije u zavisnosti od funkcije.....	93
Sl. 2.39 – Tri tipična scenarija prenosa požara putem fasade.....	94

Sl. 2.40 – Visine plamena s označenim temperaturama na fasadi u zavisnosti od brzine strujanja vazduha	94
Sl. 2.41 – Prikaz razvoja požara po fasadi preko gorive termoizolacije	95
Sl. 2.42 – Širenje požara kroz ventilisani sloj spoljnog zida (Jamison & Boardman, 2016).....	95
Sl. 2.43 – Uporedni prikaz testnih uzoraka prema BS 8414-1i DIN 4102-20 standardima.....	101
Sl. 2.44 – Primena BS 8414 i DIN 4120-20 metoda za ispitivanje performansi fasadnih sistema u požaru u Evropi.....	101
Sl. 2.45 – Vertikalno prekidno rastojanje.....	104
Sl. 3.1 – Osnovni elementi koji utiču na obnovu zgrade	107
Sl. 3.2 – Kategorizacija metodoloških pristupa za unapređenje energetske efikasnosti u zgradama..	108
Sl. 3.3 – Izgled EPIQR softverskog interfejsa	112
Sl. 3.4 – Softverska implementacija alata: glavni modul (levo) i modul za analizu potencijalnog oštećenja (desno).....	114
Sl. 3.5 – Integralni model obnove omotača zgrade.....	115
Sl. 3.6 – Podmodeli predloženog integralnog modela obnove omotača zgrade: (a) Model unapređenja tehničkog stanja fasade; (b) Model unapređenja termičkih karakteristika fasade; (c) Model unapređenja performansi fasade sa aspekta požarne bezbednosti	116
Sl. 3.7 – Dijagram toka metodološkog pristupa.....	118
Sl. 3.8 – Shematski prikaz kreiranja GIS platforme	118
Sl. 3.9 – Slojevita struktura zgrade i očekivani životni vek prema sloju.....	120
Sl. 3.10 – Opšti tok procesa prikupljanja fotografija dronom i njihove obrade	124
Sl. 3.11 – Oštećena zapadna fasada zgrade (levo) i ortofoto mozaik visoke rezolucije (desno).....	125
Sl. 3.12 – Jasno vidljive pukotine širine 0,5 mm detektovane sa 7,5 m udaljenosti od površine zgrade	125
Sl. 3.13 – Ortomozaik fasade kreiran na osnovu fotografija drona.....	126
Sl. 3.14 – Oblak tačaka fasade zgrade generisan obradom slika prikupljenih dronom.....	126
Sl. 3.15 – 3D model objekta generisan na osnovu fotografija prikupljenih dronom	127
Sl. 3.16 – Osnovne faze postupka vizuelnog pregleda fasada zgrada zasnovanog na primeni fotografija zabeleženih bespilotnom letelicom.....	127
Sl. 3.17 – Fasade zgrade u Bolonji: (a) plan leta i lokacije beleženja fotografija; (b) položaj orijentacionih i kontrolnih tačaka na fasadi	128
Sl. 3.18 – Mapa deterioracije fasade	128
Sl. 3.19 – Metodologija za sistemsku analizu stanja degradacije fasadnih obloga.....	133
Sl. 3.20 – Estetska oštećenja betonskih fasada	135
Sl. 3.21 – Mehanička oštećenja betonskih fasada.....	136
Sl. 3.22 – Geometrijska oštećenja betonskih fasada	136
Sl. 3.23 – Primeri identifikovanih defekata i oštećenja betonskih fasada montažnih i polumontažnih zgrada izgrađenih u istraživanom periodu u Novom Sadu	137
Sl. 3.24 – Inicijacija korozije usled karbonatizacije	140
Sl. 3.25 – Korozija armature: (a) faze korozije armature i (b) vrste oštećenja betona usled korozije armature.....	140
Sl. 3.26 – Prsline usled plastičnog skupljanja	144
Sl. 3.27 – Prsline usled sedanja svežeg betona.....	144
Sl. 3.28 – Shema aktivnosti u okviru sprovođenja eneretskog pregleda	150
Sl. 3.29 – Proces procene rizika od požara.....	158
Sl. 3.30 – Mapa požara u zgradama koji su zahvatili fasadni sistem	159
Sl. 3.31 – Požar na stambenoj zgradi „Grenfell Tower” u Londonu 2017. god.....	160
Sl. 3.32 – Sastav fasadnog sistema Grenfell kule u Londonu.....	160

<i>Sl. 3.33 – Požar na višespratnoj stambenoj zgradi u Bakuu 2015. godine</i>	161
<i>Sl. 3.34 – Torch kula u Dubajiu u požaru 2017. godine: širenje požara putem gorivog fasadnog sistema</i>	161
<i>Sl. 3.35 – Zgrada „Al Tayer“ u gradu Šardža u Dubajiu u požaru i nakon požara 2012. god. koji se širio putem gorive fasade</i>	162
<i>Sl. 3.36 – Kula Tamvel u Dubajiu u požaru 2012. godine (širenje požara putem gorive fasade) i nakon požara</i>	162
<i>Sl. 3.37 – Izgled Mermoz kule u gradu Rube u Francuskoj za vreme požara i nakon gašenja</i>	163
<i>Sl. 3.38 – Posledice požara na stambenoj zgradi u gradu Miškolc, u Mađarskoj</i>	163
<i>Sl. 3.39 – Otvoreni univerzitet u Novom Sadu u požaru</i>	164
<i>Sl.3.40 – Požar na visokoj stambenoj zgradi na Limanu 2, u Novom Sadu</i>	164
<i>Sl. 3.41 – Visoka stambena zgrada u Bloku 63 na Novom Beogradu u požaru i nakon gašenja požara</i>	165
<i>Sl. 3.42 – Požari u stambenim zgradama izgrađenim u montažnom sistemu gradnje: (a) požar na 11. spratu zgrade na uglu Bulevara Arsenija Čarnojevića i Narodnih heroja i (b) požar na 10. spratu zgrade u ul. Visokog Stevana u Beogradu</i>	165
<i>Sl. 3.43 – Požar na stambenoj zgradi u ulici Milutina Milankovića na Novom Beogradu 2020. godine</i>	165
<i>Sl. 3.44 – Jednostavno drvo događaja gde inicijalni događaj može dovesti do različitih događaja u zavisnosti od uspeha ili neuspeha mera zaštite od požara na graničnim tačkama</i>	168
<i>Sl. 3.45 – NFPA metodologija za procenu rizika od požara zgrada sa gorivim fasadnim sistemima</i> .	169
<i>Sl. 3.46 – Dijagram toka procene rizika od požara za zgrade sa osnovnim koracima</i>	171
<i>Sl. 3.47 – Matrica verovatnoća-magnituda i komparacija procenjenog stanja sa početnim nivoom rizika</i>	171
<i>Sl. 3.48 – Dijagram toka predložene SFS metodologije</i>	172
<i>Sl. 3.49 – Odnos hazarda, rizika i ranjivosti</i>	173
<i>Sl. 3.50 – Požari na objektima koji su se dogodili u Torontu od 2000. do 2006. godine i lokacije vatrogasno-spasilačkih jedinica</i>	174
<i>Sl. 3.51 – Obrasci incidenata požara u gradu Chiang Mai tokom 2000-2004. prema periodu u kome su se dogodili: a) prema godini; b) prema delu dana; c) prema sezoni</i>	175
<i>Sl. 3.52 – Distribucija požara u zgradama u periodu 2005-2007. godine u Helsinkiju, u Finskoj</i>	175
<i>Sl. 3.53 – Vremenski obrasci požara koji su se dogodili u stambenim objektima u periodu 2004-2006. godine u gradu Sari, u Kanadi</i>	176
<i>Sl. 3.54 – Mapa rizika od požara u gradskom jezgru Seikala, u Portugaliji</i>	176
<i>Sl. 3.55 – Mapa rizika od požara u bloku Ribeira/Barredo, u istorijskom centru grada Porto, u Portugaliji</i>	177
<i>Sl. 3.56 – Mapa rizika u području studije slučaja kreirana na osnovu karakteristike zgrada i urbane infrastrukture</i>	177
<i>Sl. 3.57 – Tipične komponente ETICS-a</i>	183
<i>Sl. 3.58 – Klasifikacija termoizolacionih materijala koji se koriste u zgradama</i>	187
<i>Sl. 3.59 – Ponašanje uzoraka fasadnih sistema zidova u požaru tokom ispitivanja sprovedenog u Zagrebu 2014. godine: (a) nakon 30 sekundi od početka testiranja; (b) nakon 15 minuta izloženosti vatri; (c) nakon 28 munuta izloženosti vatri; (d) nakon 40 minuta izloženosti vatri</i>	189
<i>Sl. 3.60 – Komparativna analiza TI materijala u kontekstu glavnih faktora rizika za životnu sredinu tokom njihovog životnog ciklusa</i>	191
<i>Sl. 4.1 – Tri stambene „krstaste“ kule u ulici Veljka Petrovića na Limanu 1 krajem 50-ih</i>	199
<i>Sl. 4.2 – Dve stambene kule u Vojvođanskoj ulici 1968. godine</i>	199
<i>Sl. 4.3 – Kula kod stadiona u izgradnji 1963. godine</i>	199

Sl. 4.4 – Stambene kule u okolini železničke stanice autora arh. Petra Jankova (početak 70-ih): kule u ulici Kraljevića Marka (gore), na Bulevaru Oslobođenja (desno) i u ulici Pariske komune (dole)....	199
Sl. 4.5 – Kule na Limanu 1 i 2 1970. godine: levo - kula P+13 u Fruškogorskoj ulici; desno - kule S+P+14 kod današnjeg Mosta Slobode – dve kule su izgrađene, treća je u fazi izgradnje.....	200
Sl. 4.6 – Tri kule u Rumenačkoj ulici (dole) i tri kule u ulici Veselina Masleše (gore) 1987. godine..	200
Sl. 4.7 – Izgradnja stambenih kula na području današnje železničke stanice 1972. godine.....	201
Sl. 4.8 – Jedna od dve kule na Bulevaru Oslobođenja spratnosti S+P+11 izgrađena 70-ih godina...	201
Sl. 4.9 – Stambene kule projektovane od strane arh. Slobodana Komadine: (a) izgradnja četiri kule na Beogradskom keju početkom 70-ih i (b) kule na uglu ulica Bul. Cara Lazara i Fruškogorske ulice, na Limanu II oko 1980. godine	202
Sl. 4.10 – Visoke stambene zgrade na Limanu 3 – levo tri kule na uglu Bulevara cara Lazara i Balzakove, desno kule na uglu Narodnog fronta i Šekspirove	202
Sl. 4.11 – Panoramski pogled na Novo naselje 1990. godine: desno kule u ulici Braće Dronjak i Bate Brkića, levo kule na Bulevaru Jovana Dučića	202
Sl. 4.12 – Izgradnja tri stambene kule na Limanu IV autora Milorada Milidragovića, početak 80-ih	203
Sl. 4.13 – Stambene kule arh. Petra Jankova u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija.....	214
Sl. 4.14 – Lokacija stambenih kula u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija	215
Sl. 4.15 – Stambena kula Fu-37 arh. Petra Jankova na Grbavici: izgled i lokacija.....	215
Sl. 4.16 – Stambene kule Ru-161, Ru-163 i Ru-165 arh. Petra Jankova u gradskoj četvrti Detelinara: izgled i lokacija	216
Sl. 4.17 – Shema konstruktivnih elemenata: (a) kule BO-16, PK-25, PK-27, PK-29, KM-56, KM-58 i KM-60; (b) kule Fu-37 i Ru-161, Ru-163 i Ru-165.....	216
Sl. 4.18 – Detalji fasade stambene kule KM-60: spoljni zidovi od tufe blokova d=20cm sa završnom obradom od plemenitog maltera („teranova“).....	217
Sl. 4.19 – Detalji fasade stambene kule Fu-37: spoljni zidovi od opeke d=25 cm, sa završnom oblogom od plemenitog maltera („teranova“).....	217
Sl. 4.20 – Tri stambene kule S+P+18 u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija, uz Železničku stanicu, autora arh. Stogov Petra, Marjanović Predraga i Mladenović Ivica (projekat: Slavko Odavić)	217
Sl. 4.21 – Tri stambene kule S+P+18 kod Železničke stanice: osnova jedne od etaža (Mladenović, 1980)	218
Sl. 4.22 – Detalji fasade stambene kule BO-2: spoljni zidovi od keramzit blokova d=25 cm i AB platana d=20 cm sa unutrašnjom izolacijom od EPS-a 5cm, sa završnom oblogom od maltera.....	218
Sl. 4.23 – Stambene kula Fr-4, Fr-6 i BCL-7 arh. Slobodana Komadine, R. Ristivojevića i Branislava Vučkovića u gradskoj četvrti Liman II: izgled i lokacija	222
Sl. 4.24 – Osnova tipske etaže kula Fr-4, Fr-6 i BCL-7.....	222
Sl. 4.25 – Detalji kraće fasade stambene kule Fr-6: montažna AB viseća kanelirana platna (1), montažne parapetne obloge (2) i montažni parapetni elementi na spoljnim ostavama (3)	223
Sl. 4.26 – Detalji duže fasade kule Fr-6: montažni panoi (1), montažni parapeti (2), montažne betonske kanelirane obloge (3), montažne betonske ograde (4), beton sa kanelurama (5), montažna betonska korita (6) i montažni AB elementi na spoljnim ostavama (7).....	223
Sl. 4.27 – Lokacija stambenih kula projektovanih od strane arh. Brede Štajner-Šelken na Limanima II i III (zgrade NF-20, NF-49 i B-39 su spratnosti S+P+9 pa se kao takve ne mogu svrstati u visoke te nisu predmet analize ali ih svakako karakteriše povećan rizik od požara).....	224
Sl. 4.28 – Stambene kule BO-153 (S+P+14), BO-155 (S+P+14+Pk – dograđeno potkrovlje) i DB-18 (S+P+14) na Limanu II	224
Sl. 4.29 – Stambene kule NF-22 (S+P+13), NF-26 (S+P+13) i NF-55 (S+P+10) na Limanu 3.....	225
Sl. 4.30 – Shema konstruktivnih elemenata kula NF-22, NF-26, NF-55, BO-153, BO-155 i DB-18...	225

Sl. 4.31 – Detalji duže fasade stambene kule NF-26: 1– lođa (motažni betonski panel), 2-balkon (montažna betonska puna ograda) i 3 – međuprozorski stubić.....	226
Sl. 4.32 – Detalji kraće fasade stambene kule NF-26: 1 – kanelirano AB platno, 2 – lođa (motažni betonski panel), 3-francuski balkon (montažna betonska puna ograda), 4 – ivični nosač	226
Sl. 4.33 – Stambene kule projektovane od strane arhitekata Mirković Dušana, Grbić Đorđa i Marić Milana u gradskoj četvrti Bistrica	227
Sl. 4.34 – Lokacija stambenih kula projektovanih od strane arh. Mirković Dušana, Grbić Đorđa i Marić Milana u gradskoj četvrti Bistrica.....	227
Sl. 4.35 – Šema konstruktivnih elemenata kula BD-13 i BD-15.....	228
Sl. 4.36 – Detalji fasade zgrada BD-13 i BD-15: AB platno (1), betonski paneli (2) i betonski parapetni elementi (3).....	229
Sl. 4.37 – Stambene kule BJD-25, BJD-27 i PB-22 (S+P+12+Pk), projektovane od strane arh. Milidragovića, u gradskoj četvrti Bistrica: izgled i lokacija	229
Sl. 4.38 – Stambene kule BCL-81, BCL-83 i BCL-85 (S+P+16,17,18), projektovane od strane arh. Milidragovića, na Limanu IV: izgled i lokacija.....	230
Sl. 4.39 – Šema konstruktivnih elemenata BJD-25, BJD-27, PB-22.....	230
Sl. 4.40 – Detalji fasade stambene kule PB-22: montažno AB platno (1), betonski paneli (2) i zidovi od gas-betonskih blokova obloženi alu-limom (3)	231
Sl. 4.41 – Stambena kula BCL-5 (Asistentski dom) na Limanu 1, projektovana od strane arh. Miodraga Jovanovića: izgled i lokacija.....	233
Sl. 4.42 – Stambena kula BCL-5: osnova karakteristične etaže.....	233
Sl. 4.43 – Detalji fasade stambene kule BCL-5: fugovana opeka	234
Sl. 4.44 – Izgled i lokacija kula B-1, BCL-69 i BCL-71	237
Sl. 4.45 – Osnova karakteristične etaže stambenih kula B-1, BCL-69 i BCL-71 na Limanu 3.....	237
Sl. 4.46 – Detalji fasade stambene kule BCL-69: 1 - fasadna opeka, 2 - AB talpe sa zaštitnim premazom, 3 - plastični malter („teraplast“), 4 - beton sa zaštitnim premazom.....	238
Sl. 4.47 – Stambene kule Fr-2: izgled i lokacija	238
Sl. 4.48 – Osnova karakteristične etaže kule Fr-21	239
Sl. 4.49 – Detalji duže fasade stambene kule Fr-21: zidovi od giter opeke, obostrano malterisani (1), montažni betonski parapeti i međuprozorski panoi (2) i AB zid (3).....	240
Sl. 4.50 – Detalji kraće fasade stambene kule Fr-21: zidovi od giter opeke, obostrano malterisani (1), montažni betonski parapetni elementi(2) i ventilisani AB zidovi sa završnom oblogom od malterisane giter opeke (3)	240
Sl. 4.51 – Stambena kula BO-28 (P+16), projektovane od strane arh. Predraga Cagića, Milana Lojanice i Borivoja Jovanovića u gradskoj četvrti Sajmište: izgled i lokacija	241
Sl. 4.52 – Detalji fasade stambene kule BO-28: puni zidni montažni paneli sa osnovnim slojem od kermazit betona i oblogom od kulije betona (1) i klasično zidani parapeti od gasbetonskih blokova, sa završnom oblogom od fasadne šuplje opeke (2).....	241
Sl. 4.53 – Strateški model planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada	243
Sl. 5.1 – Visoko rastinje neposredno uz istočnu fasadu, koje doseže do trećine visine zgrade i nisko rastinje neposredno uz severnu fasadu	268
Sl. 5.2 – Kolovoz uz zapadnu fasadu zgrade i spoljno pristupno stepenište na južnoj fasadi.....	268
Sl. 5.3 – Skica snimanja orijentacionih tačaka na fasadama predmetne zgrade totalnom stanicom ..	271
Sl. 5.4 – Pozicije snimanja fotografija duž putanje leta i pozicije poletanja drona.....	273
Sl. 5.5 – Pozicije orijentacionih tačaka na fasadama, snimljenih totalnom stanicom Trimble S5: (a) južna fasada, (b) zapadna fasada i (c) severna fasada	274

Sl. 5.6 – Ortomozaik i digitalni model površine stambenog bloka u kome je locirana zgrada obuhvaćena studijom slučaja	275
Sl. 5.7 – Jugoistočna fasada: digitalna fotografija, oblak tačaka (sa preko 35 miliona tačaka) i ortofasada (sa prosečnom rezolucijom od 2,2 mm)	276
Sl. 5.8 – Jugozapadna fasada: digitalna fotografija, oblak tačaka (sa preko 25 miliona tačaka) i ortofasada (sa prosečnom rezolucijom od 2,3 mm)	276
Sl. 5.9 – Severozapadna fasada: digitalna fotografija, oblak tačaka (sa preko 18 miliona tačaka) i ortofasada (sa prosečnom rezolucijom od 2,8 mm)	276
Sl. 5.10 – Prikaz fasadnih elemenata na južnoj ortofasadi: (a) ivični nosač, (b) AB platno, (c) AB ograda balkona i (d) ivični parapetni element lođe (slika desno).....	278
Sl.5.11 – Prikaz fasadnih elemenata na zapadnoj ortofasadi: (a,c,d) parapetni elementi lođe u srednjem i krajnjim poljima i (d, e) AB ograde balkona sa jasnim prikazom i sa uočenim nepravilnostima u vidu zamućenih zona	278
Sl. 5.12 – Prikaz fasadnih elemenata na severnoj ortofasadi: (a) ivični nosač, (b) AB platno, (c) AB ograda balkona i (d) ivični parapetni element lođe (slika desno).....	279
Sl. 5.13 – Shema konstruktivnih elemenata zgrade sa usvojenim oznakama osa.....	280
Sl. 5.14 – Izgled karakterističnih pukotina na AB zidovima za ukrućenje	282
Sl. 5.15 – Mrlje od vlage identifikovane u gornjim i donjim zonama zidova, na spoju sa horizontalnim ivičnim nosačima (segment zida Z _{D-E/1} na IX spratu)	284
Sl. 5.16 – Grafiti identifikovani na AB zidovima suterena i prizemlja (segment zida Z _{B-C/1})	284
Sl. 5.17 – Lokalne promene boje zidova neposredno ispod ivičnog nosača (segment zida Z _{B-C/1} na VIII spratu)	284
Sl. 5.18 – Promene boje zidova na severnoj fasadi (segment zida Z _{D-E/6} na II spratu).....	285
Sl. 5.19 – Biološka korozija identifikovana u zonama kontakta zidova sa tлом (segment zida Z _{D-E/1} u suterenu).....	285
Sl. 5.20 – Eflorescencija identifikovana u zonama pričvršćivanja oplatnih ravni zidova (segment zida Z _{B-C/1} na V spratu).....	286
Sl. 5.21 – Rupe usled probijanja betona za potrebe vođenja instalacija rashladnih uređaja (segment zida Z _{B-C/1} na VII spratu).....	286
Sl. 5.22 – Lokalna mehanička oštećenja betona (segment zida Z _{B-C/1} u prizemlju).....	287
Sl. 5.23 – Defekt rupičaste površine identifikovan na celoj površini zidova i lokalno nedovoljno zbijen beton u donjim zonama zidova (segment zida Z _{D-E/1} na X spratu).....	287
Sl. 5.24 – Tragovi pričvršćivanja oplatnih ravni identifikovani na AB zidovima	288
Sl. 5.25 – Geometrijska imperfekcija identifikovana na AB zidovima južne fasade (obeležena žutom bojom) i neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja segmenata zidova u suterenu i prizemlju (obeleženo crvenom bojom)	289
Sl. 5.26 – Neadekvatno povezani slojevi betona identifikovani na AB zidovima severne fasade; horizontalna pukotina identifikovana na segmentu zida Z _{D-E/6} na IX spratu na mestu ovog defekta ...	289
Sl. 5.27 – Lokalne promene boje zidova usled nečistoće oplatnih ravni i izbora neadekvatnog sredstva za sprečavanje/smanjenje atezije između betona i oplatne ravni (segment zida Z _{B-C/1} na XIII spratu)	290
Sl. 5.28 – Identifikovane mrlje od prljavštine na parapetima: (a) parapet P _{A-B/6,VI} - lokalno prisustvo mrlja od prljavštine ispod (; (b) parapet P _{E-F/6,VIII} - promene u opštoj boji površine; (c) parapet P _{E-F/1,I} - tamne mrlje od prljavštine; (d) parapet P1-2/A,VIII – mrlje od prljavštine u vidu tragova slivanje kiše;	292
Sl. 5.29 – Identifikovane mrlje boje rđe: (a) parapet P _{E-F/1,IX} – korozija okapnice i armature ugrađene u beton; (b) parapet P _{E-F/1,XI} - korozija noseće metalne konstrukcije rashladnog uređaja; (c) parapet P _{E-F/6} na krovu – korozija metalne kutije za roletnu;	292

Sl. 5.30 – Tipovi identifikovanih prslina i pukotina na parapetnim elementima na kraćim fasadama: (a) zatvorena mreža međusobno povezanih prslina u gornjim zonama parapeta (parapet $P_{A-B/I,II}$); (b) pukotine proizvoljnog pravca i nepoznatog uzroka (parapet $P_{E-F/I,II}$);	293
Sl. 5.31 – Izgled karakterističnih prslina i pukotina identifikovanih na parapetnim elementima dužih fasada (parapet $P_{5-6/A,V}$).....	293
Sl. 5.32 – Prvi korak detekcije pukotina - ekstrakcija fasadnih elemenata sa ortofasade: (a) fasadni elementi odabrani za analizu; (b) izdvojeni pojedinačni blokove predstavljeni u formi rastera u strukturi direktorijuma.....	294
Sl. 5.33 – Faze transformacije rastera: (a) raster sa modelom jednog bloka; (b) raster kreiran korišćenjem funkcije $cv2.adaptiveThreshold$; (c) rezultat detekcije - jasno identifikovana pukotina..	294
Sl. 5.34 – Lokalni gubitak adhezije završnog dekorativnog maltera na parapetnim elementima kraćih fasada: (a) u zonama uglova (parapet $P_{A-B/I,XI}$), (b) duž ivica prapeta (parapet $P_{A-B/I,XIII}$) i (c) na površini parapeta (parapet $P_{E-F/6,XI}$);	295
Sl. 5.35 – Ljuskanje i odvajanje završnog dekorativnog maltera u gornjim zonama parapetnih elementa dužih fasada (parapet $P_{5-6/A,VIII}$)	295
Sl. 5.36 – Pucanje, odvajanje i otpadanje maltera i betona: (a) parapet $P_{5-6/F,XII}$ na istočnoj fasadi - vidljiva korodirala armatura i (b) parapet $P_{A-B/I,XII}$ na južnoj fasadi	296
Sl. 5.37 – Pukotine koje su se preslikale sa betona na malter (parapet $P_{5-6/F,XIII}$ na zapadnoj fasadi).	296
Sl. 5.38 – Lokalna fizičko-mehanička oštećenja betona: (a) parapet $P_{E-F/6,XIII}$, (b) parapet $P_{A-B/6,II}$ i (c) parapet $P_{E-F/6,X}$	296
Sl. 5.39 – Mrlje od prodora atmosferilija kroz spojnice: (a) parapet $P_{A-B/I,I}$ i (b) parapet $P_{A-B/I,II}$	297
Sl. 5.40 – Oštećenja na vezi montažnih ograda sa konstrukcijom: (a) ograda $O_{C/I,XII}$ na južnoj fasadi - otpao beton i izložene anker kotve i (b) ograda $O_{3/F,I}$ na istočnoj fasadi – pukotine i vidljiva anker kotva.....	297
Sl. 5.41 – Oštećenja identifikovana na montažnim AB ogradama: mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature, mrlje od slivanja kiše, biološka korozija lokalno nedovoljno zbijen beton.....	298
Sl. 5.42 – Oštećenja identifikovana na ivičnim gredama na južnoj fasadi: mrlje od prljavštine, ljuskanje završnog premaza, mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature.....	298
Sl. 5.43 – Oštećenja identifikovana na ivičnim gredama na severnoj fasadi: mrlje od prljavštine, biološka korozija, ljuskanje završnog premaza, mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature.....	299
Sl. 5.44 – Oštećenja na čelima konzolnih tavanica: mrlje od prljavštine, biološka korozija, ljuskanje završnog premaza, mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona	299
Sl. 5.45 – Oštećenja na donjoj površini konzolnih tavanica: (a) tavanica $T_{C-D/6}$ između I i II sprata na severnoj fasadi – ljuskanje boje i (b) tavanice $T_{4-5/F}$ između III i IV sprata na istočnoj fasadi - pucanje, odvajanje i otpadanje završnog premaza.....	300
Sl. 5.46 – Pucanje i odvajanje sokle od veštačkog kamena u zoni stubova na kontaktu zgrade sa tlom na južnoj fasadi	300
Sl. 5.47 – Lokalno nedovoljno zbijen beton i mali zaštitni sloja betona na elementima krovne atike .	301
Sl. 5.48 – Dotrajala stolarija i međuprozorski stubići sa azbestnim pločama.....	301
Sl. 5.49 – Shematski prikaz unutrašnjih delova zgrade obuhvaćenih vizuelnim pregledom (crvenom bojom su označeni instalacioni šahtovi gde su smeštene kanalizacione vertikalne).....	302
Sl. 5.50 – Pukotina širine 0,4-0,75 mm ns gipsanom zidu na I spratu i drvena vrata koja odvajaju instalacioni šaht od hodnika	302
Sl. 5.51 – Pukotine širine 0,5-1,25mm i tragovi curenja vode na gipsanom zidu na VIII sprat	303
Sl. 5.52 – Pukotine širine 0,3-0,5mm i ljuštenje i otpadanje disperzivne boje na XII spratu	303

Sl. 5.53 – Oštećenja na elementima poslednje etaže, iznad stepenišnog prostora: (a) pucanje, odvajanje i otpadanje površinskog sloja betona usled korozije armature i tragovi curenja vode na kasetiranoj tavanici; (b) pukotine i tragovi curenja na zidu.....	303
Sl. 5.54 – Fotografija fasade snimljena termovizijskim dronom: primetni toplotni gubici kroz AB zidove, u zonama ivičnih nosača i stuba, u zoni međuspratne konstrukcije, na parapetima na vezi nosećeg i spoljašnjeg sloja betona i u zonama originalnih prozora.....	317
Sl. 5.55 – Fotografije fasade snimljena FLIR kamerom sa tla: jasno se uočavaju nakanadno izolovani AB zid i parapeti na VI spratu (elementi prikazani tamnijom bojom)	317
Sl. 5.56 – Fotografija krova snimljena termovizijskim dronom: tamnije zone na fotografiji mogu biti indikator vlage	318
Sl. 5.57 – Mapa hazarda požara u stambenim zgradama u Novom Sadu u periodu 2011-2013. godine - prostorna distribucija na mapi grada (softverski alat QGIS).....	321
Sl. 5.58 – Prikaz dela opisnih informacija za evidentirane požare (atributna tabela, QGIS).....	322
Sl. 5.59 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu po godinama, 2011-2013.....	322
Sl. 5.60 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu godišnjeg doba/meseca u godini tokom koga se požar dogodio, 2011-2013.....	323
Sl. 5.61 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu dana u nedelji tokom koga se požar dogodio, 2011-2013	325
Sl. 5.62 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu delu danu tokom koga se požar dogodio, 2011-2013.....	326
Sl. 5.63 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu mesta u zgradi gde se dogodio požar, 2011-2013	327
Sl. 5.64 – Distribucija požara u stanovima u Novom Sadu na osnovu mesta u stanu gde se požar dogodio, 2011-2013	328
Sl. 5.65 – Visoke slobodnostojeće stambene zgrade izgrađene u periodu 1961-1990 na mapi grada Novog Sada (softverski alat QGIS - zgrade su prikazane plavim poligonima).....	329
Sl. 5.66 – Prikaz osnovnog sloja višeslojne georeferencirane interaktivne baze podataka – izgled zgrade i informacije o zgradi u ulici Veljka Petrovića (VP-6), prikupljene u inicijalnoj fazi istraživanja	330
Sl. 5.67 – Prikaz dela Mape rizika od požara za visoke slobodnostojeće stambene zgrade u Novom Sadu (Limani i deo Grbavice) sa obeleženom zgradom koja je predmet studije slučaja.....	330
Sl. 5.68 – Primarni (1) i alternativni put (2) pristizanja VSJ.....	334
Sl. 5.69 – Pristupni put predmetnom objektu: (a) vozila VSJ u slučaju požara primarnim putem pristižu do objekta ulicom Bulevar cara Lazara pa zatim iz Šekspirove pristupaju objektu; (b) širina pristupnog puta na zapadnoj strani zgrade (5m) i udaljenost najudaljenije tačke kolovoza na južnoj strani zgrade (30m);.....	334
Sl. 5.70 – Intervencija VSJ primenom automehaničkih lestvi: (a) kriterijum koji se odnosi na mogućnost primene lestvi teorijski nije zadovoljen usled toga što je nagib lestvi pri podizanju do krova zgrade izvan preporučenih granica ($\alpha > 75^\circ$); (b) uspešno sprovedena vežba spašavanja stanara sa 11. sprata;	335
Sl. 5.71 – Požar na visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi BO-155 (S+P+14+Pk) na Limanu II: požar je izbio na 13. spratu i putem fasade se proširio na 14. sprat i potkrovlje i krov (Portal 021, 2020)	337
Sl. 5.72 – Noseći elementi IMS konstrukcije zgrade u ulici Milutina Milankovića 110 oštećeni u požaru koji se dogodio 2020. godine (Milovanović, 2020).....	338
Sl. 5.73 – Prikaz puta evakuacije iz predmetne zgrade: (a) smer evakuacije sa spratova; (b) smer evakuacije iz prizemlja, preko krajnjeg izlaza (KI) do bezbednog mesta (BM);.....	340

<i>Sl. 5.74 – Ulazni hol i vetrobranski prostor: (a) saksijsko cveće u ulaznom holu i vetrobranskom prostoru koje može predstavljati prepreku prilikom evakuacije; (b)poštanski sandučići u ulaznom holu mogu biti potencijalni izvor požara kao posledica vandalizma (namernog paljenja);</i>	341
<i>Sl. 5.75 – Pristupno stepenište i rampa</i>	342
<i>Sl. 5.76 – Evakuacioni putevi: (a) nedovoljna širina glavnog stepeništa i hodnika; (b) prepreke u vidu saksijskog cveća; (c) prepreke u vidu nameštaja;</i>	342
<i>Sl. 5.77 – Liftovi</i>	343
<i>Sl. 5.78 – Glavni razvodni ormar u ulaznom holu i prostorija trafostanice u prizemlju zgrade</i>	345
<i>Sl. 5.79 – Hidrantski ormari sa nepotpunom opremom</i>	347
<i>Sl. 5.80 – Aparat za početno gašenje požara i Plan evakuacije</i>	347
<i>Sl. 5.81 – Stablo događaja požarnog scenarija za visoku stambenu zgradu NF-26</i>	351
<i>Sl. 5.82 – Položaj instalacionih šahtova, ventilacionih otvora i lift okna u stambenoj zgradi NF-26</i>	352
<i>Sl. 5.83 – Izlazna vrata koja vode na ravan krov i instalacioni šahtovi</i>	353
<i>Sl. 5.84 – Sistem slaganog krova sa kamenom vunom</i>	359
<i>Sl. 5.85 – Predlog rešenja plafonske konstrukcije termički neizolovane kasetirane tavanice iznad negrejanog prostora</i>	359
<i>Sl. 5.86 – Kontaktna fasada: komponente sistema sa kamenom mineralnom vunom</i>	360
<i>Sl. 5.87 – Model realnih razmera sistema kontaktne fasade sa prikazom mogućnosti izrade kanelura</i>	361
<i>Sl. 5.88 – Predloženi sistem ventilisane fasade</i>	361
<i>Sl. 5.89 – Predloženo rešenje za postavljanje toplotne izolacije sa unutrašnje strane spoljnih zidova</i>	362
<i>Sl. 5.90 – Predloženi položaji sigurnosnog stepeništa i putevi evakuacije iz stanova na spratovima</i>	372
<i>Sl. 5.91 – Stablo događaja za predmetnu zgradu nakon ugradnje sigurnosnog stepeništa</i>	373
<i>Sl. 5.92 – Stablo događaja za predmetnu zgradu nakon ugradnje automatskog sistema za otkrivanje, dojavu i gašenje požara</i>	375
<i>Sl. 5.93 – Dijagram toka: donošenje odluke o implementaciji rešenja obnove spoljnih zidova zgrade NF-26</i>	378
<i>Sl. 5.94 – Prikaz Dosijea zgrade u okviru kreirane višeslojne georeferencirane interaktivne baze podataka</i>	379

SPISAK TABELA

Tab. 2.1 – Broj izgrađenih stanova u Novom Sadu za analizirani period	42
Tab. 2.2 – Karakteristični tipovi spoljnih zidova prefabrikovanih zgrada u evropskim zemljama.....	50
Tab. 2.3 – Sastav i termičke performanse montažnih i polumontažnih spoljnih zidova prefabrikovanih zgrada u Novom Sadu	51
Tab. 2.4 – Kategorije životnog veka zgrada.....	59
Tab. 2.5 – Predložen životni vek komponenti zgrade prema ISO 15686-1	60
Tab. 2.6 – Indikativni proračunski eksploatacioni vek prema EN 1990	61
Tab. 2.7 – Preporučene granične vrednosti za sastav i svojstva betona izloženih spoljnih zidova zgrada	62
Tab. 2.8 – Preporuke za klasu izloženosti i granične vrednosti za sastav i svojstva betona izloženih spoljnih zidova zgrada u državama Evrope	62
Tab. 2.9 – Zahtevi za minimalnom debljinom zaštitnog sloja betona, s obzirom na uslove sredine, za spoljne zidove izložene vlazi i/ili mrazu.....	63
Tab. 2.10 – Preporučene vrednosti parametara sastava svežeg betona i zahtevi za specifična svojstva betona za ugradnju u spoljne zidove zgrada i minimalni zaštitni sloj betona, za konstrukcije klase S4, sa projektovanim vekom trajanja od 50 godina	65
Tab. 2.11 – Zahtevi za minimalnom debljinom zaštitnog sloja za elemente i konstrukcije betonirane na licu mesta	67
Tab. 2.12 – Gustina i koeficijent toplotne provodljivosti građevinskih materijala i proizvoda	73
Tab. 2.13 – Specifična toplota građevinskih materijala i proizvoda	74
Tab. 2.14 – Faktor otpora difuziji vodene pare građevinskih materijala i proizvoda	77
Tab. 2.15 – Zahtevi termičke izolacije za spoljne zidove postojećih zgrada u Evropi, iskazani kroz koeficijent prolaza toplote (W/m^2K).....	79
Tab. 2.16 – Energetski razredi za postojeće stambene zgrade sa više stanova u RS.....	83
Tab. 2.17 – Najmanje dozvoljene vrednosti faktor prigušenja amplitude oscilacije temperature	85
Tab. 2.18 – Najmanje dozvoljene vrednosti kašnjenja oscilacije temperature	85
Tab. 2.19 – Najveće dopuštene vrednosti specifičnih transmisionih gubitaka toplote, u zavisnosti od faktora oblika	85
Tab. 2.20 – Evolucija sistema za proračun termičkih zahteva u odnosu na relevantne parametre.....	87
Tab. 2.21 – Dodatne klase prema produkciji dima pri sagorevanju materijala (oznaka s) i prema tome da li materijal oslobađa čestice ili kapljice koje gore i otpadaju sa materijala (oznaka d)	91
Tab. 2.22 – Varijable koje mogu uticati na nivo rizika od širenja požara putem fasade.....	97
Tab. 2.23 – Varijable koje mogu uticati na nivo bezbednosti od požara visoke zgrade u globalu	98
Tab. 2.24 – Zahtevi građevinskih proizvoda visokih zgrada.....	99
Tab. 2.25 – Metode ispitivanja požarnih karakteristika fasadnih sistema.....	100
Tab. 2.26 – Modifikacija zahteva za spoljne zidove visokih zgrada u kontekstu reakcije na požar.....	104
Tab. 2.27 – Evolucija zahteva za građevinske proizvode u sastavu spoljnog zida u kontekstu reakcije na požara.....	105
Tab. 3.1 – Prosečan vek trajanja pojedinih elemenata zgrade u godinama	121
Tab. 3.2 – Klasifikacija metoda dijagnostikovanja stanja vidnih betonskih površina na terenu (Silva et al., 2017)	122
Tab. 3.3 – Klasifikacija oštećenja zidova izvedenih u natur betonu	135
Tab. 3.4 – Uzroci deterioracije materijala i komponenti zgrada.....	137
Tab. 3.5 – Klasifikacija mogućih uzroka oštećenja na zidovima izvedenim u natur betonu, prema redosledu pojavljivanja.....	138
Tab. 3.6 – Karakteristični defekti betonskih fasada, mogući uzroci i efekat.....	143

Tab. 3.7 – Merenja koja se najčešće primenjuju tokom energetskog pregleda zgrade.....	151
Tab. 3.8 – Kvalitativne informacije o tumačenju najčešćih problema omotača zgrada.....	153
Tab. 3.9 – Pregled metoda za ocenu potrebne energije i dinamičku simulaciju toplotnih gubitaka u zgradi.....	154
Tab. 3.10 – Izlazni rezultat NFPA metodologije za procenu rizika od požara zgrada sa gorivim fasadnim sistemima: nivoi rizika A-E i mere koje je potrebno preduzeti radi smanjenja rizika.....	170
Tab. 3.11 – Klasifikacija oštećenja usled požara sa prikazom zahvaćenog dela poprečnog preseka.....	179
Tab. 3.12 – Prednosti i nedostaci aplikacije dodatnog sloja termoizolacije na spoljne zidove u zavisnosti od predviđenog položaja u zidu.....	182
Tab. 3.13 – Fizička svojstva komercijalnih negorivih građevinskih termoizolacionih materijala.....	193
Tab. 4.1 – Broj visokih slobodnostojećih stambenih zgrada izgrađenih u periodu 1961-1990 u Novom Sadu.....	196
Tab. 4.2 – Analiza spoljnih zidova predmetnih zgrada.....	209
Tab. 4.3 – Definisani tipovi i podtipovi predmetnih zgrada.....	211
Tab. 4.4 – Stambene kule tipa A (sa završnom oblogom od maltera).....	213
Tab. 4.5 – Spoljni zidovi karakteristični za zgrade tipa A.....	214
Tab. 4.6 – Stambene kule tipa B (sa završnom oblogom od betona).....	220
Tab. 4.7 – Spoljni zidovi karakteristični za zgrade tipa B.....	221
Tab. 4.8 – Spoljni zid karakterističan za zgrade tipa C.....	232
Tab. 4.9 – Stambene kule tipa D (sa različitim varijantama spoljnih zidova).....	235
Tab. 4.10 – Spoljni zidovi karakteristični za zgrade tipa D.....	236
Tab. 4.11 – Nivoi degradacije, faktori množenja i težinski koeficijenti za karakteristične defekte i oštećenja betonskih fasada.....	252
Tab. 4.12 – Težinski faktor ($k_{a,n}$) za završno-dekorativne tankoslojne malterske obloge.....	252
Tab. 4.13 – Klasifikacija stanja degradacije završno-dekorativne tankoslojne malterske obloge.....	253
Tab. 4.14 – Koeficijent požarnog opterećenja sadržaja objekta, P_o	260
Tab. 4.15 – Koeficijent sagorljivosti, C	260
Tab. 4.16 – Koeficijent požarnog opterećenja od materijala ugrađenih u konstrukciju objekta, P_k	260
Tab. 4.17 – Koeficijent veličine i položaja požarnog sektora, B	261
Tab. 4.18 – Koeficijent kašnjenja početka gašenja, L	261
Tab. 4.19 – Koeficijent širine požarnog sektora, S	261
Tab. 4.20 – Koeficijent otpornosti na požar noseće konstrukcije, W	262
Tab. 4.21 – Koeficijent smanjenja požarnog rizika, R_i	262
Tab. 4.22 – Koeficijent opasnosti po ljude, H	263
Tab. 4.23 – Koeficijent rizika imovine, D	263
Tab. 4.24 – Koeficijent delovanja dima, F	263
Tab. 5.1 – Specifikacija bespilotnih vazduhoplova primenjenih u studiji slučaja (Livona d.o.o).....	269
Tab. 5.2 – Vertikalna RGB misija: detalji plana leta.....	270
Tab. 5.3 – Specifikacija GNSS sistema primenjenog u studiji slučaja.....	270
Tab. 5.4 – Specifikacija totalne stanice primenjene u studiji slučaja.....	271
Tab. 5.5 – Horizontalna misija: detalji plana leta.....	272
Tab. 5.6 – Pozicije i koordinate orijentacionih tačaka na terenu izmerenih GNSS prijemnikom Trimble R6.....	272
Tab. 5.7 – Rezultati procesuiranja fotografija fasada u fotogrametrijskom softverskom alatu Pix4D275	
Tab. 5.8 – Osnovni podaci o registrovanim pukotinama na spoljašnjim površinama AB zidova za ukrućenje na južnoj fasadi.....	282
Tab. 5.9 – Osnovni podaci o registrovanim pukotinama na spoljašnjim površinama AB zidova za ukrućenje na severnoj fasadi.....	283

<i>Tab. 5.10 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{B-C/1}.....</i>	<i>305</i>
<i>Tab. 5.11 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{D-E/1}</i>	<i>306</i>
<i>Tab. 5.12 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{B-C/6}.....</i>	<i>307</i>
<i>Tab. 5.13 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{D-E/6}</i>	<i>308</i>
<i>Tab. 5.14 – Primer proračuna ozbiljnosti degradacije za segment AB zida (zid Z_{B-C/1} na VII spratu) 309</i>	
<i>Tab. 5.15 – Stanje degradacije parapetnih zidova na južnoj fasadi</i>	<i>311</i>
<i>Tab. 5.16 – Stanje degradacije parapetnih zidova na severnoj fasadi</i>	<i>311</i>
<i>Tab. 5.17 – Stanje degradacije parapetnih zidova na zapadnoj fasadi</i>	<i>312</i>
<i>Tab. 5.18 – Podaci o zgradi NF-26.....</i>	<i>313</i>
<i>Tab. 5.19 – Klimatski podaci i položaj zgrade.....</i>	<i>313</i>
<i>Tab. 5.20 – Broj stepen dana za grejanje po mesecima u Novom Sadu.....</i>	<i>313</i>
<i>Tab. 5.21 – Sklopovi zidova u strukturi termičkog omotača zgrade NF-26.....</i>	<i>314</i>
<i>Tab. 5.22 – Sklopovi horizontalnih elemenata u strukturi termičkog omotača zgrade NF-26</i>	<i>315</i>
<i>Tab. 5.23 – Sklopovi transparentnih elemenata i unutrašnjih vrata u strukturi termičkog omotača zgrade NF-26</i>	<i>316</i>
<i>Tab. 5.24 – Pregled pozicija termičkog omotača zgrade NF-26 i proračunatih koeficijenata prolaza toplote.....</i>	<i>318</i>
<i>Tab. 5.25 – Godišnja potrebna energija i energetski razred zgrade NF-26.....</i>	<i>320</i>
<i>Tab. 5.26 – Broj požara evidentirani od strane VSJ u Novom Sadu u periodu 2011-2013. godine</i>	<i>332</i>
<i>Tab. 5.27 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za visoku slobodnostojeću stambenu zgradu NF-26 u kontekstu pristupa za vatrogasna vozila.....</i>	<i>333</i>
<i>Tab. 5.28 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za visoku slobodnostojeću stambenu zgradu NF-26 u kontekstu građevinskih mera za sprečavanje prenosa požara u objektu.....</i>	<i>336</i>
<i>Tab. 5.29 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara evakuacionih puteva visoke slobodnostojeće stambene zgrade NF-26.....</i>	<i>339</i>
<i>Tab. 5.30 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara liftova visoke slobodnostojeće stambene zgrade NF-26</i>	<i>343</i>
<i>Tab. 5.31 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara sistema ventilacije i/ili klimatizacije i grejanja u visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi NF-26.....</i>	<i>344</i>
<i>Tab. 5.32 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara električnih instalacija u visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi NF-26.....</i>	<i>344</i>
<i>Tab. 5.33 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za visoku slobodnostojeću stambenu zgradu NF-26 u kontekstu posebnih sistema i mera.....</i>	<i>346</i>
<i>Tab. 5.34 – Procena verovatnoće, posledica i preostale vrednosti rizika za različite požarne scenarije u visokoj stambenoj zgradi NF-26</i>	<i>354</i>
<i>Tab. 5.35 – Pregled predloženih mera za unapređenje postojećeg stanja koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača.....</i>	<i>355</i>
<i>Tab. 5.36 – Pregled predloženih mera za unapređenje postojećeg stanja koje se implementiraju na nivou cele zgrade.....</i>	<i>363</i>
<i>Tab. 5.37 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za prozore i bakonska vrata u sklopu termičkog omotača zgrade NF-26 pre i posle zamene.....</i>	<i>365</i>
<i>Tab. 5.38 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za ravan krov iznad negrejanog prostora zgrade NF-26 pre i posle zamene.....</i>	<i>366</i>
<i>Tab. 5.39 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za međuspratnu konstrukciju iznad negrejanog prostora zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje toplotne izolacije.....</i>	<i>366</i>
<i>Tab. 5.40 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za spoljne zidove zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje toplotne izolacije od kamene vune, sa spoljne strane (ETICS).....</i>	<i>367</i>

<i>Tab. 5.41 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za spoljne zidove zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje dodatnog sloja toplotne izolacije od kamene vune, sa spoljne strane (sistem ventilisane fasade).....</i>	<i>368</i>
<i>Tab. 5.42 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za spoljne zidove zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje dodatnog sloja toplotne izolacije (kamene vune), sa unutrašnje strane</i>	<i>368</i>
<i>Tab. 5.43 – Vrednosti toplotnih gubitaka, dobitaka, energije i specifične godišnje energije potrebne za grejanje i energetskog razreda stambene zgrade NF-26 pre sprovođenja intervencija i nakon I i II nivoa unapređenja energetskih performansi.....</i>	<i>369</i>
<i>Tab. 5.44 – Komparativna analiza predloženih rešenja obnove spoljnih zidova u kontekstu razmatranih aspekata i parametara.....</i>	<i>370</i>
<i>Tab. 5.45 – Procena verovatnoće, posledica i preostale vrednosti rizika za različite požarne scenarije u visokoj stambenoj zgradi NF-26 nakon ugradnje sigurnosnog stepeništa.....</i>	<i>374</i>
<i>Tab. 5.46 – Procena verovatnoće, posledica i preostale vrednosti rizika za različite požarne scenarije u visokoj stambenoj zgradi NF-26 sa ugrađenim automatskim sistemom za otkrivanje, dojavu i gašenje požara.....</i>	<i>376</i>

SPISAK DIJAGRAMA

Dij. 2.1 – Zastupljenost zgrada u zemljama EU prema površini u 2013. godini	34
Dij. 2.2 – Stambeni fond Srbije (m ²)	35
Dij. 2.3 – Distribucija stambenog fonda u zemljama EU, prema godini izgradnje	36
Dij. 2.4 – Distribucija stambenog fonda Srbije prema periodu izgradnje, u kontekstu: (a) površina, (b) zgrada i (c) stanova	37
Dij. 2.5 – Distribucija potrošnje energije krajnjih korisnika u stambenim zgradama u zemljama EU u 2013. godini	37
Dij. 2.6 – Potrošnja energije u stambenim zgradama u zemljama Evropske unije u 2013. godini	38
Dij. 2.7 – Potrošnja energije zgrada za kolektivno stanovanje u RS (u kWh/m ²), po periodima izgradnje	38
Dij. 2.8 – Prosečne vrednosti koeficijenta prolaza toplote (U-vrednosti) za spoljne zidove tipičnih predstavnika zgrada prema periodima izgradnje	39
Dij. 2.9 – Broj stanovnika na užem gradskom području Novog Sada nakon II svetskog rata	41
Dij. 2.10 – Promena svojstava i zahteva za zgradu tokom vremena)	53
Dij. 2.11 – Skraćenje upotrebnoog veka usled bržeg napredovanja degradacije od predviđenog	55
Dij. 2.12 – Skraćenje upotrebnoog veka usled oštećenja	56
Dij. 2.13 – Iscrpljenje upotrebnoog veka usled velikih oštećenja	56
Dij. 2.14 – Životni vek konstrukcije na osnovu različitih scenarija održavanja	57
Dij. 2.15 – Zastupljenost parametara koji se uzimaju u obzir prilikom proračuna energetske performansi u zemljama	80
Dij. 4.1 – Distribucija predmetnog stambenog fonda prema periodu izgradnje	204
Dij. 4.2 – Učešće predmetnih zgrada u odnosu na primenjen sistem gradnje	204
Dij. 4.3 – Učešće predmetnih zgrada u odnosu na tip završne obloge spoljnih zidova	208
Dij. 4.4 – Dijagram odluke na osnovu požarnog rizika	264
Dij. 5.1 – Raspodela proračunate vrednosti ozbiljnosti degradacije za segmente (etaže) AB zidova za ukrućenje	304
Dij. 5.2 – Učešće parapetnih zidova prema stanju degradacije malterske obloge	310
Dij. 5.3 – Raspodela gubitaka toplote (kW) za zgradu NF-26	320
Dij. 5.4 – Dijagrami potrebne toplote za grejanje za zgradu NF-26 po mesecima i za godinu	320
Dij. 5.5 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu po gradskim četvrtima, 2011-2013	323
Dij. 5.6 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu godišnjeg doba tokom koga se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima	324
Dij. 5.7 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu dana u nedelji tokom koga se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima	325
Dij. 5.8 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu delu danu tokom koga se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima	326
Dij. 5.9 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu mesta u zgradi gde se dogodio požar - uporedni prikaz po gradskim četvrtima	327
Dij. 5.10 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu mesta u stanu gde se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima	328
Dij. 5.11 – Broj visokih slobodnostojećih stambenih zgrada i broj požara koji su se dogodili u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) – uporedni prikaz po gradskim četvrtima	331
Dij. 5.12 – Dijagram odluke na osnovu požarnog rizika visoke slobodnostojeće stambene zgrade NF-26	350

SPISAK SKRAĆENICA

AB - armirani beton

AHP - proces analitičke hijerarhije (eng. *The Analytic Hierarchy Process*)

BBRI - Belgijski institut za zgrade (eng. *Belgian Building Research Institute*)

BDP - bruto domaći proizvod

BPIE - Evropski institut za performanse zgrada (eng. *Buildings Performance Institute Europe*) **CEN** - Evropski komitet za standardizaciju (eng. *European Committee for Standardization*)

CIB - Međunarodno veće za istraživanje i inovacije u građevinarstvu (eng. *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*)

CP - kontrolna tačka (eng. *Check Point*)

CPR - Uredba o građevinskim proizvodima (eng. *Construction Products Regulation*)

CSTB - Naučno-tehnički centar za zgrade (franc. *The Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*)

DSM - digitalni površinski model (eng. *Digital Surface Model*)

DTM - digitalni model terena (eng. *Digital Terrain Model*)

EPBD - Direktiva o energetske performansi zgrada (eng. *Energy Performance of Buildings Directive*)

EPC - sertifikat o energetske performansi (eng. *Energy Performance Certificate*)

EPS - ekspanzirani polistiren (eng. *Expanded Polystyrene*)

ESL - procenjen životni vek (eng. *Estimated Service Life*)

ETICS - spoljni kompozitni sistem za toplotnu izolaciju (eng. *External Thermal Insulation Composite System*)

EU - Evropska Unija (eng. *European Union*)

FIEP - Platforma za razmenu podataka o požarima (eng. *Fire Exchange Platform*)

FSES - Američki sistem procene bezbednosti od požara (engl. *Fire Safety Evaluation System*) **FSEU** - Organizacija Fire Safe Europe

GCP - orijentaciona tačka (eng. *Ground Control Point*)

GCS - zemaljska kontrolna stanica (eng. *Ground Control Station*)

GFP - ploče ispunjene gasom (eng. *Gas Filled Panels*)

GIS - geografski informacionom sistem

GIZ - Nemačka organizacija za međunarodnu saradnju (nem. *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*)

GNSS - globalni pozicioni sistem (eng. *Global Navigation Satellite Systems*)

GSD - geometrijska rezolucija (eng. *Ground Sample Distance*)

IEE - program Inteligentna energija – Evropa (eng. *Intelligent Energy Europe*)

IGCC - Međunarodni kodeks zelene gradnje (eng. *International Green Construction Code*)

IMS - industrijski montažni sistem

INS - inercijalni navigacioni sistem (eng. *Inertial Navigation System*)

ISO - Međunarodna organizacija za standardizaciju (eng. *International Organisation for Standardization*)

IST-UL - Tehnički univerzitet u Lisabonu (port. *Instituto Superior Técnico of Universidade de Lisboa*)

LCA - ekološko vrednovanje materijala (eng. *Life-cycle Assessment*)

MBA - Savez za savremenu izgradnju (eng. *Modern Building Alliance*)

MCDA - analiza zasnovana na višekriterijumskom odlučivanju (eng. *Multi-Criteria Decision Analysis*)

NFPA - Nacionalno udruženje za zaštitu od požara (eng. *National Fire Protection Association*)

PU – poliuretani (eng. *Polyurethane*)

RILEM - Međunarodno udruženje Laboratorija za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija (eng. *International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures*)

RISE - Istraživački institut Švedske (eng. *Research Institutes of Sweden*)

RS - Republika Srbija

RSL - referentni (očekivani) radni vek (eng. *Reference Service Life*)

SFS - Australijsko inženjersko društvo za zaštitu od požara (engl. *Society of Fire Safety*)

TI - termoizolacija

UAS - sistem bespilotnog vazduhoplova (eng. *Unmanned Aerial System*)

UAV - bespilotna letelica na daljinsko upravljanje, dron (eng. *Unmanned Aerial Vehicle*)

UNECE - Ekonomska komisija Ujedinjenih nacija za Evropu (eng. *United Nations Economic Commission for Europe*)

UNEP - Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (eng. *United Nations Environment Programme*)

VIP - vakuumske izolacione ploče (eng. *Vacuum Insulation Panels*)

VSJ - Vatrogasno-spasilačka jedinica

WBC - Zemlje zapadnog Balkana (eng. *The Western Balkan Countries*)

XPS - ekstrudirani polistiren (eng. *Extruded Polystyrene*)

1. UVOD

1.1. Potreba za istraživanjem

Jedan od osnovnih uzroka mnogih ekoloških problema sa kojima se čovečanstvo danas suočava predstavlja postojeći način života u gradovima (The Aalborg Charter, 1994). Skoro $\frac{3}{4}$ stanovnika Evrope danas živi u gradovima (United Nations, 2019), te na kvalitet njihovog života direktno utiče kvalitet urbanog okruženja, i obrnuto.

Porast broja stanovnika, koji 90% svog vremena provode u zgradama, povećani zahtevi za funkcionalnošću objekata i kvalitetom unutrašnjeg okruženja, kao i globalne klimatske promene uticali su na dramatičan porast potrošnje energije u zgradama tokom poslednje decenije (Cao, Dai & Liu, 2016).

Sektor zgradarstva u Evropskoj Uniji (EU) je odgovoran za oko 40% ukupne potrošnje energije, a istovremeno i za oko 36% emisije CO₂, što ga čini najvećim pojedinačnim potrošačem energije u Evropi i jednim od najvećih zagađivača životne sredine. Čak 97% zgrada je energetske neefikasno i procenjuje se da će 94% postojećih zgrada i da dalje postojati 2050. godine (European Parliament, 2020).

Program *Ujedinjenih Nacija za životnu sredinu* je još 2006. godine u okviru *Inicijative za održivo zgradarstvo i građenje* definisao zgradarstvo kao ključni sektor za održivi razvoj (United Nations Environment Programme [UNEP], 2006). Unapređenje energetske efikasnosti u zgradama može značajno doprineti postizanju ciljeva održivog razvoja – „učiniti gradove i ljudska naselja inkluzivnim, sigurnim, otpornim i održivim” i „preduzeti hitne mere za borbu protiv klimatskih promena i njenih uticaja” (Foggia, 2018), a takođe doprineti poboljšanju kvaliteta života ljudi, ekonomskom rastu i društvenom razvoju.

Sektor građevinarstva ima centralnu ulogu u okviru politika EU za uštedu energije i prepoznat je kao ključni sektor za postizanje energetske i klimatske ciljeva za 2030. godinu i prelazak na čistu energiju (Commission Recommendation 2019/786), kao i za ispunjenje dugoročnih ciljeva usmerenih ka postizanju visoko energetske efikasne i dekarbonizovanog građevinskog sektora do 2050. godine (Directive 2018/844/EU).

Akcionim planom energetske efikasnosti (European Commission, 2006) istaknuto je da se, zbog velikog udela u ukupnoj potrošnji, najveći potencijal uštede energije ogleda u stambenom i poslovnom sektoru. Stambene zgrade u zemljama EU čine više od 75% svih zgrada i odgovorne su za potrošnju više od $\frac{1}{4}$ ukupne energije, pri čemu se najveći deo energije troši na grejanje zgrada (68%) (European Commission, 2020a). Shodno tome, obnova stambenog fonda kroz unapređenje energetske performansi postojećih zgrada jedan je od presudnih faktora za dostizanje klimatskih i energetske ciljeva EU i kreiranje održivog izgrađenog okruženja.

Povećanje stope obnove na skoro 3% i obnova 210 miliona postojećih zgrada uticala bi na stvaranje do 2 miliona radnih mesta u građevinskom sektoru, što čini oko 9% bruto domaćeg proizvoda (BDP) EU i važan je deo strategije oporavka nakon COVID-19 krize i mogao bi da doprinese čistoj ekonomiji kao deo evropske *Zelene inicijative* (A European Green Deal). I

pored ove činjenice, svega 0,2% stambenih zgrada se godišnje obnavlja (European Parliament, 2020).

Radi postizanja postavljenih ciljeva, od država članica EU zahteva se usvajanje dugoročnih strategija renoviranja i povećanje stope renoviranja barem duplo, pri čemu bi dugoročne strategije obnove trebalo iskoristiti za rešavanje problema zaštite od požara koji utiču na energetska obnova i životni vek objekta (Directive 2018/844/EU). Aspekte zaštite od požara treba uzeti u obzir tokom projektovanja, odabira materijala, izgradnje, obnove i eksploatacije zgrada u cilju unaređenja svih sedam nivoa bezbednosti od požara, koji se odnose na sprečavanje, otkrivanje i rano suzbijanje požara, evakuaciju, podelu objekta na požarne sektore, integritet i stabilnost konstrukcije i gašenje požara (European Parliament, 2020).

Energetski efikasne zgrade bi istovremeno trebalo da budu zdrave, pristupačne, bezbedne i održive (European Parliament, 2020). Na važnost života u zdravim i bezbednim zgradama naročito je ukazala pandemija COVID-19, koja je primorala ljude da provode više vremena kod kuće. Zdravstvena kriza je takođe ukazala na nejednakost između ljudi, u pogledu uslova stanovanja. Finansijski pristupačni i stanovi namenjeni za socijalno stanovanje su često višespratnice ili višestambene zgrade koje mogu biti ranjivije na rizike poput požara. Stoga je pitanje bezbednosti od požara neophodno uzeti u razmatranje prilikom obnove višespratnih stambenih zgrada, posebno jer njih karakteriše prisustvo velikog broja ljudi te posledično visok rizik po život usled otežane evakuacije i otežane intervencije vatrogasno-spasilačkih jedinica (VŠJ) pri gašenju požara (Fire Safe Europe [FSEU], 2020c).

Da bi zgrada bila održiva, ona mora biti i otporna na požar, odnosno projektovana i izgrađena tako da zadrži integritet i stabilnost konstrukcije i pruži bezbednost korisnicima u uslovima požara, da se može brzo i ekonomski isplativo obnoviti, kako bi nastavila efikasno da ispunjava svoje osnovne funkcije (FSEU, 2020a). Otpornost na požar često se zanemaruje pri projektovanju i obnovi zgrada, a predstavlja jedan od ključnih elementa održivosti zgrada s obzirom na uticaj koji požari imaju na sve tri dimenzije održivosti. U Evropi se dnevno dogodi preko 5.000 požara. Godišnje u Evropi bude hospitalizovano 70.000 ljudi zbog teških povreda izazvanih požarom, a 4.000 ljudi pogine u požaru, od čega 90% u požarima u zgradama. Emisija dima, toksičnih gasova i drugih čestica negativno utiče na našu okolinu i zdravlje. U 2012. godini u EU zagađenje vazduha kao posledica požara je prouzrokovalo 403.000 smrti. Požari pogađaju i društvene zajednice, preduzeća, porodice i radnike rezultirajući visokim troškovima medicinskog lečenja i savetovanja, potrebom za dugotrajnim lečenjem, gubitkom prebivališta ili radnog mesta, itd. U najnaprednijim zemljama ukupni ekonomski gubici povezani sa požarom iznose 1% BDP-a (FSEU, 2021).

Trenutak kada je bezbednost od požara postala deo *Direktive o energetske svojstvima zgrada (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD)* (Directive 2018/844/EU) predstavlja korak napred ka utvrđivanju interakcije između bezbednosti od požara i održivosti zgrada. Sledeći korak predstavlja implementacija indikatora otpornosti na požar u programe procene održivosti zgrada, jer vodeći programi, kao što su LEED, Level(s), BREEAM, HQE, DGNB, WELL i RELI ne uzimaju u obzir otpornost zgrade na požar, polazeći od pretpostavke da je bezbednost od požara u potpunosti uređena građevinskim propisima koji su zapravo usredsređeni isključivo na bezbednost ljudi u požaru (u kontekstu bezbedne evakuacije) i ne

pokrivaju aspekte koji se odnose na otpornost zgrade u slučaju izbijanja požara (FSEU, 2020a). Posledično, pokrenut je projekat za izradu procene bezbednosti od požara za zgrade sa ambicijom da se razvije jasna shema ocenjivanja koja će pružiti informaciju o stepenu požarne bezbednosti zgrade na osnovu holističke procene zgrade kroz niz ključnih zahteva (FSEU, 2020b).

Jedna od ključnih mera unapređenja energetske efikasnosti u zgradama jeste energetska rehabilitacija spoljnih zidova, aplikacijom dodatnog sloja termoizolacije na spoljnu površinu zida. Smanjenje potrebe za energijom kroz unapređenje performansi fasadnih sistema se smatra ključnim faktorom za kreiranje održivih zgrada (United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2018).

Intervencije na fasadi utiču na termičke performanse spoljnih zidova, fizičke performanse, kvalitet unutrašnjeg vazduha, bezbednost od požara, trajnost i estetski izgled, te primenjena rešenja istovremeno moraju da ispune niz zahteva. Kako su problemi termičke obnove zgrada usko povezani sa problematikom bezbednosti od požara, primenjena rešenja istovremeno moraju da ispune i zahteve energetske efikasnosti i zahteve bezbednosti od požara.

Fasade su kompleksni sistemi čiji način oblikovanja i materijalizacija u velikoj meri utiču na prenos požara i širenje vatre u slučaju požara. Različite kombinacije materijala i tehnika postavljanja mogu da dovedu do potpuno neočekivanog i nekontrolisanog ponašanja požara, pa čak i u slučajevima kada su ispoštovani svi zahtevi definisani propisima. Pri energetske obnovi, fasada mora biti projektovana i izvedena tako da spreči razvoj požara i širenje požara, što je izuzetno teško postići ukoliko se primenjuju gorivi materijali. Odabir materijala sa zadovoljavajućim termičkim performansama, ali lošim performansama reakcije na požar, u slučaju požara može rezultovati katastrofalnim posledicama, o čemu svedoči povećan broj požara na visokim i drugim stambenim objektima koji su se dogodili u poslednjoj deceniji. Požar u Londonu u kome je 2017. godine gorela Grenfel kula, i u kome je život izgubilo preko 70 ljudi a isto toliko je i povređeno (Rawlison, 2020), jedan je od najaktuelnijih incidenata koji je pokazao koliko fasada zgrade može biti ranjiva u slučaju izbijanja požara i naglasio kako ta ranjivost direktno utiče na bezbednost korisnika zgrade.

Učestala pojava požara sa katastrofalnim posledicama u svetu na visokim stambenim zgradama, koji su se proširili putem gorivog fasadnog sistema, ukazuje na potrebu za unapređenjem bezbednosti od požara fasada visokih stambenih zgrada i ukazuje na hitnu potrebu da se primenom prostorno-vremenske analize pristupi proceni rizika od požara u zgradama i izvrši mapiranje rizika. Ovakav pristup ima izuzetno važnu ulogu u upravljanju rizikom od požara u zgradama i ublažavanju rizika na urbanom nivou, jer pruža mogućnost planiranja resursa, sprovođenja mera zaštite od požara i načina intervencije VSJ u slučaju izbijanja požara na osnovu globalnog prostornog prikaza zgrade i opisnih informacija (atributa zgrade).

Republika Srbija (RS) je trenutno u procesu intenzivne harmonizacije tehničkih propisa sa legislativom EU, pa je i u oblastima planiranja i izgradnje objekata, energetske efikasnosti i zaštite od požara došlo do značajnih izmena. *Bezbednost u slučaju požara i ušteda energije i zadržavanje toplote* predstavljaju dva od sedam osnovnih zahteva koje građevinski proizvodi i zgrade moraju da zadovolje u ekonomski prihvatljivom vremenu upotrebe, uz redovno

održavanje, a isti zahtevi se odnose i na postojeće objekte koji se obnavljaju (Zakon o građevinskim proizvodima, 2018; Regulation 305/2011).

Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama (2018) za teritoriju RS predviđena je izrada *Registra rizika od katastrofa* - interaktivne, elektronske, geografsko-informacione baze podataka, koja bi, između ostalog, trebalo da sadrži podatke od značaja za upravljanje rizikom od požara svih, pa i stambenih zgrada, kao što su:

- fizičko-geografski podaci o prostoru zahvaćenom rizikom od požara;
- podaci o broju i strukturi, kao i izloženosti i ranjivosti stanara, koji mogu biti pogođeni požarom;
- podaci o stambenim zgradama, njihovoj izloženosti i ranjivosti;
- podaci o ranijim požarima i njihovim posledicama;
- opis i karakteristike opasnosti od požara zgrada;
- druge podatke od značaja za smanjenje rizika od požara u zgradama.

Ukupan broj stanova u RS iznosi 3,23 miliona (Republički zavod za statistiku, 2014a), što ukazuje na značajan potencijal uštede energije u stambenim zgradama. Stambene zgrade čine oko 83% svih zgrada (Mariottini, 2012) i odgovorne su za oko 34% potrošnje ukupne energije (Energy Community, 2017) i 48% potrošnje električne energije (Ministarstvo rudarstva i energetike, 2020). Najviše energije se troši na grejanje (65%) (Mariottini, 2012).

Stambeni fond izgrađen u drugoj polovini XX veka građen je prema danas energetske zastarelim propisima i to je doprinelo da potrošnja energije u takvim zgradama u RS iznosi i preko 150 kWh/m² na godišnjem nivou, dok razvijene evropske zemlje troše i manje od 50 kWh/m² (Ćirović, Đuričić i Avakumović, 2017). Dodatno, u oblasti zaštite od požara ovaj period karakteriše dosta skromna regulativa, koja nije pružala detaljnije smernice, te danas ovi objekti predstavljaju poseban problem kada je u pitanju preduzimanje mera zaštite u cilju smanjenja rizika od pojave požara i njegovog širenja. I danas, pri projektovanju i izgradnji novih zgrada, kao i obnovi postojećih, ispunjavanje zahteva bezbednost od požara se svodi na zakonski utvrđen minimum, što često nije dovoljno. Veoma malo se ulaže u preventivne mere zaštite od požara, što je naročito izraženo u višespratnim stambenim zgradama.

U Novom Sadu je u drugoj polovini XX veka izgrađeno preko 41.223 stambene jedinice. Najveći broj zgrada je izgrađen primenom industrijskih sistema izgradnje (50%), dok su ostale zgrade izgrađene na klasičan način (36%) ili primenom unapređene tehnologije gradnje (14%) (Laban, 2012). Više od 70 zgrada su visoke slobodnostojeće stambene zgrade (zgrade spratnosti P+10 i više).

Ranija istraživanja (Milanko, Laban i Karabasil, 2006) su pokazala da je požarna bezbednost visokih stambenih zgrada u Novom Sadu na veoma niskom nivou. Podaci VSJ (2018) u Novom Sadu ukazuju na stalni porast broja požara u višespratnim stambenim zgradama, kao i porast procentualnog učešća požara u stambenim zgradama u ukupnom broju svih nastalih požara. Dodatno, specifično požarno opterećenje u stambenim jedinicama u Srbiji se udvostručilo u poslednjih 30 godina. Posledice povećanja požarnog opterećenja najviše se ogledaju u produženju vremena trajanja faze potpuno razvijenog požara (2,5 puta) i povećanju

maksimalnih dostignutih temperaturama (za 10%), što dovodi do većeg rizika od požara povezanog sa stambenim zgradama (Džolev, Laban i Draganić, 2020).

Prethodnim istraživanjima (Laban, 2012) zaključeno je da je nakon višegodišnje eksploatacije objekata, usled nezadovoljavajućeg tehničkog stanja fasadnih elemenata, kao i neredovnog održavanja, izražena potreba za obnovom i unapređenjem performansi fasada stambenih zgrada izgrađenih na industrijski način u Novom Sadu u drugoj polovini XX veka. Odlaganje obnove se ne preporučuje, a neke od najvažnijih potreba za unapređenjem odnose se na:

- trajnost omotača: naročito montažnih betonskih elemenata u prefabrikovanom skeletnom montažnom sistemu izgradnje (IMS) sa završnim slojem vidnog betona;
- požarne bezbednosti: naročito visokih objekata, u svim sistemima izgradnje;
- energetske efikasnosti.

Navodi se da pri rangiranju prioriteta prednost treba da imaju radovi koji doprinose pouzdanosti konstrukcije i bezbednoj eksploataciji zgrada (npr. požarna bezbednost), koje je neophodno uskladiti sa zahtevima energetske efikasnosti, trajnosti i ekonomičnosti.

Zgrade izgrađene u Novom Sadu u periodu intenzivne izgradnje (1961-1990) se smatraju relativno mladim (između 30-60 godina). Fasade pojedinih zgrada su na kraju svog proračunskog upotrebnog veka, ali ono što je karakteristično za sve zgrade jeste da su mehanička otpornost i stabilnost i dalje zadovoljene te one imaju veliki potencijal u kontekstu obnove koja se nameće kao jedan od prioritarnih zadataka. Dodatno, i pored prisutnih problema u vidu fizičkih oštećenja zgrade, energetske efikasnosti, bezbednosti od požara, imajući u vidu njihovu društvenu vrednost, značaj zgrada izgrađenih u posleratnom periodu i njihove obnove je neupitan.

Većina zemalja Evrope se nosi sa sličnim problemima koji se odnose na potrošnju električne energije te je energetska efikasnost postojećih zgrada predmet raznih istraživanja, diskusija, kao i zakonodavnih akata što jasno ukazuje na postojanje društvenih napora da se kreira održivo izgrađeno okruženje. Iako je potencijal uštede energije kroz obnovu postojećeg stambenog fonda prepoznat kroz razne direktive i propise, uputstva su često data u vidu opštih predloga, bez jasnih smernica kako postavljene kriterijume termičkih performansi i potrošnje energije uključiti u proces projektovanja mera obnove za pojedinačne projekte (Konstantinou, 2014).

Proces obnove postojećih zgrada zahteva razmatranje velikog broja parametara već u početnoj fazi, koja obuhvata aktivnosti planiranja obnove. Prikupljanje informacije služe kao osnova za donošenje utemeljenih odluka o koracima koje je potrebno preduzeti radi ostvarenja postavljenih ciljeva.

Od sredine 90-ih godina kontinuirano se razvijaju alati za podršku procesu donošenja odluka pri planiranju izgradnje novih zgrada ili obnove postojećih. Razvijen je veliki broj alata i metoda koji se razlikuju u pristupu, složenosti, postavljenim ciljevima i kriterijumima, kao i primeni, međutim ne postoji opšte prihvaćena i jedinstvena metodologija obnove postojećeg stambenog fonda (Albatici, Gadotti, Baldessari & Chiogna, 2016) i nijedan alat ne obuhvata sve aspekte obnove (Nielsen, Jensen, Larsen & Nissen, 2016). Takođe, ciljevi postojećih alata su uglavnom usmereni ka unapređenju energetske efikasnosti i smanjenju negativnog uticaja

zgrade na životnu sredinu (Ferreira, Duarte Pinheiro & Brito, 2013), dok mali broj razvijenih alata pruža podršku proceni tehničkog stanja zgrade ili bezbednosti od požara (Nielsen et al., 2016).

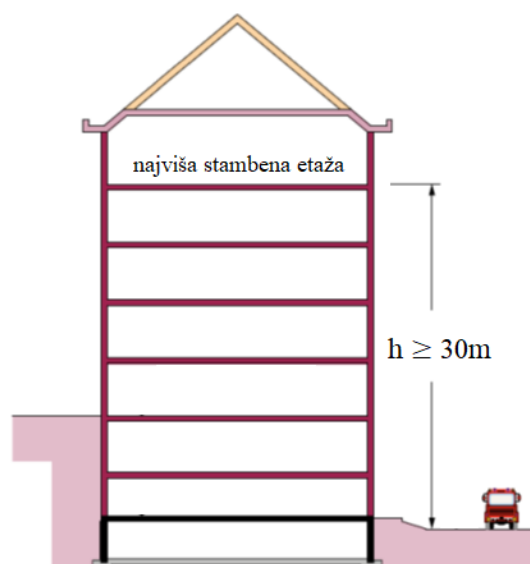
Obnova zgrada je kompleksan proces koji obuhvata višestruke zadatke i pojedini autori (Gonzalez-Caceres, Rabani & Wegertseder Martinez, 2019) smatraju da je nemoguće pronaći alat koja će istovremeno ispuniti sve zadatke, te predlažu sinergiju više različitih alata. Umesto kreiranja sveobuhvatnog alata, kao rešenje problema nameće se kreiranje modela koji će koristiti postojeće alate i obuhvatiti sve aspekte procesa obnove, pri čemu će se razmatrati i bezbednost od požara. Ovakvi modeli pružaju mogućnost struktuiranja procesa obnove sa ciljem dobijanja optimalnog rešenja za obnovu (Steskens, Vanhellemonz, Roels & Van Den Bossche, 2015).

Dodatno, Evropski parlament (European Parliament, 2020) podvlači ulogu digitalizacije i podataka u ubrzavanju planiranja, sprovođenja, kontrole i praćenja rezultata planova obnove zgrada, kao i za efikasnije planiranje i upravljanje energijom, pri tom naglašavajući važnost objedinjavanja informacija o zgradama u jedinstveni digitalni alat.

1.2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja doktorske disertacije su visoke slobodnostojeće stambene zgrade izgrađene u Novom Sadu u periodu od 1961-1990. godine i mogućnost unapređenja trajnosti, energetskih performansi i bezbednosti od požara prilikom obnove spoljnih zidova. Istraživanje je posebno fokusirano na betonske fasade visokih stambenih zgrada izgrađenih primenom industrijskih sistema izgradnje.

Visoka zgrada je zgrada povećanog rizika od požara sa prostorijama za boravak lica, čiji se podovi najvišeg sprata nalaze najmanje 30 m iznad kote terena na koju je moguć pristup vatrogasnim vozilima radi gašenja i spašavanja i sa koje je moguća intervencija uz korišćenje automehaničkih lestava ili drugih specijalnih vozila namenjenih gašenju i spašavanju sa visina (Sl. 1.1) (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, 2018). *Slobodnostojeća* ili *izdvojena zgrada* je zgrada koja je od susednog objekta udaljena više od 4 m (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od požara stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene, 2019). U kontekstu sprovedenih istraživanja, visokom zgradom je tretirana svaka zgrada minimalne spratnosti P+10.



Sl. 1.1– Shematski prikaz visoke stambene zgrade prema propisima RS

Cilj istraživanja je razvoj i formiranje strateškog modela planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada s aspekta energetske efikasnosti, trajnosti i bezbednosti od požara.

Na osnovu prikupljenih podataka i rezultata istraživanja, u okviru studije će biti kreirana i višeslojna georeferencirana interaktivna baza podataka koja će sadržati predmetne zgrade sa pridruženim karakteristikama, kao i Mapu hazarda požara i Mapu rizika predmetnih zgrada od požara, koje će takođe biti rezultat disertacije.

1.3. Očekivani rezultati istraživanja (hipoteze)

Na osnovu definisanog problema, predmeta i ciljeva istraživanja postavljene su hipoteze istraživanja:

- **Hipoteza 1:** Moguće je kreirati strateški model planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada koji bi imao značajnu ulogu kao podrška donosiocima odluka u procesu obnove stambenih zgrada, odnosno omogućio kompleksniju i realniju procenu stanja zgrada pre obnove i obezbedio precizniju evaluaciju budućih performansi zgrada u fazi planiranja i projektovanja njihove obnove.
- **Hipoteza 2:** Kreirani model bi trebalo da obezbedi sagledavanje mogućnosti za produženje životnog veka zgrade (očuvanje resursa), ostvarenih ušteda u potrošnji energije za obezbeđenje osnovnih uslova komfora (smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu, tj. doprinos smanjenju rizika od klimatskih promena) i unapređenja bezbednosti stanovanja i očuvanja ljudskih života u slučaju požara.
- **Hipoteza 3:** Moguće je kreirati poluautomatizovani digitalni alat za detekciju, lociranje i geometrijsku karakterizaciju pukotina na fasadama zgrada.
- **Hipoteza 4:** Na osnovu Mape hazarda požara i performansi zgrada moguće je kreirati metodologiju procene rizika od požara, jedinstvenu na našim prostorima i u skladu sa najnovijim trendovima u oblasti analize rizika.

1.4. Kratak prikaz programa istraživanja

Istraživanje u okviru izrade doktorske disertacije je sprovedeno u sledećim etapama:

- I. Rad na opisu predmeta i problema istraživanja;
- II. Analiza stanja stambenog fonda i odgovarajuće regulative u EU i RS;
- III. Teorijsko-istraživački rad koji obuhvata analizu aktuelnog stanja u oblasti, odnosno postavljanje teorijskih osnova za razvoj modela, kroz analizu postojećih:
 - 1) modela, metoda i alata za podršku procesu planiranja obnove fasada,
 - 2) metodologija za procenu stanja fasada s aspekta energetske efikasnosti, trajnosti i bezbednosti od požara i
 - 3) termoizolacionih materijala i sistema za obnovu fasada;
- IV. Identifikacija i evidencija visokih slobodnostojećih stambenih zgrada na urbanom području grada Novog Sada, uključujući njihovu klasifikaciju i tipologiju na osnovu utvrđenih kriterijuma;

- V. Razvoj i kreiranje strateškog modela planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada;
- VI. Validacija predloženog modela obnove kroz studiju slučaja odabrane stambene zgrade, koja obuhvata:
 - 1) procenu stvarnog stanja fasada, odnosno vrednovanje trajnosnih performansi, termičkih performansi, kao i performansi bezbednosti od požara;
 - 2) komparativnu analizu utvrđenog stvarnog stanja sa zahtevima savremenih tehničkih propisa i standarda iz oblasti energetske efikasnosti zgrada, sanacija betonskih konstrukcija i bezbednosti od požara;
 - 3) predlog mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja;
 - 4) evaluaciju predloženih mera i rešenja obnove – u cilju provere adekvatnog odabira;
 - 5) donošenje odluke o implementaciji predloženih mera i rešenja i realizaciji obnove betonskih fasada u kontekstu postavljenih ciljeva;
 - 6) objedinjavanje prikupljenih podataka i rezultata studije slučaja u jedinstven digitalni alat;
- VII. Izvođenje zaključaka na osnovu rezultata istraživanja;
- VIII. Predstavljanje naučnog doprinosa istraživanja, pravca daljeg istraživanja i mogućnost primene kreiranog modela u praksi;

2. STANJE STAMBENOG FONDA I REGULATIVE U EVROPSKOJ UNIJI I REPUBLICI SRBIJI

2.1. Analiza stambenog fonda

Analiza postojećeg stambenog fonda ima značajnu ulogu u fazi planiranja njegove obnove, pružajući mogućnost da se sagledaju sličnosti i razlike u izgrađenom okruženju u državama Evrope i identifikuju (zajednički i specifični) problemi koje je potrebno rešiti obnovom, a potom da se formulišu adekvatna rešenja obnove.

Analiza stambenog fonda evropskih zemalja, uključujući i stambeni fond RS, je sprovedena na tri nivoa, kroz analizu:

1. opštih karakteristika stambenog fonda
2. izgradnje višespratnih stambenih zgrada u posleratnom periodu (1945-1990)
3. karakteristika višespratnih stambenih zgrada izgrađenih u istraživanom periodu (1961-1990)

Opšte karakteristike stambenog fonda su sagledane kroz tipologiju zgrada, starost stambenog fonda, kao i energetske performanse zgrada, sa fokusom na višespratne stambene zgrade.

Analiza izgradnje stambenih zgrada u posleratnom periodu je sprovedena kroz kratak osvrt na stambenu politiku i industrijalizaciju građenja u periodu od 1945. do 1990. godine, uz razmatranje benefita i nedostataka koje je izgradnja nosila sa sobom. Istraživanjem je obuhvaćena i izgradnja stambenih zgrada u Novom Sadu, na čijem području je izvršena predmetna studija slučaja.

U okviru analize karakteristika višespratnih stambenih zgrada je izvršena identifikacija primenjenih tehnologija izgradnje i konstruktivnih sistema, kao i identifikacija karakterističnih tipova spoljnih zidova zgrada izgrađenih u istraživanom periodu (1961-1990).

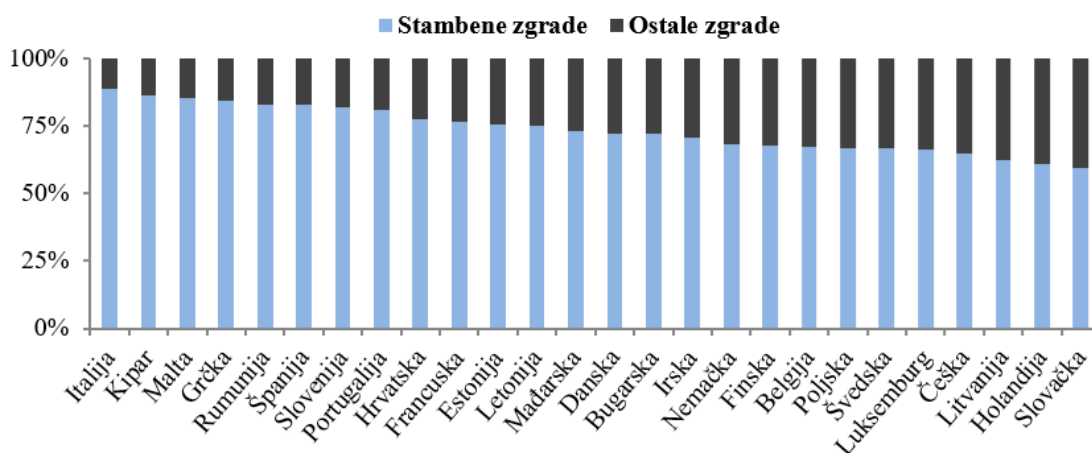
2.1.1. Opšte karakteristike stambenog fonda

2.1.1.1. Struktura stambenog fonda

Osnovna klasifikacija stambenih zgrada u Evropi podrazumeva podelu na zgrade za porodično stanovanje i zgrade za višeporodično stanovanje. Zgrade za porodično stanovanje čine porodične kuće, slobodnostojeće i u nizu (do 4 stana), dok zgradama za višeporodično stanovanje pripadaju stambene zgrade i stambeni blokovi (sa više od 4 stana po ulazu) (Loga et al., 2012).

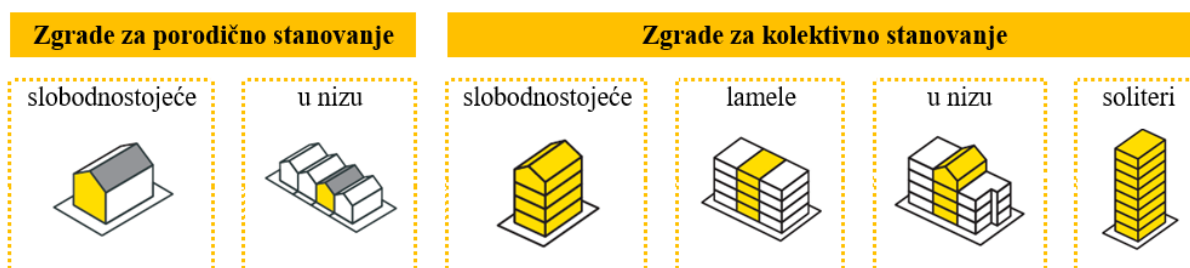
Stambene zgrade čine više od 75% svih zgrada u zemljama EU (Dij. 2.1), dok zgrade za višeporodično stanovanje čine skoro polovinu ukupnog stambenog fonda (European Commission, 2020a).

Stambeni fond Srbije je 2011. godine činilo preko 3,2 miliona stambenih jedinica¹ (Republički zavod za statistiku, 2014a), dok stambene zgrade čine oko 83% svih zgrada (Mariottini, 2012).



Dij. 2.1– Zastupljenost zgrada u zemljama EU prema površini u 2013. godini (European Commission, 2020a)

Prethodnim istraživanjima (Jovanović Popović i dr., 2013), u stambenom fondu Srbije je prepoznato 6 tipova zgrada, klasifikovanih u dve osnovne grupe: zgrade za porodično stanovanje i zgrade za kolektivno stanovanje (Sl. 2.1).



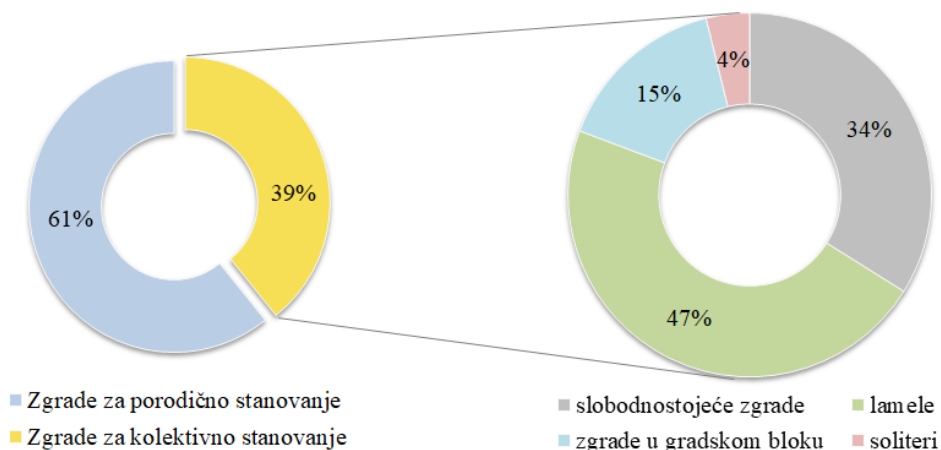
Sl. 2.1 – Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije (adaptirano iz Jovanović Popović i dr., 2013)

Kao *slobodnostojeće* zgrade definisane su zgrade pozicionirane na zasebnoj parceli, koje se ne graniče sa susednim zgradama. *Lamele* predstavljaju slobodnostojeće zgrade formirane od dve ili više identičnih ili sličnih celina. *Zgrade u nizu* su zgrade pozicionirane u nizu različitih zgrada u gradskom bloku i graniče se sa susednim objektima sa jednom ili dve strane. Poslednju grupu čine *soliteri*, odnosno slobodnostojeće zgrade velike spratnosti (sa više od 10 spratova) - kule.

Na Dij. 2.2 prikazan je stambeni fond Srbije u kontekstu ukupne korisne površine.

Zgrade za kolektivno stanovanje, odnosno višespratne stambene zgrade, čine oko 39% stambenog fonda. U ovoj grupi zgrada, najveće učešće imaju zgrade tipa lamela (47%), a zatim slobodnostojeće zgrade (34%). Zgrade u nizu imaju učešće od oko 15%, dok je solitera najmanje sa oko 4% korisne površine namenjene za kolektivno stanovanje (Jovanović Popović i dr., 2013).

¹ Nastanjenih 2,4 miliona.



Dij. 2.2 – Stambeni fond Srbije (m²)

I pored činjenice da visoke zgrade imaju najmanji udeo u stambenom fondu, one su veoma specifične, jer se smatraju visoko rizičnim u kontekstu bezbednosti od požara. Prilikom obnove spoljnih zidova zgrada, u cilju unapređenja energetske efikasnosti, ovaj aspekt se vrlo retko razmatra na adekvatan način, o čemu svedoče požari u svetu koji su nastali i proširili se usled gorivosti ugrađenih materijala na fasadama i koji su u pojedinim slučajevima rezultovali katastrofalnim posledicama. Takođe, u Srbiji su zahtevi bezbednosti od požara u vreme izgradnje analiziranih visokih zgrada bili na daleko nižem nivou nego danas. Upravo iz navedenog je proistakla motivacija za jednim ovakvim istraživanjem, gde visoke stambene zgrade, odnosno njihovi spoljni zidovi, predstavljaju centralni predmet interesovanja i koje bi trebalo da rezultuje predlogom rešenja obnove, koje će istovremeno zadovoljiti termičke zahteve i zahteve bezbednosti od požara.

2.1.1.2. Starost stambenog fonda

Periodizacija gradnje je bitan alat prilikom procene stanja postojećeg stambenog fonda, jer se performanse zgrade mogu smatrati direktnom posledicom u to vreme važećih propisa, primenjenih tehnologija izgradnje i materijalizacije karakteristične za dati period.

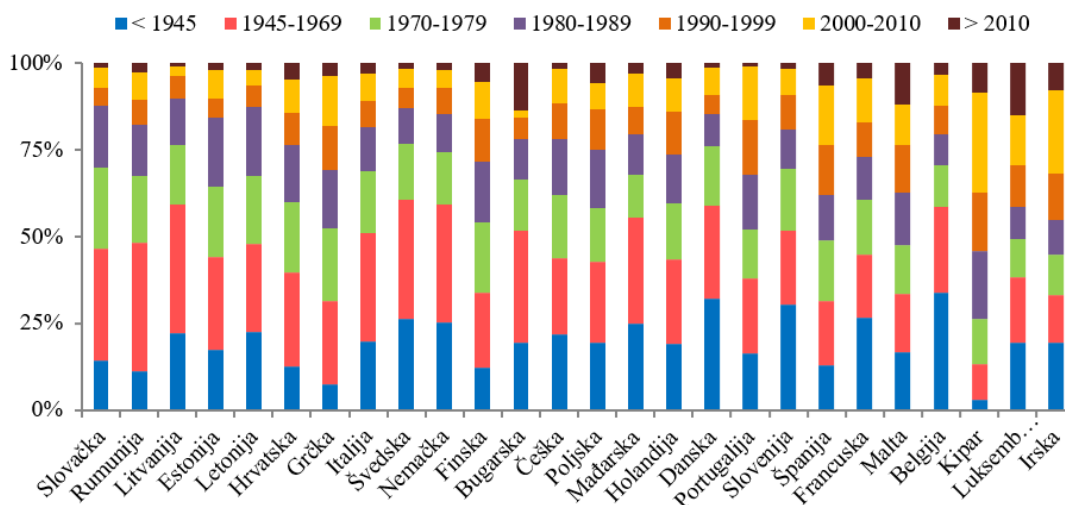
Starost postojećih zgrada i udeo novoizgrađenih zgrada u ukupnom sektoru zgradarstva su jasni pokazatelji njegove energetske efikasnosti. Što je veći udeo novih zgrada, izgrađenih u skladu sa savremenim zahtevima energetske efikasnosti, a ujedno i obnovljenih zgrada unapređenih energetske performansi, to je veći ukupni energetski učinak ovog sektora.

Na Dij. 2.3 dat je prikaz distribucije stambenog fonda u zemljama EU, prema godini izgradnje.

Stambene zgrade izgrađene pre II svetskog rata čine oko 20% ukupnog stambenog fonda. U posleratnom periodu, između 1945. i 1990. godine izgrađeno je više od polovine postojećeg stambenog fonda, dok je nakon ovog perioda izgrađeno oko 25% (European Commission, 2020a).

U većini evropskih zemalja skoro polovina stambenog fonda je izgrađena pre uvođenja propisa o termičkoj zaštiti (pre 70-ih godina XX veka). Zgrade izgrađene nakon II svetskog rata a pre pojave prvih propisa iz oblasti termičke zaštite čine 25% ukupnog stambenog fonda,

dok je u periodu 1970-1990 izgrađeno 30% stambenih zgrada (European Commission, 2020a).



Dij. 2.3 – Distribucija stambenog fonda u zemljama EU, prema godini izgradnje (European Commission, 2020a)

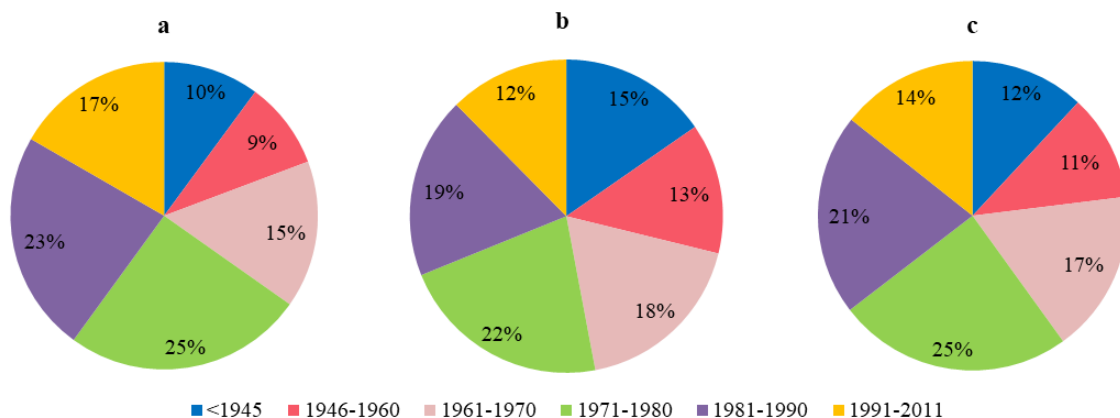
U okviru istraživanja sprovedenih od strane *Evropskog instituta za performanse zgrada* (Buildings Performance Institute Europe [BPIE], 2011) sprovedena je klasifikacija zgrada zemalja Evrope prema periodima izgradnje. Kako bi se omogućilo poređenje starosnih profila stambenog fonda iz različitih zemalja, zgrade su klasifikovane u tri osnovne grupe:

- zgrade izgrađene pre 1960. godine
- zgrade izgrađene u periodu 1961-1990. godine
- zgrade izgrađene u periodu 1991-2010. godine

Najveći procenat stambenog fonda u Danskoj, Švedskoj, Francuskoj, Češkoj i Bugarskoj predstavljaju zgrade izgrađene pre 1960. godine. Najveći procenat stambenog fonda izgrađenog u periodu 1961-1990. godine je evidentiran u Estoniji, Mađarskoj, Letoniji i Finskoj, dok Irska, Španija i Poljska imaju najvišu stopu izgradnje zgrada u periodu 1990-2010. Takođe, u skoro svim zemljama EU stambeni fond izgrađen u periodu 1961-1990. godine predstavlja više od polovine ukupnog stambenog fonda, te je ovaj period okarakterisan kao period intenzivne izgradnje.

U Srbiji je pre II svetskog rata izgrađeno oko 10% postojećeg stambenog fonda (15% zgrada, odnosno 12% stanova). Skoro $\frac{3}{4}$ stambenog fonda je izgrađeno u posleratnom periodu, između 1946. i 1990. godine (Dij. 2.4), dok je u sledeće dve decenije došlo do smanjenja intenziteta izgradnje (Jovanović Popović i dr., 2013).

Oko $\frac{1}{2}$ stambenog fonda u evropskim zemljama i $\frac{2}{3}$ stambenog fonda u Srbiji je izgrađeno u periodu analiziranom u okviru ovog istraživanja (1961-1990). Imajući u vidu relativno nisku starost (manju od 60 godina), kvalitet noseće konstrukcije, kao i očekivani životni vek, zgrade izgrađene u analiziranom periodu imaju veliki potencijal u smislu kreiranja održivog izgrađenog okruženja, te se obnova ovih zgrada nameće kao jedan od prioritarnih zadataka.

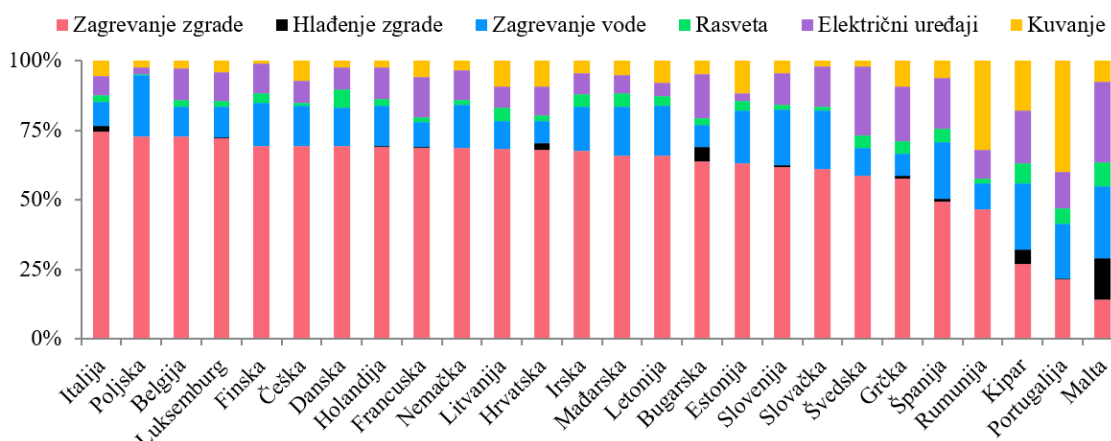


Dij. 2.4 – Distribucija stambenog fonda Srbije prema periodu izgradnje, u kontekstu: (a) površina, (b) zgrada i (c) stanova

2.1.1.3. Energetske performanse stambenog fonda

Energetske performanse stambenog sektora zavise od niza faktora kao što su performanse primenjenog sistema grejanja, performanse omotača zgrade, klimatski, socijalni i drugi uslovi (BPIE, 2011).

Stambene zgrade Evrope su odgovorne za potrošnju više od $\frac{1}{4}$ ukupne energije u EU. Najveći deo energije troši se na grejanje zgrada (68%). Na drugom mestu je upotreba energije za zagrevanje vode (13%). Električni aparati troše 12%, dok se kuvanjem troši 5%, a za osvetljenje 2% ukupne energije koja se troši u zgradama, na nivou EU (European Commission, 2020a). Dij. 2.5 prikazuje distribuciju potrošnje energije krajnjih korisnika, dok je na Dij. 2.6 prikazana potrošnja energije.

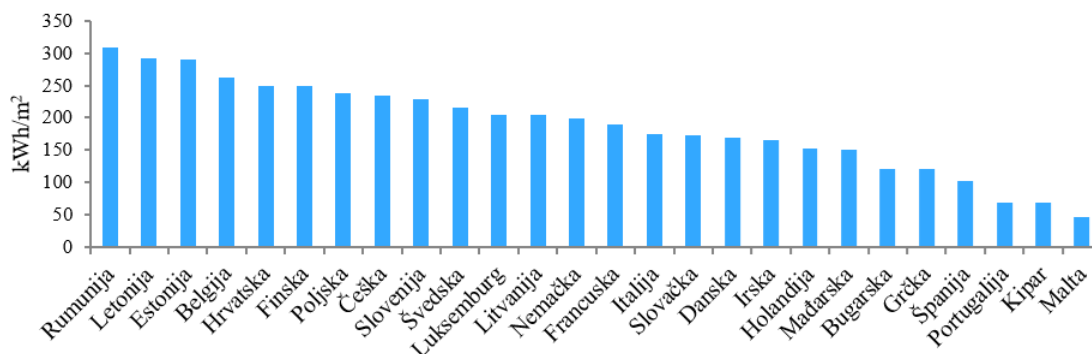


Dij. 2.5 – Distribucija potrošnje energije krajnjih korisnika u stambenim zgradama u zemljama EU u 2013. godini (European Commission, 2020a)

Stambeni sektor u RS je odgovoran za oko 34% potrošnje ukupne energije (Energy Community, 2017) i 48% potrošnje električne energije (Ministarstvo rudarstva i energetike, 2020). Najviše energije se troši na grejanje (65%), a primetan je i porast potrošnje energije za hlađenje (Mariottini, 2012).

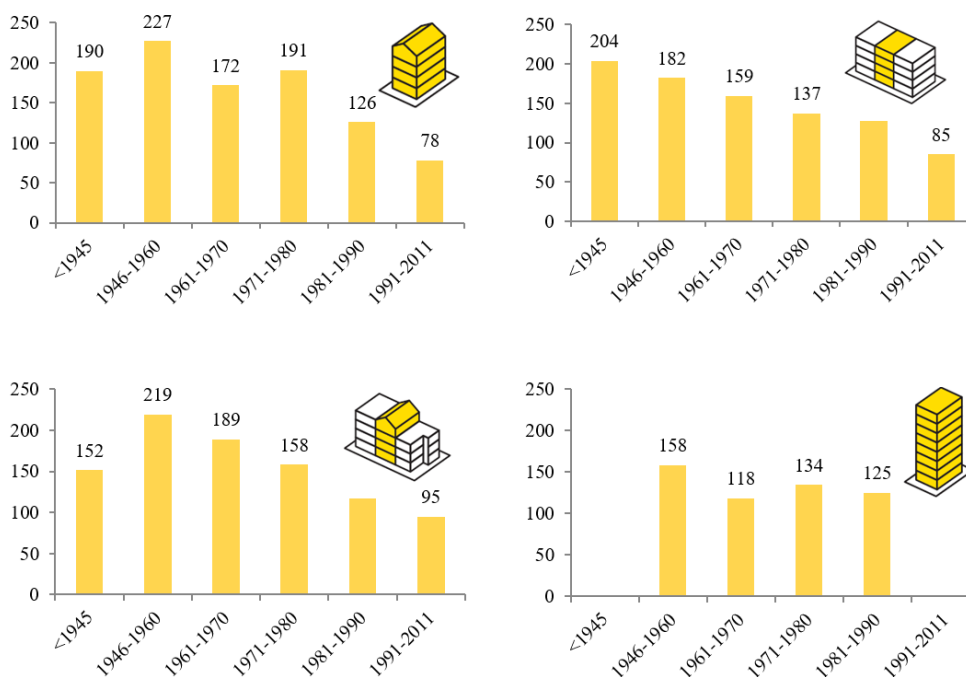
Prosečna specifična potrošnja energije u zgradama je 2013. godine iznosila oko 180 kWh/m² na godišnjem nivou (Dij. 2.6). Najniža potrošnja zabeležena je na Malti (47 kWh/m²), Kipru i

u Portugaliji (70 kWh/m²), dok je u pojedinim zemlja potrošnja bila viša od 290 kWh/m² (Rumunija, Letonija i Estonija) (European Commission, 2020a).



Dij. 2.6 – Potrošnja energije u stambenim zgradama u zemljama Evropske unije u 2013. godini (European Commission, 2020a)

Prosečna potrošnja energije za grejanje u RS iznosi 226 kWh/m² na godišnjem nivou, što je dosta više od proseka EU. Zgrade za porodično stanovanje u proseku troše 282 kWh/m², a zgrade za kolektivno stanovanje 135 kWh/m² na godišnjem nivou (Jovanović Popović i dr., 2013). Na Dij. 2.7 su prikazane vrednosti potrošnje energije zgrada za kolektivno stanovanje u Srbiji po periodima izgradnje.



Dij. 2.7 – Potrošnja energije zgrada za kolektivno stanovanje u RS (u kWh/m²), po periodima izgradnje

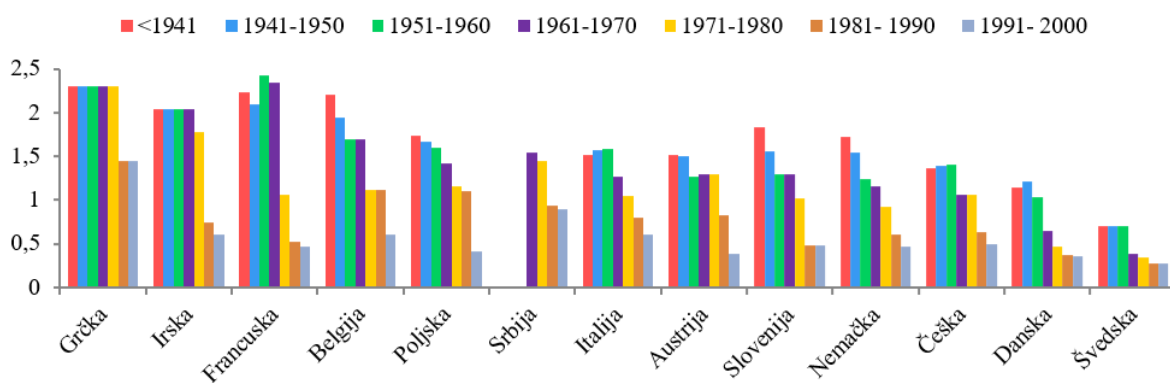
Najviše energije troše slobodnostojeće zgrade (u proseku oko 146 kWh/m²) i zgrade u gradskom bloku (141 kWh/m²). Zgrade tipa lamele i soliteri troše nešto manje, u proseku oko 129 kWh/m² na godišnjem nivou. Ovo se, između ostalog, može pripisati povoljnijem faktoru oblika ova dva tipa zgrada u odnosu na druga dva. Takođe, najviše energije troše zgrade izgrađene u periodu 1946-1960. godine. Nakon ovog perioda, uočava se pad u potrošnji energije iz decenije u deceniju.

U slučaju visokih zgrada, zgrade izgrađene u periodu 1946-1960 troše najviše energije, ali ove zgrade predstavljaju svega 3% korisne površine koju čine visoke zgrade. Izgradnja visokih stambenih zgrada u Srbiji je karakteristična za period od druge polovine 60-ih do kraja 80-ih godina, dok pre rata nije izgrađena nijedna visoka stambena zgrada.

Velika potrošnja energije u pojedinim zemljama ukazuje na veoma loše energetske performanse stambenog fonda. Naime, preko 40% stambenog fonda Evrope je izgrađeno pre 60-ih godina XX veka (BPIE, 2011). Ono što je karakteristično za ovaj period jeste nepostojanje zahteva za termičkom zaštitom zgrada (sa par izuzetaka) što je rezultovalo zgradama bez termičke izolacije, a dodatno njihov sistem za grejanje je zastareo i nije efikasan.

Zahvaljujući blagim zimama, očekivano je da su potrebe za energijom za zagrevanje značajno manje u južnim zemljama Evrope. U pojedinim zemljama (npr. u Italiji) visoka potrošnja energije jasno ukazuje na loše performanse zgrada. Ukupnoj potrošnji energije u ovim zemljama značajno doprinosi i potreba za hlađenjem u letnjem periodu.

U okviru *TABULA* projekta (2009–2012), podržanog od strane Evropske komisije u okviru programa *Inteligentna energija – Evropa (Intelligent Energy Europe, IEE)*, za 12 država Evrope je izvršena uporedna analiza prosečnih vrednosti koeficijenta prolaza toplote (U-vrednost) za građevinske elemente tipičnih predstavnika zgrada izgrađenih u različitim vremenskim periodima (Loga et al., 2012). Na Dij. 2.8 je dat prikaz prosečnih U-vrednosti za spoljne zidove zgrada. Dijagram je upotpunjen sa maksimalno dozvoljenim U-vrednostima za Srbiju za dati period, pod pretpostavkom da su zidovi izvedeni u skladu sa tadašnjim zahtevima termičke zaštite.



Dij. 2.8 – Prosečne vrednosti koeficijenta prolaza toplote (U-vrednosti) za spoljne zidove tipičnih predstavnika zgrada prema periodima izgradnje

Na osnovu dijagrama, evidentno je da je kvalitet termičke zaštite zgrada izgrađenih pre 70-ih godina (pa i u narednoj deceniji) u većini zemalja Evrope na veoma niskom nivou, usled nepostojanja termičke izolacije. U ovom periodu zahtevi kvaliteta termičke zaštite postojali su uglavnom u skandinavskim zemljama, te je kvalitet ovih objekata na dosta višem nivou. Značajno poboljšanje kvaliteta vezuje se za početak upotrebe termičke izolacije, uslovljen razvojem prvih propisa iz oblasti termičke zaštite nakon naftne krize koja je nastupila 1973. godine. Drastično poboljšanje kvaliteta termičke izolacije vezuje se za poslednju dekadu XX veka.

Istraživanja pokazuju da u Srbiji samo 16% zgrada ima neki vid izolacije (Loga et al., 2012).

I pored unapređenja termičkih performansi zgrada, energetske performanse zgrada izgrađenih u analiziranom periodu u većini zemalja Evrope su značajno lošije od performansi koje se zahtevaju savremenim propisima što ukazuje na potrebu za njihovom obnovom.

2.1.2. Izgradnja višespratnih stambenih zgrada u posleratnom periodu

U periodu nakon Drugog svetskog rata došlo je do značajnih promena u načinu izgradnje zgrada. U pogledu stambene politike uočava se dosta sličnosti u različitim evropskim zemljama. Potreba za izgradnjom velikog broja stanova, kao rezultat obnove razorenih gradova i industrijskog razvoja praćenog masovnim migracijama stanovništva iz sela u gradove, je bila zajednički imenitelj za države širom Evrope. Kapacitet izgradnje stanova primenom tradicionalne tehnologije gradnje nije bio dovoljan da zadovolji trenutne potrebe. Rešenje za bržu i jeftiniju izgradnju stanova je pronađeno u unapređenju tradicionalnih tehnika izgradnje, kao i primeni novih tehnologija.

Kao i ostale evropske zemlje, Jugoslavija, oblikovana po principima socijalističke modernizacije, je pred sobom imala niz zadataka koje je bilo potrebno uporedo rešavati. Kako je tokom rata u tadašnjoj državi porušena 1/5 ukupnog stambenog fonda, odnosno 822.237 stambenih zgrada (Jelenić, 1994), prvi korak ka ostvarenju napretka predstavljala je obnova razorenih gradova kroz izgradnju novih zgrada i obnovu postojećih.

Posleratna obnova i brza industrijalizacija čitave države uslovile su početak intenzivne urbanizacije i ujedno stvorile novi problem - značajan porast broja stanovnika u gradovima kojima je trebalo obezbediti smeštaj. Glavno pitanje bilo je kako što brže izgraditi veliki broj stanova.

Kako bi se rešilo stambeno pitanje novopridošlog stanovništva u periodu visokog demografskog priraštaja, bilo je potrebno izvršiti reformu stambene politike i unaprediti sektor građevinarstva.

U cilju realizacije neophodne intenzivne stambene izgradnje, 1953. godine je izvršena reforma stambene politike (Uredba o upravljanju stambenim zgradama, 1953), kojom se povećao obim stambene izgradnje. U narednom periodu značajna novčana sredstva su usmerena ka izgradnji stanova zahvaljujući uvođenju obaveznog doprinosa za stambenu izgradnju kojim je svaka organizacija bila u obavezi da izdvoji najmanje 4% od ukupnog dohotka svakog zaposlenog (Mitrović, 2007). Sledeći korak predstavljala je industrijalizacija građenja (početkom 60-ih godina) kroz unapređenje tehnologija izgradnje zgrada, po ugledu na pojedine evropske gradove (Švedska, Nemačka, Holandija).

Stambeni fond Evrope izgrađen u posleratnom periodu je izuzetno heterogen – u strukturi se uočavaju zgrade različitih spratnosti izgrađene tradicionalnim tehnologijama gradnje, kao i zgrade izgrađene na industrijski način. Neposredno nakon završetka rata zgrade su uglavnom građene sa 3-5 spratova. Krajem 50-ih započinje se sa učestalom izgradnjom zgrada veće spratnosti (8-18 spratova najčešće). Deset godina kasnije stambeni blokovi višespratnih zgrada su dominantan tip zgrada širom Evrope (Andeweg et al., 2007).

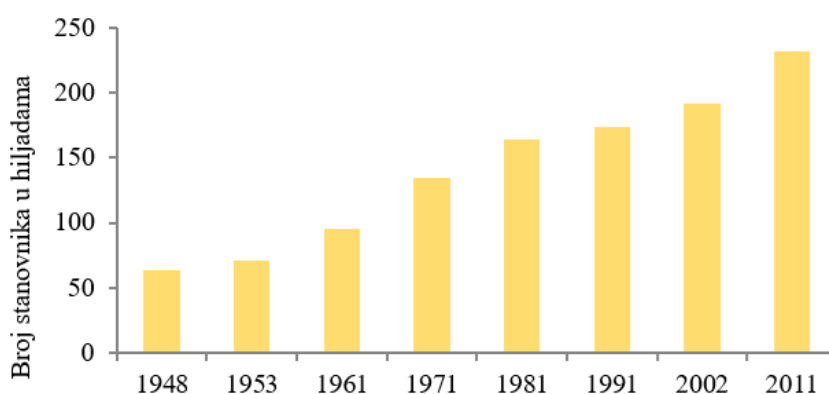
Naftna kriza koja je nastupila 70-ih godina imala je veliki uticaj na dalji tok izgradnje uslovivši razvoj svesti o smanjenu potrošnje električne energije, a samim tim i razvoj propisa iz oblasti termičke zaštite i početak upotrebe termoizolacionih materijala.

Uprkos razlikama koje se javljaju, ono što je zajedničko za sve ove objekte jeste činjenica da većina zgrada izgrađenih pre donošenja propisa iz oblasti termičke zaštite nema nikakav vid izolacije i da je trajnost spoljnih zidovi ovih zgrada narušena, s obzirom da su izgrađene pre više od 50 godina. Čak i zgrade gde je od uvođenja propisa primenjena termička izolacija zahtevaju obnovu jer su kriterijumi termičke zaštite u ovom periodu bili na znatno nižem nivou nego savremeni kriterijumi, kao rezultat nedostatka relevantnih saznanja o svojstavima korišćenih materijala.

Izgradnja višespratnih stambenih zgrada u posleratnom periodu je u datom trenutku rešila pitanje manjka stanova. Međutim, ubrzo nakon izgradnje, kao posledica kratkog perioda izgradnje, primene neadekvatnih materijala, nedovoljnog iskustva u pogledu industrijskog načina izgradnje, izvođenja detalja, nedostatka održavanja i drugih razloga, počeli su se pojavljivati prvi problemi koji su uticali na fizičke i trajnosne performanse zgrada. Vreme je pokazalo da je izgradnja karakteristična za ovaj period, čiji je imperativ bio kvantitet, rezultovala izgrađenim okruženjem koje karakteriše veliki broj problema u pogledu funkcionalnih i tehničkih performansi, koje se danas smatra i izuzetno energetski neefikasnim.

2.1.2.1. Izgradnja višespratnih stambenih zgrada u Novom Sadu

Novi Sad je neposredno posle završetka Drugog svetskog rata na užem gradskom području brojao 64.000 stanovnika (Republički zavod za statistiku, 2014b). Zahvaljujući povoljnom geografskom položaju, broj stanovnika rastao je tokom celog posleratnog perioda. Najintezivniji demografski rast je zabežen u periodu 1961-1971. godine, kada je u najužem gradskom području ostvaren porast stanovništva za oko 41% (Dij. 2.9).



Dij. 2.9 – Broj stanovnika na užem gradskom području Novog Sada nakon II svetskog rata

Po završetku rata Novi Sad je predstavljao „*tipičan primer niskog i mirnog ravničarskog grada sa začecima građanske arhitekture i složenom urbanističkom strukturom celine*” (Pajović, 2014). Međutim, društveno-istorijske promene koje su se dešavale u tadašnjoj državi i posledično povećanje broja stanovnika imali su veliki uticaj na dalju stambenu izgradnju u Novom Sadu, a samim tim i na urbanu strukturu grada.

Dalji razvoj i uređenje grada bili su uslovljeni generalnim urbanističkim planovima i planovima detaljne regulacije. Prvi generalni urbanistički plan je donet 1950. godine i predviđao je izgradnju višespratnih stambenih zgrada, odnosno objekata za kolektivno stanovanje. U periodu od 1961. do 1991. godine odvijala se intenzivna stambena izgradnja, orijentisana na periferne, neizgrađene delove grada, i grad se ubrzano razvijao. U ovom periodu izgrađeno je 41.223 stambene jedinice (Tab. 2.1). Po završetku rata, u Novom Sadu je bilo 19.710 stambenih jedinica na oko 50.000 stanovnika, dok je 1991. godine, kada je proces urbanizacije priveden kraju, popisano preko 66.000 stambenih jedinica na više od 170.000 stanovnika (Laban, 2005).

Tab. 2.1– Broj izgrađenih stanova u Novom Sadu za analizirani period

Period izgradnje	1961-1970	1971-1980	1981-1990	UKUPNO
Broj stanova	14348	14231	12644	41223

U ovom periodu izgrađen je veliki broj visokih zgrada, poslovnih i stambenih, izdvojenih ili u nizu. Visoke zgrade su bile simbol modernizma i ukazivale su na snagu industrije i razvoj tadašnje države.

Periferni delovi grada, malog indeksa izgrađenosti i slabo naseljeni, predstavljali su idealnu lokaciju za realizaciju masovne izgradnje objekata kolektivnog stanovanja, sa mogućnošću multipliciranja istih projektnih rešenja. Tako je započeta izgradnja novih stambenih naselja – područja uz današnju železničku stanicu, Detelinare, Satelita, Limana, Novog Naselja, itd.

U periodu 1945-1961. godine izgrađena je 4.381 stambena jedinica. Kraj 50-ih godina karakteriše začetak intenzivne stambene izgradnje, uglavnom usmerene na veća područja, za razliku od dotadašnjeg pristupa koji se svodio na popunjavanje praznih prostora unutar postojeće gradske matrice. U naredne četiri godine nastala su stambena naselja Tozinovac i Satelit, a uporedo su se gradili stanovi na Detelinari. U ovom periodu započeta je i izgradnja novih naselja – Grbavice i Limana I (Sl. 2.2), gde nastaju i prve visoke stambene zgrade (Laban, 2005).



Sl. 2.2 – I faza izgradnje Limana - Liman I, 1962. godina (Stare fotografije Novog Sada)

U periodu 1961-1970. godine ukupno je izgrađeno 14.348 stambenih jedinica sa 70% stanova namenjenih kolektivnom stanovanju (Laban, 2005). Izgradnja stambenih jedinica se odvijala na Limanu I, uz železničku stanicu (Sl. 2.3), na Detelinari (Sl. 2.4), Beogradskom keju i Satelitu, uglavnom primenom tradicionalnih tehnologija izgradnje. U ovom periodu započeta je izgradnja na Limanu II (Sl. 2.6) i Limanu III (Sl. 2.5). Dodatno, počinju da se primenjuju sistemi industrijske izgradnje (1963. godine), a povećava se i spratnost objekata.



Sl. 2.3 – Izgradnja stambenih zgrada u okolini Železničke stanice, 1968. godina (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 2.4 – Stambene zgrade na Detelinari, 1969. godina (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 2.5 – Grbavica (levo), izgradnja Limana 3 (desno), 1970. godina (Stare fotografije Novog Sada)

U periodu 1971-1980. godine izgrađeno je 14.228 stambenih jedinica (Laban, 2005). Stanovi su se uglavnom gradili na Limanu II, Limanu III, Beogradskom keju, uz železničku stanicu, uz Bulevar Oslobođenja, na Detelinari. U ovom periodu je započeta izgradnja Bistrice (Sl. 2.7) i Limana IV. Dodatno, industrijske metode izgradnje preuzimaju dominant u odnosu na tradicionalne tehnologije.

U periodu 1981-1990. godine izgrađeno je 12.644 stambenih jedinica. U ovom periodu prestaje se i sa izgradnjom visokih zgrada, kao posledica donošenja propisa koji su ograničili spratnost novih objekata na P+6 +pot, sa izuzetkom repernih tačaka (Laban, 2005).



Sl. 2.6 – Liman 2 početkom 80-ih, primena industrijskih tehnologija izgradnje (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 2.7 – Bistrica (Novo naselje) u izgradnji, kraj 70-ih godina (Stare fotografije Novog Sada)

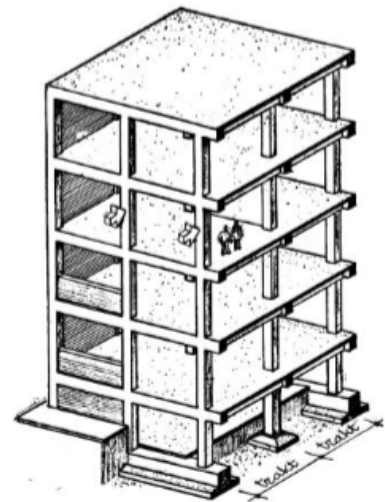
2.1.3. Karakteristike stambenih zgrada izgrađenih u periodu 1961-1990

2.1.3.1. Konstruktivni sistemi i primenjene tehnologije izgradnje

Na osnovu vrste elemenata koji prenose opterećenje, konstruktivni sistem zgrade može biti:

- linijski sistem (skeletni sistem)
- površinski sistem (sa nosećim spoljnim zidovima – npr. masivni, panelni sistem)
- linijsko-površinski sistem (mešoviti ili kombinovani sistem)
- prostorni sistem (npr. ćelijasti sistem)

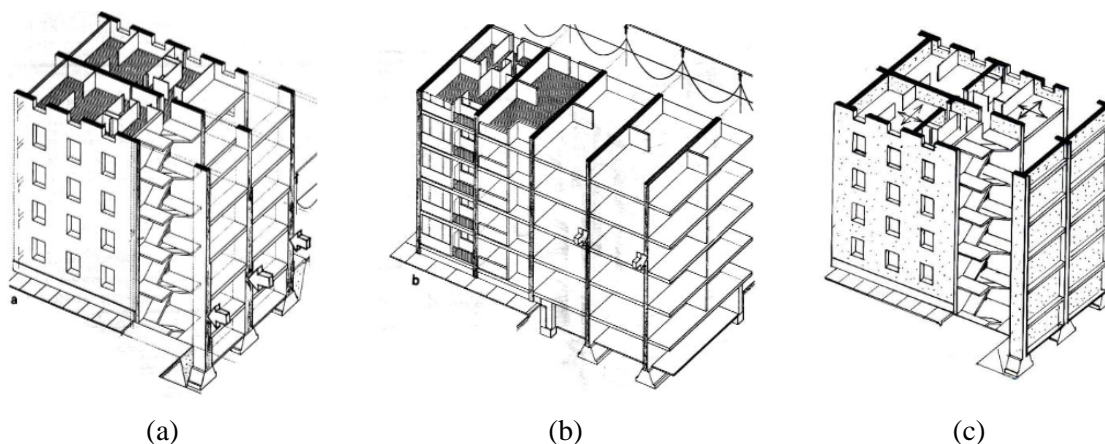
Kod *skeletnog konstruktivnog sistema* (Sl. 2.8) osnovni nosioci opterećenja su stubovi povezani gredama u ramove, na koje se oslanjaju međuspratne konstrukcije. Sistem je sposoban da primi različite vrste opterećenja: sile pritiska, sile koje izazivaju savijanje i torziju, sile smicanja, kao i horizontalne sile od vetra i seizmičkih uticaja (Bogdanović i Kostić, 2015). Spoljni zidovi ovih sistema predstavljaju sekundarne elemente konstrukcije i oslobođeni su funkcije nošenja, što konstrukciju čini fleksibilnom i pruža joj veću mogućnost oblikovanja fasada.



Sl. 2.8 – Skeletni konstruktivni sistem (Bogdanović i Kostić, 2015)

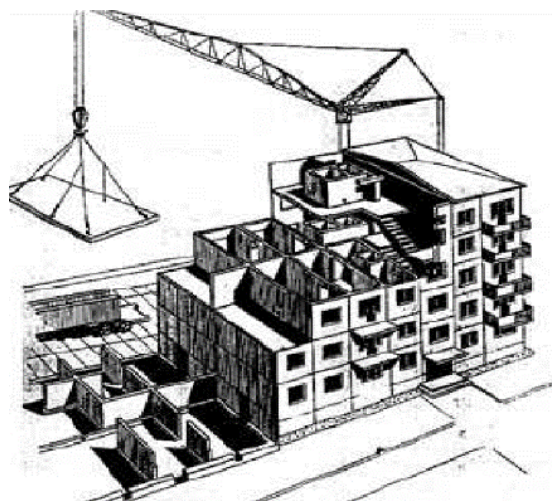
Masivni sistem (Sl. 2.9) je dobio naziv po glavnim nosiocima opterećenja - masivnim zidovima. Ovi zidovi svojom masom prihvataju, nose i prenose sva vertikalna opterećenja, a delimično prihvataju i prenose i horizontalne sile od vetra i seizmike. Noseći zidovi mogu biti postavljeni u podužnom, poprečnom ili u oba pravca (unakrsno). Izuzev noseće funkcije, zidovi imaju ulogu omotača zgrade – zatvaraju prostor zgrade i štite je od atmosferskih uticaja. Masivni zidovi pružaju mogućnost formiranja prostorija sa različitim funkcionalnim sadržajima i često imaju ulogu obezbeđenja komfora u prostorijama. Pod masivnim sistemima se obično podrazumevaju „zidane zgrade“ gde se konstruktivni zidovi zidaju opekarskim elementima,

kamenom ili betonskim blokovima i ukrućuju AB horizontalnim i vertikalnim serklažima (Radonjanin i Malešev, 2017).



Sl. 2.9 – Masivni konstruktivni sistem: (a) podužni, (b) poprečni i (c) ukršteni (Bogdanović i Kostić, 2015)

U cilju masovne proizvodnje stanova, u posleratnom periodu, masivni sistem je evoluirao u novi konstruktivni sistem - *panelni sistem*, sastavljen od nosećih vertikalnih i horizontalnih panela. Vođen potencijalom pojednostavljene betonske konstrukcije, ovaj metod je omogućio da se gradi više i brže i korišćen je u industrijalizovanim i visokim zgradama. Panelni sistemi su uglavnom izvođeni u vidu prefabrikovanih (Sl. 2.10) ili monolitnih AB elemenata (Konstantinou, 2014). Sistem sa prefabrikovanim pločama i zidovima je proizašao iz koncepcije manjeg utroška rada na licu mesta i montaži: fabrika umesto da proizvodi opeku, proizvodi ukupnjene elemente različitih tipova – panoe

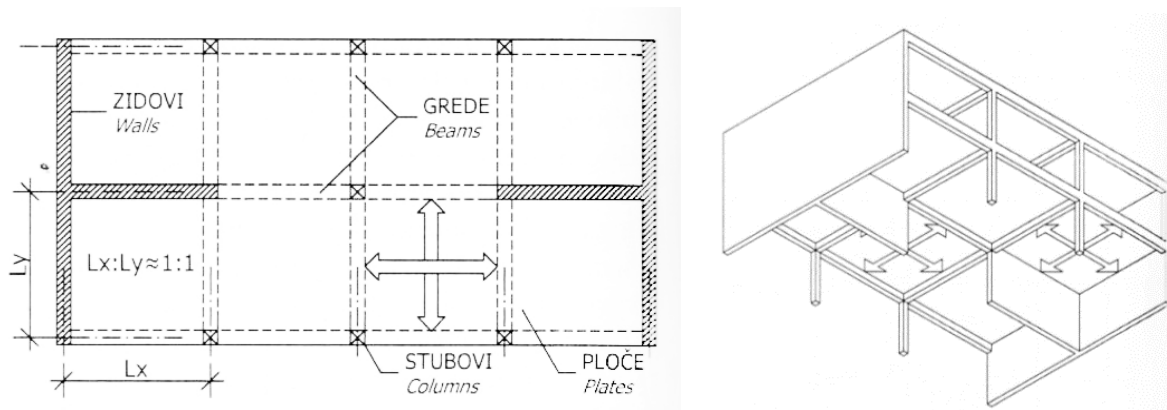


Sl. 2.10 – Panelni sistem sa prefabrikovanim pločama i zidovima (Prefabrication experiments, 2017)

(otuda i naziv krupnopanelni). Kod ovih sistema, sistem poprečnih nosećih zidova ima prednost u smislu mogućnosti rešenja unutrašnjeg prostora i u pogledu rešavanja fasada i prostornog oblikovanja objekta kao celine (Stojiljković i Janjetov, 1976).

Mešoviti konstruktivni sistem (Sl. 2.11) predstavlja kombinaciju karakterističnih elemenata masivnog i skeletnog konstruktivnog sistema. U okviru ovog sistema masivni zidovi su zaduženi za prijem horizontalnih sila i obezbeđuju krutost objekta i najčešće se izvode kao zidovi stepenišnog prostora i liftovskog jezgra.

Čelijski sistem karakteriše sklop prostornih jedinica sandučastog oblika čije sve stranice imaju istovremeno i konstruktivnu izolacionu funkciju. Kod ovih sistema najviše dolaze do izražaja široke mogućnosti primene različitih sintetičkih materijala, kao i visok stepen fabričke obrade i dorade elemenata. Ono što se smatra nedostatkom ovog sistema jeste transport i montaža elemenata, s obzirom na gabarit i težinu (Stojiljković i Janjetov, 1976).



Sl. 2.11 – Mešoviti konstruktivni sistem (Šćekić)

Tokom istorije, razvoj tehnika izgradnje je pratio tehnološki razvoj. Razvijene su nove netradicionalne tehnike izgradnje, a takođe je došlo do unapređenja postojećih tradicionalnih tehnika.

Prema načinu izvođenja konstruktivnih sklopova, u strukturi stambenog fonda Evrope izgrađenog u analiziranom periodu identifikovane su višespratne stambene zgrade izgrađene tradicionalnim tehnologijama gradnje, kao i zgrade izgrađene netradicionalnim tehnologijama gradnje.

Tradicionalni način izgradnje podrazumeva metode građenja gde se celokupna gradnja odvija na gradilištu, odnosno na licu mesta. Zidanje zidova opekama, blokovima od lakog betona, izlivanje betonskih elemenata konstrukcije u drvenoj oplati na licu mesta su neke od najčešćih tehnika tradicionalne izgradnje. S obzirom da je ovakav način gradnje dugotrajan i skup, u analiziranom periodu su uočeni znatni napor da se isti unapredi, kroz primenu savremenih oplata (prenosne, tunelske, klizne), primenu šuplje opeke i blokova umesto pune opeke, primenu polumontažnih međuspratnih konstrukcija gde su se takođe upotrebljavali opekarski proizvodi, itd.

Netradicionalne tehnologije izgradnje (Sl. 2.12) su uglavnom bile zasnovane na industrijalizovanim metodama gradnje koje su imale viši ili niži nivo prefabrikacije - elementi (najčešće armirano-betonski) su se izrađivali u fabrikama pa potom transportovali do gradilišta gde su se montirali na licu mesta. Ovaj način gradnje je doveo do skraćivanja vremena izgradnje zgrada, nije zahtevao visokokvalifikovanu radnu snagu prilikom montaže i smatralo se da je znatno povoljniji od tradicionalnog načina izgradnje, pod uslovom da se elementi proizvode u velikim serijama. Za industrijsku montažnu gradnju karakteristični konstruktivni sistemi su skeletni, panelni i ćelijasti.

U zavisnosti od stepena prefabrikacije, sistemi industrijske izgradnje stanova se mogu klasifikovati kao montažni ili polumontažni. *Montažna tehnologija izgradnje* podrazumeva metodu građenja koja obuhvata industrijsku proizvodnju svih građevinskih elemenata konstrukcije i njihovo sklapanje na samom gradilištu. *Polumontažna tehnologija izgradnje* podrazumeva kombinovanu primenu tradicionalnog i montažnog načina izgradnje, odnosno delimičnu prefabrikaciju – pojedini građevinski elementi se proizvode industrijski, a zatim sklapaju na samom gradilištu, dok se ostali elementi izvode na klasičan način.



(a)

(b)

(c)

Sl. 2.12 – Netradicionalne tehnologije izgradnje: (a) montaža međuspratne tavanice, (b) učvršćivanje troetažnih stubova pomoću kosnika i (c) montaža ivične grede (Laban, 2005)

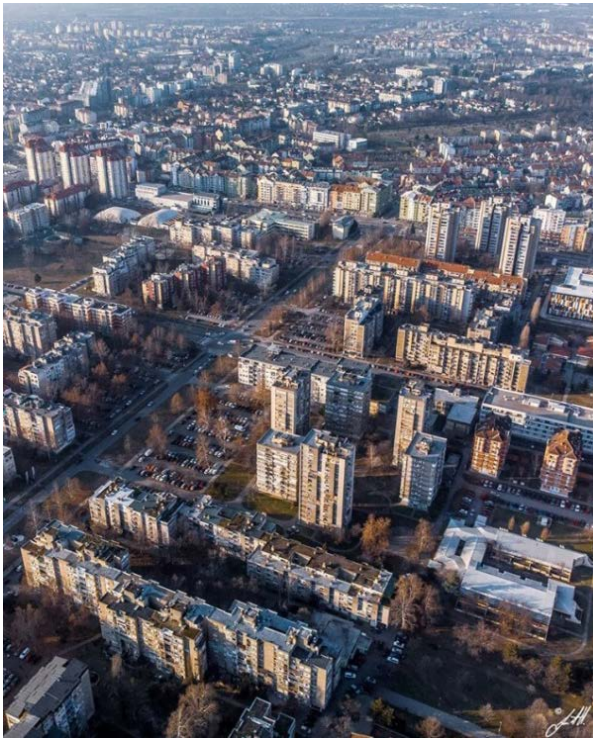
Prefabrikovani sistemi su prepoznati kao karakteristični u mnogim zemljama severne, istočne i centralne Evrope. Analizom postojećeg građevinskog fonda (Andeweg, Brunoro & Verhoef, 2007) utvrđeno je da su prilikom izgradnje zgrada u analiziranom periodu najviše primenjivani prefabrikovani skeletni sistemi sa armiranobetonskim (AB) stubovima i gredama, kao i prefabrikovani krupnopanelni sistemi. Skeletni sistemi su uglavnom primenjivani u mediteranskim zemljama, dok su krupnopanelni sistemi najzastupljeniji u severnim i istočnim delovima Evrope. U određenom broju slučajeva, krupnopanelni sistemi su bili izvedeni od monolitnih AB elemenata, a takođe su se primenjivali i opekarski elementi. Pored ova dva sistema, u izgrađenom okruženju prepoznate su i zgrade od armiranog betona građene na licu mesta i zgrade građene primenom tunelskih oplata, kao i konstrukcije izvedene od prefabrikovanih betonskih blokova.

Dominantni sistemi izgradnje koji su primenjivani u evropskim zemljama su takođe karakteristični i za Srbiju, pa i čitav region.

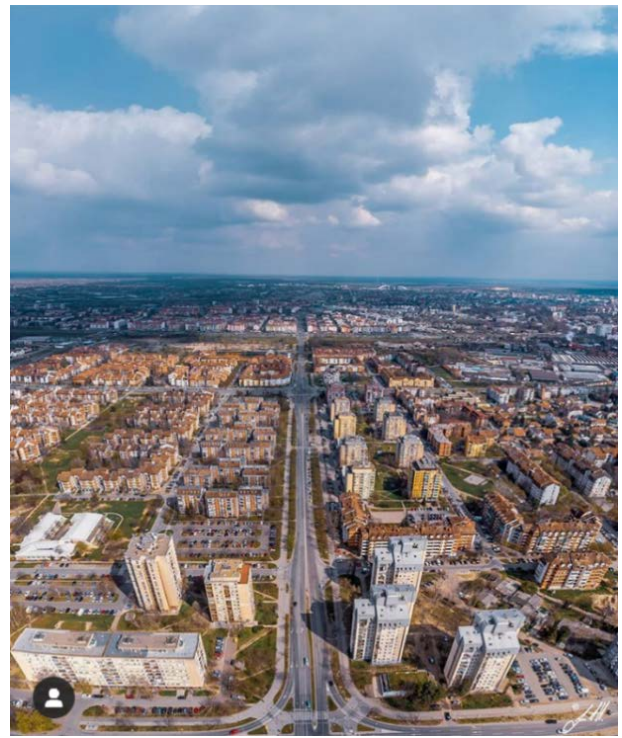
Ranijim istraživanjima (Laban, 2012) na gradskom području Novog Sada identifikovani su sledeći sistemi industrijske izgradnje višespratnih stambenih zgrada:

- Industrijski montažni sistem IMS
- Sistem za industrijsku proizvodnju stanova NS-71
- Krupnopanelni sistem Montastan

U izgradnji višespratnih stambenih zgrada, kao dominantan, prepoznat je IMS sistem (Sl.2 13), a dodatno su primenjivana i druga dva sistema. Zgrade su građene kao samostalne „slobodnostojeće“ zgrade ili zgrade u nizu (lamele).



(a)



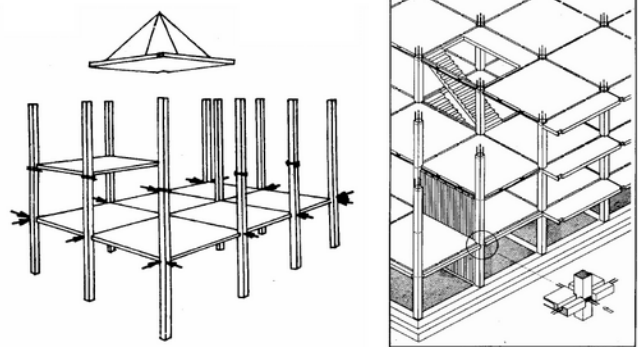
(b)

Sl. 2.13 –IMS kao dominantan sistem primenjan u izgradnji višespratnih stambenih zgrada u Novom Sadu: (a) Limani i (b) Bistrica (Marić, 2020)

Industrijski montažni sistem IMS (Sl. 2.14) je skeletni sistem čija se noseća konstrukcija sastoji od prefabrikovanih elemenata - stubova, međuspratnih kasetiranih tavanica i ivičnih greda (Sl. 2.15).



Sl. 2.14 – IMS zgrade na Limanu III



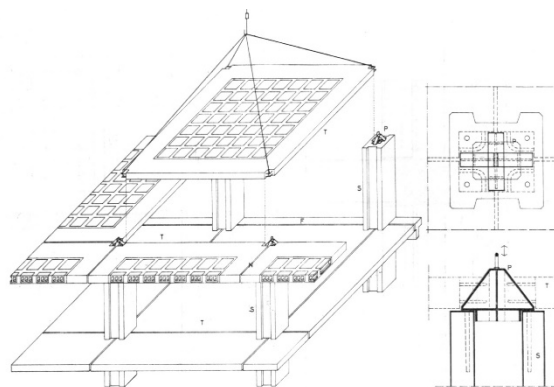
Sl. 2.15 – Koncept konstrukcije IMS sistema (Muravljov, 2010)

IMS sistem je prvi, a ujedno i najviše zastupljen, industrijski sistem građenja na prostorima tadašnje Jugoslavije, koji je počeo da se primenjuje krajem 60-ih godina XX veka (prvi put je primenjen u Beogradu, gde je i razvijen). U Novom Sadu sistem je prvi put primenjen u periodu 1962-1965. godine. U strukturi zgrada izgrađenih u sistemu IMS prisutne su i zgrade visoke spratnosti – do P+18. Izuzev u bivšim državama SFR Jugoslavije, IMS sistem je našao primenu i u Mađarskoj, Italiji, Austriji i Kubi (Laban, 2012).

Sistem NS-71 (Sl. 2.16) je skeletni polumontažni sistem gde je noseća konstrukcija klasično građena, a fasadni elementi prefabrikovani. Sistem je razvijen u Novom Sadu početkom 70-ih godina XX veka. U sistemu NS-71 građene su stambene zgrade do 9 spratova, sa nekoliko izuzetaka. Izgradnja stambenih zgrada u NS-71 sistemu našla je primenu samo u Novom Sadu, sa izgrađenih oko 3.000 stanova. Usled neekonomičnosti, sistem je napušten i nikad nije dostigao predviđen stepen prefabrikacije (Sl. 2.17) (Laban, 2012).



Sl. 2.16 – Zgrade izvedene u sistemu NS 71 na uglu ul. Narodnog fronta i Balzakove na Limanu 3 (Laban, 2005)

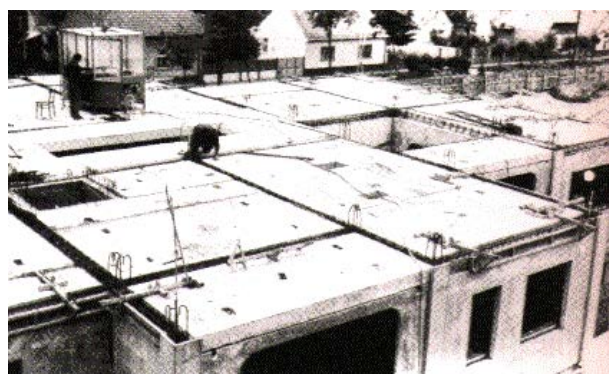


Sl. 2.17 – Predviđen (nikad postignut u praksi) koncept sistema NS-71 (Cagić i Lojanica, 1980)

Krupnopanelni montažni sistem Montastan (Sl. 2.18 i Sl. 2.19) je visokoindustrijalizovani sistem gradnje sastavljen od prethodno proizvedenih elemenata - šupljih blokova od pečene gline monolitiziranih armiranim betonom. Sistem je razvijen je u Bačkoj Topoli početkom 60-ih godina XX veka i smatra se jednim od prvih panelnih sistema gradnje na našim prostorima. U sistemu Montastan građene su stambene lamele do 9 spratova. Najčešće su građene zgrade sa 5 nadzemnih etaža (P+4), što je ujedno predstavljalo i optimalnu spratnost sistema. Sistem je pretežno primenjivan za izgradnju zgrada u Vojvodini, dok je u Novom Sadu u periodu 1980 – 1989. godine ovim sistemom gradnje izgrađeno oko 5.000 stanova (Laban, 2012).



Sl. 2.18 – Zgrada izvedena u sistemu Montastan (Laban, 2005)








Sl. 2.19 – Montaža sistema Montastan (Laban, 2005)

2.1.3.2. Spoljni zidovi zgrada

Na osnovu analiza (Andeweg et al, 2007; Konstantinou, 2014) identifikovani su tipični sistemi spoljnih zidova zgrada evropskog stambenog fonda. U posleratnom periodu u strukturi izgrađenog okruženja dominiraju prefabrikovane fasade uz podjednako ušešće zidova od opekarskih elemenata U Tab. 2.2 su prikazani karakteristični tipovi spoljnih zidova prefabrikovanih zgrada u evropskim zemljama.











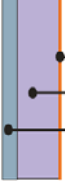
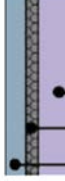



Tab. 2.2 – Karakteristični tipovi spoljnih zidova prefabrikovanih zgrada u evropskim zemljama (adaptirano iz Konstantinou, 2014)

Tip zida	Opis	Prozorski okviri	Period primene	Oblast	U (W/m ² K)	
Zidovi sa vazдушnim slojem		Dvoslojni element sa vazдушnim slojem i/ili izolacionim slojem.	Drvo Aluminijum	1950-danas	Severozapadna i srednjoistočna Evropa. Obično fasadne opeke.	1,1-0,5
		Zidovi zidani od lakih elemenata, betonski zidovi. Debljina izolacije varira od 30-50 mm do današnjih standarda.		1975-danas	Južna Evropa. Obično šuplje opeke.	0,6
Zidovi zidani blokovima od lakog betona ili šupljom opekom		Zidani od lakih elemenata – betonskih blokova ili šuplje opeke, u većini slučajeva obloženi.		1950-1975	Severozapadna i centralnoistočna Evropa (npr, Nemačka, Danska, Francuska)	1,4
		Zidovi od šuplje opeke obostrano malterisani.		1950-danas	Južna Evropa	1,0-0,8
Montažni betonski paneli		Montažni betonski paneli, ponekad sa izolacijom 50 mm.		1950-1975	Severozapadna i centralnoistočna Evropa (npr, Nemačka, Poljska, Danska)	1,1-0,9

U Tab. 2.3 su predstavljeni spoljni zidovi zgrada izgrađenih na industrijski način karakteristični za grad Novi Sad.

Na osnovu izvršene analize stambenog fonda jasno je da su potrebe za unapređenjem performansi spoljnih zidova visokih zgrada u Novom Sadu izgrađenih u istraživanom periodu slične potrebama u drugim evropskim zemljama. Dodatno, uporedna analiza dominantnih sistema izgradnje i karakterističnih tipova spoljnih zidova prefabrikovanih zgrada u evropskim zemljama i Srbiji ukazuje na dosta sličnosti na osnovu čega se smatra da bi rezultati istraživanja zgrada u Novom Sadu bili šire primenljivi.

Tab. 2.3 – Sastav i termičke performanse montažnih i polumontažnih spoljnih zidova prefabrikovanih zgrada u Novom Sadu (adaptirano iz Laban i Folić, 2014)

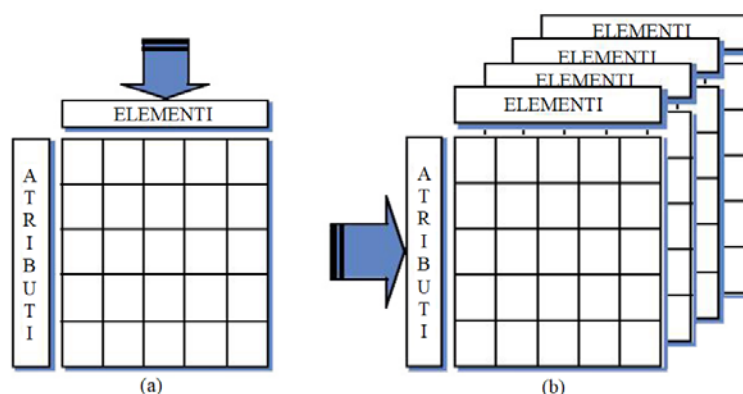
IMS				
Montažni fasadni panel i parapet	Polumontažni ventilisani spoljni zid	Ventilisani spoljni zid od lakih materijala	Polumontažni spoljni zid sa oblogom od fasadne opeke	Klasično zidani spoljni zid od opekarskih proizvoda
				
1. beton 6cm 2. EPS 6cm 3. beton 8cm	1. bet. montažna obloga 6cm 2. vazdušni sloj 2cm 3. EPS 6cm 4. puna opeka 6,5cm 5. produžni m.1,5cm	1. „eternit“ 1cm 2. vazdušni sloj 2cm 3. EPS 6cm 4. puna opeka 6,5cm 5. produžni m.1,5cm	1. šuplja opeka 12cm 2. EPS 4cm 3. armirani beton 8cm	1. fasadna šuplja opeka 2. EPS 2cm 3. bet. šuplji blokovi 20cm 4. produžni m. 1,5cm
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m²K)				
0,6	0,4	0,4	0,7	0,8
MONTASTAN				
				
1. cem. malter 2. giter blok 27cm 3. krečni malter 1,5cm	1. cem. malter 2. poliuretan 3. giter blok 27cm 4. krečni m. 1,5cm	1. cem. malter 2. porodirani giter blok 27cm 3. krečni m. 1,5cm	1. fasadna opeka 12cm 2. cem. malter 1,5cm 3. giter blok 27cm 4. krečni m. 1,5cm	1. cem. malter 1,5cm 2. giter blok 27cm 3. krečni m. 1,5cm 4. EPS 2cm 5. gips ploča 1cm
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m²K)				
1,4	0,7	< 0,93	1,1	0,8
NS 71				
Puni zidni panel	Fasadna membrana	Klasično zidani spoljni zid i parapet	Fasadni stub	
				
1. beton 6cm 2. keramzit beton 20cm 3. malter 1,5cm	1. kulije beton 6cm 2. EPS 6cm 3. keramzit beton 14cm 4. malter 1,5cm	1. natur ili kulije beton 8cm 2. blok od gas betona 12,5cm 3. malter 1,5c	1. fasadna šuplja opeka 12cm 2. blok od gas betona 10cm 3. malter 1,5cm	1. beton 60cm 2. malter 3cm
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m²K)				
1,78	0,5	1,5	1,4	2,2

2.2. Preskriptivni propisi i tehnički zahtevi za spoljne zidove visokih zgrada

Građevinski propisi i standardi postavljaju minimalne zahteve za kvalitetom zgrada, kako bi iste bile otporne, bezbedne, zdrave, energetski efikasne, trajne i dostupne korisnicima.

Građevinski propisi i standardi su u prošlosti uglavnom bili bazirani na preskriptivnom pristupu, gde se od svakog elementa zgrade zahteva da zadovolji propisane kriterijume. Poslednjih decenija uočeni su značajni napori u evoluciji građevinskih propisa od preskriptivnih do propisa usmerenih ka ciljanom ponašanju građevine (eng. *performance-based*).

Ako se zgrada posmatra kao matrica elemenata i svojstava (atributa), osnovna razlika tradicionalnog (preskriptivnog, implicitnog) pristupa i savremenog (holističkog, eksplicitnog, prema ponašanju) pristupa bi se mogla ilustrovati na način prikazan na Sl. 2.20. Kod tradicionalnog pristupa, elementi zgrade su ti koji se opisuju, preciziraju pa zatim izvode, što rezultira implicitnim skupom atributa. Kod savremenog pristupa se opisuju i specificiraju atributi zgrade, dok postoji sloboda u odabiru elemenata koji će zadovoljiti postavljene tehničke zahteve (attribute) (Foliente, 2000).



Sl. 2.20 – Matrica elemenata i atributa: (a) preskriptivni pristup i (b)holistički pristup, zasnovan na performansama (Foliente, 2000)

Kako bi objasnili suštinsku razliku, Ronchi i Nilson (2016) su, koristeći metaforu, uporedili ova dva pristupa sa načinima na koje kuvar može pripremiti obrok. Koristeći preskriptivni pristup, kuvar koristi knjigu recepata u kojoj su precizno definisani sastojci, postupci i „alati“ koje je neophodno da upotrebi kako bi pripremio ukusan obrok. Ako bi se vodio drugim pristupom, holističkim, kuvar bi bio u poziciji da prilikom pripreme obroka koristi bilo koji sastojak ili postupak sve dok je krajnji rezultat ukusno jelo.

Preskriptivni propisi su jednostavni za praćenje i primenu, jasno ukazujući na to šta je prihvatljivo tokom projektovanja. Međutim, suštinski nedostatak ovog pristupa je u posmatranju pojedinačnih elemenata, bez sagledavanja performansi celokupnog sistema što otežava optimizaciju mera koje je potrebno implementirati. Pristup se smatra izuzetno krutim, predstavljajući barijeru alternativnim i inovativnim rešenjima uz konstantno prisutnu potrebu za revidiranjem i modifikacijom postojećih zahteva.

Projektovanje prema ponašanju je obično alternativa preskriptivnim propisima, koje se primenjuje sa ciljem da se postupak projektovanja učini fleksibilnijim. Posmatrajući zgradu

kao celokupan sistem, stavljajući u fokus željene performanse, pristup omogućava primenu inovativnih, a ujedno i optimalnih rešenja. Kao glavni nedostatak ovog pristupa smatra se njegova složenost za primenu.

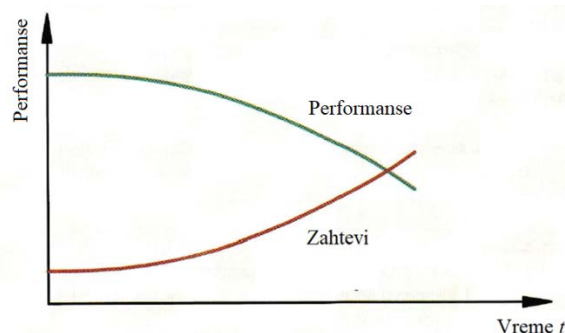
U većini zemalja EU formulacija zahteva uglavnom se zasniva na performansama, ali kako je ispunjenost ove vrste zahteva uglavnom teško dokaziva, oni su obično podržani i preskriptivnim zahtevima.

U oblasti građevinskih proizvoda, u Evropi postoji visok nivo harmonizacije propisa. Kako bi građevinski proizvodi i zgrade bili pogodni za predviđenu upotrebu, potrebno je da, u ekonomski prihvatljivom vremenu upotrebe, uz redovno održavanje, zadovolje 7 osnovnih zahteva (Zakon o građevinskim proizvodima, 2018; Regulation 305/2011), koji se odnose na:

1. mehaničku otpornost i stabilnost;
2. *bezbednost u slučaju požara;*
3. higijenu, zdravlje i životnu sredina;
4. bezbednost i pristupačnost prilikom upotrebe;
5. zaštitu od buke;
6. *uštedu energije i zadržavanje toplote;*
7. *održivo korišćenje prirodnih resursa.*

Isti zahtevi se odnose i na postojeće objekte koji se podvrgavaju obnovi.

Neposredno nakon izgradnje zgrada počinje da stari i njene performanse počinju da slabe (Dij. 2.10). Proces starenja zgrade obuhvata njeno fizičko starenje, kao i „zastarevanje“ u smislu nemogućnosti da odgovori zahtevima za performansama koji su neprestano podvrgnuti promenama uslovljenim društvenim okolnostima, novim trendovima, saznanjima i otkrićima, ekonomskim faktorima i slično, i koji, posledično, diktiraju evoluciju (pooštravanje) propisa. U procesu obnove, performanse zgrade, koje su zadovoljavale postavljene zahteve u vreme projektovanja i izgradnje, ali ne zadovoljavaju aktuelne zahteve, zahtevaju unapređenje.



Dij. 2.10 – Promena svojstava i zahteva za zgradu tokom vremena (adaptirano iz Radić, 2010)

Zahtevi za postojeće zgrade su u okviru građevinskih propisa definisani na različite načine. Identifikovana su dva osnovna pristupa (Pedro, Meijer & Visscher, 2010):

- (1) Opšti građevinski propisi primenjuju se na sve građevinske radove, ali za postojeće zgrade dozvoljava se ublažavanje odredbi (npr. Austrija, Kipar, Francuska, Letonija i Holandija).
- (2) Opšti građevinski propisi primenjuju se na nove zgrade (npr. Irska, Portugal, Slovenija, Engleska i Vels), a za postojeće zgrade su primenjivi u slučaju rekonstrukcije, adaptacije, dogradnje ili obimne obnove.

Preskriptivni propisi i tehnički zahtevi trajnosti, energetske efikasnosti i bezbednosti od požara spoljnih zidova visokih zgrada su sagledani kroz analizu aktuelnih zahteva u Evropi (uključujući RS), kao i analizu evolucije propisa u Srbiji.

Analiza aktuelnih zahteva spoljnih zidova zgrada u razvijenim evropskim zemljama je izvršena sa ciljem identifikacije željenog nivoa obnove, dok je cilj analize zahteva u RS sagledavanje performansi spoljnih zidova predmetnih zgrada, kao i utvrđivanje neophodnog nivoa obnove i potencijalnih ograničenja u pogledu odabira rešenja za obnovu.

2.2.1. Trajnost i životni vek zgrada

Trajnost i životni vek zgrade su međusobno usko povezani i neophodni za razumevanje života zgrada (Silva, Brito & Gaspar, 2016). I pored različitih definicija prisutnih u literaturi, koncepti počivaju na uniformnim idejama. *Trajnost* zgrade i njenih komponenti predstavlja njihovu sposobnost da, pod uticajem očekivanih mehanizama degradacije, tokom projektovanog veka trajanja zadrže zahtevane performanse, uz odgovarajući nivo održavanja i bez potrebe za većim popravkama. *Životni vek* (sinonimi: *upotrebniski/eksploatacioni/radni vek/period*) zgrade i njenih komponenti je vremenski period nakon izgradnje tokom koga su njihove zahtevane performanse iznad minimalno dozvoljenog nivoa.

Trajnost zgrade se u prošlosti dugo tretirala kao podrazumevana kategorija. Od zgrada se očekivalo da traju (što je duže moguće). Do Drugog svetskog rata zgrade su uglavnom izvođene od tradicionalnih (teških) materijala (kamena, opeke), u masivnom konstruktivnom sistemu, i smatralo se da je adekvatno projektovana i proračunata konstrukcija ujedno i trajna. Slično je bilo i sa zgradama od armiranog betona u posleratnom periodu - smatralo se da je dugotrajnost jedna od osnovnih svojstvenih osobina betona (Laban, 2012). Međutim, problemi degradacije izgrađenog okruženja, koji su postali evidentni nekoliko decenija kasnije, praćeni paradigmom održivosti, su ukazali na značaj trajnosti zgrade i njenih elemenata i uslovili sve veću zainteresovanost za pitanja (optimalne) trajnosti, koja danas predstavlja jednu od najaktuelnijih tema.

Zgrade i njene komponente moraju biti projektovane i izvedene tako da je upotreba prirodnih resursa održiva. Kao jedan od uslova za zadovoljenje ovog osnovnog zahteva navodi se trajnost objekta (Zakon o građevinskim proizvodima, 2018). Unapređenje trajnosti i produženje radnog veka zgrada su od ključnog značaja za održivost izgrađenog okruženja, jer direktno doprinose racionalnijem upravljanju resursima, smanjenju produkcije i odlaganja otpada, odnosno utiču na smanjenje negativnog uticaja zgrada na životnu sredinu (Kelly, 2007).

Trajnost građevinskih materijala i proizvoda ima ključni uticaj na performanse zgrade tokom eksploatacionog perioda (Kelly, 2007), i sve češće se priznaje da je održivost zgrada funkcija njihove trajnosti (Celadyn, 2014). Sprovedene analize za ekološko vrednovanje materijala (eng. *Life-cycle assessment, LCA*) pokazuju da, u proseku, životni vek zgrade od 80 godina smanjuje uticaj na životnu sredinu za 29%, 100 godina za 38% i 120 godina za 44%, u poređenju sa vekom trajanja od 50 godina (Marsh, 2017). Takođe, što je duži vremenski period u kome se zgrada koristi, niži je njen godišnji udeo utrošene energije upotrebljene za

izgradnju (Celadyn, 2014), što jasno ukazuje da unapređenje trajnosti zgrade ide u prilog težnji za smanjenjem utrošene energije u zgradama.

Do polovine 70-ih godina XX veka smatralo se da će beton biti trajan ako se ispune minimalno propisani zahtevi koji su se odnosili na debljinu zaštitnog sloja betona do armature (Narayanan & Beeby, 2005). Preskriptivni pristup projektovanja trajnosti betonskih konstrukcija obuhvata odabir odgovarajuće mešavine betona uz definisanje zahteva za čvrstoću, debljinu zaštitnog sloja betona i maksimalne širine prslina, u skladu sa uslovima sredine, dok holistički pristup obuhvata razmatranje odgovarajućih mehanizama degradacije radi utvrđivanja vrednosti za koju će biti dostignuta granica trajnosti (Radić, 2010).

Analiza problema trajnosti zgrada ukazuje na potrebu holističkog pristupa, zasnovanog na primeni naučnih istraživanja i inženjerskih principa, koji će omogućiti da se trajnost izrazi kvantitativno.

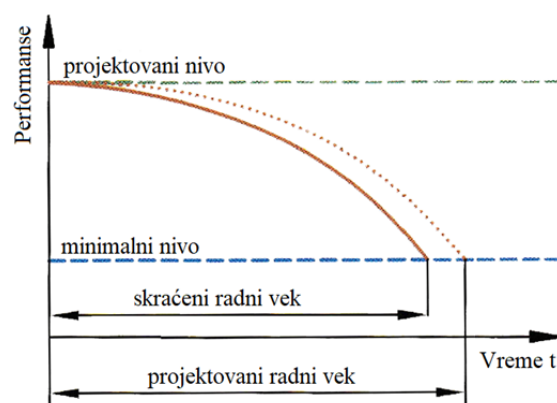
Iako je korisnost metodologija predviđanja životnog veka široko prihvaćena u naučnoj zajednici, usled kompleksnosti degradacionih pojava i nedostatka pouzdanih alata za njihovo modelovanje, kao i značajnih troškova za kvantifikaciju ulaznih parametara i obradu podataka, njihova primena je i dalje u početnoj fazi, uglavnom za značajnije objekte (Radić, 2010; Silva et al., 2016).

2.2.1.1. Faktori koji utiču na trajnost i životni vek zgrada

Neposredno nakon izgradnje zgrade započinje proces degradacije, usled čega vremenom dolazi do slabljenja njenih performansi (Dij. 2.11). Svaki građevinski materijal i komponenta podložni su postepenoj degradaciji kao rezultat entropije i uticaja spoljnih i unutrašnjih destruktivnih faktora (Celadyn, 2014).

Do skraćivanja životnog veka zgrade i njenih komponenti može doći usled fizičkog propadanja, ekonomskih i političkih razloga, nepovoljnog uticaja na životnu sredinu, bezbednosnih razloga, funkcionalne zastarelosti, promena u društvenom kontekstu, estetskih i drugih razloga. Čak i ako tokom vremena ne dođe do smanjenja početnih svojstava, do iscrpljenja životnog veka može doći usled pooštavanja zahteva (Silva et al., 2016).

Radni vek zgrade može biti fizički, funkcionalni i ekonomski. *Fizički radni vek* se vezuje za deterioraciju materijala i degradaciju elemenata zgrade. *Funkcionalni životni vek* je uslovljen zahtevima korisnika ili okruženja, dok *ekonomski upotrebnog vek* predstavlja period od izgradnje do trenutka kada se više ne isplati održavati zgradu ili njene komponente, već se kao isplativije rešenje nameće zamena dotrajalog elementa ili rušenje zgrade (Silva et al., 2016).



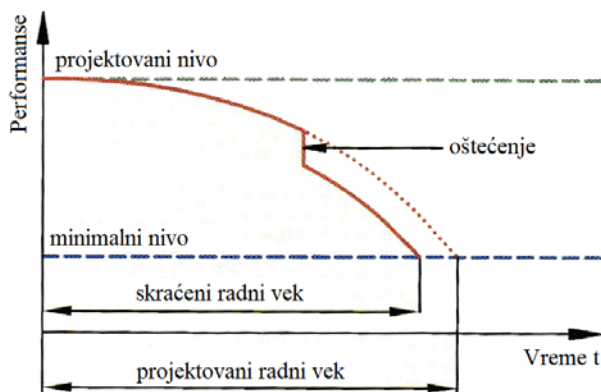
Dij. 2.11 – Skraćivanje upotrebnog veka usled bržeg napredovanja degradacije od predviđenog (Radić, 2010)

Do smanjenja fizičke trajnosti, odnosno do fizičkog propadanje zgrade, može doći usled:

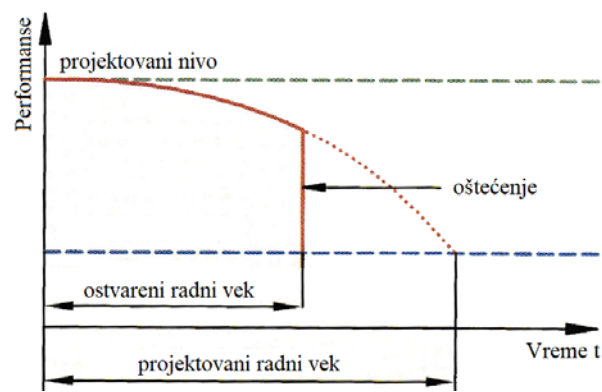
- procesa prirodnog starenja,
- spoljnih uticaja,
- grešaka u projektovanju i izvođenju,
- primene neadekvatnih materijala,
- neadekvatne zaštite izloženih komponenti,
- odsustva odgovarajućeg nivoa održavanja i dr.

Lokalni uslovi okoline često prevladavaju nad svim ostalim kao destruktori zgrada. U zavisnosti od geografskog položaja i klimatske zone, zgrade podležu različitoj brzini degradacije. Kao najrazorniji klimatski faktori navode se padavine, vetar i sunčevo zračenje. Optimalan izbor materijala i metoda njihove ugradnje, kao i inicijalno stanje građevinskih konstrukcija su presudni za njihovu dugovečnost. U ranoj fazi života, zgrada može biti izložena ubrzanom propadanju usled faktora kao što je, na primer, tehnološka vlaga koja se nalazi u materijalima koji su tek ugrađeni. Materijali ili komponente, autonomni unutar strukture, individualno mogu posedovati zadovoljavajuća svojstva, ali u kombinaciji sa drugim materijalima mogu da čine novi, manje stabilan sistem (Celadyn, 2014).

Kao posledica preopterećenja ili incidentnih dejstava, na elementima zgrade se mogu pojaviti oštećenja, koja u određenim slučajevima mogu da rezultuju naglim padom performansi zgrade (Radić, 2010). Ukoliko su ova svojstva i nakon pojave oštećenja iznad minimalno dozvoljenih, zgrada će i dalje ispunjavati svoju funkciju (Dij. 2.12). U suprotnom se smatra da je zgrada doživela kraj svog upotrebnog veka (Dij. 2.13).



Dij. 2.12 – Skraćenje upotrebnog veka usled oštećenja (Radić, 2010)



Dij. 2.13 – Iscrpljenje upotrebnog veka usled velikih oštećenja (Radić, 2010)

Brzina napredovanja degradacije je različita za pojedina svojstva. Spuštanje bilo kog svojstava ispod dozvoljenog nivoa označava kraj životnog veka zgrade što implicira da iscrpljenje radnog veka ne nastupa u trenutku kada se zgrada sruši, već mnogo ranije, kada ona više ne zadovoljava postavljene zahteve (Radić, 2010). U većini slučajeva, fizička degradacija nije glavni uzrok za donošenje odluke o rušenju zgrade. Deterioracija je uzrok rušenja u slučaju 17% zgrada (Palacios-Munoz, Peuportier, Gracia-Villa & López-Mesa, 2019), što implicira da se u većini slučajeva pristupa rušenju zgrada pre nego što dostignu fizički kraj života. Odluka o rušenju je najčešće uslovljena netehničkim faktorima, kao što su promena

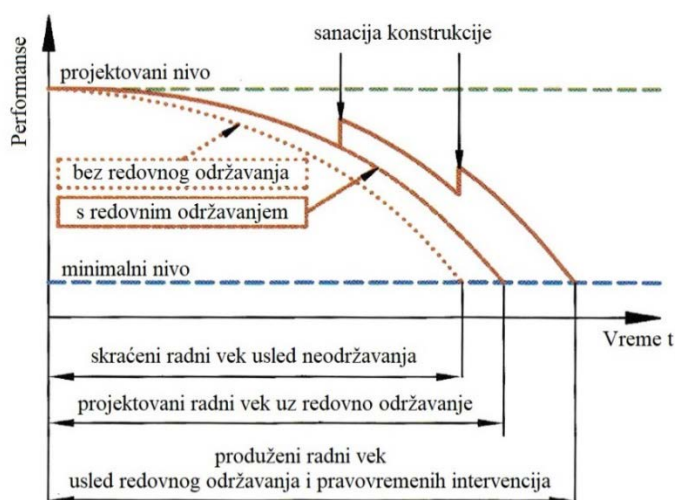
vrednosti zemljišta i nove investicije, promena namene, nedovoljni energetske i ekološki parametri, neadekvatno održavanje i drugo (Celadyn, 2014).

2.2.1.2. Održavanje i produženje životnog veka zgrade

Kako bi zgrade trajale u očekivanom vremenskom periodu, potrebno ih je redovno održavati i periodično obnavljati.

Održavanje zgrade jesu sve aktivnosti kojima se obezbeđuje očuvanje funkcija i svojstava zgrade u skladu sa njenom namenom, a naročito u cilju redovnog korišćenja i funkcionisanja zgrade (Zakon o stanovanju i održavanju zgrada, 2020). Pravovremenim i odgovarajućim postupcima održavanja značajno se može uticati na očuvanje ili ponovno uspostavljanje performansi zgrade i njenih komponenti tokom predviđenog životnog veka.

Na Dij. 2.14 je prikazan uticaj održavanja na produženje upotrebnog veka konstrukcije koji se može posmatrati i kao mogući scenariji održavanja fasade tokom životnog veka zgrade.



Dij. 2.14 – Životni vek konstrukcije na osnovu različitih scenarija održavanja (Radić, 2010)

Bez odgovarajućeg održavanja fasadnih elemenata, može doći do značajnog smanjenja njihovog integriteta i stabilnosti. Bez bilo kakvog održavanja, do kraja životnog veka elemenata fasade dolazi u relativno kratkom vremenskom periodu. Životni vek fasade je moguće produžiti pravovremenom zamenom njenih elemenata ili adekvatnim planiranjem i sprovođenjem preventivnih mera održavanja.

Rustempašić i Čaušević (2014) smatraju da najpovoljniji scenario održavanja zgrade podrazumeva scenario u kome se zgrada redovno periodično održava i koja, tokom svog eksploatacionog veka, ima minimalno jednu temeljnu intervenciju, koja obuhvata zamenu građevinskih elemenata i materijala ili njihovu sanaciju. Na ovaj način, u odnosu na sve ostale scenarije, moguće je značajno produžiti životni vek zgrade.

U okviru održavanja zgrade potrebno je sprovesti redovne preglede sa ciljem utvrđivanja i ocene stanja konstrukcije i njenih elemenata. U zavisnosti od vremenskog intervala u kom se vrše i obima radnji koje se sprovode, redovni pregledi mogu biti (Pravilnik za građevinske konstrukcije, 2020):

- 1) osnovni pregledi
- 2) glavni pregledi
- 3) monitoring

Osnovni pregledi imaju za cilj utvrđivanje opšteg stanja konstrukcije i obuhvataju uvid u raspoloživu dokumentaciju i vizuelni pregled stanja glavnih elemenata građevinske konstrukcije koji su bitni za nosivost, stabilnost i otpornost na požar građevinske konstrukcije i za pravilno funkcionisanje objekta, čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika objekta i/ili izazvana značajna materijalna šteta.

Glavni pregledi imaju za cilj utvrđivanje stanja konstrukcije i njenih elemenata kroz vizuelni pregled, merenja, ispitivanja i uvid u dokumentaciju objekta, uređaja i opreme (tehnička dokumentacija, građevinski dnevnik, izjave, potvrde, izveštaji, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici, otpremnice i sl.).

Monitoring obuhvata kontinualno osmatranje ponašanja zgrade i njenih elemenata.

Kao posledica vanrednih događaja, kao što su npr. zemljotresi, poplave, požari i drugo, može se ukazati potreba za *vanrednim pregledom* i *vanrednim održavanjem*.

Preventivno (tekuće) održavanje može biti planirano i proaktivno (Radić, 2010). *Planirano preventivno održavanje* se sprovodi periodično, prema unapred definisanom planu i programu, čak i u slučajevima kada nije uočena degradacija elemenata zgrade. *Proaktivno preventivno održavanje* podrazumeva *korektivno održavanje* i obuhvata mere koje je neophodno preduzeti kada se tokom praćenja stanja (pregleda) zgrade utvrdi narušenost zahtevanih performansi zgrade ili njenih komponenti, koje su još uvek iznad minimalno dozvoljenog nivoa.

U slučaju da se prilikom procene stanja utvrdi da su performanse zgrade i njenih komponenti narušene u meri da ne ispunjavaju ni minimalne zahteve, neophodno je preduzeti aktivnosti sa ciljem unapređenja performansi na nivo iznad dozvoljenog.

Intervencije koje se sprovode u okviru aktivnosti održavanja zgrade obuhvataju zahvate u vidu popravki, sanacija, zamene elemenata, ojačanja i slično. Intervencije imaju za cilj da poprave trenutno stanje zgrade ili njenih komponenti i poboljšaju njihove performanse i na taj način produže njihov upotrebnii vek.

Adekvatno planirane i implementirane aktivnosti održavanja zgrade omogućavaju produženje njenog životnog veka, te doprinose unapređenju trajnosti i održivosti zgrade.

Kako bi aktivnosti održavanja bile sprovedene pravovremeno, odnosno kako ne bi došlo do preuranjenih ili zakasnelih (hitnih) intervencija, potrebno je razumeti procese degradacije zgrade i njenih komponenti. Dodatno, u cilju definisanja neophodnog stepena intervencije, potrebno je izvršiti procenu stanja zgrade, odnosno njenih elemenata, i procenu preostalog upotrebnog veka.

2.2.1.3. Aktuelni zahtevi u evropskim zemljama

U propisima i standardima, zahtev za trajnošću zgrade se definiše kroz proračunski upotrební vek, izražen u godinama.

Mnoge zemlje Evrope su razvile nacionalne standarde i uputstva za olakšavanje planiranja životnog veka zgrada. Ono što je evidentno jeste da ne postoji koncenzus o životnom veku zgrada. Tako su u standardima za proračun konstrukcija prisutne različite proračunske vrednosti životnog veka zgrada. Najčešće se za proračunski (referentni) životni vek uzima vrednost od 50 godina (Palacios-Munoz et al., 2019).

I pored značajnih napora koji se ulažu u razvoj alata za procenu trajnosti i radnog veka zgrada i njihovih komponenti, u Evropi trenutno ne postoje standardizovane metode, ali razvijeni su brojni standardi i smernice u pravcu njihovog uspostavljanja.

U *Britanskom vodiču za trajnost građevinskih elemenata, proizvoda i komponenti* (BS 7543, 1992) navedene su različite metode za predviđanje radnog veka građevinskih proizvoda (Silva et al., 2016):

- kroz prethodno iskustvo, na osnovu ponašanja zgrada;
- procenom nivoa degradacije elemenata;
- putem ubrzanih testova starenja.

BS 7543 predlaže da se životni vek zgrada definiše u zavisnosti od njihove namene, te zgrade svrstava u pet kategorija (Tab. 2.4).

Tab. 2.4 – Kategorije životnog veka zgrada (BS 7543, 1992)

Kategorija	Opis	Zahtevani životni vek (godina)	Primeri
1	Privremene zgrade	< 10	Barake, privremene egzibicione zgrade
2	Kratak životni vek	10	Privremene učionice, skladišta
3	Srednji životni vek	30	Industrijske zgrade, obnovljenje zgrade
4	Normalan životni vek	60	Zdravstvene ustanove, stambene i edukativne zgrade
5	Dug životni vek	120	Javne zgrade i zgrade visokog kvaliteta

Na osnovu preporuka *Međunarodnog udruženja Laboratorija za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija (RILEM)*, *Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO)* je predložila međunarodni standard sa predviđanje životnog veka zgrada ISO 15686. Standard je inspirisan japanskim opštim Vodičem za planiranje životnog veka zgrada (Architectural Institute of Japan [AIJ], 1993), prvim normativnim dokumentom koji se bavi trajnošću i radnim vekom zgrada i njihovih komponenti, razvijenim 1989. godine od strane Arhitektonskog instituta Japana. Standard se sastoji iz 11 delova koji definišu osnovne principe, okvire i procedure predložene metodologije i smatra se jednim od najrelevantnijih izvora informacija u kontekstu predviđanja životnog veka. Dodatno, standard definiše kriterijume funkcionalnih performansi koje je potrebno zadovoljiti u fazi projektovanja i tokom životnog ciklusa građevina, na osnovu čega je moguće definisati preostali životni vek.

Standard karakteriše komponente zgrade kao zamenljive, pogodne za održavanje ili trajne (Tab. 2.5).

Tab. 2.5 – Predložen životni vek komponenti zgrade prema ISO 15686-1 (2011)

Životni vek zgrada (godina)	Komponente zgrade		
	Trajne (nepristupačne ili konstruktivne komponente zgrade, ili komponente čija je zamena skupa ili otežana)	Pogodne za održavanje (čija je zamena moguća)	Zamenljive (instalacije)
100	100	40	25
60	60	40	25
25	25	25	25
15	15	15	15
10	10	10	10

Za postojeće zgrade preostali radni vek se određuje na osnovu procene stanja elemenata zgrade, kao i materijala od koga su elementi izvedeni. U oba slučaja (i za nove i za postojeće zgrade) standardi se odnose na komponente i materijale, dok relevantni standardi za procenu stanja celokupnog objekta ne postoje (Silva et al., 2016; Häkkinen, 2012).

Dokumenta i smernice ove vrste imaju i zemlje kao što su Danska, Norveška i Holandija. U Norveškoj je razvijen standard koji utvrđuje kriterijume performansi, kao preporuke za održavanje i sanaciju zgrada (NS 3422, 1994). U Danskoj se preko odbora *Danskog fonda za nedostatke zgrada* promovišu projekti koji imaju za cilj da smanje nedostatke u zgradama, poboljšavajući njihove performanse. U Holandiji su definisani prvi standardi zasnovani na zahtevima performansi, koji su naknadno stvorili osnovu za razvoj direktive o građevinskim proizvodima (Silva et al., 2016).

Problematikom trajnosti i predviđanja životnog veka aktivno se bave i organizacije, kao što su RILEM i *Međunarodno veće za istraživanje i inovacije u građevinarstvu* (CIB).

Problem trajnosti u izgradnji postepeno je prihvaćen i u pojedinim propisima održive arhitekture. *Međunarodni kodeks zelene gradnje* (IGCC) je model dokumenta koji ima za cilj promociju pravnih akata koji se tiču održive izgradnje, kao i ohrabrivanje njenog uvođenja u nacionalne građevinske propise (Celadyn, 2014).

Trajnost betonskih konstrukcija je pokrivena standardima EN 1990 (2002), EN 1992-1-1 (2004), EN 13670 (2009), EN 13369 (2018) i EN 206 (2013), koji daju opšti okvir za projektovanje, dok su minimalni zahtevi trajnosti parametri koji se definišu na nacionalnom nivou, prema specifičnim uslovima i okolnostima.

Konstrukcija mora da bude proračunata tako, da njena degradacija posle isteka eksploatacionog veka, ne utiče na smanjenje nivoa ponašanja konstrukcije ispod određene mere, imajući odgovarajući uvid u njenu sredinu i predviđeni nivo održavanja.

EN 1990 (2002) daje indikativni očekivani vek trajanja za zgrade od 50 godina (Tab. 2.6).

Tab. 2.6 – Indikativni proračunski eksploatacioni vek prema EN 1990 (2002)

Kat. proračunskog ekspl. veka	Indikativni proračunski eksploatacioni vek (godina)	Primeri
1	10	Privremene konstrukcije
2	10-25	Zamenljivi delovi konstrukcije
3	15-30	Poljoprivredne i slične konstrukcije
4	50	Konstrukcije zgrada i druge jednostavne konstrukcije
5	100	Konstrukcije monumentalnih zgrada, mostovi

Smatra se da je beton u konstrukciji trajan ako su zadovoljeni sledeći zahtevi trajnosti za predviđenu upotrebu u određenim uslovima sredine:

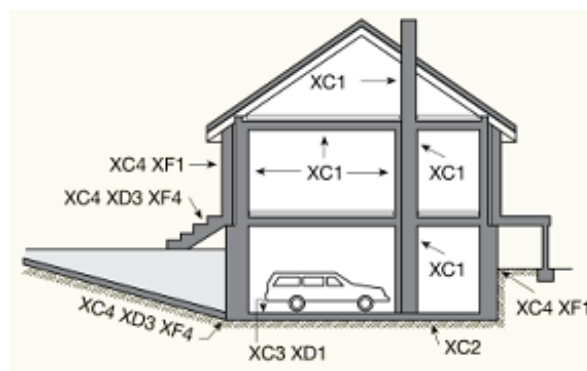
- izabrane su odgovarajuće klase izloženosti;
- beton ima minimalnu debljinu zaštitnog sloja armature u skladu sa odgovarajućim standardom za proračun za određene uslove sredine;
- beton je pravilno ugrađen, zbijen i negovan;
- primenjeno je odgovarajuće održavanje tokom veka upotrebe.

Na osnovu hemijskih i fizičkih uslova sredine kojima se konstrukcija i njeni elementi izlažu, definisano je 6 klasa izloženosti, koje su dodatno podeljene u podklase, u zavisnosti od stepena izloženosti (Sl. 2.21) (EN 206, 2013):

1. XO - bez opasnosti od korozije armature ili drugih agresivnih dejstava
2. XC - korozija armature izazvana karbonacijom (XC1-XC4)
3. XD - korozija armature izazvana hloridima (XD1-XD3)
4. XS - korozija armature izazvana hloridima iz morske vode (XS1-XS3)
5. XF - korozija betona izazvana agresijom od uticaja zamrzavanja/topljenja (XF1-XF4)
6. XA - korozija betona izazvana hemijskom agresijom (XA1-XA3)

Zahtevi za svaku klasu izloženosti moraju biti utvrđeni u pogledu:

- dozvoljenih tipova i klasa sastojaka;
- maksimalnog vodocementnog faktora;
- minimalne količine cementa;
- minimalne klase čvrstoće pri pritisku betona (opciono);
- minimalnog sadržaja vazduha u betonu (ako je relevantno).



Sl. 2.21 – Primer klase izloženosti pojedinih elemenata zgrade (VM civil)

Spoljni zidovi stambenih zgrada mogu pripasti klasi XC, odnosno podklasama XC3 (ukoliko su zaklonjeni od kiše) ili XC4 (ukoliko su izloženi cikličnom vlaženju i sušenju); i klasi XF, odnosno podklasi XF1 usled izloženosti kiši i zamrzavanju.

U Tab. 2.7 su date preporučene granične vrednosti za sastav i svojstva betona spoljih zidova zgrada izloženih spoljnim uticajima. Vrednosti su bazirane na prepostavci o predviđenom

upotrebnom veku konstrukcije od najmanje 50 godina i odnose se na upotrebu običnih cemenata i agregata normalne težine sa veličinom maksimalnog zrna 20-32 mm. Minimalne klase čvrstoće dobijene su iz odnosa vodocementnog faktora i klase čvrstoće betona spravljenog sa cementom klase čvrstoće 32,5.

Tab. 2.7 – Preporučene granične vrednosti za sastav i svojstva betona izloženih spoljnih zidova zgrada (EN 206, 2013)

Parametri	XC4	XF1
$(w/c)_{\max}$	0,50	0,55
Minimalna količina cementa, kg/m ³	300	
Minimalna klasa čvrstoće	C30/37	
Minimalan sadržaj vazduha (%)	-	

Države Evrope na nacionalnom nivou definišu minimalne zahteve trajnosti, na osnovu čega preporuke za klasu izloženosti i granične vrednosti za sastav i svojstva betona spoljnih zidova zgrada izloženih kiši i/ili mrazu značajno variraju (Tab. 2.8).

Tab. 2.8 – Preporuke za klasu izloženosti i granične vrednosti za sastav i svojstva betona izloženih spoljnih zidova zgrada u državama Evrope (Muller, 2012)

Država	Austrija	Belgija	Češka	Danska	Finska
Klasa izloženosti	XC1+XF1	XC4+XF1	XC1-XC4 /XF1	XC2-XC4, XF1,XA1	XC3/XC4, XF1
$(w/c)_{\max}$	0,55	0,50	0,50/0,55	0,55	0,6
Min. količina cementa, kg/m ³	300	320	300	150	250
Min. klasa čvrstoće	-	C30/37	C30/37	C25/30	C25/30
Država	Nemačka	Irska	Italija	Luksemburg	
Klasa izloženosti	XC4+XF1	XC4+XF1	XC1	XC2+XF1	XC4+XF1
$(w/c)_{\max}$	0,60	0,55	0,60	0,50	0,60
Min. količina cementa, kg/m ³	280	320	300	320	280
Min. klasa čvrstoće	C25/30	C30/37	C25/30	C32/40	C25/30
Država	Holandija	Norveška	Portugalija		
Klasa izloženosti	XC3	XC4+XF1	XC4+XF1	XC4+XF1	
$(w/c)_{\max}$	0,55	0,50	0,60	0,60	0,55
Min. količina cementa, kg/m ³	280	300	250	280	300
Min. klasa čvrstoće	-	-	-	-	C30/37
Država	Švedska	Švajcarska	UK		
Klasa izloženosti	XC4+XF1	XC4+XF1	XC3/4+XF1		
$(w/c)_{\max}$	0,5	0,50	0,60		
Min. količina cementa, kg/m ³	300	300	280		
Min. klasa čvrstoće	-	-	C28/35		

U Tab. 2.9 su prikazani zahtevi za minimalnom debljina zaštitnog sloja betona, s obzirom na uslove sredine, za spoljne zidove zgrada izložene vlazi i/ili mrazu. Za zidove stambenih zgrada (klasa S4) minimalna zahtevana debljina zaštitnog sloja iznosi 30,0 mm.

Tab. 2.9 – Zahtevi za minimalnom debljinom zaštitnog sloja betona, s obzirom na uslove sredine, za spoljne zidove izložene vlazi i/ili mrazu (EN 1992-1-1, 2004)

Klasa konstrukcije	Zahtevi za $c_{min,dur}$ s obzirom na uslove sredine, mm
S1	15
S2	20
S3	25
S4	30
S5	35
S6	40

Za spoljne zidove sa izloženim agregatom ili sa kanelurama minimalni zaštitni sloj bi trebalo povećati za najmanje 5,0 mm. Na minimalnu debljina zaštitnog sloja, s obzirom na uslove sredine, preporuka je dodati još 10,0 mm (Δc_{dev}), usled odstupanja u izvođenju usled kojeg bi se smanjio zaštitni sloj.

Zahtevanu debljinu je dozvoljeno smanjiti za 5,0 mm u slučaju:

- klase čvrstoće $\geq C40/50$
- elementi čija geometrija odgovara pločama (postupak građenja nema uticaj na položaj armature)
- obezbeđena posebna kontrola kvaliteta proizvodnje betona

Za AB elemente klase izloženosti XC3 i XC4 preporučena vrednosti za maksimalnu širinu prslina iznosi 0,3 mm (EN 1992-1-1, 2004).

Za projektovanje prefabrikovanih betonskih elemenata uspostavljeni su dodatni zahtevi koji se odnose na spojeve i spojnice između elemenata (EN 1992-1-1, 2004).

Od materijala koji se koriste za spojnice zahteva se da budu:

- stabilni i trajni za proračunski eksploatacioni vek konstrukcije;
- hemijski i fizički kompatibilni;
- zaštićeni od nepovoljnih hemijskih i fizičkih uticaja;
- otporni na dejstvo požara u istoj meri kao i konstrukcija.

Metalna spojna sredstva za fasadne obloge, klase izloženosti drugačije od XO i XC1, koja nisu zaštićena od uticaja sredine, moraju da budu izvedena od materijala otpornog na dejstvo korozije. Ukoliko su takvi elementi dostupni kontroli, može da se koristi i materijal sa zaštitnim premazom.

U kontekstu trajnosti, pri projektovanju konstrukcija, Evrokodovi ne primenjuju koncepte projektovanja prema ciljanom ponašanju. Naime, u vreme nastanka ovih standarda, obezbeđivanje trajnosti konstrukcija se zasnivalo na iskustvenim preporukama, dok poznavanje procesa deteriorizacije AB konstrukcija nije bilo na zavidnom nivou, a nisu postojali ni odgovarajući matematički modeli.

2.2.1.4. Evolucija propisa i aktuelni zahtevi u Republici Srbiji

Pitanja trajnosti u Republici Srbiji regulisana su *Zakonom o građevinskim proizvodima* (2018), kao i *Zakonom o planiranju i izgradnji* (2020).

Nivo kvaliteta izrade spoljnih zidova zgrada regulisan je *Pravilnikom o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje završnih radova u građevinarstvu* (1990). Pod trajnošću završnih radova podrazumeva se trajnost obrađenih - ugrađenih elemenata koji su projektovani na osnovu posebnih tehničkih uslova za pojedine vrste završnih radova. Pri izradi investiciono-tehničke dokumentacije zahteva se da se navedu elementi objekta čija trajnost zavisi od određenih radova na obnavljanju i da se definišu postupci i vremenski intervali u kojima treba raditi na njihovom održavanju, obnavljanju ili zameni.

Zahteva se da konstrukcija stambene zgrade, kao i ostali elementi materijalizacije objekta (fasadni zidovi i otvori, krovovi i dr.) moraju biti projektovani od pogodnih, atestiranih materijala trajnog karaktera. Sve površine i spojevi spoljašnjeg omotača zgrade moraju biti trajno zaštićeni od uticaja vetrova kao i prodora atmosferskih i podzemnih voda, pravilnim projektantskim rešenjima, primenom i ugrađivanjem odgovarajućih, građevinskih materijala (*Pravilnik o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova*, 2015).

U cilju sprečavanja oštećenja koja nastaju upotrebom zgrade ili radi otklanjanja tih oštećenja sprovode se aktivnosti tekućeg održavanja zgrade, a koje se sastoje od pregleda, popravki i preduzimanja preventivnih i zaštitnih mera, odnosno preduzimanja svih aktivnosti kojima se obezbeđuje održavanje zgrade na zadovoljavajućem nivou upotrebljivosti. Pod zadovoljavajućim nivoom upotrebljivosti podrazumeva se stanje zgrade i njenih elemenata koje je u skladu sa tehničkom dokumentacijom na osnovu koje je zgrada izgrađena i propisima koji uređuju oblast izgradnje, odnosno da je zgrada bezbedna za korišćenje. Provera stanja fasadnih zidova vrši se u intervalu 5-7 godina ili ranije ukoliko se za to ukaže potreba (*Pravilnik o vrsti, obimu i dinamici aktivnosti tekućeg i investicionog održavanja zgrada i načinu sačinjavanja programa održavanja*, 2017).

Izuzev navedenim Zakonima, trajnost betonskih konstrukcija regulisana je *Pravilnikom za građevinske konstrukcije* (2020).

U oblasti projektovanja građevinskih konstrukcija, već niz godina je u toku prelazak na evropske norme, te su zahtevi trajnosti betonskih konstrukcija definisani standardima koji se bave projektovanjem konstrukcija SRPS EN 1990 (2012) i SRPS EN 1990/NA (2012), SRPS EN 1992-1-1 (2015) i SRPS EN 1992-1-1/NA (2015) i standardima koji se bave specifikacijom betona SRPS EN 206-1 (2021) i SRPS U.M1.206 (2013).

Za vertikalne elemente na spoljašnjim zidovima zgrada (nezaštićene fasade i ograde na balkonima/terasama) izložene kiši preporučene su klase izloženosti XC4, ukoliko ne postoji opasnost od zamrzavanja, i XC4+XF3, ukoliko postoji opasnost od zamrzavanja, što predstavlja jako agresivnu sredinu (IV).

U Tab. 2.10 su dati zahtevi za specifična svojstva betona predviđenog za ugradnju u spoljne zidove zgrada i preporučene vrednosti parametara sastava svežeg betona.

Tab. 2.10 – Preporučene vrednosti parametara sastava svežeg betona i zahtevi za specifična svojstva betona za ugradnju u spoljne zidove zgrada i minimalni zaštitni sloj betona, za konstrukcije klase S4, sa projektovanim vekom trajanja od 50 godina (SRPS U.M1.206, 2013)

Preporučeni i zahtevani parametri i svojstva	Jaka klasa agresivne sredine (IV)		
	XC4	XC4 + XF3	
(w/c) _{max}	0,50	0,55ae*	0,5
Minimalna količina cementa, kg/m ³	380	360	380
Čvrstoća na pritiska		C30/37	
Vodonepropustljivost		V-II	
Otpornost na dejstvo mraza	-		M-200
c _{min, dur} , mm		30	

* za aerirani beton

Za visokokvalitetne zaštitne slojeve betona za armaturu u projektu konstrukcije propisuje se klasa vodonepropustljivosti. U slučaju spoljnih zidova zgrada zahteva se da beton bude klase V-II, odnosno da najveći dozvoljeni prodor vode pod pritiskom, na osnovu ispitivanja sprovedenih prema standardu SRPS EN 12390-8 (2019), ne bude veći od 30,0 mm (+10,0 mm – najveće dozvoljeno odstupanje pojedinačnih rezultata ispitivanja).

Za spoljne zidovi klase izloženosti XC4+XF3 projektom se zahteva da ispune uslov kvaliteta za M-200 marku otpornosti na dejstvo mraza, gde 200 predstavlja broj ciklusa naizmeničnog zamrzavanja i odmrzavanja koji moraju izdržati tela ispitana prema standardu SRPS U.M1.016, pri čemu prosečna čvrstoća pri pritisku zamrzavanih tela mora iznositi najmanje 75% od prosečne čvrstoće pri pritisku koju imaju nesmrzavana tela ekvivalentne starosti.

Nacionalni zahtevi minimalne debljine zaštitnog sloja betona u pogledu trajnosti odgovaraju zahtevima uspostavljenim u osnovnom dokumentu EN 1992-1-1 (2004).

Obezbediti trajnost zgrade za vreme od najmanje 60 godina u uslovima normalnog održavanja je bio jedan od zahteva prilikom izgradnje zgrada u Srbiji u periodu nakon Drugog svetskog rata. Zahtevalo se da materijali, elementi i konstrukcije koji se upotrebljavaju za građenje zgrada imaju dovoljan stepen sigurnosti i otpornosti prema dejstvu svih sila i uticaja kojima mogu biti izloženi (Pravilnik o minimalnim tehničkim uslovima za izgradnju stanova, 1967).

Trajnost betonskih konstrukcije tretirana je kroz određivanje zaštitnog sloja betona do uzengije, u početku na osnovu *Privremenog tehničkog propisa za beton i armirani beton* iz 1947. godine, a kasnije na osnovu *Pravilnika o tehničkim merama i uslovima za beton i armirani beton* iz 1971. godine i *Pravilnika o tehničkim normativima za beton i armirani beton* iz 1987. godine koji je bio na snazi do prelaska na EN norme.

Minimalna debljina zaštitnog sloja betona zavisila je od vrste elementa i sredine u kojoj se on nalazi, odnosno da li je „unutra“ u zatvorenoj prostoriji, „napolju“ gde je izložen atmosferskim uticajima ili je u dodiru sa zemljom ili vodom, ili je element na „nedostupnom mestu“, tj površine betona posle betoniranja više nisu dostupne kontroli. Propisne debljine zaštitnih slojeva je bilo potrebno povećati za najmanje 1,0 cm slučaju da na konstrukciju deluje visoka temperatura (npr. požar), agresivne tečnosti ili morska voda, štetni gasovi ili je

element često izložen vlazi. Isto tako, debljinu zaštitnog sloja je bilo potrebno povećati za najmanje 1,0 cm u slučaju da se predviđala površinska obrada betona.

Za spoljne zidove zgrada minimalna zahtevana debljina zaštitnog sloja betona iznosila je 2,0 cm.

Iako se smatralo da su vodonepropustljivost betona i otpornost protiv dejstva mraza važne karakteristike betona, u tadašnjoj državi nisu postojale standardizovane metode ispitivanja i kriterijumi za ocenu kvaliteta na ova dejstva. Preporučivali su se standardi GOST 4800 i DIN 1045 ili 1048. Navedeno je da je radi obezbeđenja potrebne otpornosti na dejstva agresivnih uticaja sredine potrebno propisati odgovarajuće mere (Jevtić, Radosavljević, Živković, Miladinović i Ačić, 1974).

Kako se smatralo da cementni film oko armature pruža pouzdanu i trajnu zaštitu, radi zaštite armature od korozije bila je propisana minimalna količina cementa u betonu. Za armirani beton izložen atmosferskim uticajima zahtevala se minimalna količina cementa od 300 kg/m³. Bilo je dozvoljeno količinu cementa smanjiti na 250 kg/m³, ali samo pod uslovom da se eksperimentalno dokaže da beton poseduje potrebnu vodonepropustljivost i otpornost protiv dejstva mraza. Ako je beton izložen dejstvu agresivne sredine, zahtevano je minimalno 350 kg/m³ cementa.

Za montažne elemente od armiranog betona, kao i za zidne nosače i platna koja su se izvodila u klizajućoj ili pokretnoj oplati, zahtevalo se da beton poseduje klasu čvrstoće najmanje MB20.

Zahtevalo se da beton za zalivanje spojeva montažnih elemenata ima najmanje kvalitet koji imaju elementi koji se spajaju.

Godine 1987. *Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za beton i armirani beton* je zamenjen *Pravilnikom o tehničkim normativima za beton i armirani beton* kojim je uvedena klasifikacija betonskih konstrukcija u klase izloženosti u zavisnosti od uslova okoline. Uspostavljeno je 5 klasa izloženosti:

1. Suha okolina
2. Vlažna sredina (bez smrzavanja i uz smrzavanje)
3. Vlažna okolina uz smrzavanje i soli za odmrzavanje
4. Maritimna sredina (bez smrzavanja i uz smrzavanje)
5. Hemijski agresivna okolina (mali, srednji i jaki stupanj)

U Tab. 2.11 su prikazani zahtevi za minimalnom debljinom zaštitnog sloja betona u zavisnosti od agresivnosti sredine, marke betona i od vrste konstrukcije, za elemente i konstrukcije betonirane na licu mesta.

Za montažne elemente i konstrukcije, proizvedene u fabričkim uslovima, dozvoljavalo se smanjenje debljine zaštitnog sloja za 0,5 cm.

Pravilnikom nije bilo predviđeno povećanje debljine zaštitnog sloja usled mogućih odstupanja tokom izvođenja elemenata. Dodatno se navodi da prethodna (loša) iskustva sa korozijom betona i armature u tadašnjoj državi ukazuju da *pitanju izbora zaštitnog sloja betona i posebnih mera zaštite površine betona treba posvetiti posebnu pažnju kao prvorazrednom,*

pre svega ekonomskom, problemu, odnosno uslovu za obezbeđivanje trajnosti savremenih betonskih konstrukcija. Navodi se i da je kvalitetu zaštitnog sloja za površine betona koje ostaju bez naknadne zaštite (natur beton) treba posvetiti posebnu pažnju.

Za prefabrikovane zidne panele zahtevalo se da minimalna klasa čvrstoće zadovolji MB25.

Tab. 2.11 – Zahtevi za minimalnom debljinom zaštitnog sloja za elemente i konstrukcije betonirane na licu mesta (Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton, 1987)

Agresivnost sredine	Marka betona	
	< MB 25	≥ MB 25
Slaba	2	1,5
Srednja	2,5	2,0
jaka	3,5	3,0

Na osnovu analize propisa jasno je da je, pri projektovanju i izgradnji zgrada u istraživanom periodu, vrlo malo pažnje posvećivano aspektima trajnosti i održavanja zgrada. Slična je situacija i danas kada se gotovo ništa ne preduzima u smislu održavanja i obnove postojećeg stambenog fonda. Kao rezultat, stambeni fond izgrađen u analiziranom vremenskom periodu je u velikoj meri degradiran i odlikuje ga zastarelost elemenata, uključujući fasadne elemente.

2.2.2. Energetska efikasnost i termička zaštita zgrada

Početak druge polovine XX veka, zahtevi kvaliteta termičke zaštite su prvenstveno bili orijentisani ka zadovoljenju uslova komfora. Zahtevi su uglavnom postojali u skandinavskim zemljama i odnosili su se na izolaciju zgrada (Laustsen, 2008). Energetska kriza, prouzrokovana povećanjem cene nafte, koja je zadesila svet početkom 70-ih godina je podstakla povećanje svesti o ograničenosti prirodnih resursa na Zemlji i značajno uticala na rađanje ideje o racionalnijoj potrošnji energije, a samim tim i na razvoj zahteva za energetsom efikasnošću. Od tada većina razvijenih zemalja je u okviru nacionalne regulative počela da uključuje mere za unapređenje energetske efikasnosti.

Energetski efikasna zgrada je zgrada koja troši minimalnu količinu energije uz obezbeđenje potrebnih uslova komfora. *Uslovi komfora* mogu biti termički, vazdušni, vizuelni i zvučni i predstavljaju uslove u kojima se korisnik objekta oseća ugodno. *Toplotni ili termički komfor* je obezbeđen kada je postignuta toplotna ravnoteža organizma i predstavlja psihološko stanje koje odgovara ugodnom osećaju toplotnih uslova u prostoru. *Svetlosni ili vizuelni komfor* predstavlja uslove koji omogućavaju dobro viđenje, tačno i brzo opažanje uz minimalno naprezanje očiju. *Vazdušni komfor* predstavlja uslove kojima se obezbeđuje potrebna količina čistog vazduha u zgradi, odnosno kojim se obezbeđuje kvalitet vazduha koji je bez rizika po zdravlje korisnika. *Zvučni komfor* predstavlja uslove u kojima je nivo buke u prostoriji takav da ne izaziva osećaj neprijatnosti (Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, 2011).

Ušteda energije i zadržavanje toplote predstavljaju jedan od osnovnih zahteva koje bi zgrada i građevinski proizvodi u procesu obnove trebalo da zadovolje (Zakon o građevinskim proizvodima, 2018; Regulation 305/2011).

Pri obnovi zgrada, predložene mere unapređenja energetske performansi zgrade je neophodno vrednovati sprovođenjem uporedne analize trenutnog stanja i unapređenog stanja. Uporedna analiza može biti zasnovana na pojednostavljenim preskriptivnim metodama, procenom performansi elementa koji je podvrgnut obnovi, ili se može primeniti holistički pristup, kroz procenu performansi celokupnog objekta primenom simulacionih programskih paketa. Preskriptivni propisi postavljaju minimalne zahteve za energetske performansi za svaku komponentu zgrade. Propisi obično definišu dozvoljene nivoe toplotnih gubitaka (koeficijent prolaza toplote) za prozore, krovove i zidove. Da bi bio u skladu sa preskriptivnim propisom, svaki deo zgrade mora da ispunjava svoju specifičnu vrednost. Pristup performansi zahteva integrisano projektovanje zasnovano na holističkoj proceni energetske performansi zgrade, odnosno posmatranje zgrade kao sistema. Energetske performanse zgrade određuju se na osnovu proračunate ili izmerene količine primarne energije koja je potrebna kako bi bile zadovoljene energetske potrebe, iskazane numerički, u kWh/m² na godišnjem nivou (Directive 2018/844).

Pri proceni energetske efikasnosti zgrade neophodno je poznavati osnovne principe fizike zgrade, koji se odnose na toplotnu zaštitu zgrade i difuziju vodene pare, i sagledati sve relevantne parametre potrošnje energije koji su obuhvaćeni energetske bilansom objekta, kao i faktore koji utiču na njih.

2.2.2.1. Oblici energije i toplotni bilans zgrade u zimskom periodu

Prema zakonu o održanju energije i prvom zakonu termodinamike ukupna količina energije u univerzumu je konstantna, ne može se uništiti, niti iz bilo čega stvoriti, ali se može transformisati iz jednog oblika u drugi.

Oblici energije se prema stepenu njihove transformacije u odnosu na pojavne oblike koji se trenutno nalaze u prirodi klasifikuju u tri grupe (Banjac i dr., 2017):

- primarna (prirodna) energija
- sekundarna energija
- korisna energija

Primarna energija predstavlja energiju koja nije pretrpela nikakav vid transformacije, već je direktno dobijena iz prirodnih resursa. U primarne izvore energije spadaju:

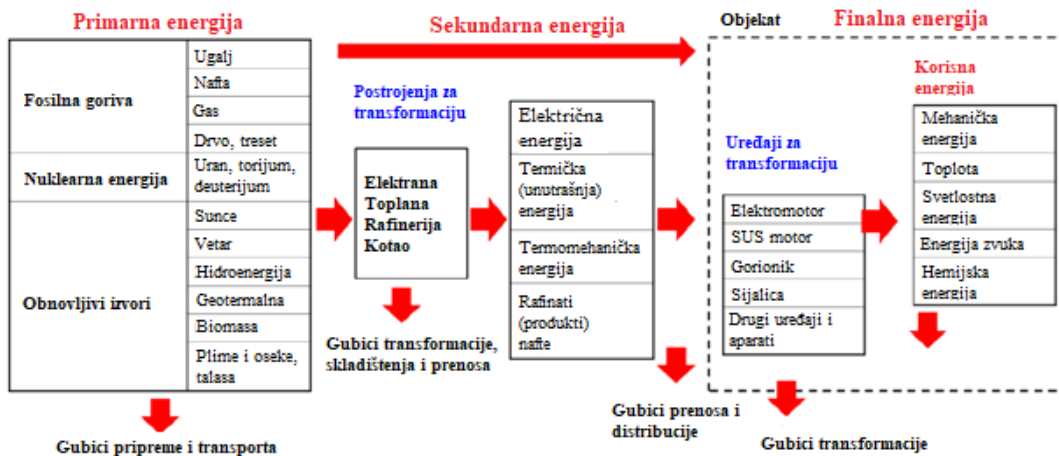
- obnovljivi izvori: vetar, sunčevo zračenje, hidroenergija, itd. i
- neobnovljivi izvori: fosilna i nuklearna goriva.

Sekundarna energija (električna energija, toplota, itd.) je rezultat procesa transformacije primarne energije koja se ne može koristiti u prirodnom obliku.

Korisna energija je energija koja se koristi za zadovoljenje potreba korisnika objekta i ona je rezultat procesa transformacije primarne i sekundarne energije i može biti toplotna, mehanička, hemijska i energija zračenja.

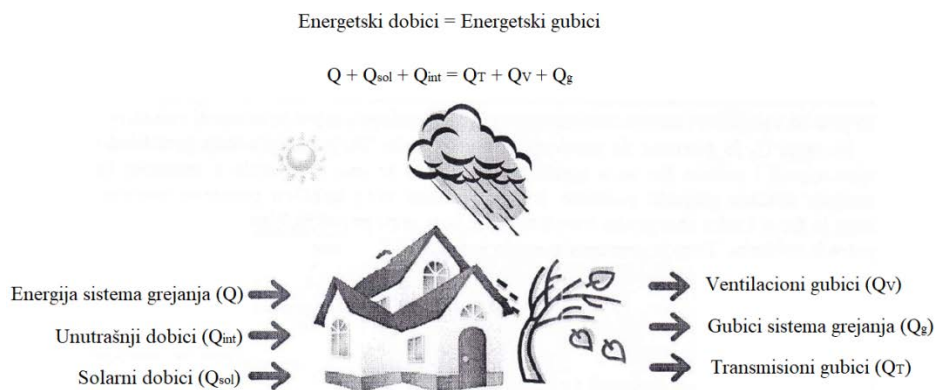
Svi oni oblici energije koji dolaze do krajnjeg korisnika smatraju se *krajnjom* ili *finalnom energijom*.

Na Sl. 2.22 je dat pregled nosilaca primarne, sekundarne, korisne i finalne energije.



Sl. 2.22 – Pregled nosilaca primarne, sekundarne, korisne i finalne energije (Banjac i dr., 2017)

Potrebna količina energije za grejanje zgrade u zimskom periodu određuje se na osnovu koncepta toplotnog bilansa zgrade koji podrazumeva da će uslovi toplotnog komfora u zgradi biti obezbeđeni ako se zgrada nalazi u uslovima toplotne ravnoteže, odnosno ukoliko su toplotni dobitci energije jednaki toplotnim gubicima (Sl. 2.23).



Sl. 2.23 – Energetski bilans zgrade (adaptirano iz Stojiljković i Todorović)

Kako bi uslovi toplotnog komfora bili zadovoljeni, zgradi je neophodno isporučiti odgovarajuću količinu korisne energije ($Q_{H,nd}$) iskazanu jednačinom:

$$Q_{H,nd} = Q_T + Q_V - Q_{int} - Q_{sol} \quad (2-1)$$

Korisna energija je zapravo primarna energija umanjena za određene gubitke. Količinu primarne energije je moguće odrediti na osnovu korisne energije, množenjem sa odgovarajućim stepenom korisnosti energetske transformacije.

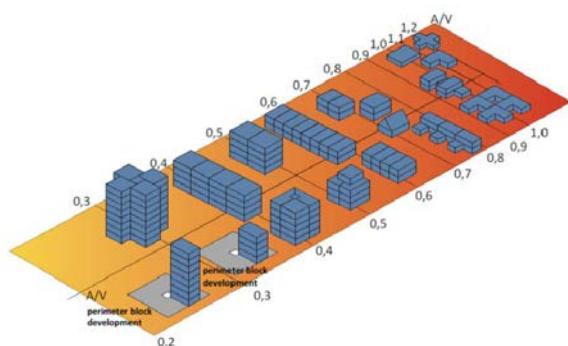
Toplotni gubici kroz elemente zgrade zavise od velikog broja faktora, među kojima su najvažniji sastav elementa, koeficijent toplotne provodljivosti ugrađenih materijala i orijentacija elementa.

U zavisnosti od porekla i karaktera, toplotni gubici u zgradi mogu biti transmisioni i ventilacioni. *Transmisioni gubici* su gubici koji nastaju transmisijom, odnosno prolazom toplote kroz spoljni omotač zgrade i zavise od karakteristika elemenata omotača.

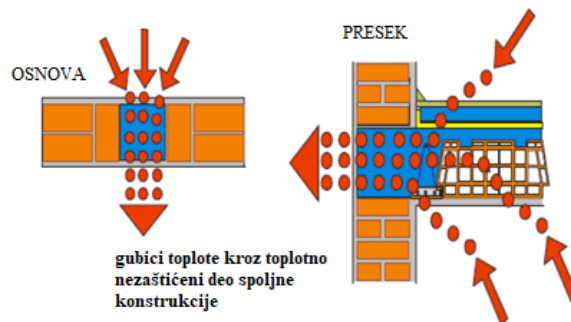
Transmisioni gubici mogu biti površinski, linijski i tačkasti. *Površinski transmisioni gubici* su gubici do kojih dolazi kroz termički omotač zgrade (transparentne i netransparentne delove).

Odnos između spoljne površine termičkog omotača zgrade i njime obuhvaćene bruto zapremine zgrade, iskazane kroz *faktor oblika* ima veliki uticaj na površinske transmisione gubitke zgrade i povoljnim faktorom oblika moguće je uticati na njihovo smanjenje. Što je manja vrednost faktora oblika to je potrebna manja energija za grejanje. Jednostavne i kompaktne zgrade imaju najpovoljniji faktor oblika. Razuđenije zgrade odlikuje manja kompaktnost i veća potreba za grejnom energijom. Na Sl. 2.24 su dati faktori oblika zgrada u zavisnosti od tipa gradnje. U odnosu na slobodnostojeće porodične kuće, zgrade u nizu i višespatne stambene zgrade odlikuju niži transmisioni gubici i povoljniji energetski bilans. Kod ovih objekata je površina termičkog omotača dosta manja od zapremine grejnog prostora. Ovakvim načinom gradnje moguće je postići faktor oblika 0,3-0,7 m⁻¹ (Ovčar i Novak, 2016). Najpovoljniji faktor oblika imaju visoke zgrade.

Linijski i tačkasti transmisioni toplotni gubici su gubici kroz toplotne mostove. *Toplotni mostovi* (sinonimi: *termički/hladni mostovi*) su mesta u konstrukciji koja karakterišu loša termoizolaciona svojstva te kao takvi predstavljaju vezu (most) između spoljašnje i unutrašnje sredine. Kroz toplotne mostove se gubi značajan deo energije, a na ovim mestima može doći i do kondenzacije vodene pare. Neizolovani toplotni mostovi (Sl. 2.25) mogu uticati na povećanje ukupnih toplotnih gubitaka čak za 10% (Sinđić-Grebović). Toplotni mostovi se javljaju na mestima promene materijala, promene geometrije, u uglovima, na mestu kontakta konstrukcija sa tlom, itd.



Sl. 2.24 – Faktor oblika zgrada u odnosu na tip gradnje (Ovčar i Novak, 2016)



Sl. 2.25 – Toplotni mostovi bez termičke izolacije (Sinđić-Grebović)

Ventilacioni gubici su gubici koji nastaju kao posledica infiltracije, odnosno prolazom vazduha kroz pore, pukotine, otvore za prirodnu ventilaciju i druge otvore u građevinskim konstrukcijama. Ovi gubici zavise od izloženosti zgrade vetru, pritiska vetra i zaptivenosti prozora i balkonskih vrata.

Osim transmisionih i ventilacionih gubitaka postoje i *gubici tehničkog sistema* koji obuhvataju gubitke usled transformacije primarne energije u korisnu, pripreme, skladištenja i transporta energije.

Pored toplote koja dolazi iz sistema grejanja, toplotni dobitci mogu biti interni i solarni. *Interni dobitci* se odnose na toplotne dobitke od korisnika objekta i električnih uređaja, dok su *solarni dobitci* najčešće posledica prolaska sunčevih zraka kroz spoljne porozore i balkonska vrata, a

deo zraka prolazi i kroz netransparentne delove spoljnog omotača zgrade. Solarni dobici zavise od temperature spoljnog vazduha, karakteristika spoljnih staklenih površina i njihove zaštićenosti zastorima, kao i od osenčenosti zgrade usled okolnih objekata, prisustva nadstrešnica i vertikalnih ispusta na fasadi, kao i karakteristika netransparentnih delova omotača.

2.2.2.2. Načini prenosa toplote u zgradama

Toplota je energija elektromagnetnog zračenja, a *temperatura* njen intenzitet (Radonić, 1979). Prema drugom zakonu termodinamike, između dva tela različitih temperatura, koja su u međusobnom kontaktu, doći će do razmene toplote, tako što će toplota prelaziti sa toplijeg na hladnije telo, do uspostavljanja toplotne ravnoteže između tela.

Proces prenošenja toplote kroz termički omotač zgrade je po svojoj prirodi kompleksan, višedimenzionalan, nestacionaran proces, koji je ujedno praćen i procesom prenošenja vodene pare. U teorijskim analizama ovaj proces se u većini slučajeva pojednostavljuje uvođenjem određenih pretpostavki.

Pri određivanju količine toplote koja se prenosi kroz građevinski element najčešće se uvode sledeće pretpostavke:

- proces prenosa toplote se odvija u stacionarnim uslovima, odnosno količina toplote koja uđe u element je jednaka količini toplote koja izađe iz elementa;
- proces prenosa toplote se odvija upravno na površinu građevinskog elementa;
- proces prenosa toplote je jednodimenzionalan, odnosno svaki sloj građevinskog elementa je homogen u pogledu sastava i svojstava po celoj površini kroz koju se prenosi toplota;

Zgrada sa svojom okolinom može da vrši razmenu toplote na 3 načina:

- provođenjem ili kondukcijom
- prenošenjem ili konvekcijom
- zračenjem ili radijacijom

Provođenje ili kondukcija toplote je karakteristična za čvrsta tela različitih toplotnih stanja koja su u neposrednom kontaktu. Provođenje toplote odvija se tako što zagrejane čestice tela dodirrom predaju svoju toplotu susednim česticama. Da bi došlo do provođenja toplote neophodno je da toplotna energija savlada otpor provođenju toplote na kontaktu dva tela.

Prenošenje ili konvekcija toplote predstavlja proces razmene toplote kretanjem molekula fluida (gasova ili tečnosti). Kako bi došlo do prelaza toplote sa fluida na fluid, ili sa fluida na čvrsto telo i obrnuto, neophodno je da toplotna energija savlada otpor prelazu toplote.

Zračenje ili radijacija se odvija putem elektromagnetnih talasa i ovaj način prenosa toplote je karakterističan za tela koja nisu u neposrednom kontaktu. Toplotna energija se na površini tela pretvara u energiju zračenja i kao takva kreće se ka hladnijem telu, ne zagrevajući sredinu kroz koju prolazi, i pretvara se u toplotu kada je apsorbuje hladnije telo. Toplotu radijacije tela mogu da apsorbuju ili reflektuju. Tamna i hrapava tela su skolna da apsorbuju veliku količinu toplote. Građevinski materijali dobro apsorbuju toplotu radijacije (Radonić, 1979).

Prolaz toplote kroz spoljne zidove je posledica temperaturne razlike dve strane zida i razmena toplote između zgrade i njene okoline se može odvijati na dva tri definisana načina (Sl. 2.26).

Prenos toplote kondukcijom se odvija unutar samog zida. Prenos toplote konvekcijom se odvija u dve zone:

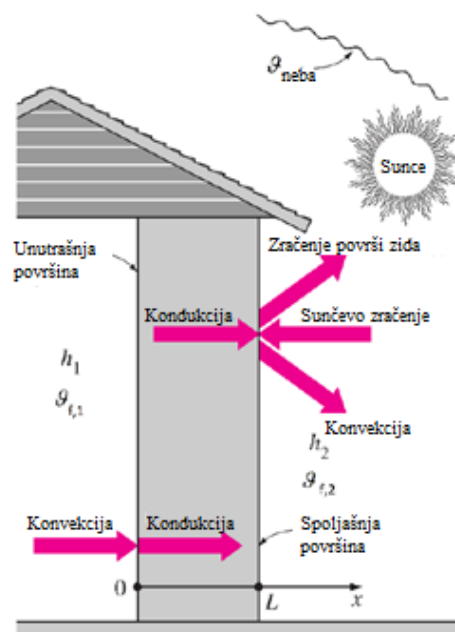
- na unutrašnjim površinama zida, usled kontakta sa vazuhom u prostorijama i
- na spoljašnjim površinama zida, usled kontakta sa spoljnjim vazduhom.

Razmena toplote između zgrade i spoljašnje sredine radijacijom je najčešće posledica Sunčevog zračenja. Naime, kada je zgrada izložena Sunčevom zračenju, deo toplotnih zraka koji padaju na spoljašnju površinu zida se reflektuje i gubi (vraća u spoljašnju sredinu), a preostali deo se apsorbuje u zidu pretvarajući se u toplotnu energiju. Deo apsorbovane energije se odaje spoljašnjoj sredini putem konvekcije i zračenja a preostali deo se akumulira u zidu, utičući na porast temperature zida, i posle izvesnog vremena, putem kondukcije, prolazi kroz element i dospeva do unutrašnje površine zida gde se putem konvekcije i radijacije prenosi na vazduh u prostoriji, povećavajući njegovu temperaturu. U ovom slučaju, temperatura spoljne površine omotača zgrade će zavistiti od vrste materijala, boje i teksture elementa, orijentisanosti, izloženosti suncu i drugih faktora. Dodatno, temperatura spoljne površine omotača se smatra merodavnom za njegovo dimenzionisanje, u kontekstu toplotne stabilnosti i akumulacije toplote, termičke dilatacije i trajnosti materijala (Radeka, 2014).

Na spoljnoj i unutrašnjoj strani zida prenošenje toplote zavisi prvenstveno od koeficijenata prelaza toplote, te se pri proračunu koeficijenata prolaza toplote kroz zid zanemaruje toplota koja se prenosi zračenjem, odnosno smatra se da proces prolaska toplote kroz zid obuhvata kombinovani prenos toplote putem konvekcije i kondukcije i sastoji se iz tri faze:

- 1) prenošenje toplote s unutrašnjeg vazduha na površinu zida
- 2) provođenje toplote kroz zid
- 3) prenošenje toplote sa zida na spoljni vazduh

Koeficijent prolaza toplote, U (W/m^2K) ili U faktor je količina toplote koju građevinski element izgubi u 1 sekundi po m^2 površine za razliku temperature od 1K. Koeficijent prolaza toplote je polazni parametar u analizi potrošnje energije za grejanje i predstavlja veličinu kojom se iskazuju toplotni gubici. Termička zaštita zgrade će biti bolja što je manji U faktor, što se postiže ugradnjom materijala visokog toplotnog otpora, odnosno niske toplotne provodljivosti. Povećanjem debljine materijala povećava se i toplotni otpor elementa.



Sl. 2.26 – Mehanizam prenošenja toplote kroz spoljni zid zgrade u zimskim uslovima (Banjac i dr., 2017)

2.2.2.3. Toplotna svojstva građevinskih materijala

Toplotna provodljivost

Toplotna provodljivost predstavlja sposobnost nekog građevinskog materijala da provodi toplotu i iskazuje se kroz *koeficijent toplotne provodljivosti*, λ (W/mK), koji predstavlja količinu toplote koja, usled temperaturne razlike od 1 K između dva tela u neposrednom kontaktu, u toku jedne sekunde prođe upravno kroz površinu od 1m² materijala, debljine 1 m (Radeka, 2014).

Materijali koji imaju visok koeficijent toplotne provodljivosti su provodnici toplote i oni ne zadržavaju toplotu u svojoj strukturi, već je prenose. Materijali koji imaju nizak koeficijent toplotne provodljivosti su izolatori i oni imaju sposobnost akumulacije toplote u svojoj strukturi. Neorganski materijali se smatraju provodnicima toplote, dok su organski materijali dobri izolatori.

Koeficijent toplotne provodljivosti zavisi od gustine materijala, odnosno poroznosti materijala, veličine i raspodele pora, hemijskog sastava, vlažnosti materijala i drugih faktora. Sa povećanjem zapreminske mase povećava se i provodljivost toplote. Sa porastom vlažnosti takođe dolazi do povećanja vrednosti λ . U slučaju vlaženja izolacionog materijala, pore koje su prethodno bile ispunjene vazduhom će se ispuniti vodom. Voda je 25 puta lošiji toplotni izolator od vazduha što implicira da će se vlaženjem materijala njegova izolaciona svojstva značajno smanjiti (Radonić, 1979).

Vrednosti λ različitih građevinskih materijala se kreću u opsegu 0,035-3,5 W/mK, dok se izolacionim materijalima smatraju materijali čija je vrednost λ u intervalu 0,035-0,12 W/mK (Radonić, 1979). Karakteristične vrednosti koeficijenta toplotne provodljivosti za pojedine građevinske materijale prikazani su u Tab. 2.12.

Tab. 2.12 – Gustina i koeficijent toplotne provodljivosti građevinskih materijala i proizvoda (Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, 2011)

Materijal/proizvod	Gustina, ρ (kg/m ³)	Toplotna provodljivost, λ (W/mK)
Malteri	500-2200	0,13-1,40
Prirodni kamen	1500-2800	1,2-3,5
Betoni	400-2500	0,14-2,33
Materijali za oblaganje	200-2800	0,047-2,90
Metali	2700-11500	35-380
Termička izolacija	14-1500	0,025-0,24

Toplotna akumulativnost i toplotni kapacitet

Toplotni kapacitet, C (J/°C) je svojstvo materijala koje ukazuje na sposobnost akumulacije toplote i predstavlja količinu toplote koja je potrebna za povećanje temperature materijala za 1°C (Radeka, 2014).

Kako se za ostvarivanje toplotnog komfora u zgradama kao jedna od mera preporučuje upotreba termičke mase u cilju povećanja termičke inercije zgrade (Pravilnik o energetske

efikasnosti zgrada, 2011), toplotni kapacitet materijala ima značajnu ulogu u odabiru materijala za spoljni omotač zgrade.

Termička masa opisuje sposobnost materijala da apsorbuje, skladišti i oslobađa toplotu. Sposobnost nekog materijala da akumulira toplotu je proizvod njegove mase (ili težine) i specifične toplote (Flašar, 1979).

Specifični toplotni kapacitet, c ($J/kg^{\circ}C$) je toplotni kapacitet po jedinici mase, odnosno količina toplote koja je potrebna da se 1kg određenog tela zagreje za $1^{\circ}C$ (Radonić, 1979).

Karakteristične vrednosti specifičnog toplotnog kapaciteta za pojedine građevinske materijale i proizvode prikazane su u Tab. 2.13.

Tab. 2.13 – Specifična toplota građevinskih materijala i proizvoda (Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada, 2011)

Materijal/proizvod	Specifična toplota, c (J/kgK)
Malteri	920-1050
Prirodni kamen	840-920
Betoni	920-1050
Materijali za oblaganje	840-2510
Metali	130-940
Termička izolacija	840-2000

Za materijale sa nižom vrednošću specifičnog toplotnog kapaciteta će biti potrebna manja količina toplote za zagrevanje (i oni će se brzo zagrevati). Dodatno, kako je toplotni kapacitet proporcionalan masi, ove materijale odlikuje i niska sposobnost akumulacije toplote (brzo hlađenje).

Neorganske materije imaju znatno nižu vrednost specifičnog toplotnog kapaciteta od organskih materija.

Sposobnost akumulacije toplote je naročito važna u objektima gde dolazi do prekida u zagrevanju objekta, jer se akumulirana toplota u periodu prekida grejanja oslobađa u prostor zagrevajući ga, odnosno ne dozvoljavajući da se temperatura u prostoriji drastično snizi.

Toplotno naprezanje materijala

Koeficijent toplotnog širenja, α ($1/^{\circ}C$) predstavlja meru sposobnosti materijala da menja dimenzije (da se skuplja ili širi) pri promeni temperature (hlađenju ili zagrevanju).

Ukoliko je toplotno širenje materijala sprečeno, u materijalu će doći do toplotnog naprezanja, odnosno do pojave napona i deformacija. Do ove vrste naprezanja u spoljnim zidovima zgrada može doći kada se zid sastoji od materijala različitih koeficijenata toplotnog širenja, kada je promena dimenzija jednog sloja zida sprečena drugim slojem ili kada je promena dimenzija zida sprečena nekim drugim elementom konstrukcije.

2.2.2.4. Difuzija vodene pare

Vazduh u prostoriji uvek sadrži određenu količinu vlage, odnosno molekula vodene pare. Proces kretanja vodene pare sa mesta veće koncentracije ka mestu niže koncentracije, u cilju uspostavljanja ravnoteže koncentracija, naziva se *difuzija vodene pare*.

Proračun difuzije vodene pare spoljnih zidova zgrada je od ključnog značaja prilikom planiranja obnove jer pruža mogućnost provere da li će doći do pojave vlage u zidu, odnosno kondenzacije vodene pare.

Pritisak vodene pare

Količina vodene pare u vazduhu se može definisati na dva načina, kao apsolutna vlažnost vazduha i relativna vlažnost vazduha.

Apsolutna vlažnost, W_a (g/mm^3) predstavlja maksimalnu (apsolutnu) količinu vodene pare koju vazduh može da primi za datu temperaturu, dok je *relativna vlažnost vazduha*, φ (%) odnos stvarne količine vodene pare (koja odgovara parcijalnom pritisku) i apsolutne vrednosti za datu temperaturu (koja odgovara pritisku zasićenja).

U prostoriji, vodena para u vazduhu vrši određeni pritisak na zidove prostorije, tzv. *parcijalni pritisak*, p (kPa). U trenutku zasićenja vlažnog vazduha (kada vazduh sadrži maksimalnu količinu vodene pare) molekuli vodene pare će za datu temperaturu da vrše najveći pritisak, tzv. *pritisak zasićenja*, p' (kPa). Pritisak zasićenja raste sa porastom temperature i predstavlja konstantnu vrednost za određenu temperaturu, dok je relativna vlažnost vazduha merljiva veličina.

Tačka rose i kondenzacija vodene pare

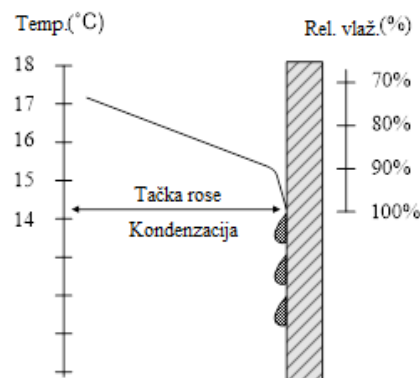
Pri smanjenju temperature vazduha, jedinica zapremine vazduha nije u stanju da preuzme postojeću količinu vodene pare (dolazi do zasićenja vazduha, $\varphi=100\%$) te dolazi do kondenzacije viška vodene pare. *Kondenzacija vodene pare* je proces stvaranja rose, odnosno pretvaranje vodene pare u kapljice vode.

Temperatura na kojoj počinje kondenzacija naziva se *tačka rose*. Ako temperatura nastavi da opada i ispod ove vrednosti (ispod temperature karakteristične za tačku rose), dolazi do kondenzacije (Sl. 2.27).

U konstrukciji kroz koju se odvija kretanje vodene pare, može doći do kondenzacije dela vodene pare ukoliko se parcijalni pritisak izjednači sa pritiskom zasićenja.

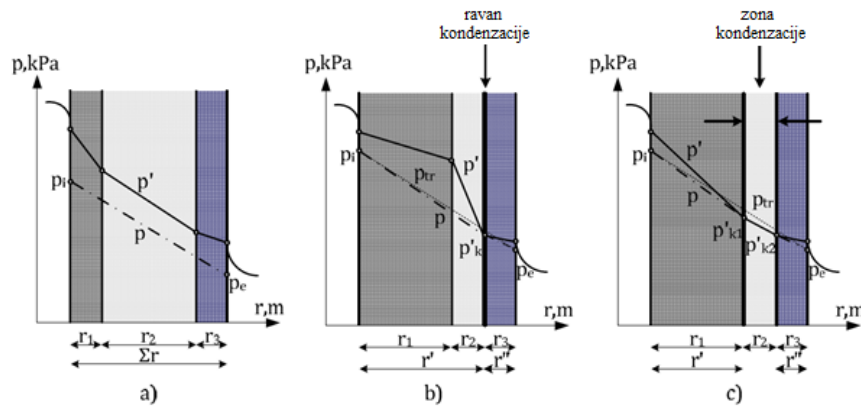
Kondenzacija može da se dogodi u ravni (na granici dva sloja) ili u zoni (sloju) (Sl. 2.28).

Do kondenzacije najčešće dolazi u zimskom periodu kada se topla vodena para sretne sa hladnom površinom (slojem) zida. Prisutvo vlage u zidu dovodi do pojave raznih oštećenja, ubrzavajući procese degradacije, narušava unutrašnji komfor i smanjuje trajnost zida. Kako u zidu ne bi došlo do pojave kondenzacije, potrebno je da temperature u zidu budu više od



Sl. 2.27 – Tačka rose i kondenzacija vodene pare (Radeka, 2014)

temperature rose, a ovo se može izbeći odabirom odgovarajućeg termoizolacionog materijala i pravilnim redosledom slojeva zida.



Sl. 2.28 – Grafički prikaz dijagrama difuzije vodene pare kroz zid: (a) bez kondenzacije, (b) kondenzacija u ravni (b) i (c) kondenzacija u zoni (Radeka, 2014)

Difuzioni tok vodene pare

Do kretanja vodene pare kroz spoljne zidove zgrade dolazi usled razlika u parcijalnim pritiscima u vazduhu sa unutrašnje i spoljašnje strane zida. Ovo kretanje naziva se *difuzioni tok*, Φ_m , (g/h) i predstavlja količinu vodene pare koja u jedinici vremena prođe kroz pore sadržane u strukturi materijala koji čine element kroz koji se odvija kretanje. Smer difuzionog toka obično odgovara smeru toplotnog toka, jer toplije zone odlikuje veći parcijalni pritisak od hladnijih zona.

Količina vodene pare koja prođe u jedinici vremena upravno kroz jedinicu površine nekog građevinskog elementa naziva se *gustina difuzionog toka*, g (g/m²h).

Difuzioni tok može biti *stacionaran* i *nestacionaran*. Difuzioni tok se smatra stacionarnim kada ista količina vodene pare koja je ušla u konstrukciju, izađe iz konstrukcije, odnosno kada ne dolazi do kondenzacije vodene pare. U slučaju nestacionarnog difuzionog toka, u konstrukciji kroz koju se odvija kretanje deo vodene pare kondenzuje, što rezultuje manjom količinom vodene pare na izlazu iz konstrukcije, u odnosu na količinu koja je ušla u konstrukciju.

Otpor materijala difuziji vodene pare

Relativni difuzioni otpor, r (m) predstavlja meru otpora materijala difuziji vodene pare i proporcionalan je faktoru otpora difuziji vodene pare i debljine sloja datog materijala.

Faktor otpora difuziji vodene pare, μ (-) je mera paropropusnosti materijala, odnosno vrednost koja pokazuje koliko puta je otpor nekog materijala difuziji vodene pare veći od otpora sloja vazduha iste debljine, pri istoj temperaturi (Radeka, 2014).

Ukupni otpor difuziji višeslojnog spoljnog zida biće jednak sumi relativnih otpora pojedinačnih slojeva materijala koji čine dati zid.

Vrednosti faktor otpora difuziji vodene pare pojedinih građevinskih materijala i proizvoda date su u Tab. 2.14.

Tab. 2.14 – Faktor otpora difuziji vodene pare građevinskih materijala i proizvoda (Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, 2011)

Materijal/proizvod	Faktor otpora difuziji vodene pare, μ
Malteri	3-30
Prirodni kamen	15-65
Betoni	2-90
Materijali za oblaganje	1,5-300000
Metali	600000-800000
Termička izolacija	1-50000

2.2.2.5. Toplotna stabilnost u letnjem periodu

Toplotna stabilnost građevinske konstrukcije predstavlja njenu sposobnost da na unutrašnjoj površini održi relativnu postojanost temperature uprkos temperaturnim oscilacijama spoljašnjeg vazduha. Oscilacije temperature su posebno karakteristične za letnji period, te se toplotna stabilnost konstrukcije proverava za letnje uslove, kroz proveru njenih mogućnosti u pogledu akumulacije toplote (Radivojević i Rajčić).

Vremenski period u kojem nastaje temperaturna oscilacija predstavlja *vremenski pomak (kašnjenje) faze oscilacije temperature* (Sinđić-Grebović). Prilikom zagrevanja fasade u letnjem periodu, dolazi do prenosa toplote sa spoljašnje na unutrašnju površinu zida usled čega se povećava temperatura u prostoriji. Kako bi do zagrevanja unutrašnjeg vazduha došlo što kasnije (preveče, kada dolazi do pada temperature na fasadi) potrebno je da vremenski interval (pomak) između početka zagrevanja fasade i unutrašnje površine zida bude što duži.

Dodatno, u letnjem periodu je neophodno da omotač poseduje sposobnost toplotnog prigušenja, kako bi temperatura unutrašnje površine zida bila što manja.

Faktor prigušenja oscilacije temperature jednak je odnosu amplitude oscilacije temperature spoljašnjeg vazduha i amplitude oscilacije temperature na unutrašnjoj površini omotača zgrade. Omotač objekta izveden od materijala velike zapreminske mase i velikog toplotnog kapaciteta, ima svojstvo da prigušuje (smanjuje) amplitudu promene temperature i ima dug vremenski pomak između maksimalne temperature spoljašnje površine omotača i unutrašnje temperature vazduha (Sinđić-Grebović).

2.2.2.6. Aktuelni zahtevi u evropskim zemljama

Unapređenje energetske efikasnosti građevinskog fonda u EU je regulisano *Direktivom o energetskim svojstvima zgrade*. Direktiva (EPBD 2002/91) je usvojena 2002. godine zahtevajući od zemalja članica uspostavljanje minimalnih zahteva za energetskim performansama (baziranih na zajedničkoj metodologiji), kako za nove zgrade tako i za postojeće zgrade podvrgnute obimnijoj obnovi². Direktiva predstavlja prvi veći pokušaj da se

² Prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada (2011) obimnija obnova jeste izvođenje građevinskih i drugih radova na adaptaciji ili sanaciji na postojećoj zgradi kada je: ukupna predračunska vrednost radova na obnovi veća od 25% vrednosti zgrade, isključujući vrednost zemljišta na kojoj se zgrada nalazi; više od 25% površine omotača zgrade podvrgnuto energetske sanaciji uz poštovanje oblikovne i funkcionalne celovitosti delova zgrade.

u državama članicama uvede opšti okvir za uspostavljanje zahteva zasnovan na tretiranju zgrade kao energetske celine³ (BPIE, 2011). Direktiva (EPBD recast 2010/31) je modifikovana 2010. godine obavezujući sve države članice da bi od 2021. godine sve nove zgrade trebalo da budu „skoro nulte energije”. Od jula 2018. godine na snazi su nova pravila za energetske performanse u zgradama (EPBD 2018/844) koja inkorporiraju ranije zahteve i postavljaju nove. Pored unapređenja postojećih ciljeva za 2030. godinu⁴, postavljeni su dugoročni ciljevi usmereni ka postizanju energetski efikasnog i dekarbonizovanog građevinskog sektora do 2050. godine. Radi postizanja postavljenih ciljeva, od država članica se zahteva da usvoje dugoročne strategije renoviranja i povećaju stopu renoviranja. Stavljaju se veći akcenat na obnovu postojećeg građevinskog fonda i navodi se da bi države članice trebalo da budu u mogućnosti da koriste svoje dugoročne strategije obnove za rešavanje problema zaštite od požara koji utiču na energetske obnovu i životni vek objekta.

Pored EPBD, usvojen je i niz drugih komplementarnih propisa čiji se zahtevi odnose na energetske aspekte sektora zgradarstva (Regulation 2017/1369) i građevinske proizvode (Regulation 305/2011) i koji zajedno predstavljaju skup alata za promovisanje održive izgradnje i eksploatacije zgrada.

Evropska Komisija je donela i set preporuka za obnovu zgrada (Commission Recommendation 2019/786) i njihovu modernizaciju (Commission Recommendation 2019/1019). Dodatno, u cilju harmonizacije metodologije za procenu energetske performansi zgrada, uspostavljen je set standarda i pratećih tehničkih izveštaja koji se odnose na energetske performanse zgrada - EPB standardi kojima upravlja *Evropski komitet za standardizaciju* (CEN). Jedan od takvih standarda jeste standard EN ISO 52016-1 (2017) koji definiše proračunske metode za procenu energetske performansi, i koji je sledbenik standarda EN ISO 13790 (2008).

UNECE (2018) je u okviru istraživanja sprovedenih 2018. godine mapirala postojeće propise energetske efikasnosti u zgradama u 45 država koje pripadaju UNECE regionu (zemlje Evropske Unije, Ujedinjeno Kraljevstvo, zemlje Istočne i Jugoslovske Evrope, Centralne Azije Ruske Federacije i Severne Amerike).

Istraživanje je pokazalo da postojeći propisi iz oblasti energetske efikasnosti u zgradama variraju od dobrovoljnih smernica do obaveznih zahteva. U većini zemalja, propisi su postavljeni na nacionalnom nivou, uz prilagođavanje lokalnim klimatskim uslovima. Izuzev novih zgrada, većina propisa pokriva i postojeći stambeni fond, međutim prisutne su značajne razlike od države do države.

U kontekstu metodologije za proračun potrošnje energije koja se koristi u propisima, utvrđeno je da se primenjuju i preskriptivni pristup i holistički pristup - pristup performansi.

Istraživanjem su identifikovani preskriptivni tehnički zahtevi i utvrđeno je da se kao najčešći zahtev u većini zemalja UNECE pojavljuje zahtev za termičku izolaciju elemenata zgrade, u vidu definisanih maksimalnih vrednosti koeficijenta prolaza toplote.

³ Pod energetskom celinom podrazumevaju se energetske karakteristike građevinske konstrukcije i elemenata, kao i sva instalirana energetska oprema unutar nje (elementi za grejanje, hlađenje, pripremu tople vode, rasvetu i dr.).

⁴ Povećanje energetske efikasnosti za najmanje 32,5% i smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte za najmanje 40% u odnosu na nivo iz 1990. godine.

Termičke karakteristike spoljnih elemenata zgrade su presudne u određivanju potreba za grejanje i hlađenje prostora za život i rad u zgradi. Iz tog razloga, politike EU za energetske efikasnost zgrada bave se naročito spoljnim elementima zgrada kao glavnom merom za smanjenje potrošnje energije za grejanje i hlađenje, koja danas predstavlja više od 60% ukupne potrošnje energije u evropskim stanovima (BPIE, 2015).

U Tab. 2.15 dat je prikaz zahteva termičke izolacije za spoljne zidove postojećih zgrada u pojedinim zemljama Evrope. Zahtevi su dati u vidu ograničenja toplotne provodljivosti spoljnih zidova, iskazani kroz maksimalnu vrednost koeficijent prolaza toplote. Usled različitih klimatskih uslova, maksimalna vrednost ovog koeficijenta drastično varira od države do države, dok pojedine države kao što su Španija, Francuska, Grčka, Italija i Portugalija imaju višestruke maksimalne vrednosti usled značajnih varijacija klimatskih uslova unutar samih država. U pojedinim zemljama različite vrednosti koeficijenta su definisane za različite tipove zgrada (npr. u Letoniji) ili su vrednosti ograničene vrstom grejanja (npr. Švedska) (Atanasiu & Kenkmann, 2013).

Tab. 2.15 – Zahtevi termičke izolacije za spoljne zidove postojećih zgrada u Evropi, iskazani kroz koeficijent prolaza toplote (W/m^2K) (Atanasiu & Kenkmann, 2013; BPIE, 2015)

Austrija	Bugarska	Češka	Danska	Engleska	Finska	Francuska
0,35	0,35	0,3	0,2	0,3-0,55	0,17-0,26	0,36-0,4
Luksemburg	Nemačka	Poljska	Rumunija	Španija	Švedska	Vels
0,32	0,24	0,25-0,9	0,71	0,74-1,22	0,18	0,21

Zadovoljenje uslova koji se odnosi na U-vrednost, kao i drugih preskriptivnih zahteva, ne mora nužno značiti da je ispunjen zahtev energetske efikasnosti zgrade, te je neophodno primeniti i holistički pristup.

Više od $\frac{3}{4}$ članica UNECE potvrdilo je postojanje zahteva performansi u propisima za postojeće zgrade. Pri definisanju energetske performansi zgrade, u većini zemalja potrošnja energije se pripisuje grejanju (90%), pripremi tople vode (76%) i osvetljenju (67%). Identifikovani su i parametri koji se uzimaju u obzir prilikom proračuna energetske performansi (Dij. 2.15).

Konstatovano je da proračun zavisi od velikog broja parametara, dok su kao najučestaliji identifikovani:

- toplotna svojstva zgrade (95% zemalja),
- karakteristike sistema za grejanje i snabdevanje toplom vodom (90% zemalja) i
- karakteristike mehaničke i prirodne ventilacije (86% zemalja).

Zahvaljujući EPBD, od 2002. godine zahtevi su od preskriptivnih postepeno evoluirali u zahteve performansi što se može smatrati značajnim iskorakom u evoluciji propisa. Za većinu država, EPBD je predstavljala sredstvo za uvođenje novih elemenata u građevinske propise. Skoro sve države EU su usvojile nacionalnu metodologiju koja definiše zahteve performansi za nove i postojeće zgrade. U državama koje su primenjivale preskriptivne propise je 2002. godine došlo do prelaska na holistički pristup, uz pooštavanje kriterijuma za pojedinačne elemente (npr. Češka, Belgija, Estonija, Bugarska, Mađarska, Irska, Poljska). U nekim

slučajevima (npr. Danska) pojedinačni zahtevi, koji obezbeđuju određeni nivo efikasnosti pojedinačnih delova zgrade, su dodati zahtevima za energetske performanse. U drugom slučaju, oba pristupa paralelno egzistiraju, kao alternativne metode (npr. Španija, Poljska). U Švajcarskoj se, na primer, holistički pristup uglavnom koristi za nove zgrade, a preskriptivni pristup u slučaju obnove postojećih zgrada (Atanasiu & Kenkmann, 2013).



Dij. 2.15 – Zastupljenost parametara koji se uzimaju u obzir prilikom proračuna energetske performansi u zemljama UNECE (UNECE, 2017)

EPBD od država članica EU zahteva primenu nacionalne i standardizovane metodologije za procenu energetske performansi zgrada. U okviru istraživanja, koje je sproveo BPIE 2014. godine, identifikovane su metodologije i alati za procenu. Zemlje članice imaju slobodu u odabiru metoda proračuna energetske performansi zgrade što je dovelo do toga da metode značajno variraju od države do države. Polovina zemalja je usvojila metodologiju baziranu na proračunatoj vrednosti potrošnje energije, dok su u ostalim državama prisutne obe varijante, u zavisnosti od tipa zgrade ili starosti. U pojedinim državama (npr. Slovenija), metodologija zasnovana na stvarnoj potrošnji energije je primenjiva samo za nestambene zgrade, dok u nekim slučajevima (npr. Estonija i Letonija) princip stvarne potrošnje se primenjuje za sve postojeće zgrade, dok se za nove zgrade koristi metodologija zasnovana na proračunatoj vrednosti potrošnje energije. Kao podrška proračunu, primenjena metodologija je u većini zemalja zasnovana na računarskom modelovanju.

Metodologija proračuna i pokazatelji energetske performansi su definisani u okviru *sertifikata o energetske svojstvima zgrade* (engl. *energy performance certificate*, EPC). Kao jedan od najvažnijih izvora informacija u kontekstu energetske performansi stambenog fonda EU, sertifikat ima značajnu ulogu u procesu planiranja obnove zgrada. EPC je sastavni deo EPBD i u svim državama EU postoji obaveza izrade sertifikata za nove zgrade i zgrade podvrgnute obimnijoj obnovi.

U većini zemalja EU, energetski razred (A do G, gde A označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred) je pokazatelj energetske svojstava zgrade, dok se u pojedinim državama (npr. Letonija, Poljska) koristi kontinualna skala (Sl. 2.29). U pojedinim državama (npr. Nemačka i Luksemburg) kontinualna skala se koristi za nestambene zgrade, a energetski razredi za stambene zgrade.

Postal code Registration Locality: 5070100
 Registration date: 008218
 Local Council: 020207
 d d m m y y

Energy certificate

Building energy performance		Energetic note: 59,2	
Calculation methodology for the energy performance of the building elaborated applying Law 372/2005		Certificated building	Reference building
			B
Annual specific energy consumption [kWh/m ² year]		430	180
Equivalent emission factor CO ₂ [kg _{CO2} /m ² year]		85	40
Annual energy consumption [kWh/m ² year] for:		Energetic class	
		Certificated building	Reference building
Heating:	240	D	B
Domestic hot water:	119	E	C
Air conditioning:	-	-	-
Mechanical ventilation:	-	-	-
Artificial lighting:	80	E	C
Annual energy consumption, renewable energy sources [kWh/m ² year]:		0	

Administrative information:
 Building address: Useful area: m²
 Building category: Developed built area: m²
 Height regime: Building internal volume: m³
 Year of construction:
 Building's energy certificate elaboration purpose:

The calculation program used: version:

Information about the energetic auditor of the building:
 Specialization Name and surname: Nr. and date of the registration certificate: Signature and auditor register stamp:

(a)

Energy certificate for non residential buildings
 gemäß dem §§ 10 ff. Energieausweisverordnung

Gültig bis: Display

Gebäude

Hauptrichtung / Gebäudekategorie		Gebäudeform (Freifläche)
Sonderzweck		
Adresse		
Cechnizet		
Bauplatz / Gebäude		
Bauplatz / Wärmeeintrag		
Bauplatz / Wärmeeintrag		
Nutzungsfläche		

Energy performance heat

Dieses Gebäude: kWh/(m²a)

Der Wert enthält den Wärmeeintrag für Heizung und Warmwasser.

Energy performance electricity

Dieses Gebäude: kWh/(m²a)

Der Wert enthält den Stromverbrauch für Heizung, Warmwasser, Lüftung, elektrische Beleuchtung, Kühlung, Sonstiges.

Aussteller: Datum: Verantwortlich für Ausstellen:

(b)

Sl. 2.29 - Primeri sertifikata o energetskim svojstvima zgrade: (a) energetski razredi i (b) kontinualna skala (European Communities, 2009)

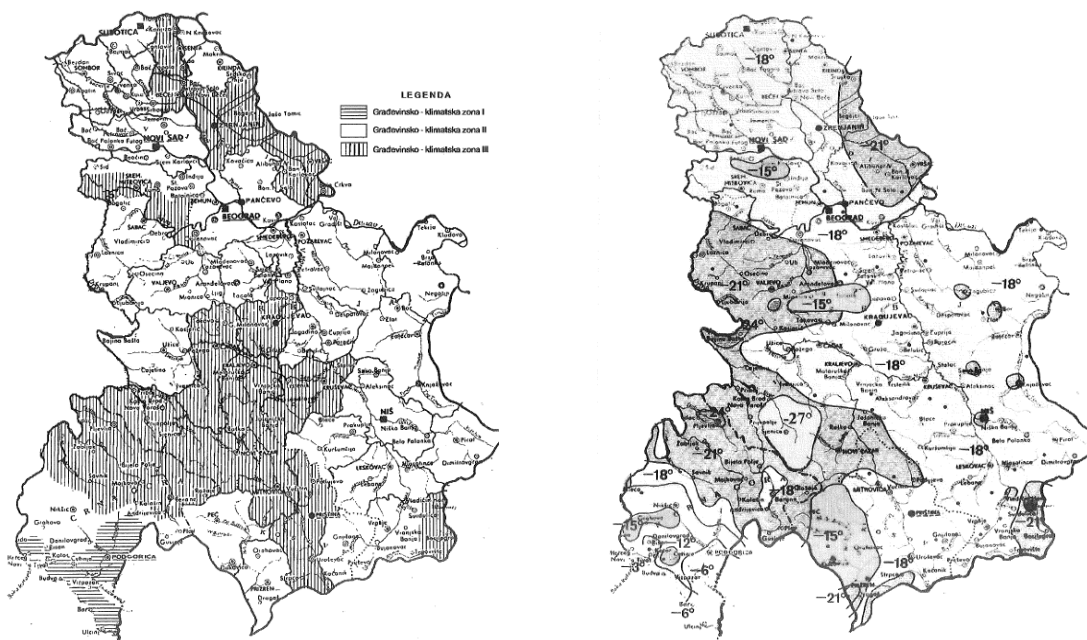
2.2.2.7. Evolucija propisa i aktuelni zahtevi u Republici Srbiji

Potreba za racionalnijom potrošnjom energije uticala je i na razvoj propisa iz oblasti termičke zaštite zgrada u RS, čijom analizom se uočava značajan napredak u sagledavanju energetskih performansi zgrada, koje danas zavise od niza parametara koji su postepeno postajali deo sistema za proračun termičkih zahteva. Srpski propisi su uglavnom pratili inostrane propise, sa određenim kašnjenjem i uz neznatne izmene u cilju prilagođavanja lokalnim karakteristikama.

U periodu nakon Drugog svetskog rata, potrebna energija za grejanje zgrade je određivana proračunom definisanim DIN 4701/1947 normom, koji je bio usmeren ka ispunjenju zahteva toplotnog komfora u prostorijama, dok koeficijent prolaza toplote za spoljni zid nije bio ograničavajući parametar.

Minimalni uslovi kvaliteta termičke zaštite spoljnih zidova zgrada prvi put su definisani 1967. godine u okviru *Pravilnika o minimalnim tehničkim uslovima za izgradnju stanova* (1967). Propisom su definisane maksimalne vrednosti koeficijenata prolaza toplote za obimne zidove zgrada u zavisnosti od klimatske zone u kojoj je bila predviđena izgradnja objekta (tri zone, Sl. 2.30). Navedeno je da se pri određivanju koeficijenata prolaza toplote mora voditi računa o letnjoj i zimskoj akumulaciji toplote, difuziji pare i o otpornosti konstrukcije i spojeva konstrukcije prema prodiranju vazduha. Međutim, usled nepostojanja metoda poračuna, definisani uslovi su predstavljali neku vrstu privremenog rešenja, sve do donošenja prvog normativa koji se isključivo odnosio na toplotnu zaštitu zgrada, 1970. godine (*Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za toplotnu zaštitu zgrada, 1970*). Dozvoljene vrednosti koeficijenata prolaza toplote su pooštrene i definisan je način njegovog određivanja.

Navedeno je da *konstrukcije i elementi zgrada moraju biti zaštićeni od vlaženja* čime je nagovešteno uvođenje parametra difuzije vodene pare u termički proračun.



Sl. 2.30 – Karta Srbije i Crne Gore: levo – klimatske zone; desno – spoljne projektne temperature (SRPS U.J5.600)

Značajan iskorak u oblasti termičke zaštite zgrada napravljen je 1980. godine usvajanjem U.J5 serije obavezujućih standarda za toplotnu tehniku u građevinarstvu. Set standarda je uključivao standarde kojima su definisane metode za proračun koeficijenata prolaza toplote u zgradama (SRPS U.J5.510), proračun difuzije vodene pare (SRPS U.J5.520), određivanje parametara toplotne stabilnosti građevinskih konstrukcija u letnjem periodu (SRPS U.J5.530) i tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada (SRPS U.J5.600). Pored unapređenja uslova kvaliteta termičke zaštite spoljnih zidova zgrada, značaj usvajanja standarda serije U.J5 ogleda se u uvođenju parametra difuzije vodene pare i tretmana letnjeg režima u termički proračun. Uvođenjem kategorije specifičnih toplotnih gubitaka zgrade i redukcijom dozvoljenih vrednosti koeficijenata prolaza toplote, propisi za termičku zaštitu zgrada su unapređeni 1987. godine. U narednom periodu navedeni standardi su više puta preispitivani i modifikovani, da bi 1998. godine bile izvršene poslednje inovacije. Poslednjom inovacijom u sistem za proračun termičkih zahteva uključuju se i specifični toplotni gubici za karakteristične prostorije u objektu.

Postavši član Energetske zajednice 2006. godine, Srbija se obavezala da u oblasti energetske efikasnosti uvede legislativu EU, te su usvajanjem *Prvog nacionalnog plana za energetske efikasnost* (Ministarstvo rudarstva i energetike, 2010) 2010. godine započete aktivnosti implementacije evropskog zakonodavstva.

Pitanja termičke zaštite novih i postojećih zgrada u Republici Srbiji su danas regulisana *Zakonom o planiranju i izgradnji* (2020) i *Zakonom o građevinskim proizvodima* (2018), kao i *Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada* (2011) i *Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada* (2018).

Zakonom o planiranju i izgradnji (2020) propisuje se obaveza unapređenja energetske efikasnosti u oblasti zgradarstva. *Unapređenje energetske efikasnosti* definisano je kao smanjenje potrošnje svih vrsta energije, ušteda energije i obezbeđenje održive gradnje kroz primenu tehničkih mera, standarda i uslova planiranja, projektovanja, izgradnje i upotrebe zgrada i prostora. Navodi se da zgrada koja troši energiju, mora biti projektovana, izgrađena, korišćena i održavana na način kojim se obezbeđuju propisana energetska svojstva.

Energetska svojstva zgrade se procenjuju na osnovu potrebne energije za grejanje, a godišnja potrošnja određuje se u skladu sa proračunom definisanim standardom SRPS EN ISO 52016 (2017), kao i nacionalnim specifičnostima, uz mogućnost primene odgovarajućeg softverskog paketa.

Energetska svojstva utvrđuju se izdavanjem sertifikata o energetskim svojstvima zgrada koji, izuzev novih zgrada, moraju posedovati sve postojeće zgrade kada se vrši rekonstrukcija, dogradnja, obimnija obnova, kao i energetska sanacija zgrade. *Sertifikat o energetskim svojstvima zgrada* ili *energetski pasoš* je definisan kao dokument koji sadrži podatke o proračunatim vrednostima potrošnje energije i energetskom razredu, kao i preporuke za unapređenje energetskih svojstava zgrade.

Zgrade se svrstavaju u osam energetskih razreda (Tab. 2.16) prema energetskoj skali od A+ do G, s tim da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred.

Iako procena energetskih svojstava zgrade obuhvata proračun primarne energije, kao i emisije CO₂, ove vrednosti ne utiču na energetski razred zgrade već se on određuje na osnovu podatka o potrošnji energije za grejanje na godišnjem nivou i iskazuje se preko relativne vrednosti godišnje potrošnje finalne energije za grejanje [%], koja predstavlja procentualni odnos specifične godišnje potrebne toplote za grejanje ($Q_{H,nd}$) i maksimalno dozvoljene ($Q_{H,nd,max}$).

Tab. 2.16 – Energetski razredi za postojeće stambene zgrade sa više stanova u RS (Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada, 2018)

Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ (%)	$Q_{H,nd}$ (kWh/m ² a)
A+	≤ 15	≤ 10
A	≤ 25	≤ 18
B	≤ 50	≤ 35
C	≤ 100	≤ 70
D	≤ 150	≤ 105
E	≤ 200	≤ 140
F	≤ 250	≤ 175
G	> 250	> 175

Maksimalna dozvoljena godišnja potrebna finalna energija za grejanje $Q_{H,nd,max}$ odgovara energetskom razredu "C", odnosno energetska efikasnost postojećih zgrada je ostvarena ako su obezbeđeni minimalni propisani uslovi komfora i ako potrošnja energije za grejanje ne prelazi 70 kWh/m² korisne površine. Prilikom obnove postojećih zgrada, energetski razred mora biti poboljšan najmanje za jedan razred.

Energetski pasoš zgrade izdaje se po izvršenom energetskom pregledu zgrade i vrednovanju i završnom ocenjivanju ispunjenosti propisanih zahteva o energetskim svojstvima zgrade.

Savremeni zahtevi termičke zaštite zgrada se odnose na utvrđivanje energetskih svojstava zgrade kroz razmatranje sledećih parametara (Radivojević i Jovanovic Popović, 2013):

- koeficijenata prolaza toplote
- difuzije vodene pare
- letnje stabilnosti i
- specifičnih toplotnih gubitaka.

Spoljni zidovi zgrada moraju da zadovolje uslove koji se odnose na koeficijent prolaza toplote, difuziju vodene pare i letnju stabilnost, dok se uslovi koji moraju biti zadovoljeni na nivou objekta odnose na specifične transmisionne gubitke toplote.

Koeficijent prolaza toplote spoljnih zidova zgrada se određuje na osnovu proračuna definisanog standardom SRPS EN ISO 6946 (2017). Pri obnovi postojećih zgrada, dozvoljena vrednost koeficijenta prolaza toplote spoljnih zidova je ograničena na $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Uslovi difuzije vodene pare za spoljne zidove zgrada odnose se na dozvoljenu temperaturu unutrašnje površine zida, dozvoljene vrednosti upijanja vlage spoljašnjeg završnog sloja, dozvoljene vrednosti vlage usled difuzije i kondenzacije i period isušavanja.

Difuzija vodene pare izračunava se za spoljne zidove koje se graniče sa negrejanim prostorijama, izuzev za zidove koje se neposredno graniče sa terenom (npr. ukopani zidovi).

Nakon obnove spoljnih zidova očekuje se da vodena para koja zbog difuzije prodire u strukturu zida, ne kondenzuje. U slučaju da do kondenzacije vodene pare ipak dođe, zahteva se da se ona nakon određenog perioda isušavanja sasvim oslobodi iz zida. Vлага koja se kondenzuje u zidu ne sme dovesti do oštećenja građevinskih materijala koji čine zid (npr. korozija, pojava buđi).

Ukupna količina kondenzovane vlage ne sme biti veća od:

- $1 \text{ kg}/\text{m}^2$ u opštem slučaju;
- $0,5 \text{ kg}/\text{m}^2$ ukoliko se kondenzacija dešava u slojevima - materijalima koji nemaju svojstvo kapilarnog upijanja odnosno oslobađanja vlage.

Zahteva se da ukupna vlažnost materijala (koja potiče od prirodne vlažnosti materijala i one koja može nastati usled kondenzacije) bude manja od dozvoljene maksimalne za dati materijal.

Vreme potrebno za isušavanje kondenzata mora biti manje od 60 ili 90 dana u zavisnosti od zone u kojoj je locirana zgrada.

Kako bi se izbegla opasnost od orošavanja propisuje se dozvoljena temperatura unutrašnje površine zida koja na bilo kom mestu (uključujući i mesta toplotnih mostova) mora biti veća od temperature tačke rose, za date projektne uslove (temperatura i relativna vlažnost vazduha u prostoriji). Takođe, ukupni toplotni otpor zida mora biti veći ili jednak vrednosti minimalne toplotne otpornosti za sprečavanje orošavanja unutrašnje površine zida izvan zone toplotnog mosta.

Za izračunavanje higrotermičkih karakteristika građevinskih elemenata i konstrukcija, difuzije vodene pare, kondenzacije i isušivanja, kao i opasnosti od površinske kondenzacije (orošavanje), primenjuje se standard SRPS EN ISO 13788 (2013), koji daje dve mogućnosti proračuna:

1. složeni godišnji kumulativni proračun;
2. Glaser-ov postupak, prema SRPS U.J5.520 (1997).

Uslovi letnje stabilnosti odnose se na *faktor prigušenja amplitude oscilacije temperature i kašnjenje oscilacije temperature* (Tab. 2.17 i Tab. 2.18). Proračun toplotne akumulativnosti spoljnih zidova za letnji period vrši se u skladu sa standardom SRPS U.J5.530 (1997).

Tab. 2.17 - Najmanje dozvoljene vrednosti faktor prigušenja amplitude oscilacije temperature

Građevinski element	v_{\min} [-]
Svi spoljni zidovi, osim severno orijentisanih	15
Spoljni zidovi na severnoj strani	10

Tab. 2.18 - Najmanje dozvoljene vrednosti kašnjenja oscilacije temperature

Građevinski element	η_{\min} [h]
Svi spoljni zidovi ka zapadnoj i jugozapadnoj strani	8
Spoljni zidovi ka južnoj i jugoistočnoj strani	7
Spoljni zidovi na istočnoj, severositočnoj i severozapadnoj stani	6

Ukoliko je za zidove $v > 35$, ne postavljaju se zahtevi za vrednost η .

Za spoljne ventilisane zidove (osim za slabo ventilisane) ne postavljaju se zahtevi za vrednost v , ukoliko je:

- površinska masa elementa bez obloge $\geq 100 \text{ kg/m}^2$
- površinska masa elementa bez obloge $< 100 \text{ kg/m}^2$ i tada koeficijent prolaza toplote elementa mora da bude $< 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Pri obnovi spoljnih zidova zgrada, uz zahteve koji se odnose isključivo na zidove potrebno je zadovoljiti i zahtev koji se odnosi na najveću dopuštenu vrednost specifičnog transmisionog gubitka toplote kroz termički omotač zgrade, a koji zavisi od faktora oblika zgrade (Tab. 2.19).

Tab. 2.19 - Najveće dopuštene vrednosti specifičnih transmisionih gubitaka toplote, u zavisnosti od faktora oblika

Faktor oblika (m^{-1})	$\leq 0,2$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	$> 1,0$
Stambene zgrade ($\text{W/m}^2\text{K}$)	1,05	0,80	0,68	0,60	0,55	0,51	0,49	0,47	0,45	0,44

Propisima su definisani i dodatni zahtevi o kojima je potrebno voditi računa pri planiranju obnove a kojima se ograničava debljina naknadne termoizolacije sa svim završnim slojevima zidova koji se nalaze na regulacionoj liniji, kao i dužina u kojoj erkeri i drugi istureni delovi

zgrade kao što su zastakljene terase i lođe, čija se građevinska linija poklapa sa regulacionom linijom, mogu prelaziti regulacionu liniju.

Utvrdjivanje ispunjenosti uslova energetske efikasnosti vrši se izradom *Elaborata energetske efikasnosti*, koji je pri obnovi sastavni deo tehničke dokumentacije za unapređenje energetskih svojstava zgrade koja se prilaže uz zahtev za izdavanje rešenja kojim se odobrava izvođenje radova na energetske sanaciji.

Tehnička dokumentacija za unapređenje energetskih svojstava zgrade se izrađuje na osnovu *Izveštaja o energetskom pregledu zgrade*, gde se dokazuje unapređenje bar za jedan razred sa predmerom i predračunom radova, a kroz Elaborat EE se utvrđuju efekti mera koje će se primeniti na zgradi i poboljšanje energetskog razreda (Todorović i Rajčić, 2017) Predviđeno je da se elaborat EE izrađuje primenom softvera za izračunavanje pokazatelja energetske efikasnosti zgrade, a na osnovu propisane metodologije. Međutim, trenutno ne postoji nacionalni softver koji se može koristiti u ove svrhe, a najčešće se primenjuju komercijalni softveri.

U Tab. 2.20 je dat prikaz evolucije sistema za proračun termičkih zahteva.

Tab. 2.20 – Evolucija sistema za proračun termičkih zahteva u odnosu na relevantne parametre (adaptirano iz Laban, 2012; Radivojević i Jovanović Popović, 2013)

Parametri za procenu toplotnih svojstava zgrade			Godina uvođenja parametara					2011	
			1967	1970	1980	1987	1990		1997/ 1998
Termička izolacija, U_{max}			+	+	+	+	+	+	
Koeficijent prolaza toplote za spoljne zidove (W/m²K)	Klimatska zona	I	1,79	1,69	1,225	1,20		1,10	0,40 (za stare zgrade) 0,30 (za nove zgrade)
		II	1,54	1,45	0,93	0,90		0,90	
		III	1,36	1,28	0,83	0,80		0,80	
Difuzija vodene pare			-	-	+	+	+	+	+
Letnji režim	faktor prigušenja amplitude oscilacije temperature		-	-	+	+	+	+	+
	kašnjenje oscilacije temperature		-	-	+	+	-	+	+
Specifični toplotni gubici	objekta		-	-	-	+	+	+	+
	karakterističnih prostorija		-	-	-	-	-	+	+
UKUPNE ENERGETSKE PERFORMANSE									√

2.2.3. Bezbednost visokih zgrada od požara

Jedan od osnovnih zahteva koje zgrade, kao i građevinski elementi, moraju da zadovolje tokom svog eksploatacionog veka jeste *bezbednost u slučaju požara* (Zakon o građevinskim proizvodima, 2018; Regulation 305/2011). Uslov je ispunjen ukoliko u slučaju izbijanja požara:

1. nosivost konstrukcije bude očuvana tokom određenog perioda;
2. nastajanje i širenje požara i dima u objektu bude ograničeno;
3. širenje požara na susedne objekte bude ograničeno;
4. korisnici mogu da napuste objekte ili mogu biti spaseni na drugi način;
5. bude uzeta u obzir bezbednost spasilačkih timova;

Osnovni cilj propisanih mera zaštite od požara jeste zaštita života ljudi, telesnog integriteta, materijalnih dobara i životne sredine (Zakon o zaštiti od požara, 2018).

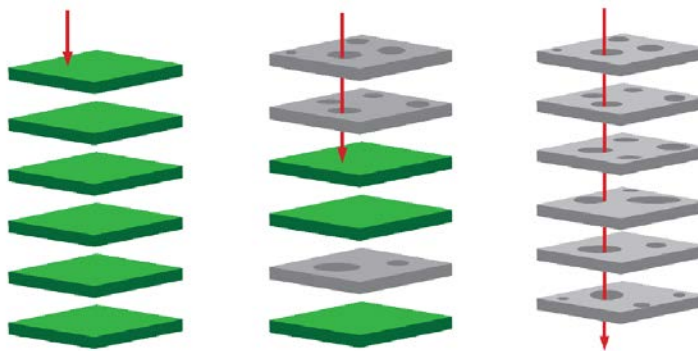
Savez za savremenu izgradnju (Modern building alliance [MBA], 2019) je predstavio sedam nivoa bezbednosti od požara koje je potrebno razmotriti u cilju zaštite građana i zgrada (Sl. 2.31):

1. Prevencija
2. Detekcija
3. Gašenje požara u početnoj fazi
4. Evakuacija
5. Podela objekta na požarne sektore
6. Sigurnost konstrukcije
7. Intervencija vatrogasno-spasilačkih jedinica



Sl. 2.31 - Sedam nivoa bezbednosti od požara u zgradama (MBA, 2019)

Lamont i Ingolfsson (2018) iz *Nacionalnog udruženja za zaštitu od požara Sjedinjenih Američkih država (NFPA)* navode da se bezbednost od požara visokih zgrada oslanja na više elemenata/uslova odredbi o bezbednosti od požara koji zajedničkim delovanjem imaju za cilj da obezbede propisan nivo zaštite. Ukoliko je bilo koji od ovih elemenata/uslova ugrožen, doći će do smanjenja nivoa požarne bezbednosti objekta (Sl. 2.32).



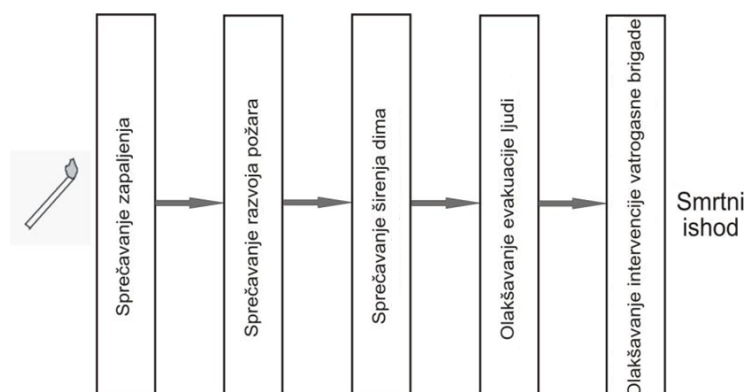
Sl. 2.32 - Uticaj zajedničkog delovanja elemenata/uslova odredbi zaštite od požara na bezbednost od požara visokih zgrada (Lamont & Ingolfsson, 2018)

Stepen smanjenja sigurnosti zavisiće od toga na koji se element/uslov požarna bezbednost najviše oslanja. Dodatno se navodi da se propisani zahtevi obično zasnivaju na scenariju unutrašnjeg ili spoljašnjeg požara koji zahvata jednu do dve etaže, što nije slučaj kada dođe do prenosa požara i širenja vatre putem fasade.

Građevinski propisi i standardi iz oblasti bezbednosti od požara koji se danas primenjuju u Evropi variraju od preskriptivnih do holističkih.

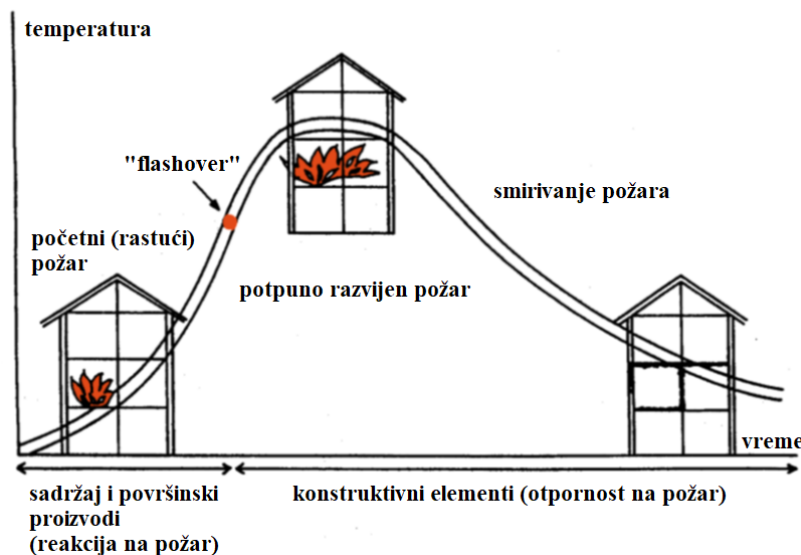
U kontekstu bezbednosti od požara zgrada, većina propisa u prošlosti je počivala na preskriptivnom pristupu, zasnovanom na iskustvima iz prethodnih požara. Preskriptivni propisi postavljaju zahteve koji su lako merljivi, u vidu broja izlaza iz objekta, širine evakuacionih koridora, materijalizacije konstruktivnih elemenata i slično. Nasuprot tome, holistički propisi, zasnovani na performansama celokupnog sistema, su usmereni ka ostvarivanju zahtevanog nivoa zaštite od požara, gde se npr. zahtevi performansi postavljaju tako da se od konstrukcije očekuje da sačuva svoju nosivost dovoljno dugo da korisnici bezbedno mogu da napuste objekat. U kontekstu obnove spoljnih zidova zgrada, na ovaj način se projektantu daje sloboda u odabiru rešenja, odnosno materijalizacije (za razliku od preskriptivnog pristupa), sve dok odabir zadovoljava postavljene zahteve performansi s aspekta bezbednosti od požara.

Većina smrtnih slučajeva u požaru događa se u požarima u stambenim zgradama koji se mogu sprečiti. Kako ne bi došlo do povrede ljudi ili smrtnog ishoda potrebno je uvesti pet barijera požarne bezbednosti, odnosno mera zaštite od požara (Sl. 2.33).



Sl. 2.33 – Stablo događaja: Osnovne barijere požarne bezbednosti (Laban, 2012)

Sprečavanje zapaljenja, odnosno sprečavanje razvoja požara, ukoliko do požara ipak dođe, upotrebom materijala sa odgovarajućim karakteristikama reakcije na požar predstavljaju prvu fazu pasivne zaštite od požara (Sl. 2.34). Ukoliko prva barijera pasivne zaštite zakaže i dođe do potpunog razvoja požara (eng. *flashover*), potrebno je sprečiti širenje požara, kako bi se omogućila bezbedna evakuacija korisnika zgrade i olakšala intervencija vatrogasno-spasilačkih jedinica. Mera predstavlja drugu fazu pasivne zaštite od požara i odnosi se na požarnu otpornost građevinskih konstrukcija i elemenata zgrada.



Sl. 2.34 – Faze razvoja požara i mere pasivne zaštite od požara (Östman & Källsner, 2011)

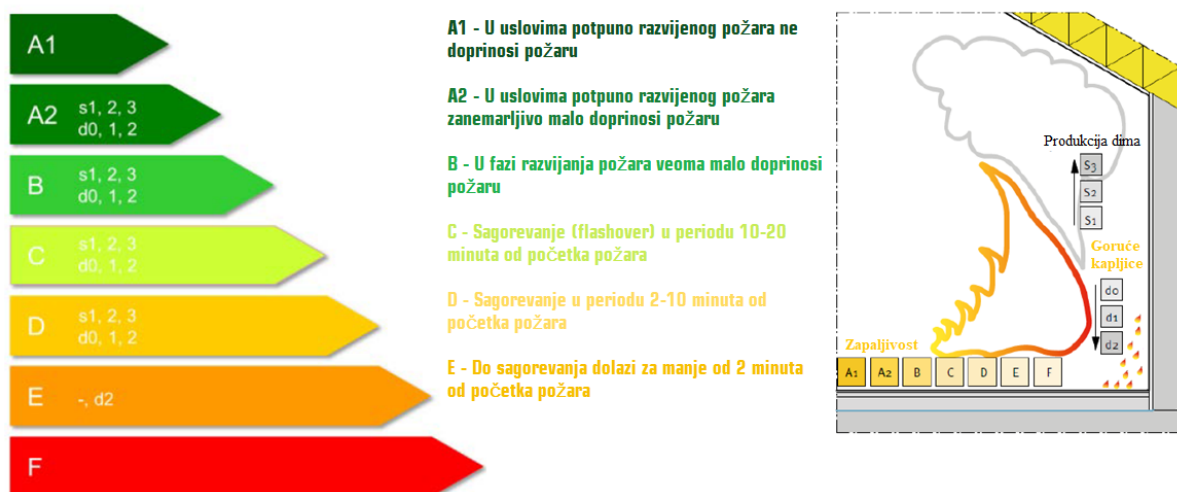
Oblikovanje i materijalizacija spoljnih zidova zgrada značajno utiču na zahteve sprečavanja nastanka i širenja požara i dima u objektu i na susedne objekte, te im je neophodno posvetiti posebnu pažnju prilikom obnove. Značajan broj požara u zgradama koji su se dogodili tokom poslednje decenije ukazuje na to da preskriptivni pristup prilikom projektovanja zgrada u većini slučajeva ne garantuje zadovoljavajući nivo bezbednosti od požara. Mere usmerene ka pojedinačnim elementima zgrade ne mogu garantovati isti nivo zaštite od požara celokupnog sistema. Shodno tome, ponašanje spoljnih zidova zgrada u požaru je jedan od ključnih aspekata koji je potrebno sagledati prilikom projektovanja visokih zgrada i koji, pored individualnih komponenti, zahteva ispitivanje i celokupnog sistema (MBA, 2018).

2.2.3.1. Reakcija na požar

Reakcija materijala na požar je odgovor materijala, u smislu doprinosa razvoju požara kome je izložen usled sopstvene razgradnje do koje dolazi izlaganjem tog materijala standardom definisanim ispitnim uslovima. Karakteristike reakcije materijala na požar se ogledaju kroz klasu zapaljivosti, emisiju dima, otkapavanje i/ili druga očekivana svojstva, koja ugrožavaju evakuaciju (SRPS EN 13501-1, 2019).

Prema evropskoj klasifikaciji (EN 13501-1:2007), građevinski proizvodi se klasifikuju u 7 klasa reakcije na požar (negorivi - A1 i A2, gorivi – B, C, D, E i F, Sl. 2.35), tri dodatne klase prema tome da li materijal oslobađa dim i tri klase u zavisnosti od toga da li su na uzorku

prilikom ispitivanja na dejstvo požara prisutne kapljice koje gore i otpadaju sa materijala (Tab. 2.21).



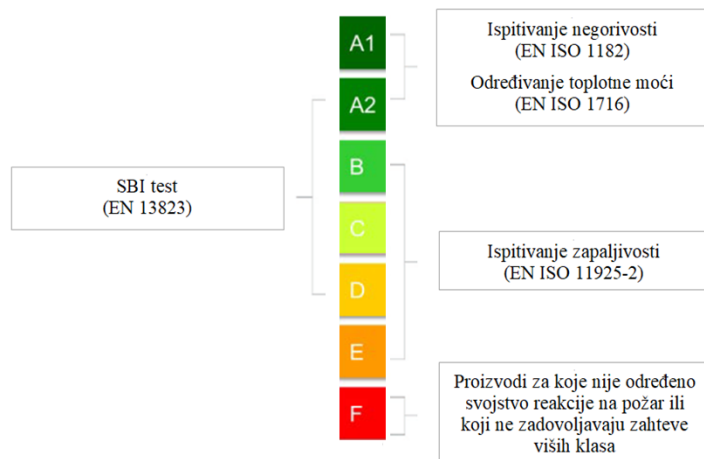
Sl. 2.35 – Shematski prikaz evropskih klasa reakcije na požar (Martin, Eeckhout, Lassoie, Winnepenninckx & Deschoolmeester, 2017)

Tab. 2.21 – Dodatne klase prema produkciji dima pri sagorevanju materijala (oznaka s) i prema tome da li materijal oslobađa čestice ili kapljice koje gore i otpadaju sa materijala (oznaka d)

Produkciji dima pri sagorevanju materijala	s1	Mala količina dima ili nimalo dima
	s2	Srednja količina dima
	s3	Puno dima
Produkcija čestica/kapljica koje gore i otpadaju pri sagorevanju materijala	d0	Nema kapljica u periodu od 10 min
	d1	Kapljice se formiraju u periodu od 10 min ali ne gore i otpadaju više od 10s
	d2	Materijal koji ne pripada klasama d0 i d1

Za klasifikaciju građevinskih proizvoda i elemenata zgrade na osnovu reakcije na požar, primenjuju se sledeće metode ispitivanja (Sl. 2.36):

- (SRPS) EN ISO 1716: Određivanje toplotne moći (kalorimetar s kalorimetrijskom bombom)
- (SRPS) EN ISO 1182: Ispitivanje negorivosti (Small furnace test)
- (SRPS) EN ISO 11925-2: Zapaljivost građevinskih proizvoda izloženih direktnom dejstvu plamena, Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena (Small flame test)
- (SRPS) EN 13823: Ispitivanje reakcije na požar građevinskih proizvoda (izuzev podnih obloga) izloženih toplotnom dejstvu jednog gorućeg izvora (Single burning item test)



Sl. 2.36 – Metode ispitivanja reakcije na požar građevinskih proizvoda (PU Europe, 2020)

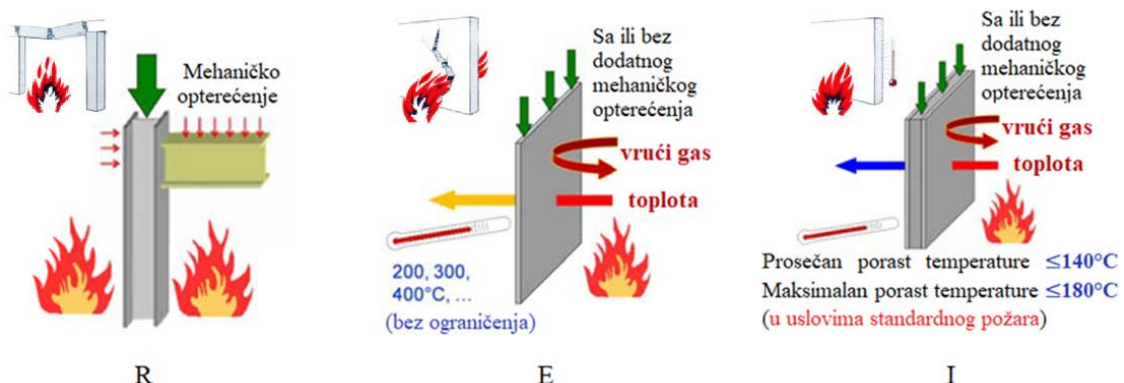
2.2.3.2. Otpornost na požar

Prema Zakonu o zaštiti od požara (2018), *otpornost na požar* je sposobnost konstrukcije, odnosno elementa, da u uslovima izloženosti standardnom požaru određeno vreme ispunjava zahtevanu:

- nosivost, R (odnosi se na konstruktivne elemente zgrade) i/ili
- integritet, E (odnosi se na elemente koji razdvajaju prostor) i/ili
- toplotnu izolaciju, I (odnosi se na elemente koji razdvajaju prostor) i/ili
- drugo očekivano svojstvo, kako je propisano standardima o ispitivanju otpornosti na požar i klasifikaciji.

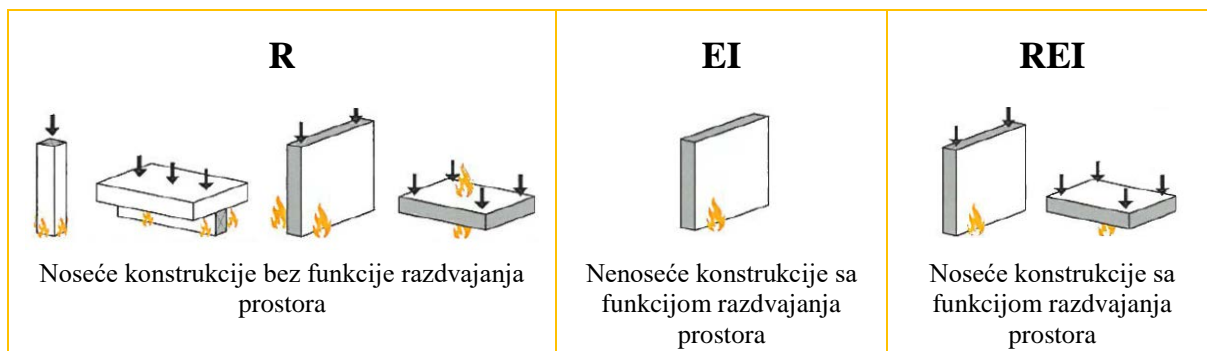
Tokom ispitivanja otpornosti na požar građevinskih konstrukcija/elemenata u određenom vremenu ne sme doći do (Sl. 2.37):

- rušenja konstrukcije (R);
- gubitka integriteta, odnosno nastanka prslina i/ili pukotina i prenosa požara na stranu koja nije izložena požaru, usled prodiranja plamena i vrućih gasova (E);
- srednja temperatura na strani koja nije izložena požaru ne sme da se poveća za više od 140°C, a najveća temperatura ni na kom mestu ne sme biti viša od 180°C od početne temperature (I) (Vassart et al., 2014).



Sl. 2.37 – Kriterijumi otpornosti na požar: nosivost (R), integritet (E) i toplotna izolacija (I) (adaptirano iz Vassart et al., 2014; Östman & Källsner, 2011)

U zavisnosti od funkcije, od konstrukcije se zahteva da zadovolji jedan ili više kriterijuma (Sl. 2.38).



Sl. 2.38 – Klase otpornosti na požar elemenata konstrukcije u zavisnosti od funkcije (adaptirano iz Martin et al., 2017)

Otpornost na požar zapravo predstavlja vreme, izraženo u minutima (15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 ili 360), tokom kojeg građevinska konstrukcija podvrgnuta ispitivanju u uslovima standardnog požara ispunjava propisane zahteve (R, E, I).

Za klasifikaciju građevinskih proizvoda i elemenata zgrade na osnovu otpornosti na požar, primenjuju se sledeće metode ispitivanja:

- (SRPS) EN 1365 – za noseće konstrukcije
- (SRPS) EN 1364 – za nenoseće konstrukcije

2.2.3.3. Mehanizmi širenja požara putem fasade

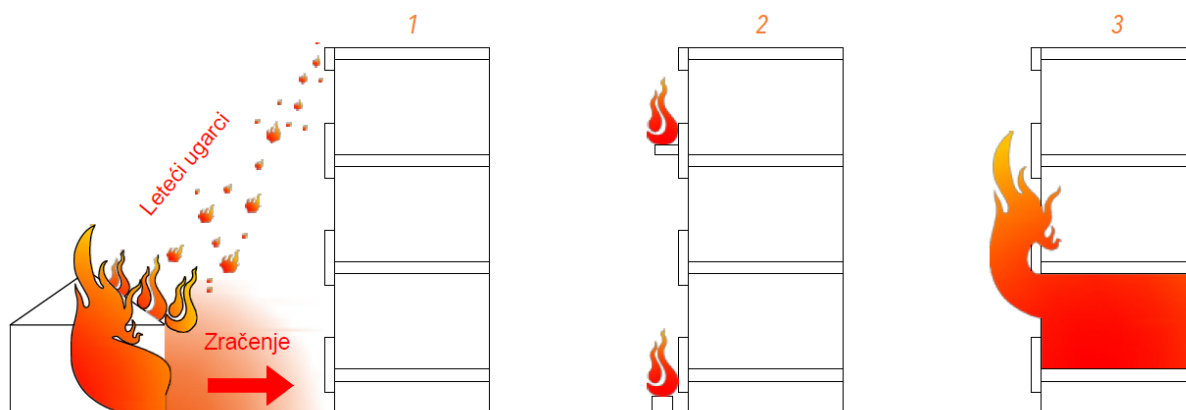
Požar ne nastaje na fasadi ali fasadni sistem, kao veza između spoljašnjeg okruženja i unutrašnjosti zgrade, se nalazi u oblasti koja pogoduje širenju požara. Neograničene količine kiseonika, vertikalnost površine, razlika između spoljašnjeg i unutrašnjeg pritiska, vetar, samo su neki od razloga usled kojih dolazi do širenja požara čak i kada je sistem izrađen od negorivih materijala.

Jelčić Rukavina, Carević i Banjad Pečur (2017) su identifikovali tri tipična scenarija prenosa požara putem fasade (Sl. 2.39):

1. Prenos spoljašnjeg požara radijacijom sa susedne, izdvojene, zgrade na gorivu fasadu;
2. Prenos spoljašnjeg požara na gorivu fasadu s izvora požara koji se nalaze uz samu fasadu, a posledica su radijacije ili direktne izloženosti plamenu (smeće na balkonu, parkirani automobili, vandalizam i sl.);
3. Prenos unutrašnjeg požara (koji nastaje u zgradi) preko otvora na fasadi na gornje spratove.

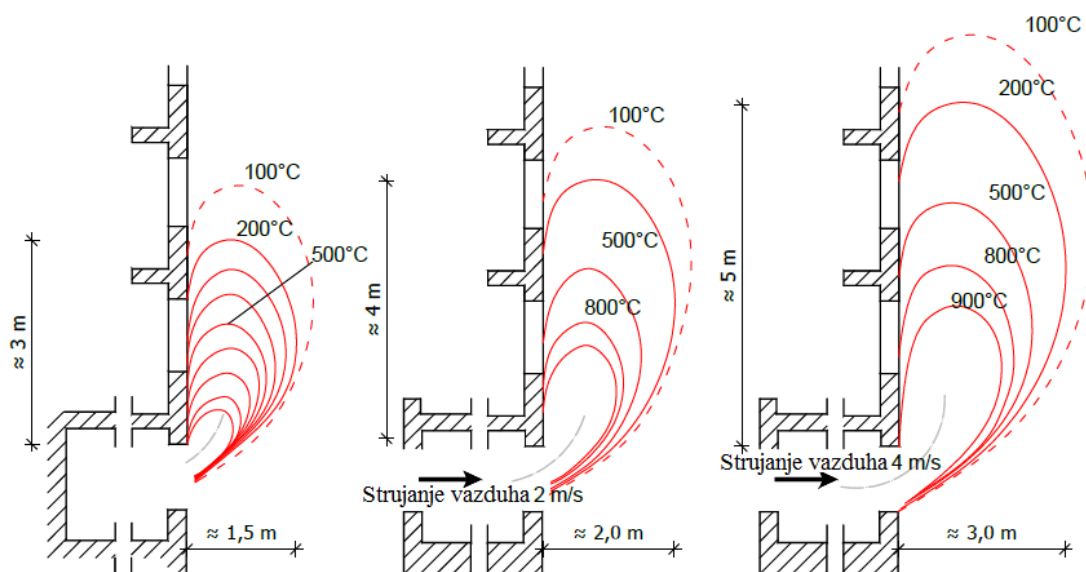
Yokoi (1960) je sproveo studiju o širenju požara i ponašanju plamena koji „izađe“ kroz otvor na fasadi. On je istakao da staklo, 3 mm debljine, na standardnim prozorima puca pri temperaturama od 400 °C, čime se omogućava da vatra prodre u spoljašnost i dovede do širenja požara putem fasade, jer plamen ima tendenciju da se usmeri kroz otvor zbog prisustva

veće količine oksidansa⁵. Ukoliko su otvori na fasadi nedovoljno udaljeni jedni od drugih, doći će do pucanja stakla na susednim otvorima usled dejstva toplote.



Sl. 2.39 – Tri tipična scenarija prenosa požara putem fasade (Jelčić Rukavina i dr., 2017)

Kada plamen, nakon pucanja stakla na otvorima, izađe kroz otvor na fasadi, usled velike brzine strujanja vazduha plamen se može izdignuti i do 5 m iznad vrha otvora, bez obzira na sistem fasade i vrstu materijala koji ga čine (Sl. 2.40) (Mayr & Battran, 2014).

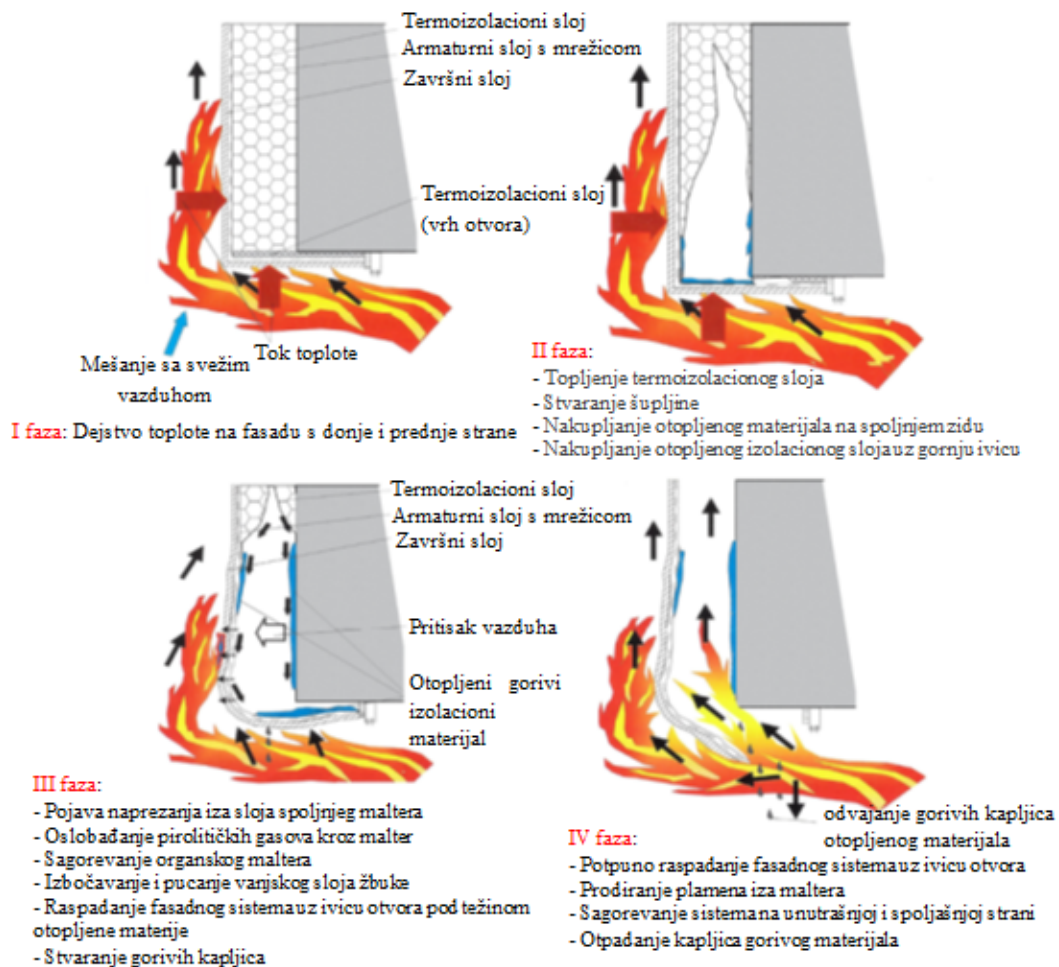


Sl. 2.40 – Visine plamena s označenim temperaturama na fasadi u zavisnosti od brzine strujanja vazduha (Mayr & Battran, 2014)

Nakon što plamen požara zahvati spoljnu oblogu, dalje širenje požara po fasadi zavisice od karakteristika fasadnog sistema, gde je potrebno istaći (Jelčić Rukavina i dr., 2017):

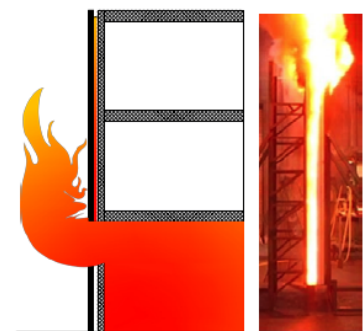
- reakciju na požar materijala koji čine fasadni sistem, od kojih zavisi brzina širenja požara (Sl. 2.41).

⁵ U procesu sagorevanja najčešći oksidator jeste kiseonik. Osim njega, kao oksidatori se javljaju hlor, brom i čitav niz materija koje u svom sastavu sadrže hemijski vezan ili slobodan kiseonik.



Sl. 2.41 – Prikaz razvoja požara po fasadi preko gorive termoizolacije (Jelčić Rukavina i dr., 2017)

- *postojanje šupljina* (npr. kod ventilisanih fasada, ili usled odvajanja delova fasade tokom požara). Ukoliko plamen dospe u šuplji prostor (Sl. 2.42), velikom brzinom se može produžiti 5-10 puta u odnosu na početnu dužinu (usled efekta dimnjaka), bez obzira na svojstva materijala koji se nalaze na granici ventilisanog sloja. Rizik od vertikalnog širenja požara ispod završne obloge fasade se može smanjiti primenom požarnih barijera, kojim bi se na određenim rastojanjima prekinula šupljina;
- *raspored otvora na fasadi* koji utiče na širenje požara sa sprata na sprat. Ukoliko su dva otvora preblizu da bi se ugradio negoriv pojas, širenje požara se u velikoj meri može usporiti ugradnjom konzolnih ispusta, kao i horizontalnih i vertikalnih negorivih pojaseva na fasadi, na granici požarnih sektora.



Sl. 2.42 – Širenje požara kroz ventilisani sloj spoljnog zida (Jamison & Boardman, 2016)

2.2.3.4. Faktori koji utiču na nivo rizika od požara u visokim zgradama

U kontekstu bezbednosti od požara, usled velike visine, broja spratova, prisustva velikog broja ljudi, postojanja velikog broja potencijalnih izvora zapaljenja i zapaljivog sadržaja, odnosno visokog požarnog opterećenja, visoke stambene zgrade se smatraju visoko rizičnim.

Xiuyu Hao & Qingming (2012) su razmatrali probleme koji su karakteristični za visoke zgrade u slučaju nastanka požara:

- *Brzo širenje požara.* U slučaju nepostojanja požarnih sektora, tokom požara, vatra i dim će se širiti velikom brzinom (kao kroz dimnjak) kroz stepenišni prostor, liftovska okna i druge vertikalne otvore i doći će do zapaljenja postojećeg zapaljivog sadržaja koji se nađe na putu vatri što će uticati na ubrzanje širenja požara, kao i na povećanje njegovog intenziteta. Navodi se da je u slučaju nastanka požara u zgradi visine 100 m potrebno svega 30s da dim dospe do poslednjeg sprata kroz vertikalne otvore i pri tom je njegova brzina 10 puta veća od one u horizontalnom smeru.
- *Otežana evakuacija.* Evakuacija većine visokih zgrada se vrši stepeništem. U slučaju da ne postoji sigurnosno stepenište, koje je izolovano od vatre i dima, korisnici objekta će se kretati putem koji nije bezbedan.
- *Otežano gašenje požara.* Intenzivno toplotno zračenje, velika brzina širenja požara, nemogućnost pristupa višim spratovima spolja, potreba za velikom količinom vode za gašenje su samo neki od faktora koji utiču na otežano gašenje požara.

Varijable koje mogu imati uticaj na nivo rizika od širenja požara putem fasade ili na nivo bezbednosti od požara visoke zgrade u globalu su opisane i kategorisane (Tab. 2.22 i Tab. 2.23) (Lamont & Ingolfsson, 2018).

Tab. 2.22 – Varijable koje mogu uticati na nivo rizika od širenja požara putem fasade (Lamont & Ingolfsson, 2018)

Kategorija	Potkategorija	Varijable
KOMPONENTE FASADNOG SISTEMA	Tip spoljašnje obloge	Goriva/negoriva; Može se očekivati da zapaljiva obloga doprinosi širenju vatre i prenosu požara putem fasade.
	Tip izolacije	Goriva/negoriva; Može se očekivati da zapaljiva izolacija doprinosi širenju vatre i prenosu požara putem fasade.
	Lokacija izolacionog sloja u fasadnom sistemu	Pričvršćen za podlogu ili oblogu ili kao deo EIFS / ETICS ili nekog drugog sistema;
	Prisustvo šupljina u fasadnom sistemu	Debljina vazdušnog sloja, ispunjenost izolacijom; Postojanje šupljina u fasadnom sistemu omogućavaju nesmetano kretanje plamena i vrućih gasova unutar fasadnog sistema, kao i ka spolja.
OBLIKOVANJE FASADE	Prisustvo horizontalnih i vertikalnih pojaseva izvedeni od gorivog materijala	Prisustvo kontinualnih vertikalnih gorivih pojaseva će doprineti vertikalnom širenju vatre i prenosu požara po visini zgrade u poređenju sa horizontalnim pojasevima, bez vertikalne veze.
	Prisustvo balkona	Prisustvo balkona na fasadi može imati dvostruki uticaj – u jednom slučaju može sprečiti prenos požara putem fasade, a u drugom može biti izvor paljenja fasadnog sistema.
PASIVNE MERE	Prisustvo požarnih barijera, natprozornih greda, barijera u šupljinama	Očekuje se da pravilno postavljene požarne barijere ili barijere u šupljinama usporavaju širenje vatre i prenos požara duž fasade i unutar vazdušnog sloja između obloge i izolacije ili glavne konstrukcije.
	Prisustvo požarnih barijera na spoju međuspratne konstrukcije i fasadnog sistema	Očekuje se da pravilno postavljene požarne barijere sprečavaju širenje vatre putem praznine između međuspratne konstrukcije i fasadnog sistema
OSTALO	Fizičko stanje fasadnog sistema	Prisustvo oštećenja; Spoljni sloj ETICS sistema se smatra osnovnim nosiocem požarnih performansi sistema, te njegovo oštećenje u znatnoj meri može da utiče na slabljenje ovih performansi.

Tab. 2.23 – Varijable koje mogu uticati na nivo bezbednosti od požara visoke zgrade u globalu (Lamont & Ingolfsson, 2018)

Kategorija	Potkategorija	Varijable
KARAKTERISTIKE ZGRADE I KORISNIKA	Tip konstrukcije	Konstruktivni čelik, beton, itd;
	Strategija evakuacije	Simultana evakuacija svih korisnika, fazna evakuacija ili „ostani gde jesi“ strategija evakuacije;
	Visina zgrade	Visina zgrade ukazuje na dužinu puta koju korisnici objekta moraju preći tokom evakuacije.
	Korisna površina zgrade	Korisna površina ukazuje na veličinu požarnog opterećenja i rizike izbijanja požara i na broj ljudi u zgradi.
	Karakteristike ugroženih korisnika	Da li su korisnici objekta budni ili spavaju, da li su upoznati da zgradom, gde su locirani unutar zgrade;
	Detekcija	Ručno, automatska detekcija dima, automatska detekcija toplote;
NAČINI EVAKUACIJE I ALARMIRANJA	Alarm	Samo u stanu; Fazno preko 3 sprata; Simultano aktiviranje je moguće automatski i/ili ručno;
	Izlazi i pristup izlazima	Broj stepeništa; Da li su stepeništa udaljena? Postojanje prozora u stepenišnom prostoru; Spoljašnje stepenište uz fasadu; Sigurnosno stepenište; Materijali za oblaganje zidova / plafona na putu evakuacije; Vrata otporna na požar prisutna ili ne, stanje? Izlazi otvoreni ili zaključani; Goruće kapljica otpadaju sa fasade na zemlju iznad izlaza;
	Upravljanje	Održavanje zgrade; Održavanje svih pasivnih /aktivnih sistema zaštite od požara (pouzdanost);
	Kontrola dima	Kontrola dima prisutna na izlaznim rutama; Kontrola dima / nadpritisak u stepenišnom prostoru ili hodnicima. Da li se sistemi za kontrolu dima održavaju (pouzdanost)?
	Sprinkler instalacija	Opseg sistema (nijedan, delimičan, u celosti); Brzi ili standardni odgovor; Snabdeva se iz javne mreže ili namenskog rezervoara; Vatrogasne pumpe (dežurne ili u režimu pripravnosti). Sistem se održava (pouzdanost)?
	Širenje požara i gašenje	Obodni pristup zgradi? Koliko je lako pristupiti fasadi ako je u plamenu? Ulični hidranti?
SPREČAVANJE ŠIRENJA POŽARA I GAŠENJE	Pristup VSJ	Lokacija/blizina/vreme odziva VSJ; Unutrašnje mere gašenja požara; Komunikacioni sistemi;
	Podela na požarne sektore	Požarne barijere, vrata otporna na požar u vatrootpornim zidovima između stanova ili drugih prostorija.

2.2.3.5. Aktuelni zahtevi u evropskim zemljama

Za probleme bezbednosti od požara u Evropi ne postoji uniformno rešenje, već se problemi rešavaju na nacionalnom ili čak individualnom nivou. Usled različitih pristupa na nacionalnom nivou, regulativa, kao i metodologija ispitivanja performansi spoljnih zidova zgrada u uslovima požara, značajno se razlikuju od zemlje do zemlje.

Ključni dokument za bezbednost od požara zgrada u EU predstavlja *Uredba o građevinskim proizvodima* (Regulation 305/2011). Uredba obezbeđuje harmonizaciju propisa za ispitivanje na požar i klasifikaciju građevinskih proizvoda u svim državama članicama. Međutim, metode za ispitivanje i klasifikaciju ne pokrivaju sve aspekte bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada, a pri tom države članice same određuju sopstveni zahtevani nivo zaštite od požara.

Pored Uredbe, značajan uticaj na bezbednost od požara ima i EPBD direktiva (Directive 2018/844) u okviru koje se navodi da bi države članice trebalo da budu u mogućnosti da koriste svoje dugoročne strategije obnove za rešavanje problema zaštite od požara koji utiču na energetska obnova i životni vek objekta.

Evropski propisi iz oblasti bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada odnose se na dve kategorije standarda, koji obuhvataju:

- Karakteristike reakcije na požar sistema zida i komponenti (materijala) i
- Otpornost na požar sistema zida (konstrukcije)

Godinama unazad, FSEU upoređuje građevinske propise i zahteve zaštite od požara širom Evrope, te je tako 2017. godine ukazala na razlike u propisima o visokim zgradama (Tab. 2.24) (FSEU, 2017).

Tab. 2.24 – Zahtevi građevinskih proizvoda visokih zgrada (FSEU, 2017)

Država	Zahtev
Belgija	Ne postoje zahtevi
Češka	A2-s1,d0
Hrvatska	A2-d1
Danska	A2-s1,d0
Engleska	A2-s1, d0 ili sistem ispitan po BS 8414-1
Finska	B-s1,d0
Francuska	A2-s3,d0
Nemačka	A2-s1,d0
Grčka	Ne postoje zahtevi
Mađarska	A2-s1,d0
Italija	B-s3,d0
Holandija	Ne postoje zahtevi
Poljska	A2-s3,d0
Slovačka	A2-s3,d2
Španija	B-s3,d0
Švedska	A2-s1, d0 ili sistem ispitan po SP Fire 105

Utvrđeno je da pojedine države (Holandija, Belgija i Grčka) nemaju definisane zahteve za komponente sistema spoljnih zidova, a pri tom ne postoje ni ispitivanja požarnih karakteristika spoljnih zidova u stvarnoj veličini (engl. *large-scale test*). U Engleskoj i Švedskoj je dozvoljena upotreba proizvoda koji ne zadovoljavaju pojedinačne zahteve ako, pri ispitivanju u realnim razmerama, požarne performanse sistema zida zadovolje postavljene zahteve. Ostale države imaju stroge zahteve.

Zahtevi za otpornost noseće konstrukcije na požar se definišu na veoma sličan način u različitim državama – sa visinom zgrade rastu i zahtevi. U pogledu otpornosti na požar konstruktivnih elemenata zgrade razmatra se kriterijum nosivosti (R), u kontekstu vremena (minuta) otpornosti na požar. Za visoke zgrade zahtevi se kreću u opsegu R90-R120 (Bergström & Ericssäter, 2015). Kao razlog ovako visokih zahteva za otpornost konstrukcije navode se ograničenja u pogledu intervencije VSJ. Kod visokih zgrada pojedine etaže (najviše) su često nepristupačne za automehaničke lestve, te je potrebno mnogo više vremena za intervenciju gašenja požara i spasavanja u slučaju da je požar na višim etažama.

Izuzev zahteva koji se odnose na karakteristike reakcije na požar i otpornosti na požar, 14 od 24 države Evrope u okviru propisa ima definisane i neke druge zahteve, koji se odnose na požarne karakteristike fasadnih sistema. Ovi dodatni zahtevi pokriveni su sa 12 različitih metoda ispitivanja koje se koriste u Evropi (Tab. 2.25) (Boström et al., 2018). Četiri metode ispitivanja su bazirane na ispitivanjima uzorka srednje veličine (engl. *medium-scale test*, DIN 4102-20, ONORM B 3800-5, PN-B-02867 i ISO 13785-1), dok preostalih osam metoda ispitivanja predstavljaju ispitivanja na uzorcima velikih razmera (engl. *large-scale test*).

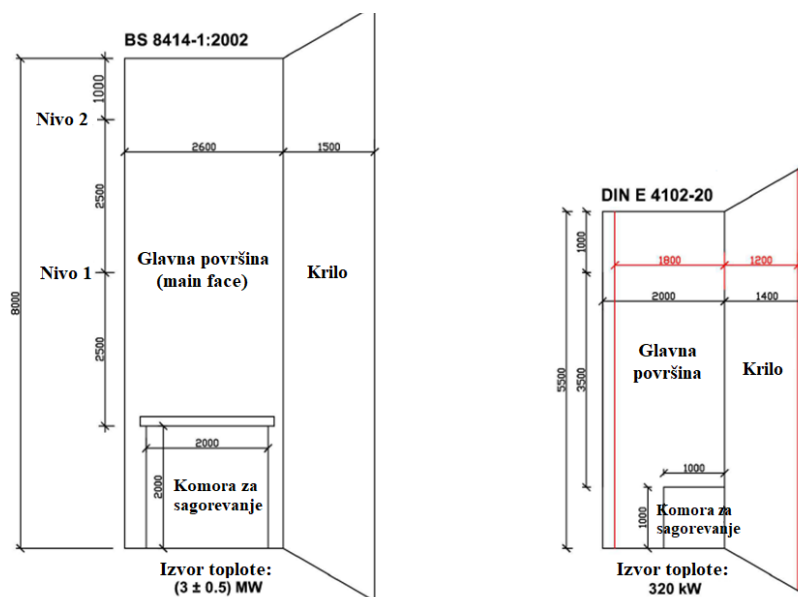
Pojedine države imaju nacionalne standarde za ispitivanje ponašanja spoljnih zidova u požaru, dok neke države primenjuju inostrane standarde. Značajan broj država ne primenjuje ovu vrstu standarda.

Tab. 2.25 – Metode ispitivanja požarnih karakteristika fasadnih sistema (Boström et al., 2018)

Metode ispitivanja	Nivo* ispitivanja	Primena (država)
PN-B-02867:2013	S	Poljska
BS 8414-1:2015 i BS 8414-2:2015	V	Velika Britanija, Irska
DIN 4102-20	S	Švajcarska, Nemačka
ÖNORM B 3800-5	S	Švajcarska, Austrija
Prüfbestimmung für Aussenwandbekleidungssysteme	V	Švajcarska/Lihtenštajn
Technical regulation A 2.2.1.5	V	Nemačka
LEPIR 2	V	Francuska
MSZ 14800-6:2009	V	Mađarska
SP Fire 105	V	Švedska, Norveška, Danska
Tekniikka opastaa 16 (nezvanična metoda)	V	Finska
ISO 13785-2:2002	V	Slovačka
ISO 13785-1:2002	S	Češka

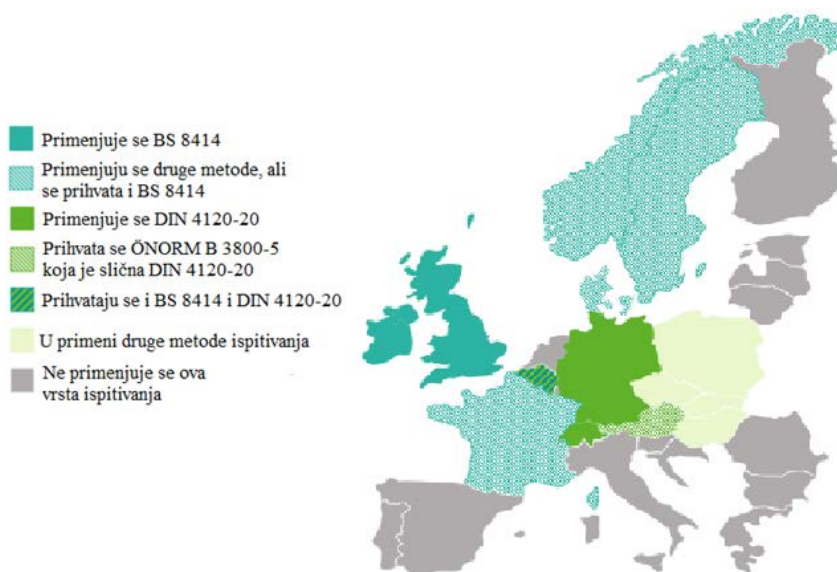
*Nivo ispitivanja: S-uzorci srednje veličine, V-veliki uzorci (realnih razmera)

U cilju kreiranja zajedničke metodologije, Evropska komisija je finansirala projekat u okviru koga su predstavljene dve mogućnosti za zajednički pristup proceni požarnih svojstava spoljnih zidova zgrada (Boström et al., 2018). Prva opcija, tzv. „predložena metoda ispitivanja“, obuhvata metodologiju zasnovanu na postojećim standardima ispitivanja za procenu požarnih performansi spoljnih zidova zgrada (britanski standard BS 8414 i nemački DIN 4102-20, Sl. 2.43). Druga opcija, tzv. „alternativna metoda ispitivanja“, predlaže novu metodologiju za ispitivanje i klasifikacioni pristup kombinujući dva testa. Pod vođstvom Istraživačkog instituta Švedske (RISE) trenutno se realizuje projekat (2020-2023) čiji je cilj usavršavanje i finalizaciji date „alternativne“ metode ispitivanja (RISE, 2020).



Sl. 2.43 – Uporedni prikaz testnih uzoraka prema BS 8414-1 i DIN 4102-20 standardima (Banjad Pečur, Bobovec, Milovanović & Bagarić, 2015)

Na Sl. 2.44 je data mapa Evrope koja ukazuje na primenu BS 8414 i DIN 4120-20 standarda za ispitivanje ponašanja spoljnih zidova zgrada u požaru.



Sl. 2.44 – Primena BS 8414 i DIN 4120-20 metoda za ispitivanje performansi fasadnih sistema u požaru u Evropi (MBA, 2018)

Požar u kome je 2017. godine gorela Grenfel kula (London) je doveo do značajnih promena u oblasti bezbednosti od požara zgrada u Evropi. Kreirana je *Platforma za razmenu podataka o požarima* (FIEP), čime je bezbednost od požara postala deo programa EU i putem koje je omogućena saradnja među državama članicama, a ujedno je olakšana razmena informacija. Mnoge zemlje EU (Belgija, Francuska, Irska, UK, Bugarska, Holandija, Grčka, Danska i Finska) odlučile su da preispitaju svoje zakone i propise o zaštiti od požara u zgradama u cilju unapređenja. FSEU je 2018. godine napravila pregled najnovijih izmena i predloženih mera u propisima (FSEU, 2018).

U Belgiji, BBRI je objavio izveštaj (Martin et al., 2017) gde se navodi da se rizik od širenja požara putem fasade nedovoljno razmatra u okviru evropskih propisa. *Belgijska federalna služba unutrašnjih poslova* bavi se problemom ovog nedostatka u belgijskim propisima. Kao rezultat toga, došlo je do revizije aktuelnih propisa iz oblasti zaštite zgrada od požara. Jedna od tačaka koja se razmatra je visina iznad koje se zgrada smatra visokom. Konstatovano je da, i pored napora da se unaprede propisi, još uvek nedostaju neki ključni elementi, kao što je zajednički pristup za procenu požarnih performansi spoljnih zidova zgrada na osnovu jednog harmonizovanog testa velikih razmera. Slično tome, iako se dim smatra najčešćim uzročnikom fatalnih ishoda, toksičnost dima koji se javlja prilikom gorenja građevinskih proizvoda se ne meri.

U Francuskoj, nakon objavljivanja izveštaja od strane *Naučno-tehničkog centra za zgrade* (CSTB) u okviru koga su dati predlozi za unapređenje bezbednosti od požara, razvijen je program za identifikaciju slabih tačaka u francuskim propisima. Tokom 2018. godine usvojen je novi zakon o stanovanju koji obuhvata sve aspekte izgradnje i obnove zgrada.

U Velikoj Britaniji je pokrenuta nezavisna revizija građevinskih propisa i zaštite od požara (Hackitt, 2018), kao i javna istraga. Vlada je, takođe, pokrenula javnu raspravu o zabrani upotrebe zapaljivih materijala u oblogama na visokim zgradama.

U Bugarskoj je tokom 2017. godine došlo do revizije propisa o požarnoj bezbednosti visokih zgrada. Izmenjena regulativa zahteva da se pri izgradnji i obnovi visokih zgrada (zgrade više od 28 metara) koriste samo nezapaljivi materijali (A1 i A2), za razliku od dotadašnjeg propisa prema kojem je bilo moguće koristiti materijale A, B i C klase reakcije na požar.

Od 2018. godine u Grčkoj, Danskoj i Finskoj su na snazi novi građevinski propisi o zaštiti zgrada od požara.

2.2.3.6. Evolucija propisa i aktuelni zahtevi u Republici Srbiji

Bezbednost od požara stambenih zgrada u Republici Srbiji je regulisana *Zakonom o zaštiti od požara (2018)*, *Zakonom o planiranju i izgradnji (2021)* i *Zakonom o građevinskim proizvodima (2018)*. Bezbednost od požara stambenih zgrada regulisana je i pratećim tehničkim propisima koji se odnose na stambene objekte (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od požara stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene, 2019), visoke objekte (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, 2018), pristupne puteve, okretnice i uređene platoe za vatrogasna vozila u blizini objekta (Pravilnik o tehničkim normativima za pristupne puteve, okretnice i uređene platoe za vatrogasna vozila u

blizini objekta povećanog rizika od požara, 1995), spoljne zidove zgrada (Pravilnik o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada, 2019), završne radove (Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje završnih radova u građevinarstvu, 1990), kao i propisima iz oblasti stanovanja i održavanja zgrada (Zakon o stanovanju i održavanju zgrada, 2020). Ispunjenost osnovnog zahteva bezbednosti od požara u slučaju obnove zgrade dokazuje se izradom *Elaborata zaštite od požara* (Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata, 2019).

Zakon o zaštiti od požara je tokom druge polovine XX veka više puta menjan i inoviran (1956., 1970., 1988., 1993. i 1994. godine), dok je prvi propis koji se odnosio isključivo na visoke zgrade usvojen 1984. godine (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, 1984). Visoki objekti su u to vreme definisani kao zgrade sa prostorijama za boravak ljudi čiji se podovi najvišeg sprata nalaze najmanje 22 m iznad najniže kote terena na koji je moguć pristup vatrogasnim vozilima i na kome je moguća intervencija uz korišćenje automehaničkih lestava. Zahtevalo se da noseći i ojačani spoljni zidovi moraju biti od negorivog materijala i otporni prema požaru najmanje 1,5 h, dok izolacioni materijal na spoljnim stranama zidova može biti i goriv, pod uslovom da je nalepljen na zid i ankerovan tako da ne otpada u slučaju požara i da je sa spoljne strane obložen negorivim materijalom koji je otporan prema požaru najmanje 1 h. Izolacioni materijal u zidovima je mogao biti goriv ako je obloga s unutrašnje strane bila otporna prema požaru najmanje 1,5 h, a ako je postavljen sa unutrašnje strane tih zidova, izolacioni materijal je morao biti negoriv. Dodatno, zahtevalo se da fasada objekta bude izvedena od materijala koji ne dozvoljava prenos požara i širenje vatre s jednog sprata na drugi, dok je između otvora na dva susedna sprata na fasadnoj strani moralo postojati prekidno rastojanje najmanje 1 m. Ukoliko je ovo rastojanje iznosilo manje od 1 m, put plamena između dva sprata produžavao se postavljanjem konzolnih delova konstrukcije objekta u nivou svakog sprata.

Modifikacijom pravilnika (2011), granična visina visokih objekata je sa 22 m povećana na 30 m, dok su zahtevi koji su se odnosili na spoljne zidove zgrada ostali nepromenjeni.

U narednom periodu pravilnik je zamenjen novim (2015) koji je naknadno dva puta modifikovan (2017. i 2018. godine). Aktuelnim pravilnikom su propisani tehnički zahtevi bezbednosti od požara koji moraju biti ispunjeni prilikom projektovanja, izgradnje, rekonstrukcije i dogradnje visokih objekata. Zahtevi se odnose na pristupne puteve, okretnice i platooe za vatrogasna vozila u blizini objekta, otpornost na požar nosećih i nenosećih konstrukcija objekata, građevinske mere za sprečavanje prenosa požara u objektu, evakuacione puteve, liftove, sisteme ventilacije i/ili klimatizacije i grejanja, električne instalacije, kao i na posebne sisteme i mere (sisteme za otkrivanje i dojavu požara, instalacije hidrantske mreže, aparate za početno gašenje požara, vežbe evakuacije i vežbe upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu). U slučaju rekonstrukcije objekta definisani zahtevi su primenljivi samo na deo objekta koji je predmet rekonstrukcije i požarna bezbednost postojećeg objekta se rekonstrukcijom ne sme umanjiti.

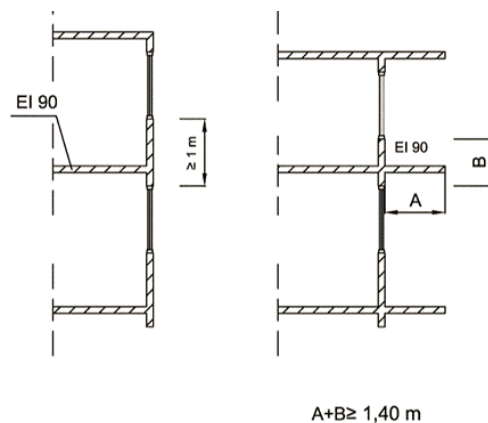
Klasifikacija spoljnih zidova zgrada i materijala koji ulaze u sastav zidova, u kontekstu ponašanja u požaru (otpornosti na požar i karakteristika reakcije na požar), je usklađena sa

evropskom klasifikacijom i vrši se na osnovu standarda SRPS EN 13501-1 (2019) i SRPS EN 13501-2 (2017).

Prema aktuelnom pravilniku za visoke zgrade, spoljni noseći zidovi moraju biti otporni prema požaru 2,0 h (RE-M 120) izvedeni od građevinskih materijala klase reakcije na požar najmanje A2-s1,d0.

Fasadni zid objekta mora biti izveden tako da se spreči put plamena između dve susedne etaže izvođenjem vertikalnog građevinskog elementa otpornog prema požaru 1,5 h (EI 90). Visina vertikalnog građevinskog elementa koji razdvaja etaže (prekidno rastojanje) mora biti dužine najmanje 1 m, ili dužine najmanje 1,4 m, koju čini zbir vertikalnih i horizontalnih delova (Sl. 2.45).

Modifikacijama pravilnika bili su podvrgnuti i zahtevi za spoljne zidove u čijem sastavu u pogledu sistema ili pojedinačnih komponenata sistema se moraju primeniti građevinski proizvodi odgovarajuće karakteristike reakcije na požar. Modifikacija kriterijuma prikazana je u Tab. 2.26.



Sl. 2.45 – Vertikalno prekidno rastojanje (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, 2018)

Tab. 2.26 – Modifikacija zahteva za spoljne zidove visokih zgrada u kontekstu reakcije na požar

Zahtevi za spoljni zid	2015	2017		2018
	30 m i više	do 40 m	40m i više	30 m i više
Sistem zida	A1	A2-s1,d0	A1	A2-s1,d0
Komponente zida				
Spoljni sloj/ prefabrikovani panel	A1	A2-s1,d0	A1	A2-s1,d0
Potkonstrukcija	NPD	NPD	NPD	A2
Toplotno-izolacioni sloj	A1	A1	A1	A1

*NPD- nije posebno definisano

Prvom verzijom pravilnika (iz 2015. godine) zahtevalo se da toplotno izolacioni i spoljni slojevi spoljnih zidova i samonoseći prefabrikovani fasadni paneli moraju biti izrađeni od negorivih materijala klase reakcije na požar A1.

Modifikacijom iz 2017. godine uvedene su dve kategorije visokih zgrada te su se uslovi definisani prethodnom verzijom pravilnika u ovom slučaju odnosili isključivo na zgrade visoke 40 m i više, dok se za spoljne slojeve fasadnih zidova zgrada (a samim tim i celog sistema zida) visine 30 m - 40 m zahtevalo da budu A2-s1,d0 klase reakcije na požar. Poslednja modifikacija je rezultirala aktuelnom zahtevima koji se odnose na sve visoke zgrade (isključena je kategorizacija visokih zgrada): sistem fasadnog zida mora biti najmanje A2-s1,d0 klase reakcije na požar, kao i spoljni slojevi zida, dok izolacioni sloj mora biti A1 klase reakcije na požar. Dodatno su uvedeni i zahtevi za elemente potkonstrukcije fasadnog zida, koji moraju biti najmanje A2 klase reakcije na požar.

Spoljni odnosno završni sloj spoljnog zida, u zavisnosti od vrste spoljnog zida, može biti izrađen i od materijala debljine najviše 0,005 m klase B-s1,d0 u površini 5% od ukupne površine spoljnog zida te strane zgrade. Na spoljni zid objekta nije dozvoljeno postavljanje estetskog sloja koji je uređen posebnim propisom iz oblasti bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada.

Potreba za unapređenjem bezbednosti od požara u postojećim i novim zgradama, kao i obaveza usaglašavanja domaćih tehničkih propisa sa propisima EU, inicirala je izradu *Pravilnika o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada*. Pravilnikom su propisani tehnički zahtevi bezbednosti od požara koje građevinski proizvodi u sastavu spoljnih zidova moraju ispuniti prilikom projektovanja, rekonstrukcije, izgradnje, dogradnje, adaptacije, upotrebe i održavanja zgrada. U sastavu spoljnog zida u pogledu sistema ili pojedinačnih komponenata sistema moraju se primeniti građevinski proizvodi čije karakteristike reakcije na požar moraju biti u skladu sa standardom SRPS EN 13501-1 (2019). Zahtevi su definisani u zavisnosti od kategorije kojoj pripada objekat – A, B, V1, V2 ili G. Klasifikacija je usklađena sa *Pravilnikom o klasifikaciji objekata* (2015). Od stupanja na snagu 2016. godine do danas zahtevi su dva puta revidirani i inovirani. Visoki stambeni objekti prvenstveno su svrstavani u kategoriju G, kojoj su pripadale stambene zgrade visine preko 22 m i gde se zahtevalo da sistem zida, kao i sve njegove komponente, budu negorivi (Tab. 2.27).

Tab. 2.27 – Evolucija zahteva za građevinske proizvode u sastavu spoljnog zida u kontekstu reakcije na požara

Kategorizacija zgrade	G (2016)	G (2017)
Samonoseći prefabrikovani fasadni paneli i zidani/betonski zidovi sa TI slojem i spoljnim zidanim, betonskim i drugim sličnim slojem za zaštitu od dejstva atmosferilija, bez ventilisanog vazdušnog sloja		
Klasa reakcije na požar sistema (spoljni zid)	A1	A2-s1,d1
Klasa reakcije na požar komponenata		
Spoljni sloj/slojevi ⁶	A2-s1,d1	A2-s1,d0
Izolacioni sloj	A2-s1,d1	B-s2,d1
Zidani ili betonski zidovi sa kontaktnim toplotno - izolacionim sistemom (ETICS)		
Klasa reakcije na požar sistema (spoljni zid)	A1	A2-s1,d0
Klasa reakcije na požar komponenata		
Spoljni sloj/slojevi ⁷	A2 s1 d1	A2-s1,d0
Izolacioni sloj	A1	A1

Prva modifikacija je dovela do smanjenja kriterijuma za ceo sistem zida, kao i komponenti sistema gde se u pojedinim slučajevima dozvoljavala ugradnja gorivih komponenti (kod sendvič zidova izolacioni sloj je mogao biti goriv). Poslednjom modifikacijom, kategorija G

⁶ Kriterijum važi i za sve slojeve samonosećeg prefabrikovanog fasadnog panela uključujući i njegov toplotno-izolacioni sloj.

⁷ U slučaju kada se komponenta sastoji iz više završnih slojeva, svaki pojedinačni završni sloj, koji predstavlja bitan sastavni deo mora ispunjavati zahteve iz tabele. Ako je preko toplotno izolacionog sloja izveden sloj od materijala klase A1 u debljini većoj od 2 cm, tada se klasa reakcije na požar toplotno-izolacionog sloja može odrediti na osnovu zahteva iz tabele koji se odnose na prvu nižu kategoriju zgrade.

je ograničena u pogledu visine objekata koji joj pripadaju (zgrade od 22 m do 30 m) čime su visoke zgrade isključene iz kategorizacije.

Postojeći stambeni fond visokih zgrada u Novom Sadu je procenjen kao visoko rizičan po bezbednost i zdravlje ljudi u slučaju požara (Milanko et al., 2006; Laban i Milanko, 2006). Utvrđeno je i da je požarna otpornost noseće konstrukcije visokih zgrada na zadovoljavajućem nivou, što je značajan podatak pri planiranju obnove zgrada.

Jasno je da je zakonska regulativa iz oblasti zaštite od požara visokih zgrada u istraživanom periodu bila oskudna i neprecizna, ne pružajući detaljnije smernice za projektovanje. Posledično, metoda periodizacije ne omogućava adekvatnu procenu, već je procenu požarne bezbednosti spoljnih zidova predmetnih zgrada neophodno sprovesti pojedinačno, za svaku individualnu zgradu ili grupu zgrada istih ili sličnih karakteristika. Procenu je moguće izvršiti kroz analizu konstruktivno-materijalnih karakteristika spoljnih zidova, nakon čega je neophodno sprovesti komparaciju sa aktuelnim zahtevima u cilju sagledavanja mogućnosti i ograničenja u pogledu unapređenja njihove bezbednosti od požara.

3. TEORIJSKE OSNOVE ZA RAZVOJ MODELA

3.1. Postojeći modeli, metode i alati za planiranje procesa obnove fasada

Proces obnove postojećih zgrada predstavlja složen proces koji zavisi od velikog broja parametara koje je potrebno razmotriti već u fazi planiranja obnove (Sl. 3.1). Poznavanje datih parametara predstavlja osnovu za donošenje odluka od kojih zavisi uspešnost predviđenih mera obnove. Kako bi donete odluke rezultirale odgovarajućim setom akcija, potrebno je da se zasnivaju na adekvatnim informacijama.



Sl. 3.1 – Osnovni elementi koji utiču na obnovu zgrade (Ma, Cooper, Daly & Ledo, 2012)

Cilj obnove zgrade (Kolokotsa, Diakaki, Grigoroudis, Stavrakakis & Kalaitzakis, 2009) je obično usmeren ka:

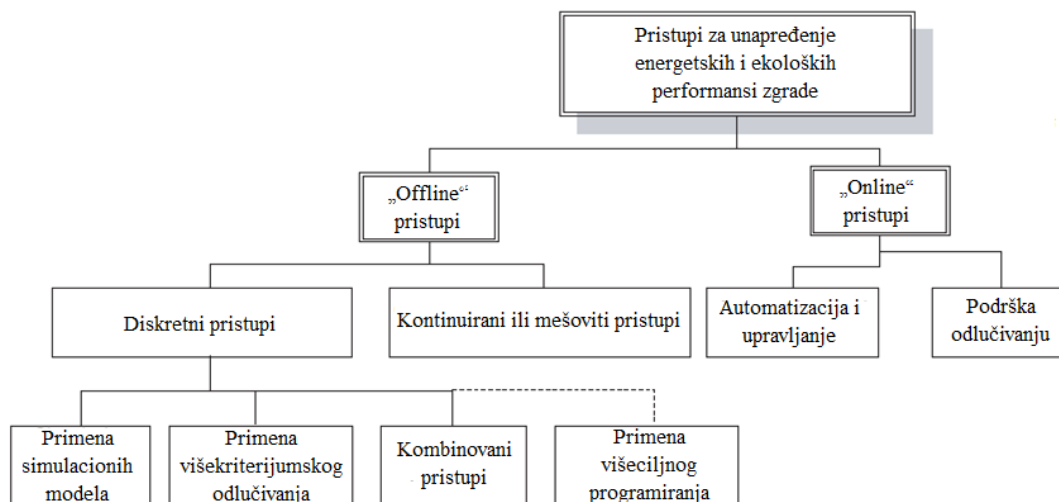
- usklađivanju performansi zgrade sa performansama zahtevanim propisima;
- unapređenju energetske efikasnosti zgrade u određenom sektoru (tj. smanjenje energije potrebne za grejanje ili hlađenje) ili ukupno unapređenje;
- poboljšanju unutrašnjeg okruženja (tj. poboljšanje toplotnog komfora, vizuelnog komfora ili kvaliteta vazduha u zatvorenom prostoru ili njihova kombinacija);
- smanjenju uticaja zgrade na životnu sredinu, u kontekstu globalnog zagrevanja;
- smanjenju troškova povezanih sa energijom.

Kao glavni kriterijumi za energetske efikasnost i kvalitet okruženja u građevinskom sektoru navode se upotreba energije, uticaj na globalno okruženje, uticaj na unutrašnje okruženje i troškovi. Takođe, navodi se da je većina pomenutih kriterijuma međusobno konkurentna, te je nemoguće naći globalno rešenje koje će zadovoljiti sve kriterijume, pa se nameće potreba za primenom tehnika za podršku donošenju odluka sa ciljem odabira rešenja koje će u odgovarajućoj meri biti zadovoljavajuće sa aspekta postavljenih kriterijuma. Shodno tome, donošenje optimalne odluke pri obnovi zgrada obično zahteva primenu optimizacionih procedura.

3.1.1. Donošenje odluka u procesu planiranja obnove zgrada

Od sredine 90-ih godina kontinuirano se razvijaju alati za podršku odlučivanju, koji se razlikuju u metodološkom pristupu, složenosti i ciljevima održivosti (Nielsen et al., 2016).

Metodologije podrške odlučivanju u procesu planiranja obnove zgrada u kontekstu unapređenja energetske efikasnosti mogu biti implementirane u vidu „online“ i „offline“ pristupa (Sl. 3.2) (Kolokotsa et al., 2009).



Sl. 3.2 – Kategorizacija metodoloških pristupa za unapređenje energetske efikasnosti u zgradama (Kolokotsa et al., 2009)

„Offline“ pristupi nisu u interakciji sa zgradom u realnom vremenu i imaju za cilj da identifikuju određene mere kao što su postavljanje dodatnog sloja izolacije, zamena prozora i sl. Pristupi se mogu podeliti na one koji se primenjuju na problem odluke formulisan kao diskretni i pristupe koji se primenjuju na problem odluke formulisan kao kontinuirani ili mešoviti (kontinuirani i diskretni).

U slučaju diskretnog pristupa procenjuje se konačna i ne preširoka grupa alternativnih rešenja – potencijalnih akcija ili strategija. Ovoj grupu pripadaju:

- pristupi zasnovani na simulacionim modelima, koji mogu biti pojednostavljeni (analitičke metode) ili složeni ukoliko koriste detaljne programe simulacije za određivanje performansi alternativnih rešenja (numeričke metode);
- pristupi zasnovani na višekriterijumskom odlučivanju (MCDA), koji eksplicitno vrednuju više sukobljenih kriterijuma prilikom donošenja odluka;
- kombinovani pristupi, koji kombinuju višekriterijumsku optimizaciju sa drugim matematičkim algoritmima;
- pristupi zasnovani na višeciljnom programiranju (engl. multi-objective programming, MOP), koji se bave matematičkim modelima koji uključuju više od jedne ciljne funkcije.

Kontinuirani ili mešoviti pristupi se uglavnom koriste za analizu mnogo veće grupe alternativnih rešenja obnove i zasnivaju na konceptima višeciljnog programiranja.

„Online“ metode koriste savremene kontrolne sisteme za optimizaciju energetskih performansi i unutrašnjeg komfora u realnom vremenu, povezane putem mreže. Oni nisu povezani sa projektom obnove, ali se mogu implementirati na zgradi kako bi se poboljšala njena efikasnost (Ferreira et al., 2013).

U cilju sistematizacije procesa donošenja odluka, Ma et al. (2012) su analizirali ključne faze programa održive obnove i identifikovali pet osnovnih faza:

1. Definisanje obima i ciljeva obnove i sprovođenje preliminarne ankete kako bi se bolje razumeli operativni problemi zgrade i potrebe korisnika;
2. Energetski pregled i procena performansi zgrade;
3. Utvrđivanje mogućnosti obnove korišćenjem odgovarajućih energetskih modela, alata za ekonomsku analizu i metoda procene rizika;
4. Implementacija mera na zgradi i puštanje u rad;
5. Validacija i verifikacija energetskih ušteda;

Nielsen et al. (2016) smatraju da se proces obnove zgrada sastoji iz šest faza tokom kojih se donosi veliki broj različitih odluka:

1. Postavljanje ciljeva
2. Ponderisanje kriterijuma
3. Procena stanja zgrade
4. Projektovanje rešenja obnove
5. Procena performansi alternativnih rešenja
6. Vrednovanje alternativnih rešenja kroz postavljene kriterijuma

Ferreira et al. (2013) celokupni proces donošenja odluka dele u pet faza:

1. Definicija obima obnove: uključuje postavljanje ciljeva i kriterijuma, koji bi trebalo da razmatraju ekonomske i ekološke i socijalne aspekte;
2. Faza dijagnoze/pregleda objekta: korak uključuje proveru stvarnog stanja zgrade kako bi se utvrdile potrebe za obnovom, kao i prednosti i ograničenja uslovljena lokacijom. Faza se smatra ključnom za proces podrške odlučivanju;
3. Identifikacija alternativnih scenarija obnove;
4. Faza procene upotrebom odgovarajućih metoda;
5. Optimizacija mera; iz ove faze proizilazi optimalna opcija obnove;

Autori (Ferreira et al., 2013) su dali sažet shematski prikaz sistematskog pristupa za održivu obnovu zgradu prethodno predložen od strane Ma et al. (2012). Slična shema je predložena od strane Kolokotsa et al (2009).

3.1.2. Alati za podršku procesu odlučivanja u ranoj fazi obnove zgrada

Termin *alat za podršku odlučivanju* koristi se za opis bilo kog alata ili metode koja služi u svrhu pomoći donosiocu odluke u donošenju odluka kada se radi o više kriterijuma (Nielsen et al., 2016).

U literaturi je prisutan širok spektar alata i metoda za podršku procesu odlučivanja pri planiranju izgradnje novih zgrada ili obnove postojećih. Pojedini alati imaju globalnu primenu, dok se većina alata primenjuje na lokalnom nivou.

Pregled dostupnih alata podrške procesu obnove, zasnovanih na donošenju odluka, vršen je od strane velikog broja autora, među kojima su najsavremeniji i najopsežniji pregled sprovedi Ferreira et al. (2013), (Nielsen et al., 2016) i Gonzalez-Caceres et al. (2019).

Ferreira et al. (2013) su napravili pregled alata na osnovu njihovih principa, ciljeva i kriterijuma. Pregled je obuhvatio 40 sistema za podršku odlučivanju pri obnovi zgrada. Požarna bezbednost, u kontekstu zaštitnih sistema i uređaja, je tretirana kao jedan od kriterijuma kvaliteta unutrašnjeg okruženja samo u slučaju jednog istraživog alata (Mora, Bitsuamlak & Horvat, 2011). Autori su došli do sledećih zaključaka:

- Razvijen je veliki broj alata za podršku odlučivanju, uglavnom primenjivih u ranoj fazi obnove zgrada, koji se razlikuju po nameni, ciljevima i kriterijumima.
- U kontekstu postavljenih ciljeva, većina alata je fokusirana na aspekte održivosti životne sredine i ekonomske održivosti, dok je aspekt socijalne održivosti zastupljen u manjoj meri i kriterijumi se obično odnose na unapređenje toplotnog komfora.
- Energetska efikasnost i emisija CO₂ su najčešće analizirana pitanja.
- U kontekstu pristupa koji alat primenjuje, uočeni su različiti algoritmi gde su kao najzastupljeniji navedeni pristupi zasnovani na višekriterijumskom odlučivanju i pristupi zasnovani na višeciljnom programiranju.

Nielsen et al. (2016) su analizirali 43 alata za podršku donošenju odluka u procesu obnove.

Pregledani alati uključuju sva tri aspekta održivosti, gde se kao kriterijumi navode:

- socijalna održivost: kvalitet unutrašnjeg okruženja (vlažnost, buka, toplotni komfor, kvalitet vazduha, itd), arhitektonski kvalitet, funkcionalnost, kvalitet života, porast stope zaposlenja i kulturni aspekti;
- ekološka održivost: uticaj na potrošnju energije i životnu sredinu i upotreba resursa;
- ekonomska održivost: troškovi povezani sa fazom obnove i eksploatacionom fazom.

Svega petina analiziranih alata i metoda pruža podršku proceni stanja zgrade koja se vrši sa ciljem utvrđivanja potrebe za obnovom, dok samo jedan alat (Juan, Kim, Roper & Castro-Lacouture, 2009) razmatra požarnu bezbednost kao kriterijum i to u kontekstu kontrole požarnih alarma i evakuacionih planova.

Najčešće korišćen metod za ponderisanje kriterijuma je *proces analitičke hijerarhije* (AHP) koji predstavlja proces relativnog poređenja, tokom koga se svaki kriterijum direktno poredi sa svakim drugim kriterijumom. Problem je strukturisan hijerarhijski sa osnovnim ciljem na vrhu, praćen specifičnim ciljevima/grupama kriterijuma, podkriterijumima i alternativama na najnižem nivou.

Navodi se da se za procenu performansi mogu koristiti različiti simulacioni alati, koji se zasnivaju na jednostavnim ekonomskim i energetske proračunima i grubim procenama ili obuhvataju kompleksne i sveobuhvatne simulacije u cilju procene performansi specifičnih

mera obnove. Alati su podeljeni u dve grupe: alate povezane sa spoljnim programima za simulaciju ili proračun (28%) i one sa integrisanim modulom za simulaciju ili proračun.

Većina alata eksplicitno uključuju korak procene alternativa za obnovu gde se potencijalne alternative procenjuju u odnosu na postavljene ciljeve.

Gonzalez-Caceres et al. (2019) su napravili pregled dostupnih alata za energetske obnovu stambenih zgrada. Analizirano je 50 alata dok je 18 alata odabrano i opisano, i to:

1. alati za procenu obnove – alati sposobni da podrže procenu mera obnove kroz tehničke preporuke i smernice za projektovanje, smanjenje energije, poređenje scenarija, itd.
2. alati za finansijsku procenu obnove – alati za podršku ekonomskoj fazi procesa obnove.
3. alati za prenos znanja – alati čiji je cilj promocija benefita procesa obnove ili podrška u kreiranju boljih smernica, politike ili programa vrednovanja.

Autori obnovu tretiraju kompleksnim procesom koji obuhvata višestruke zadatke i smatraju da je nemoguće pronaći alat koja će ispuniti sve zadatke. Kao bolje rešenje nameće se sinergija više različitih alata. Zaključak je da ne postoji zajednički dogovor o obimu, pokazateljima i metodama proračuna za procenu mera obnove. Navodi se i da rezultati pregleda mogu poslužiti kao osnova za razvoj novog alata usmerenog na obnavljanje stambenih zgrada, gde se predstavljeni alati mogu koristiti kao deo metodologije za procenu mera obnove prema EPBD.

3.1.3. Alati za podršku procesu odlučivanja pri obnovi stambenih zgrada

Na tržištu postoji veliki broj alata i metoda koji se razlikuju po složenosti i primeni i predstavljaju podršku procesu donošenja odluka i uglavnom pristupaju analizi sa tehničkog, ekonomskog, energetskog i socijalnog aspekta. Ipak, mali broj razvijenih alata i metoda je fokusiran na aspekte bezbednosti od požara i razmatra trenutno stanje zgrade.

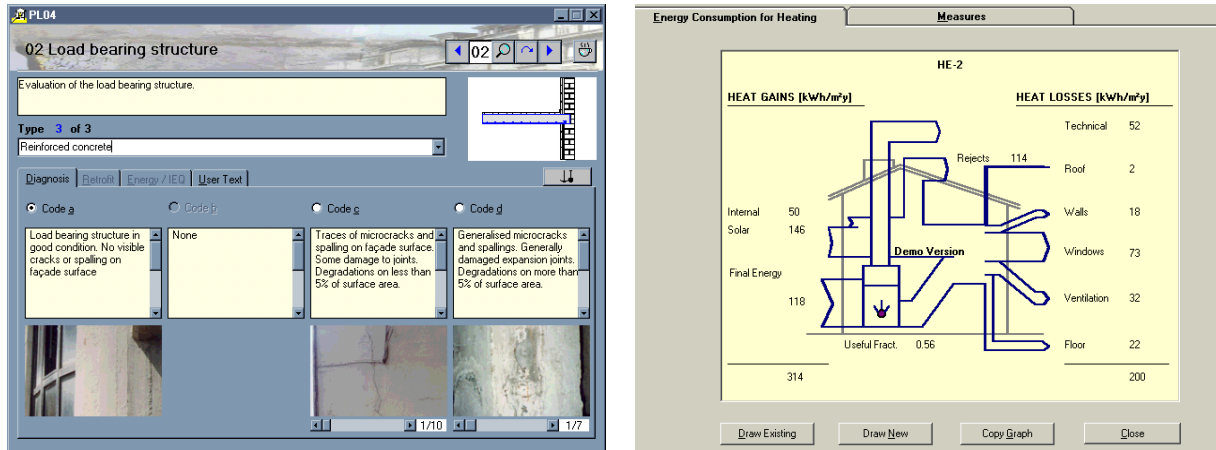
U nastavku je dat kratak opis alata koji se mogu primeniti kao podrška odlučivanju u procesu planiranja obnove stambenih zgrada u kontekstu unapređenja energetskih performansi, koji razmatraju trenutno stanje zgrade, trajnost i/ili požarnu bezbednost predloženih mera obnove.

3.1.3.1. EPIQR

EPIQR (*Energy Performance Indoor Environmental Quality Retrofit*) predstavlja evropsku metodologiju i softverski alat za podršku donošenju odluka pri obnovi stambenih zgrada (sa tri i više spratova) u cilju poboljšanja toplotnog komfora i energetskih performansi. Metodologija je razvijena kao rezultat dvogodišnjeg evropskog istraživačkog projekta kordinisanog od strane BRE organizacije (*Building Research Establishment*) iz Velike Britanije na kome je učestvovalo sedam istraživačkih institucija iz Švajcarske, Francuske, Danske, Nemačke, Holandije i Grčke (Jaggs & Palmer J, 2000).

Uzimajući u obzir energetske probleme i probleme kvaliteta unutrašnjeg prostora, EPIQR identifikuje najprikladnije mere obnove stambenih zgrada, uz početnu procenu troškova. Podaci o fizičkom stanju zgrade se prikupljaju direktnim uvidom na terenu i pregled obuhvata 50 elemenata zgrade i rezultira utvrđivanjem stepena degradacije. U cilju određivanja stepena

degradacije elemenata zgrade, dati su detaljni opisi različitih faza degradacije svakog elementa, podržani sa preko 500 fotografija i skica. Podaci o energetske performansama zgrade se prikupljaju putem energetskog pregleda tokom posete lokaciji, zajedno sa istorijskim podacima, kao što su računice za grejanje. Za procenu energetskog bilansa zgrade i potencijala za očuvanje energije za zagrevanje i hlađenje, potrošnu toplu vodu i rasvetu koriste se moduli za proračun energije. Za procenu energetskog bilansa se primenjuje pojednostavljen proračun prema EN-832. Na Sl. 3.3 je dat izgled softverskog interfejsa.



Sl. 3.3 – Izgled EPIQR softverskog interfejsa (Balaras, Dascalaki, Droutsas & Kontoyiannidis, 2002)

3.1.3.2. BR-DSS

BR-DSS sistem (*Multiple Criteria Decision Support Web-Based System for Building Refurbishment*) predstavlja internet sistem za podršku obnovi zgrada zasnovan na višestrukim kriterijumima. Sistem je razvijen na osnovu analize postojećih neuronskih mreža, informacionih i ekspertnih sistema, kao i sistema za podršku odlučivanju sa ciljem utvrđivanja najefikasnijeg načina obnove zgrade. Sistem se sastoji od baza podataka, sistema za upravljanje bazom, model baze, sistema upravljanja model bazom i korisničkog interfejsa. Oslanjajući se na razvijeni sistem i bazu podataka, moguće je identifikovati alternativna rešenja obnove, sprovesti višekriterijumsku analizu i odabrati optimalno rešenje (Zavadskas, Kaklauskas & Gulbinas, 2004).

BR-DSS alat ima mogućnost:

- predstavljanja informacija o opštem fizičkom i funkcionalnom stanju zgrade;
- predstavljanja informacija o fizičkom stanju omotača zgrade;
- određivanja obima posla;
- racionalizacije potrošnje energije zgrade;
- da predloži potrebne mere za povećanje kvaliteta vazduha i unutrašnjeg okruženja i
- analize scenarija obnove uzimajući u obzir set kriterijuma, itd.

BR-DSS alat omogućava formiranje do 100.000 alternativnih verzija obnove. Sistem omogućava određivanje najjačih i najslabijih tačaka projekta obnove svake zgrade i njenih sastavnih delova. Proračun se vrši kako bi se saznalo u kojoj meri je jedna verzija obnove bolja od druge i razlozi zbog kojih je to tako.

3.1.3.3. INVESTIMMO

INVESTIMMO predstavlja alat za donošenje odluka za dugoročno efikasne strategije ulaganja u održavanje i obnovu stanova, razvijen u okviru trogodišnjeg evropskog projekta. Alat predlaže metodu za organizovanje procesa održavanja i obnove zgrada. Metoda se zasniva na dugoročnim strategijama finansijskog investiranja koje se bave uticajem na životnu sredinu i optimalnom upotrebom prirodnih resursa i poboljšanjem opštih socijalnih aspekata stanara (Droutsa, Balaras & Erbad, 2004; Balaras, Droutsa, Dascalaki & Kontoyiannidis, 2005).

Korisnik ima mogućnost da kreira i proceni nekoliko scenarija obnove i izvrši analizu troškova, uzimajući u obzir fizičko i funkcionalno stanje zgrade, očekivanu dalju degradaciju građevinskih elemenata, kvalitet života korisnika, potrošnju energije i vode, kao i uticaj mera obnove na životnu sredinu zgrade, smanjenje operativnih troškova i ukupnu vremensku efikasnost investicije.

Procena fizičkog i funkcionalnog stanja zgrade zasniva se na EPIQR metodologiji.

U okviru projekta, razvijen je i model sposoban da predvidi buduću degradaciju svih građevinskih elemenata, implementiran i testiran na softverskoj platformi.

Izuzev modela deterioracije i multimedijalnog računarskog alata za podršku donosiocima odluka, osnovni rezultati projekta su:

- evropska baza podataka o deterioraciji građevinskih elemenata kreirana na osnovu pregleda 350 stambenih zgrada distribuiranih u sedam zemalja učesnica (Grčka, Italija, Švajcarska, Nemačka, Francuska, Poljska i Danska);
- Priručnik sa smernicama za deterioraciju zgrada - ciljevi priručnika su da predstavljaju set korisničkih smernica za produženje životnog veka elemenata zgrade i zgrade u celini i
- alat za simulaciju koji procenjuje troškove obnove građevinskih elemenata u narednih 10-15 godina za različite scenarije održavanja.

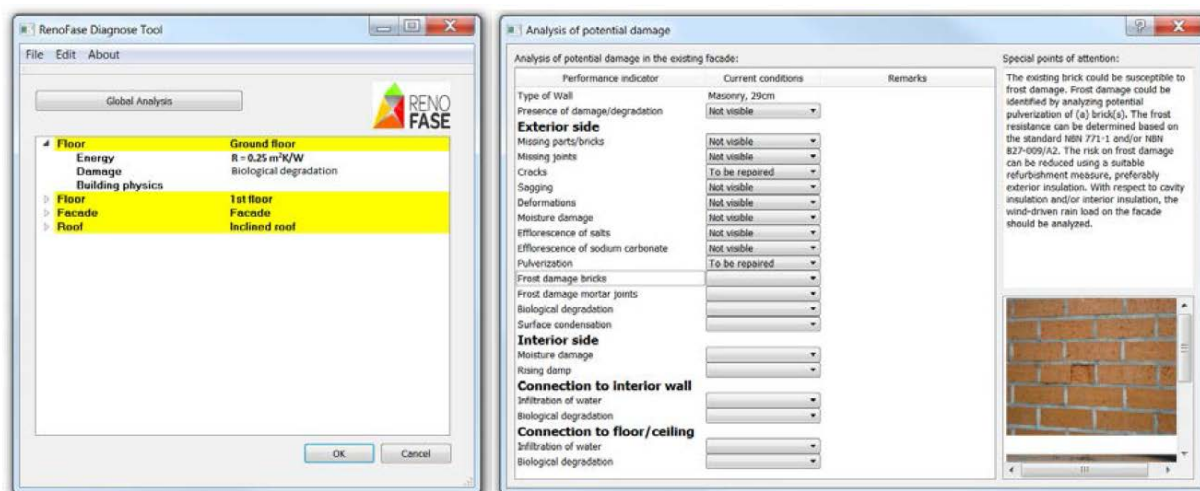
3.1.3.4. RENOFASE

Steskens et al. (2015) su predstavili alat za donošenje odluka pri odabiru rešenja za energetske obnovu stambenih zgrada, sa fokusom na porodične kuće.

Metodologija obuhvata identifikaciju ograničavajućih faktora, procenu trenutnog stanja zgrade, analizu i selekciju mera obnove, kao i definisanje strategija obnove. Metodologija predstavlja bazu modela za donošenje odluka.

Metodologija je dopunjena strukturalnom analizom koja omogućava sistematsko identifikovanje uzroka uočenih defekata i oštećenja. Dijagram toka prate detaljne fotografije uobičajenih problema performansi zgrade. Kombinacija strukturirane metodologije, fotografija i implementacija alata u softveru daje mogućnost inženjeru da identifikuje potencijalne higrotermalne probleme i predloži odgovarajuće mere sanacije koje je potrebno preduzeti pre pristupanja energetske sanaciji kako se isti problemi ne bi javili i naknadno.

Alat je implementiran u user-friendly softveru (Sl. 3.4) koji se može koristiti na terenu i koji je besplatan, kao i metodologija.



Sl. 3.4 – Softverska implementacija alata: glavni modul (levo) i modul za analizu potencijalnog oštećenja (desno) (Steskens et al. 2015)

3.1.3.5. Integralni model obnove omotača prefabrikovanih višespratnih stambenih zgrada

Na osnovu analize performansi montažnih i polumontažnih stambenih zgrada izgrađenih u Novom Sadu u periodu od 1960. do 1990. godine, predložen je integralni model obnove omotača prefabrikovanih višespratnih stambenih zgrada (Sl. 3.5) (Laban, 2012). Model je zasnovan na metodološkom pristupu koji obuhvata aktivnosti u tri područja: sagledavanje razloga za obnovu, definisanje ciljeva obnove i analizu procedura obnove, a u skladu je i sa metodologijom standarda SRPS EN 1504 (2010).

Model omogućava procenu stvarnog stanja omotača, a na osnovu toga:

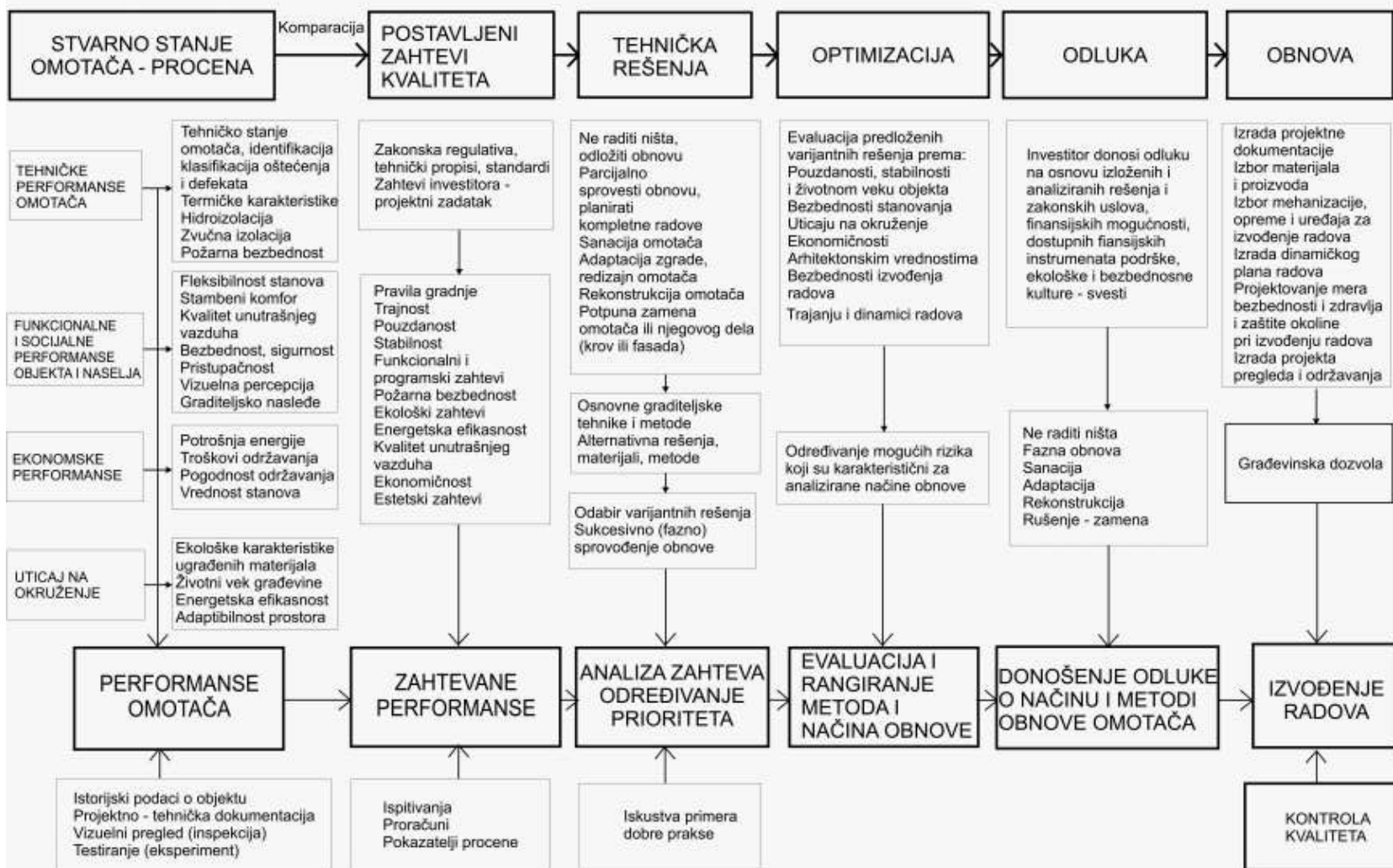
- formulisanje zahteva obnove,
- određivanje prioriteta,
- evaluaciju i rangiranje metoda i načina obnove,
- selekciju odgovarajućih tehničkih rešenja za realizaciju obnove,
- verifikaciju izvedenih radova i
- kontrolu njihovog kvaliteta.

Model obuhvata podmodele obnove za unapređenje tehničkog stanja omotača, termičkih performansi i požarne bezbednosti zgrada (Sl. 3.6).

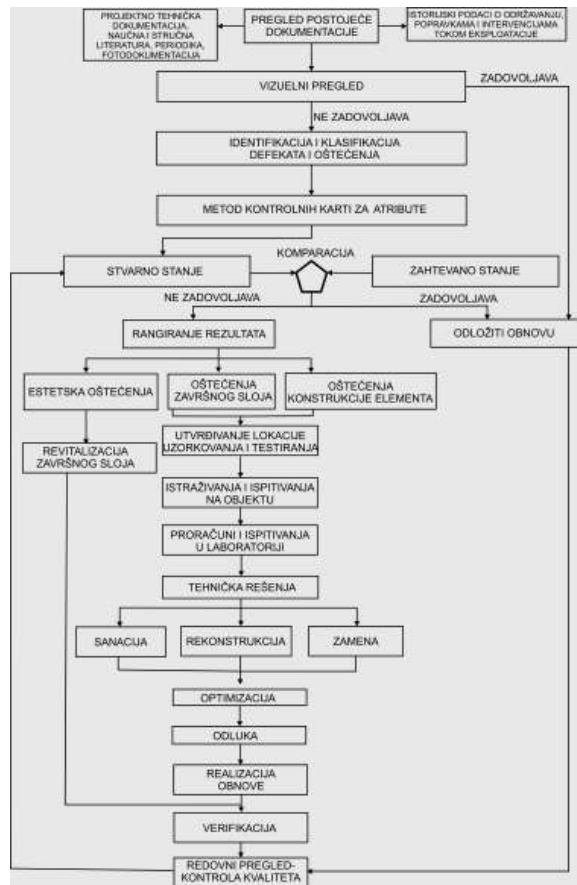
Laban (2012) navodi da pri planiranju obnove zgrada treba težiti kompletnim rešenjima, odnosno da je potrebno uzeti u obzir sve elemente integralne obnove, koja bi ispunila zahtevani kvalitet primenom odgovarajućih, optimalnih tehničkih rešenja. Predložen integralni model obnove omotača zgrade obuhvata sve bitne elemente procesa obnove omotača zgrade.

Model je proveren na više objekata u proučavanim sistemima izgradnje.

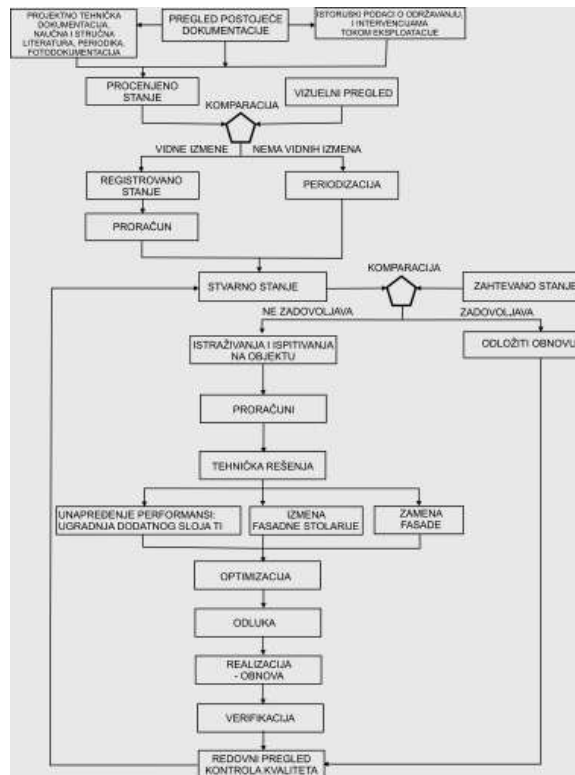
INTEGRALNI MODEL OBNOVE OMOTAČA ZGRADE



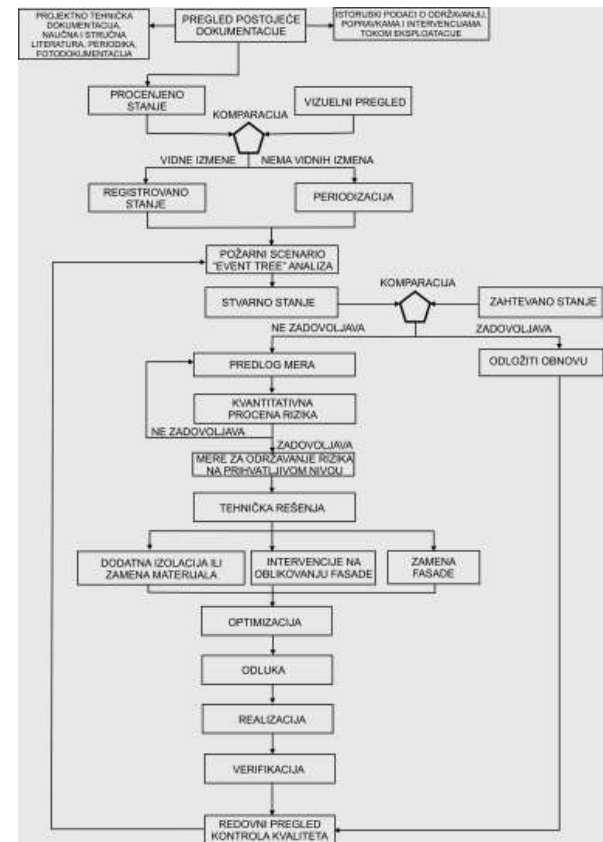
Sl. 3.5 – Integralni model obnove omotača zgrade (Laban, 2012)



(a)



(b)



(c)

Sl. 3.6 – Podmodeli predloženog integralnog modela obnove omotača zgrade: (a) Model unapređenja tehničkog stanja fasade; (b) Model unapređenja termičkih karakteristika fasade; (c) Model unapređenja performansi fasade sa aspekta požarne bezbednosti (Laban, 2012)

3.1.3.6. Sistematska metoda za analizu održivosti koncepta obnove spoljnih zidova zgrada

Sistematska metoda za analizu održivosti koncepta obnove spoljnih zidova i fasada zgrada je razvijena u okviru evropskog projekta SUSREF, (*Sustainable refurbishment of building facades and external walls*) realizovanom u periodu 2009-2012. godine, na kome je učestvovalo 11 partnera iz 5 država (Finske, Norveške, Ujedinjenog Kraljevstva, Španije i Estonije).

Ističe se da iako postoje tehnološka rešenja za obnovu spoljnih zidova, rizici i optimalna rešenja novih konceptata nisu razmatrani na odgovarajući način. Da bi se izbegli problemi izazvani energetskom obnovom zgrada, novi koncepti i rešenja moraju biti zasnovani na sveobuhvatnom razumevanju fizičkog ponašanja zgrade, trajnosti, energetskih performansi, bezbednosti od požara, uticaja na životnu sredinu i troškova životnog ciklusa (Häkkinen, 2012).

Metoda uključuje listu kriterijuma performansi i detaljne smernice za njihovu procenu.

Trajnost se procenjuje na osnovu fizičkog ponašanja zgrade i rizika od deterioracije usled problema povezanih sa vlagom. Korozija i rast plesni se analizira uz pomoć softvera za simulaciju fizičkih procesa u zidovima zgrade.

Uticaj na potrebu za energijom za grejanje procenjuje se na osnovu ciljnih U-vrednosti i na osnovu proračuna potrošnje energije u celoj zgradi.

Bezbednost od požara procenjuje se prema relevantnim standardima i propisima. Za postizanje predviđenog nivoa zaštite u višespratnim zgradama, preporučuje se upotreba nezapaljivih spoljnih slojeva (A1 ili A2-s1,d0 klase reakcije na požar) ili najmanje B-s1,d0 klase reakcije na požar. U slučaju zapaljive izolacije, spoljni slojevi zida moraju biti dovoljne debljine da zaštite izolaciju.

Pristup je testiran na 15 konceptata obnove razvijenih u okviru projekta.

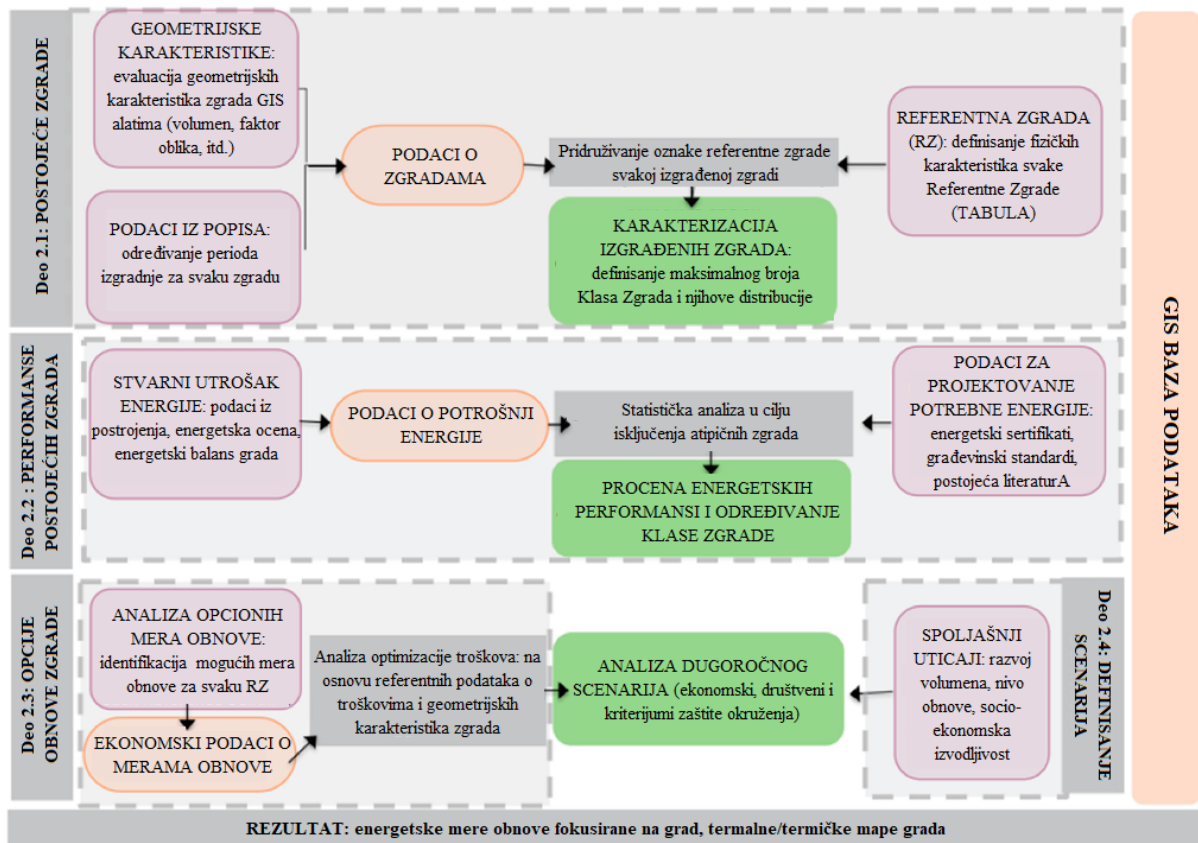
3.1.3.7. „Bottom-up“ metodologija zasnovana na analitičkoj hibridnoj metodologiji i GIS alatu

Delmastro, Mutani & Corgnati (2016) su predstavili metodologiju (Sl. 3.7) zasnovanu na analitičkim hibridnim metodologijama za procenu energetskih karakteristika zgrada i na Geografskom informacionom sistemu (GIS) za stvaranje baze podataka i tematskih mapa.

U odnosu na prethodne analize, razvijena metodologija omogućava procenu evolucije građevinskog fonda ne samo sa energetskog i ekološkog aspekta, već i sa socio-ekonomskog.

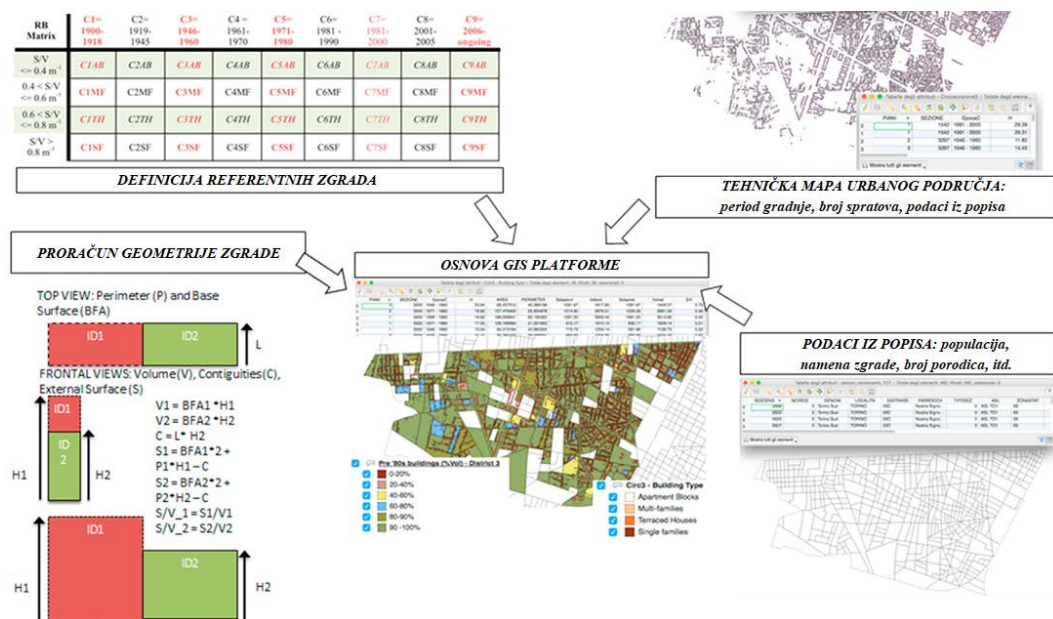
Razvijena metodologija je „bottom-up“ metodologija i obuhvata:

1. definisanje i kvantifikovanje arhetipova zgrada (referentne zgrade) urbanog područja i procena njihovih energetskih karakteristika u grejnoj sezoni;
2. identifikovanje zgrada koje je neophodno obnoviti;
3. identifikovanje troškovno-optimalne kombinacije mera za obnovu na urbanom nivou;
4. analizu srednjoročnih/dugoročnih scenarija obnove.



Sl. 3.7 – Dijagram toka metodološkog pristupa (Delmastro et al., 2016)

Metodologija koristi GIS alat (Sl. 3.8) čija je uloga da pruži podršku analizi i vizualizaciji rezultata na urbanom nivou. Navodi se da je identifikacija referentnih zgrada i njihova distribucija na urbanom nivou pomoću GIS alata presudan korak za modeliranje energetskih sistema zgrada jer omogućava realno predstavljanje celokupnog građevinskog fonda i njegovih karakteristika.



Sl. 3.8 – Shematski prikaz kreiranja GIS platforme (Delmastro et al., 2016)

3.2. Metodologije za procenu stanja spoljnih zidova zgrada

3.2.1. Procena trajnosti spoljnih zidova zgrada

Omotač zgrade, kao njen zaštitni sloj, je najpodložniji procesu degradacije. Proces degradacije zgrada je naročito evidentan kod zgrada gde je ovaj element pri kraju svog životnog veka.

U cilju definisanja odgovarajućih mera sanacije, kojima bi se uklonila postojeća oštećenja i time sprečila dalja degradacija spoljnih zidova i pojava novih oštećenja, a ujedno omogućila instalacija dodatnog sloja izolacije radi unapređenja energetske efikasnosti zgrade, prethodno je potrebno proceniti fizičko stanje obloge. Procena stanja zahteva poznavanje oštećenja i njihovih uzroka, što ukazuje na neophodnost razmatranja svojstava fasadnih obloga i mehanizama njihove degradacije. Na osnovu procenjenog stanja moguće je odrediti životni vek fasade, i ovaj podatak služi za identifikaciju trenutka kada je element iscrpeo svoj radni vek i kada je potrebno izvršiti neku intervenciju na njemu, radi ponovnog uspostavljanja zahtevanih performansi.

Za različite nedostatke građevinskih materijala i elemenata, izazvane spoljnim ili unutrašnjim uticajima, kao i greškama pri projektovanju i građenju, u građevinskoj praksi se najčešće koristi termin *oštećenje*. Međutim, veoma je važno napraviti razliku između oštećenja nastalih u fazi projektovanja i fazi izvođenja, kao posledica ljudskih grešaka (*defekti*), i oštećenja nastalih u fazi eksploatacije objekta (*oštećenja*).

Analiza je obuhvatila kratak pregled metoda za predviđanje životnog veka elemenata zgrade, a detaljno je opisana metodologija za predviđanje životnog veka betonskih fasada, primenjiva i na druge tipove obloga. Dat je i kratak pregled metoda za prikupljanje podataka relevantnih za procenu trajnosti, gde je detaljnije opisana metoda vizuelnog pregleda, bazirana na savremenim alatima za prikupljanje podataka, koja će biti primenjena u studiji slučaja.

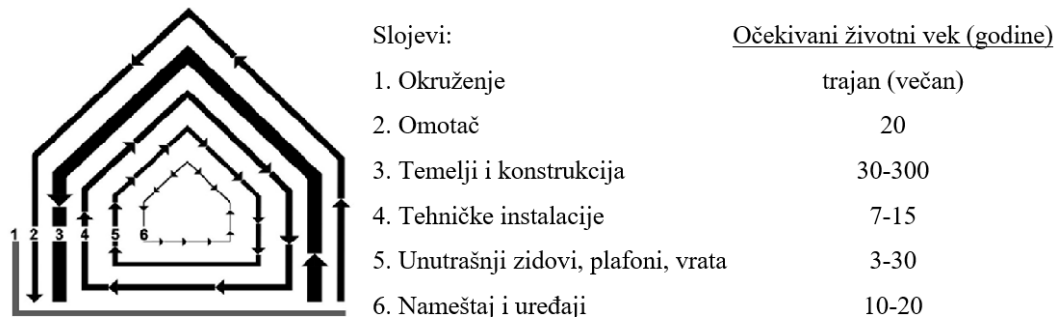
Na osnovu preliminarnih istraživanja, kao dominantni tipovi spoljnih zidova predmetnih zgrada identifikovani su montažni betonski paneli, kao i AB platna livena na licu mesta. Ovi elementi nemaju završnu oblogu, već su izvedeni u arhitektonskom (natur ili vidnom) betonu, te su za isti razmatrani karakteristični defekti i oštećenja, njihovi verovatni uzroci, kao i karakteristični mehanizmi degradacije. Analiza je obuhvatila i razmatranje drugih uticajnih faktora u kontekstu trajnosti, koji se odnose na tehnologiju izvođenja i vrstu završne obrade spoljnih zidova, kao i na uslove izloženosti spoljašnjoj sredini (temperatura, uticaj vetra i kiše).

3.2.1.1. Prosečan upotrební vek zgrada, elemenata i materijala

Proces degradacije zgrade nije uniforman proces, već komponente zgrade degradiraju različitim brzinama. Posmatrajući zgradu kao kompleksan sistem, sastavljen iz više elemenata (podсистema), moguće je uočiti slojevitú strukturu (Sl. 3.9), gde komponente zgrade predstavljaju slojeve različite trajnosti i različitog (očekivanog) životnog veka.

Najjači uticaj na fizički upotrební vek zgrada imaju omotač zgrade i konstrukcija. Ostali slojevi zavise od njih u pogledu njihove trajnosti (Celadyn, 2014).

Životni vek nepristupačnih, nezamenljivih ili konstruktivnih elemenata zgrade bi trebalo da odgovara predviđenom životnom veku zgrade u celini (Marsh, 2017) dok se drugi elementi, nekonstruktivni, projektuju sa progresivno kraćim životnim vekom i izvode tako da se mogu održavati, popraviti ili zameniti tokom životnog veka zgrade, bez potrebe za uklanjanjem elemenata sa dužim vekom trajanja.



Sl. 3.9 - Slojevita struktura zgrade i očekivani životni vek prema sloju (adaptirano iz Celadyn, 2014)

Analiza literature pokazuje da zgrade različite namene imaju različit prosečan životni vek. Najduži životni vek imaju monumentalni objekti (u pojedinim slučajevima i do 1000 godina), dok u slučaju stambenih zgrada prosečan životni vek iznosi oko 100 godina (Celadyn, 2014).

Životni vek komponente se zapravo odnosi na životni vek pojedinačnih materijala koji čine datu komponentu (Marsh, 2017). U literaturi su prisutni različiti podaci o trajnosti ovih materijala. Razlike koje se javljaju su najčešće posledica graditeljske tradicije i lokalnih klimatskih uslova.

Proizvođači građevinskih proizvoda su obično najrelevantiji izvor informacija o radnom veku i trajnosti građevinskih proizvoda. Međutim, takve se informacije samo povremeno objavljuju, obično u deklaracijama proizvoda ili drugim pratećim dokumentima, na internet stranicama kompanija ili u bazama podataka (Daniotti & Spagnolo, 2008).

Celadyn (2014) zaključuje da je tehnički životni vek tradicionalnih materijala raznolik i zavisi od načina njihove primene: trajnost kamena, opeke ili betona je 75 godina, konstrukcionog čelika 50-100 godina, montažne armirano-betonske konstrukcije 100 godina, a drveta 30-300 godina. Prakash & Shukla (2013) procenjuju da je prosečan životni vek zidanih i AB konstrukcija 100 godina, dok AB konstrukcije imaju bržu tendenciju propadanja od zidanih konstrukcija (Dias, 2013). Na osnovu podataka prikupljenih iz različitih izvora, na osnovu iskustva eksperta, Mequignon & Haddou (2015) navode da je životni vek monolitnih AB konstrukcija najčešće u opsegu 180-220 godina, dok ovaj interval za zidane konstrukcije iznosi 250-350 godina. Kamen može da traje 500-1000 godina, a drvene konstrukcije 60-80.

Gaspar & Brito (2011) navode da fasade, bilo zbog degradacije povezane sa životnom sredinom ili zbog promenljivih potreba vlasnika i korisnika, imaju prosečan vek trajanja od 20 godina i da se u ovom periodu očekuje najmanje jedna velika intervencija. Za zgrade sa prosečnim projektovanim radnim vekom od 60 do 80 godina, očekuje se da fasade budu podvrgnute većim radovima na održavanju, opravkama, u pojedinim slučajevima i obnovi, tri ili četiri puta.

Serralheiro, Nrito & Silba (2017) su sprovedeli studiju u okviru koje je izvršena analiza trajnosti i životnog veka betonskih fasada, kroz analizu različitih vrsta rešenja gde beton predstavlja završnu oblogu, kao što su montažni betonski paneli i betonski elementi liveni na licu mesta. Analizirano je 174 fasadne površine, zgrada lociranih u Portugaliji, starosti 2-47 godina. Studija je pokazala da prosečan vek trajanja fasada izvedenih u natur betonu iznosi 44 godine, odnosno da nakon ovog perioda fasada više ne vrši projektovanu funkciju te je neophodno preduzeti odgovarajuće mere obnove, u cilju ponovnog uspostavljanja zahtevanih svojstava.

U Tab. 3.1 su prikazane prosečne vrednosti životnog veka pojedinih elemenata zgrade, identifikovane u postojećoj literaturi (Prakash & Shukla, 2013; Flores-Colen, Brito & Pereira, 2017; True Professionals Inc.), kao i vrednosti definisane za potrebe izgradnje stanova u Beogradu 80-ih godina XX veka (Odluka o uslovima i tehničkim normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova, 1983 i 1988).

Tab. 3.1 – Prosečan vek trajanja pojedinih elemenata zgrade u godinama

Element		Beograd (1983)	Literatura
1	Temelji	100	100
Konstrukcija			
2	2.1 Liveni beton, monolitni armirani beton, masivna gradnja	100	75-100+
	2.2 Armirano-betonska montaža	80	
	2.3 Laka montaža	60	
Fasade			
3	3.1 Plemeniti malter, salonit ploče	40	40
	3.2 Keramičke pločice i mozaik	50	70-75
	3.3 Veštački kamen, montažne betonske ploče	60	
	3.4 Fugovana opeka, vidni beton	80	100+
	3.5 Prirodni kamen	100	100+
	3.6 Plastične mase i premazi	15	7-15
Spoljna stolarija			
4	4.1 Meko drvo	45	10-59
	4.2 Tvrdo drvo	50	
	4.3 Aluminijski profili	80	10-58
	4.4 PVC	-	10-50

3.2.1.2. Metode za procenu stanja spoljnih zidova zgrada

Postoji veliki broj metoda za procenu stanja spoljnih zidova zgrada, od vizuelnog pregleda do destruktivnih metoda ispitivanja sprovedenih na licu mesta.

Destruktivne metode ispitivanja podrazumevaju invazivne tehnike usled kojih dolazi do razaranja strukture materijala. Ova vrsta ispitivanja pruža precizne informacije o performansama i karakteristikama materijala i građevinskih komponenti, ali je u većini slučajeva skupa i dugotrajna i može zahtevati naknadnu sanaciju mesta gde je vršeno

uzorkovanje. S druge strane, *nedestruktivne metode ispitivanja*, uglavnom su manje skupe, brže se sprovode i mogu biti od velike koristi u pružanju relevantnih informacija o procesu deterioracije materijala. Nedestruktivne metode često pružaju i dovoljno relevantna rana upozorenja na probleme koji se mogu javiti kasnije i koji se mogu izbeći sanacionim radovima ili dodatno istražiti destruktivnim metodama (Silva et al., 2016).

Silva, Coelho, Brito, Silvestre & Pereira (2017) su predstavili ekspertni sistem za podršku inspekciji, dijagnostici stanja i sanaciji betonskih površina. Predstavljeni sistem je validiran i prilagođen kroz pregled 110 površina zidova izvedenih na licu mesta, u natur betonu, na 53 zgrade locirane u Portugaliji, različitih karakteristika, starosti 1-46 godina. Predloženi sistem je naknadno postao deo *globalnog sistema inspekcije* (Brito, Pereira, Silvestre, & Flores-Colen, 2020), koji je razvijen za nekonstruktivne elemente omotača zgrade na *Tehničkom univerzitetu u Lisabonu (IST-UL)*, u okviru istraživačkog projekta *Predviđanje životnog veka za sistem upravljanja zgradom zasnovan na riziku* (eng. *Service Life Prediction for a risk-based Building Management System*). Sistem se sastoji iz klasifikacionih sistema oštećenja, njihovih verovatnih uzroka, koje su primenljive na terenu i tehnika sanacije. Sistem je baziran na vizuelnom pregledu površina. Identifikacija i klasifikacija oštećenja, utvrđivanje najverovatnijih uzroka njihovog nastanka, kao i odabir metoda dijagnostike stanja sprovodi se primenom klasifikacionih lista i korelacionih matrica predloženih u okviru metodologije.

U okviru predloženog sistema, metode dijagnostike stanja betonskih nekonstruktivnih površina koje su primenljive na terenu se mogu podeliti u 4 osnovne grupe (Tab. 3.2):

- Vizuelne/vizualno podržane
- Akustične
- Termo-higrometrijske i
- Magnetne/elektrohemijske

Tab. 3.2 – Klasifikacija metoda dijagnostikovanja stanja vidnih betonskih površina na terenu (Silva et al., 2017)

VIZUELNE/ VIZUALNO PODRŽANE (nedestruktivne)	AKUSTIČNE	TERMO- HIGROMETRIJSKE (nedestruktivne)	MAGNETNE/ ELEKTROHEMIJSKE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vizuelni pregled ▪ Praćenje rada pukotina ▪ Uređaj za merenje širine pukotina/optički merač ▪ Kolorimetrijska metoda ▪ Svedočenja 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gumeni čekić 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Termo-higrometar ▪ Infacrvena termografija ▪ Merenje površinske absorpcije (ISAT) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Magnetometar (nedestruktivna) ▪ Metoda merenja električnog potencijala pomoću polućelije (poludestruktivna)

Kako se za definisanje modela koji će simulirati degradaciju fasadnih obloga tokom vremena može koristiti metoda procene stanja elemenata na osnovu vizuelnog pregleda (Silva et al., 2016), u okviru predmetnog istraživanja, za procenu stanja fasadne obloge, upotrebljena je ova metoda te je ista detaljnije opisana.

Vizuelni pregled se smatra dominantnom metodom za procenu stanja elemenata konstrukcija (Berberan, Portela, & Boavida, 2007; Ellenberg, Kontsos, Bartoli & Pradhan, 2014; Choi, Yeum, Dyke & Jahanshahi, 2018; Kim & Cho, 2020). Metoda pripada grupi nedestruktivnih

metoda i predstavlja jednostavnu i brzu metodu procene stanja degradiranosti elemenata zgrade koja se zasniva na analizi podataka prikupljenih vizuelnim putem i u velikom broju slučajeva predstavlja pouzdanu metodu, kao i dovoljnu podršku prilikom donošenja odluke o potrebnim intervencijama (Dias, Flores-Colen & Silva, 2012).

Tradicionalni vizuelni pregled podrazumeva prikupljanje podataka na licu mesta kroz snimanje, identifikaciju i klasifikaciju vidljivih oštećenja, kao i utvrđivanje stepena i obima identifikovanih oštećenja.

Prilikom analize podataka prikupljenih na tradicionalan način postoje određena ograničenja s obzirom da metoda počiva na subjektivnoj proceni procenitelja-inženjera, zasnovanoj na prethodno stečenom znanju i iskustvu.

U slučaju kompleksnih objekata, kao što su visoke zgrade kod kojih postoje ograničenja u pogledu pristupačnosti fasadnim elementima na višim etažama, tradicionalni vizuelni pregled se smatra zahtevnim, nepouzdanim, dugotrajnim, neefikasnim i rizičnim po život, a takođe i skupim jer zahteva angažovanje značajnih resursa u vidu ljudstva i opreme (merdevine, skele, platforme za podizanje, angažovanje profesionalnih penjača, itd.) (Hallermann, Morgenthal & Rodehorst, 2015; Silva & Lucena, 2018; Choi et al., 2018).

U cilju optimizacije samog procesa procene stanja fasade, odnosno prevazilaženja izazova koje sa sobom nosi tradicionalni pristup proceni, razvijene su različite savremene tehnologije za prikupljanje podataka, kao i različita softverska rešenja sa mogućnostima automatizovane, a samim tim i brze obrade podataka. Date tehnologije se smatraju bržim, ekonomičnijim, pouzdanijim, objektivnijim i tačnijim i njihova uloga je da pružaju podršku stručnim osobama u procesu procene stanja konstrukcija, a ne da u potpunosti zamene ljudski faktor u analizi i interpretaciji podataka.

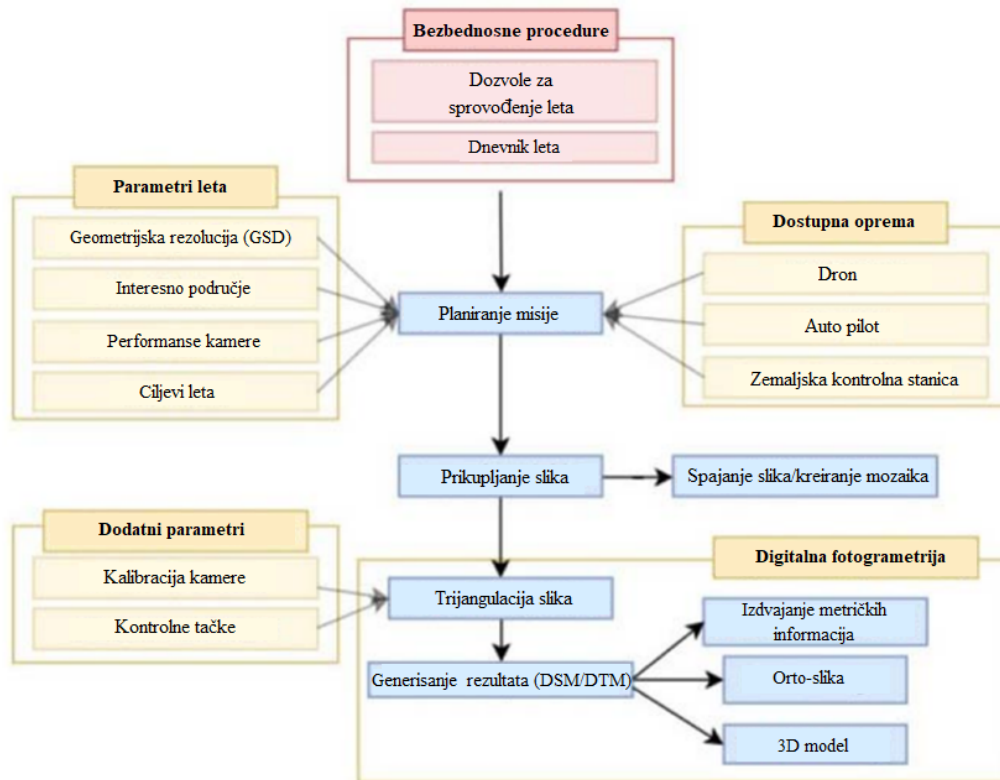
U nastavku je dat opis jedne od savremenih tehnologija koja se preporučuje u procesu pregleda fasada visokih zgrada (Dias et al., 2021) - tehnologija fotogrametrije zasnovana na primeni bespilotne letelice na daljinsko upravljanje (eng. *unmanned aerial vehicle*, UAV).

Bespilotna letelica, ili dron, predstavlja vazduhoplov bez pilota, kojim se može upravljati daljinski (od strane operatera) ili čiji je let autonoman. Bespilotna letelica je deo sistema bespilotnog vazduhoplova (eng. *unmanned aerial system*, UAS) koji predstavlja skup elemenata koji omogućavaju let vazduhoplova. Pored letelice sa integrisanom digitalnom kamerom, sistem čine i komponente neophodne za upravljanje ili programiranje leta i komponente neophodne za kontrolisanje leta.

Bespilotne letelice predstavljaju jednu od najboljih alternativa tradicionalnom vizuelnom pregledu jer pruža mogućnost snimanja kompletnog visokog objekta putem prikupljanja velikog broja fotografija visokog kvaliteta uz prevazilaženje vremenskih i prostornih ograničenja koja su obično povezana sa tradicionalnim vizuelnim pregledom visokih zgrada, kao i veće bezbednosti radnika, niže cene i opipljivih naučnih rezultata (Aliyari et al., 2021).

Nex & Remondino (2014) su shematski prikazali opšti tok procesa prikupljanja podataka primenom drona i naknadnu obradu prikupljenih podataka (Sl. 3.10), pri čemu su date aktivnosti podeljene u tri faze koje obuhvataju: (1) planiranje misije, (2) prikupljanje slika i (3) obradu podataka. Algoritam je naknadno proširen (Federman et al., 2018) dodavanjem

kategorije *Bezbednosne procedure* fazi planiranja misije, u okviru koje se sprovodi pribavljanje adekvatnih dozvola u cilju minimiziranja mogućnosti da dron nanese štetu ljudima na zemlji ili drugim letelicama na nebu, kao i priprema *Dnevnika leta* koji služi za evidenciju letova i sadrži relevantne informacije o letu.



Sl. 3.10 – Opšti tok procesa prikupljanja fotografija dronom i njihove obrade (Nex & Remondino, 2014; Federman et al., 2018)

Planiranje misije se odnosi na planiranje leta i procesa prikupljanja podataka i sprovodi se na osnovu interesnog područja, tačnosti na digitalnim slikama koju želimo postići (eng. *Ground Sample Distance, GSD*) i performansi kamere. Neki od parametara koje je potrebno definisati u ovoj fazi su najčešće režim leta, putanja, brzina leta, procenat preklapanja fotografija, ugao nagiba kamere, visina leta i udaljenost letelice od ciljane površine. Izbor optimalnih parametara leta zavisi od ciljeva misije, kao i od dostupnih uređaja (dron, auto-pilot i zemaljska kontrolna stanica – eng. *Ground Control Station, GCS*). Izuzev navedenih parametara, faktori koje takođe treba uzeti u obzir u procesu planiranja leta su ograničenja koja se mogu pojaviti u kontekstu zakonskih propisa, vremenskih neprilika, blizine susednih objekata, dužine trajanja baterije letelice i druga ograničenja.

U fazi prikupljanja podataka, odnosno snimanja objekta, let se obično izvodi u manuelnom, asistiranom ili u autonomnom režimu, u zavisnosti od specifikacija misije, tipa platforme i uslova okoline. Režim leta u velikoj mjeri utiče na kvalitet izlaznih rezultata, što je zapravo uslovljeno performansama uređaja koji su na raspolaganju za ovu operaciju. Prikupljanje podataka letom realizovanim u autonomnom režimu rezultira većim kvalitetom izlaznih podataka zahvaljujući tome što se u ovom režimu putanja leta postavlja na osnovu GNSS/INS (Globalni pozicioni sistem/Inercijalni navigacioni sistem) tačaka putanje koje letelica sledi

koristeći navigacioni sistem u vidu auto-pilota, pri čemu zemaljska kontrolna stanica kontroliše letelicu i daje prikaz parametara leta (položaja, brzine, visine, nivoa baterije, itd) u realnom vremenu. U manuelnom režimu, operater daljinski upravlja letelicom i prikuplja slike usled čega proces može rezultirati prikupljanjem fotografija duž geometrijski nepravilnih putanja i nepravilnim preklapanjem slika. Međutim, i prilikom autonomnog režima leta može doći do nepredviđenih situacija koje mogu ugroziti let i tačnost prikupljenih podataka, kao što je otežana komunikacija između drona i daljinskog operativnog sistema usled prisutnih prepreka, gubitka veze sa letelicom i moguće padove, itd. Kao dodatan korak u fazi prikupljanja podataka, navodi se i postupak postavljanja i merenja orijentacionih i kontrolnih tačaka na lokaciji uz pomoć totalne stanice ili GNSS metodom pozicioniranja, radi georeferenciranja i verifikacije izlaznog fotogrametrijskog modela.

Obrada fotografija prikupljenih dronom predstavlja završnu fazu procesa. Fotografije se mogu koristiti za kreiranje mozaika ili kao ulazni podaci za dalji fotogrametrijski proces koji obuhvata kalibraciju kamere i triangulaciju slika na osnovu čega se vrši generisanje digitalnog površinskog modela (eng. *Digital Surface Model, DSM*) ili digitalnog modela terena (eng. *Digital Terrain Model, DTM*). DSM i DTM se konačno mogu koristiti za proizvodnju 3D modela, orto-slika ili za izdvajanje daljih metričkih informacija.

Nekoliko studija je pokazalo uspešnu primenu bespilotnih letelica u inspekciji fasada (Hallermann et al., 2015; Banaszek, Zarnowski, Cellmer & Banaszek, 2017; Choi et al., 2018; Russo, Carnevali, Russo, Savastano & Taddia, 2018). Međutim, primena metode digitalne fotogrametrije u proceni fasada zgrada je još uvek u fazi razvoja i uslovljava potrebu za uspostavljanjem standardizovanih postupaka i metodologija za vizuelne preglede fasada zgrada dronom (Marković, Laban, Kuzmić, Vujinović & Draganić, 2020).

Hallermann et al. (2015) su predstavili sposobnost primene profesionalnih vrhunskih bespilotnih letelica za nedestruktivno ispitivanje u oblasti inspekcije, snimanja i nadgledanja konstrukcija zasnovano na primeni visokokvalitetnih fotografija zabeleženih iz vazduha. U okviru jedne od sprovedenih studije slučaja, bespilotnom letelicom *AscTec Falcon 8* je manuelno snimljena fasada poslovne zgrade (Sl. 3.11).



Sl. 3.11 - Oštećena zapadna fasada zgrade (levo) i ortofoto mozaik visoke rezolucije (desno) (Hallermann et al., 2015)



Sl. 3.12 – Jasno vidljive pukotine širine 0,5 mm detektovane sa 7,5 m udaljenosti od površine zgrade (Hallermann et al., 2015)

Zapadna fasada koja je bila teško oštećena snimljena je sa rastojanja od 5 m, 7.5 m i 10 m u nekoliko vertikalnih linija, sa odgovarajućim preklapanjem slike u oba smera. Oštećenja fasada dokumentovana su i izmerena na tradicionalan način, dok je otkrivanje pukotina sprovedeno i manuelnom analizom fotografija (Sl. 3.12) a zatim je izvršena komparativna analiza rezultata. U slučaju odabranih prslina i pukotina izmerena je njihova širina koja je iznosila 0.1-1.0 mm. Analiza vazdušnih snimaka pokazala je da visokokvalitetne slike omogućavaju vizuelnu identifikaciju pukotina od 0,3 mm sa 10 m udaljenosti od površine fasade.

Banaszek et al. (2017) su istraživali mogućnost korišćenja digitalnih slika kreiranih bespilotnom letelicom za podršku procesu urbane regeneracije. Studije slučajeva su sprovedene u gradovima Olsztin, Varmia i Mazuri, u Poljskoj. Za prikupljanje podataka korišćen je *DJI Inspire 1*, dok su za obradu podataka korišćeni softverski paketi *Pix4D* i *QGIS*. Letovi su sprovedeni na 7 lokacija, prikupljeno je ukupno 1.401 fotografija čijom je obradom generisano sedam ortofoto snimaka (Sl. 3.13), sedam oblaka tačaka (Sl. 3.14) i jedan 3D model zgrade (Sl. 3.15). U slučaju objekata u formi kubusa (zgrade) letovi su se izvodili ručno i u pojedinim slučajevima su rezultirali vertikalnom ortofotomapom sa tačnošću većom od 1 cm/pix. Kao benefit primene ortofotomape navodi se mogućnost 2D merenja sa tačnošću od 1 cm, što omogućava vrlo tačnu vektorizaciju sadržaja koji dokumentuje konstrukciju zgrade, dok uloga oblaka tačaka može biti da rekreira geometriju fasade zgrade u 3D prostoru (Sl. 3.14) i omogući 3D merenje.



Sl. 3.13 - Ortomozaik fasade kreiran na osnovu fotografija drona (Banaszek et al., 2017)



Sl. 3.14 – Oblak tačaka fasade zgrade generisan obradom slika prikupljenih dronom (Banaszek et al., 2017)



Sl. 3.15 – 3D model objekta generisan na osnovu fotografija prikupljenih dronom (Banaszek et al., 2017)

Choi et al. (2018) su razvili postupak za brz i precizan vizuelni pregled fasada zgrada zasnovan na primeni fotografija zabeleženih dronom. Razvijena tehnika uključuje tri glavna koraka (Sl. 3.16):

- prikupljanje slika fasade pomoću drona;
- automatsko generisanje ortofoto snimka fasade visoke rezolucije pomoću tehnike SfM (*Structure-from-Motion*);
- lokalizaciju tzv. „oblasti od interesa“ koja pruža mogućnost kvalitetne vizuelne procene – izdvajanje bilo koje regije na ortofoto snimku na osnovu čega je moguće sprovesti analizu svih fotografija (originalne rezolucije) odabranog područja.

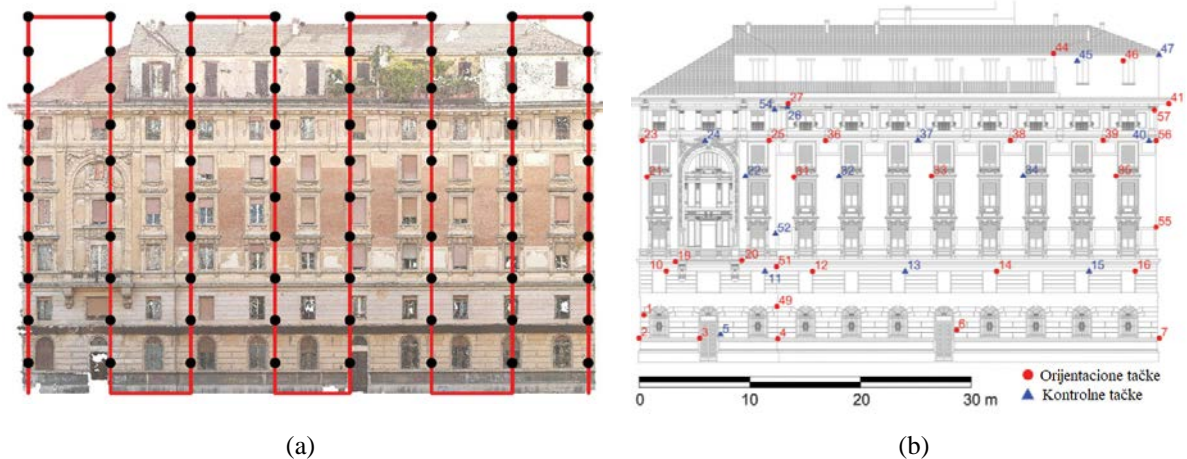
Razvijena metoda je demonstrirana i potvrđena kroz studiju slučaja sprovedenoj na oštećenoj fasadi napuštene zgrade u gradu West Lafayette, u Indijani (SAD). Za prikupljanje podataka korišćena je bespilotna letelica *3DR Solo Quadcopter*. Letelica je letela duž horizontalne mreže, na udaljenosti 4-5 m od fasade brzinom letenja 0.5-1 m/s sa ciljem da se obezbedi preklapanje slika preko 60%. Letelica je duž iste putanje letela četiri puta pri čemu je menjan ugao nagiba kamere (kamera postavljena u položaj: upravno na fasadu, desno i levo, i nadole).



Sl. 3.16 - Osnovne faze postupka vizuelnog pregleda fasada zgrada zasnovanog na primeni fotografija zabeleženih bespilotnom letelicom, koji su razvili Choi et al. (2018)

Russo et al. (2019) su kroz sprovedenu studiju slučaja koja je obuhvatila analizu evidentno oštećene fasade zgrade u Bolonji (Italija) testirali inovativnu tehniku digitalnog pregleda, zasnovanu na fotogrametrijskom snimanju fasade iz neposredne blizine koristeći vrlo mali i

ultra lagani dron (lakši od 300 g) *DJI Spark* sa integrisanom kamerom. Fasada je snimljena sa rastojanja od 13 m i kamerom postavljenom upravno na fasadu, pri čemu su prikupljeni geometrijski i opisni podaci korisni za arhitektonsku analizu i planiranje obnove. Let je realizovan manuelno, a rezultirao je prosečnom tačnošću od 4.5 mm. Preklapanje slika u vertikalnom pravcu iznosilo je 80% (fotografije su zabeležene na svaka 3m) i 60% u horizontalnom smeru (fotografije su zabeležene na svakih 8m) (Sl. 3.17a). Dodatno, totalna stanica *Geomax Zoom 35 Pro* je korišćena za dobijanje tačaka za identifikaciju arhitektonskih karakteristika na fasadi zgrade (Sl. 3.17b).



Sl. 3.17 – Fasada zgrade u Bolonji: (a) plan leta i lokacije beleženja fotografija; (b) položaj orijentacionih i kontrolnih tačaka na fasadi (Russo et al., 2019)

Orijentacione tačke su upotrebljene za georeferenciranje fotogrametrijskog modela, a kontrolne tačke za validaciju modela, odnosno proveru kvaliteta rekonstrukcije. Studija slučaja je rezultirala gustim oblakom tačaka i orto-slikom fasade sa preciznošću od 5mm. Orto-slika je dalje korišćena kao referenca za kreiranje crteža fasade koji je poslužio kao podloga za mapiranje identifikovanih oštećenja (Sl. 3.18).



Sl. 3.18 - Mapa deterioracije fasade (Russo et al., 2019)

U slučaju oštećenih fasada pravovremena detekcija i mapiranje oštećenja su neophodne preliminarne operacije koje treba sprovesti u cilju preduzimanja preventivnih mera za

sprečavanje dalje degradacije i mogućeg kolapsa konstrukcije, odnosno produženje njenog životnog veka (Mohan & Poobal, 2018; Calantripio, Chiabrando, Rinaudo & Tappati Lose, 2018; Chen, Reichard, Xu & Akanmu, 2021).

U okviru prethodno sprovedenih istraživanja u kontekstu učestalosti pojavljivanja različitih oštećenja na fasadama zgrada, utvrđeno je da od svih oštećenja pukotine čine 39,7% što ih čini najčešćim oštećenjem (Chen et al., 2021). Dodatno, pukotine u betonskim konstrukcijama predstavljaju neke od najvažnijih indikatora njihove degradacije (Kim, Kim & Lee, 2020), usled čega se inspekcija pukotina smatra ključnim aspektom u procesu procene stanja (Silva & Lucena, 2018).

Proces pregleda pukotina podrazumeva njihovu detekciju i prikupljanje informacije o njihovom položaju, obliku, dužini i širini, mogućim uzrocima, kao i tragovima curenja ili naslaga ukoliko su prisutni (Berberan et al., 2007; Kim & Sim, 2017).

Poslednjih decenija, u cilju optimizacije vizuelnog pregleda, tehnike za automatsku identifikaciju pukotina zasnovane na analizi slika su tema velikog broja istraživanja (Ellenberg et al., 2014; Kim & Sim, 2017; Kim, Jeon, Baek, Hong & Jung, 2018; Kim & Cho, 2020; Kim et al., 2020; Aliyari, Drougett & Ayele, 2021; Carrasco, Araya-Letelier, Velázquez & Visconti, 2021; Chen et al., 2021; Choi, Bell, Kim & Kim, 2021; Jeong, Jeong, Han & Cho, 2021; Oh, Ham & Lee, 2021; Pal et al., 2021). Ove metode uključuju snimanje slika ciljne komponente i njihovu programsku analizu kako bi se identifikovale i klasifikovale pukotine. Metode se mogu kategorisati u dva osnovna tipa: (1) metode obrade slike i (2) metode mašinskog učenja. Metode obrade slike podrazumevaju upotrebu filtera, morfološke analize, statističkih metoda i perkolacionih tehnika za detekciju pukotina i ne zahtevaju proces obuke modela. Sa druge strane, proces mašinskog učenja uključuje prikupljanje skupa podataka u vidu slika, koje se dostavljaju odabranom modelu mašinskog učenja za obuku. Takve metode mogu uključivati i korake koji pripadaju metodama obrade slike, ali zadatak otkrivanja pukotina obavlja obučeni model mašinskog učenja (Munawar, Hammad, Haddad, Soares & Waller, 2021).

Međutim, većina istraživanja je fokusirana isključivo na automatsku detekciju pukotina, bez razmatranja geometrijskih i prostornih parametara detektovane pukotine. Dodatno, u literaturi je prisutan ograničen broj istraživanja usmerenih ka detekciji pukotina kroz analizu RGB fotografija prikupljenih dronom.

Detekcija pukotina na georeferenciranoj ortofasadi i njihova lokacija i geometrijska karakterizacija nisu ranije istraživane. *Ortofasada* predstavlja digitalni ortofoto mozaik nastao preklapanjem pojedinačnih ortogonalnih slika fasade prikupljenih dronom. Ortofasada je u osnovi jedna velika fotografija celokupne fasade, kojoj se postupkom georeferenciranja, putem orijentacionih tačaka, dodeljuje visok kvalitet i na taj način omogućava precizna geometrijska karakterizacija spoljnih zidova i sprovođenje vizuelnog pregleda u cilju mapiranja oštećenja.

U domenu inspekcije betonskih mostova, identifikovano je nekoliko studija koje su istraživale automatsku detekciju pukotina sa slika (Ayele, Aliyari, Griffiths & Drougett, 2020; Zollini, Alicandro, Dominici, Quaresima & Giallonardo, 2020) ili video zapisa prikupljenih dronom

(Bhowmick, Nagarajaiah & Veeraraghavan). U oblasti inspekcije fasada, identifikovan je ograničen broj istraživanja sa sličnom tematikom, pri čemu se njihov nedostatak ogleda u detekcija pukotina zasnovanoj na analizi pojedinačnih slika prikupljenih dronom (Chen et al., 2021; Kim et al., 2017; Oh et al., 2021; Munawar, Ullah, Heravi, Thaheem & Maqsoom, 2022) ili analizi jedne velikoj “spojene” slike fasade (Eschmann, Kuo, Kuo & Boller, 2012; Choi et al., 2021). Za generisanje fotografije celokupne fasade, metoda „spajanja“ slika dobro funkcioniše samo ako je oblast od interesa (fasada) savršeno ravna i stoga se preporučuje samo za male skupove podataka, dok se za velike skupove podataka, kao što je slučaj sa visokim zgradama, preporučuje postupak generisanja ortomozaika (Pix4D guide), primenjen u doktorskoj disertaciji. U analiziranim istraživanjima, za lociranje pukotina korišćeni su podaci sa senzora drona koji pružaju informaciju o lokaciji slike sa očekivanom tačnošću od nekoliko metara, pri čemu je u urbanim sredinama signal često prekinut krovom i/ili zidom zgrada. Primenom orijentacionih tačaka kroz proces georeferenciranja prikupljenih fotografija utiče se na značajno povećanje tačnosti u identifikaciji lokacije pukotine (sa metarske na centimetarsku).

3.2.1.3. Metode za kvantifikaciju trajnosti i predviđanje životnog veka zgrada

Kako bi zgrade trajale dovoljno dugo, u savremenom graditeljstvu za osiguranje trajnosti se uglavnom primenjuju mere zasnovane na iskustvima iz ponašanja postojećih zgrada.

Stvarni životni vek zgrade može biti daleko duži (ili kraći) od projektovanog, te je poslednjih decenija došlo do intenziviranja istraživanja u oblasti predviđanja stvarnog životnog veka, posebno u području AB zgrada, na osnovu analize njihovog ponašanja u eksploatacionim uslovima, koja su rezultirala razvojem praktičnih i pouzdanih metoda za predviđanje.

Životni vek zgrada procenjuje se primenom degradacionih modela (Palacios-Munoz et al., 2019). Definisanje efikasnih i tačnih alata za procenu degradacije građevinskih elemenata tokom vremena postaje sve važnija, omogućavajući procenu vremena nakon kojeg je potrebno intervenirati. Međutim, potrebno je uložiti mnogo više napora kako bi se identifikovali svi parametri koji utiču na radni vek građevinskih elemenata (Silva et al., 2016).

Modeli predviđanja radnog veka imaju za cilj da prepoznaju degradacijske obrasce kroz identifikaciju zajedničkih tačaka između različitih zgrada, u skladu s brojnim karakteristikama, mehanizmima degradacije i utvrđenim zahtevima performansi (Silva et al., 2016).

Predviđanje životnog veka zgrade je veoma značajno u procesu planiranja obnove, ali nedostatak pouzdanih metoda za kvantifikaciju trajnosti i životnog veka zgrada i potreba za razmatranjem velikog broja faktora čine ovaj proces kompleksnim. Dodatno, proces je vremenski zahtevan i prikupljanje informacija nije jednostavan zadatak, naročito ako ne postoji uvid u originalnu projektno-tehničku dokumentaciju.

Poslednjih decenija razvijene su različite metodologije za predviđanje životnog veka: determinističke, probabilističke (stohastičke) i inženjerske.

Determinističke metode

Determinističke metode su jednostavne za razumevanje i korišćenje i zasnivaju se na razmatranju faktora koji degradirajuće deluju na elemente zgrade, razumevanju mehanizama degradacije i njihovoj kvantifikaciji (Silva et al., 2016).

U determinističke metode spada *faktorska metoda*, opisana u standardu ISO 15686-1 (2011), koja predstavlja najčešće korišćenu metodu i smatra se opštim okvirom za procenu životnog veka komponenti zgrade. Metoda omogućava procenu životnog veka (eng. *estimated service life, ESL*) na osnovu podataka o referentnom (očekivanom) radnom veku (eng. *reference service life, RSL*) uz razmatranje nekoliko faktora povezanih sa specifičnim uslovima korišćenja.

Faktori (A-G) koji se koriste u metodi odnose se na:

- A - kvalitet komponenti
- B - nivo projektovanja
- C - nivo izvođenja radova
- D - unutrašnje okruženje
- E - spoljašnje okruženje
- F - eksploatacione uslove
- G - nivo održavanja

Metoda se može izraziti Jednačinom (3-1):

$$ESL = RSL \times A \times B \times C \times D \times E \times F \quad (3-1)$$

Navedeni faktori mogu uticati na životni vek pod uslovom da ne zadovoljavaju nivo definisan u okviru preporuka proizvođača ili kriterijume propisane pravilnicima i standardima (Kelly, 2007).

I pored široke upotrebe, metoda ima veliki broj nedostataka, gde se kao jedan od suštinskih navodi njena sklonost da pojednostavljuje složene faktore koji utiču na degradacione procese.

Determinističkim metodama pripada i *grafička metoda*, zasnovana na definisanju kriva degradacije, koje grafički ilustruju ponašanje građevinskih materijala tokom vremena. Krive degradacije se definišu na osnovu skupa podataka koji predstavljaju nivo degradacije ispitivanih elemenata i njihovu starost ili druge relevantne parametre. Krive mogu biti definisane za pojedinačna oštećenja ili grupu oštećenja. Za više oštećenja primenjuje se ukupni pokazatelj degradacije, koji uzima u obzir i obim i stepen oštećenja (Serralheiro et al., 2017).

Probabilističke (stohastičke) metode

Probabilističke metode imaju drugačiji pristup od determinističkih metoda, jer uzimaju u obzir stvarnu kompleksnost procesa degradacije. Metode tretiraju degradaciju kao stohastički proces, gde se za svako svojstvo, u određenom vremenskom periodu, definiše verovatnoća deterioracije.

Među stohastičkim metodama, za predviđanje radnog veka se najčešće se primenjuju logistička regresija i Markov lanac (Sandak, Sandak, Brzezicki & Kutnar, 2019).

Logistička regresija procenjuje verovatnoću promene stanja degradacije tokom vremena, imajući u vidu specifične karakteristike fasada. Metoda procenjuje vreme kada će fasada iscrpeti svoj životni vek. *Markov lanac* daje slične rezultate, međutim ne uzima u obzir celokupni kontekst i čitav niz okolnosti, već selektivno analizira procese. Faze degradacije se analiziraju odvojeno, a ne sekvencijalno (Sandak et al., 2019).

Probabilističke metode pružaju korisne informacije, posebno za prepoznavanje strategija održavanja, koje bi trebalo primeniti na fasadama tokom njihovog veka trajanja. Uprkos tome, metoda je veoma složena za primenu, jer neophodne ulazne podatke, opisane kao verovatnoće, nije jednostavno proceniti i ta složenost je dovela do toga da je metoda ekonomski upotrebljiva samo pri realizaciji projekata velikih razmera (Tapsir & Usman, 2007).

Inženjerske metode

Inženjerske metode delimično primenjuju principe i determinističkih i probabilističkih metoda. Metode koriste unapređene determinističke modele, uvođenjem ulaznih podataka na stohastički način. Smatraju se jednostavnim za razumevanje i korišćenje, jednostavne su i brze za primenu i pružaju realne rezultate (Serralheiro et al., 2017).

Kako bi se procenio uticaj određenih faktora na degradaciju, metode obično podrazumevaju merenja na terenu ili sprovođenje ubrzanih testova u laboratorijskim uslovima. Određivanje životnog ciklusa je moguće na osnovu empirijskih metoda koje se se obično dopunjuju rezultatima terenskih ispitivanja degradacionih faktora. U većini slučajeva, prukupljanje podataka na terenu nije jednostavan zadatak jer se izlaganje uzoraka degradacionim uticajima, onoliko koliko je potrebno, vremenski smatra nepraktičnim (Sandak et al., 2019).

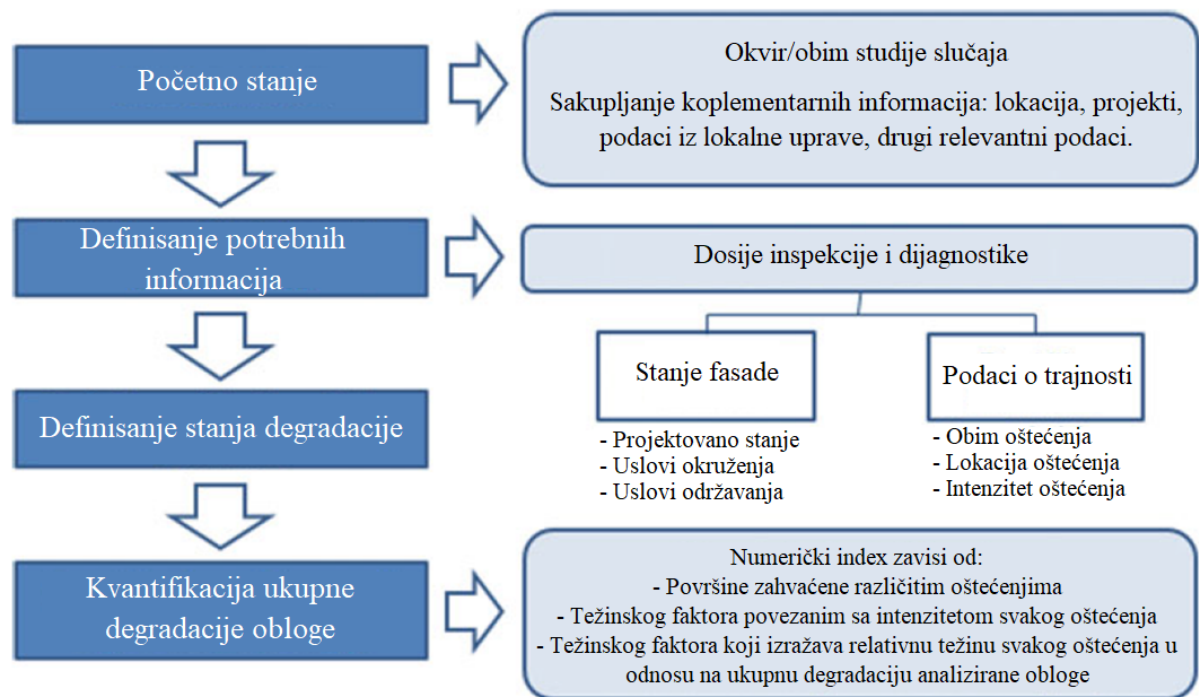
3.2.1.4. Metode za predviđanje životnog veka fasadnih obloga

Pregledom literature, ustanovljeno je da postoji nekoliko studija (Silva et al., 2016; Serralheiro et al., 2017) koje su se bavile problematikom predviđanja životnog veka fasadnih obloga i drugih elemenata omotača zgrade. U ovim studijama, kao predmet analize se pojavljuju spoljašnje obloge od prirodnog kamena, keramičkih pločica, betonske obloge, malterske obloge, obojene površine i kontaktni fasadni izolacioni sistemi (ETICS). Ono što je karakteristično za sve studije jeste to što sve primenjuju istu metodologiju u sistemskoj analizi stanja degradacije analiziranih fasada (Sl. 3.19). Opšti koncept metodologije je originalno razvijen za malterisane fasade (Gaspar & Brito, 2008; Gaspar & Brito, 2011) i uspostavljen je tako da je primenjiv i za druge vrste obloga, uz određene modifikacije.

Silva et al. (2016) su opisali datu metodologiju.

Prvi korak metodologije obuhvata sagledavanje projektovanog stanja zgrade, prikupljanjem relevantnih informacija analizom dostupne dokumentacije.

Sledeći korak se odnosi na definisanje informacija koje je neophodno prikupiti na terenu, prilikom vizuelnog pregleda fasade zgrade i dijagnostike stanja.



Sl. 3.19 - Metodologija za sistemsku analizu stanja degradacije fasadnih obloga (Silva et al., 2016)

Podaci koje je potrebno prikupiti na terenu mogu se grupisati u dve kategorije:

- Podaci relevantni za procenu stanja fasade, gde je potrebno priložiti:
 - detaljne dimenzije fasade;
 - spisak, opis i klasifikaciju identifikovanih oštećenja, sa naznačenim obimom i lokacijom;
 - naznaku mogućih uzroka;
 - spisak dijagnostičkih sredstava i tehnika pregleda korišćenih za prikupljanje podataka;
 - opis stepena otkrivenih oštećenja koji će se kasnije koristiti prilikom definisanja modela degradacije.
- Podaci relevantni za određivanje trajnosti, koji sadrže informacije o:
 - lokaciji zgrade;
 - datumu i prirodi poslednje intervencije na fasadi;
 - veličini i geometriji zgrade;
 - vrstama i karakteristikama materijala (boja, tekstura, itd.);
 - uslovima projektovanja (design factors);
 - nivou razrađenosti detalja i kvalitetu izvedenih radova
 - potencijalnim kritičnim mestima na fasadi (npr. balkoni ili elementi koji izlaze iz vertikalne ravni);
 - uslovima izloženosti spoljašnjoj sredini (temperatura, izloženost vlazi, delovanju vetra i kiše);
 - uslovima korišćenja zgrade (nameni).

Nakon prikupljanja i sistematizacije, informacije se obrađuju računarski, korišćenjem aplikacija za obradu slika, računarski potpomognutog projektovanja i proračunskih tablica.

Naredna faza obuhvata definisanje stanja degradacije, odnosno nivoa degradacije komponenti zgrade. Obično se ove metode uspostavljaju na osnovu rangiranja elemenata zgrade i oštećenja prema važnosti, kao i na osnovu definisanja parametara stanja povezanih sa oštećenjima.

Poslednja faza metodologije podrazumeva kvantifikaciju globalne degradacije fasadnih obloga, izraženu numeričkim indeksom, imenovanog kao *ozbiljnost degradacije* (eng. *severity of degradation*) koji zavisi od površine koju zauzimaju oštećenja i težinskih koeficijenata koji se dodeljuju oštećenjima na osnovu ispunjenosti kriterijuma performansi ili minimalnih zahteva, njihovog intenziteta i sklonosti da dovode do pojave novih oštećenja i troška njihove sanacije. U većini slučajeva troškovi sanacije su dominantan parametar za dodeljivanje težinskih koeficijenata, a i generalno u procesu donošenja odluka kroz različite faze životnog ciklusa izgradnje.

Za različite vrste fasadnih obloga (prirodni kamen, keramičke ploče, malter i boju) predložene su skale degradacije, kao i težinski koeficijenti (Silva et al., 2016).

Opisana metodologija je primenjena i u okviru analize trajnosti i životnog veka betonskih fasada (Serralheiro et al., 2017), uz određene modifikacije. Prikupljene informacije su poslužile za definisanje kriva degradacije, koje grafički ilustruju gubitak svojstava fasada protokom vremena, procenjujući uticaj degradacionih agenasa.

Zaključeno je da kriva degradacije pokazuje da je postignuta adekvatna korelacija, što implicira da predloženi model daje prihvatljive i konzistentne rezultate, odnosno na odgovarajući način opisuje degradaciju betonskih površina koja je uočena u stvarnosti, pri vizuelnom pregledu. Upravo zbog činjenice da su rezultati dobijeni u studiji zasnovani samo na vizuelnoj percepciji degradacije analiziranih betonskih površina, naglašeno je da se oni moraju analizirati sa rezervom. Kao primer, navodi se faktor koji se odnosi na materijale upotrebljene za spravljanje betona i sastav betona (npr. sadržaj klinkera, vodovezivni faktor, koji je izostavljen iz studije, a i te kako utiče na degradaciju i trajnost betona).

Navodi se i da za neke karakteristike ovih fasada nije moguće izvesti jasne zaključke, što ukazuje na visoku osetljivost betonskih obloga na agresivne agense iz okruženja.

Na osnovu analize dobijenih dijagrama, zaključeno je da defekti i oštećenja u ranoj fazi životnog veka fasade obično ukazuju na trend ubrzane degradacije, nakon čega sledi period stabilizacije, u kome se degradacijske pojave kumulativno odvijaju duž fasade, ali sporijom brzinom. U završnoj fazi životnog veka zgrade dolazi do ubrzanja procesa degradacije, a takođe se intenziviraju degradacioni uticaji.

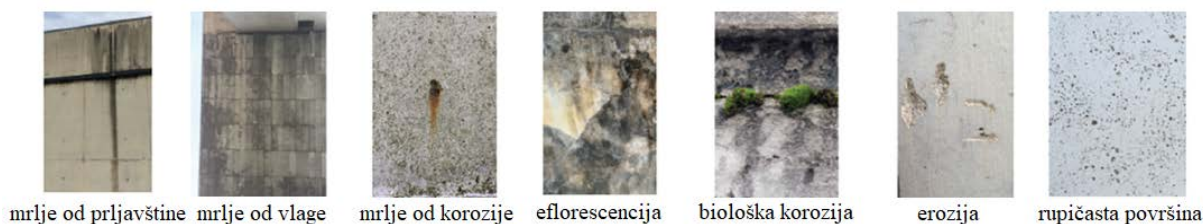
3.2.1.5. Karakteristični defekti i oštećenja betonskih fasada i mogući uzroci

Silva et al. (2017) su izvršili klasifikaciju karakterističnih oštećenja površina izvedenih u natur betonu u tri grupe (Tab. 3.3): estetska oštećenja, mehanička oštećenja i geometrijska oštećenja.

Tab. 3.3 – Klasifikacija oštećenja zidova izvedenih u natur betonu (Silva et al., 2017)

ESTETSKA	MEHANIČKA	GEOMETRIJSKA
Mrlje	Mrežaste prsline	Geometrijska imperfekcija
Eflorescencija	Orijentisane prsline i pukotine	Betonska gnezda
Biološka korozija	Ljuskanje betona	Tragovi pričvršćivanja
Oštećenja nastala erozijom	Ogoljavanje zrna agregata	Tragovi curenja cementne paste
Rupičaste površine – kokice		Kraste
Grafiti		Zaboravljena oplata

Estetska oštećenja (Sl. 3.20) utiču na vizuelni izgled fasade, ali ne utiču direktno na isrpljenje njenog radnog veka. Manifestuju se u vidu mrlja (od prljavštine, vlage, korozije), eflorescencije, biološkog rastinja, oštećenja nastalih erozijom usled abrazije, rupičastih površina i grafiti.



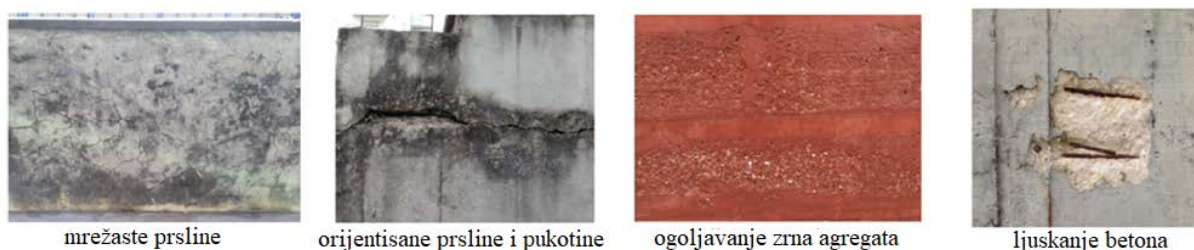
Sl. 3.20 - Estetska oštećenja betonskih fasada (Serralheiro et al., 2017)

Serralheiro et al. (2017) navode da od estetskih oštećenja, oštećenja nastala erozijom usled abrazije mogu imati najveći uticaj na radni vek betona. Usled erozije, uzrokovane mehaničkim delovanjem čestica prašine nošene vetrom, grada i sl., na površini betona može doći do ogoljavanja zrna agregata, čime je omogućen prodor agresivnih materija u betonsku matricu. Biološko rastinje takođe može dovesti do ozbiljnih oštećenja, urastanjem korenja biljaka unutar slabih mesta u betonu, koje izaziva dodatno naprezanje i utiče na dalje povećanje širine prsline. Pored ovoga, mrlje od korozije mogu ukazati na prisustvo korozije armature u betonu.

Mehanička oštećenja (Sl. 3.21) se mogu javiti kao posledica nametnutih pomeranja i/ili statičkih i dinamičkih akcija. Ova vrsta oštećenja ima direktan uticaj na degradaciju fasade i manifestuje se u vidu mrežastih prsline, orijentisanih prsline i pukotina, pucanja, ljuskanja, odvajanja i otpadanja betona i ogoljenih zrna agregata.

Mehanička oštećenja utiču na smanjenje mehaničkih svojstava betonskih fasada i ugrožavaju njihovu trajnost, stvarajući dugoročne probleme. Najizrazitiji oblik mehaničkog oštećenja betona su prsline i pukotine. Prsline i pukotine smanjuju mehanička svojstva i ugrožavaju trajnost betona tako što redukuju smičuću nosivost preseka, omogućavajući prodor agresivnih materija u zaštitni sloj betona usled čega vremenom može doći do korozije armature (Serralheiro et al., 2017). Pucanje, ljuskanje, odvajanje i otpadanje betona ukazuje na

intenzivirani proces korozije armature u betonu ili oštećenja usled dejstva mraza, dok ogoljena zrna agregata betona, najčešće kao posledica delovanja kiselih kiša ili abrazije, predstavlja ozbiljnu vrstu oštećenja koje ubrzava degradaciju elementa.



Sl. 3.21 - Mehanička oštećenja betonskih fasada (Serralheiro et al., 2017)

Od mehaničkih oštećenja, najzastupljenije su orijentisane prsline koje nastaju uglavnom zbog tipičnog skupljanja betona usled uticaja sunčevog zračenja (koje proizvodi toplotne gradijente) ili zbog heterogenosti korišćenih materijala (Serralheiro et al., 2017).

Geometrijska oštećenja (Sl. 3.22) su predstavljena kao posledica grešaka u fazi projektovanja ili izvođenja, primene neadekvatnih materijala i sl. Manifestuju se u vidu geometrijske imperfekcije, betonskih gnezda, tragova pričvršćivanja, tragova curenja cementnog mleka, krasti i zaboravljene oplata. U ovoj grupi oštećenja, najveći uticaj na trajnost betonskih fasada imaju betonska gnezda. Betonska gnezda su posledica neodgovarajućeg granulometrijskog sastava ili lošeg kompaktiranja betona. Prisustvo ove vrste defekata može dovesti do značajne lokalne redukcije zaštitnog sloja betona i smanjenja efektivnog poprečnog preseka. Takođe, može doći do povećanja propusnosti i smanjenja gustine betona, čime se povećava mogućnost ulaska soli i vlage u betonsku matricu, što dovodi do intenziviranja korozije armature i razvoja biološkog rastinja (Serralheiro et al., 2017).



Sl. 3.22 - Geometrijska oštećenja betonskih fasada (Serralheiro et al., 2017)

U našoj praksi, oštećenja u vidu betonskih gnezda, zona segregacije, nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona, geometrijske imperfekcije, položaja elemenata van projektovanih osovina i druga se smatraju defektima, dok se prsline, pukotine, raslojavanje, ljuskanje, otpadanje površinskih delova betona, korozija armature, rupe, mrlje smatraju oštećenjima.

Na betonskim fasadama zgrada izgrađenih na industrijski način u Novom Sadu prethodnim istraživanjima (Laban, 2012) identifikovani su sledeći defekti i oštećenja (Sl. 3.23):

- prsline i pukotine
- okrunjene ivice i uglovi
- ljuštenje završnog sloja
- probijanje korozije na površinsku spoljnu ravan elementa

- oštećenja zaštitnog sloja betona
- segregacija betona
- betonska gnezda
- pojava mahovine i lišajeva u oštećenim površinskim zonama



Sl. 3.23 - Primeri identifikovanih defekata i oštećenja betonskih fasada montažnih i polumontažnih zgrada izgrađenih u istraživanom periodu u Novom Sadu (Laban, 2012)

Uzroci degradacije elemenata zgrada su u literaturi najčešće klasifikovani u četiri kategorije – mehanički, klimatski, hemijsko-tehnološki i biološki (Tab. 3.4).

Tab. 3.4 – Uzroci deterioracije materijala i komponenti zgrada (adaptirano iz Radić, 2010)

MEHANIČKI	FIZIČKI/KLIMATSKI	HEMIJSKO-TEHNOLOŠKI	BIOLOŠKI
Preopterećenost	Toplota	Kiseline	Mikroorganizmi
Zamor	Temperaturne promene	Alkalijske	Gljivice
Udar vozila	Vlaga	Rastvori soli	Alge
Diferencijalno sleganje temelja	Voda	Organska jedinjenja	Insekti
Vandalizam	UV zračenje	Agresivni gasovi	Ptice
Vetar	Vetar		Životinje
Prašina	Prašina		
Erozija	Zemljotres		
Vibracije i buka	Mraz		
Zemljotres	Padavine		
	Požar		

Uticajni faktori mogu da deluju samostalno, ali najčešće deluju u kombinaciji sa drugim faktorima, kao u slučaju procesa smrzavanja i odmrzavanja koji predstavlja kombinaciju dva uticajna faktora – temperaturnih promena i prisustva vode (Jernberg, Sjöström, Lacasse, Brandt & Siemes, 2004).

Međutim, ovakva podela polazi od pretpostavke da su elementi zgrade idealno projektovani i izvedeni, zanemarujući uzroke oštećenja koji se odnose na greške u fazi projektovanja i fazi izvođenja, ili odabiru materijala.

Silva et al. (2017) su izvršili klasifikaciju mogućih uzroka oštećenja na zidovima izvedenim u natur betonu. Uzroci oštećenja su podeljeni u 6 grupa, prema redosledu pojavljivanja (Tab. 3.5).

Tab. 3.5 – Klasifikacija mogućih uzroka oštećenja na zidovima izvedenim u natur betonu, prema redosledu pojavljivanja (Silva et al., 2017)

Greške u fazi projektovanja	Greške u fazi izgradnje
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nedоследna primena propisa/specifikacija ▪ Neadekvatno projektovanje detalja ▪ Neadekvatna oplata ▪ Neodgovarajuće sredstvo za premazivanje oplatnih površina ▪ Izbor neadekvatnog postupka gradnje ▪ Nedovoljno razrađeni detalji armiranja ▪ Neadekvatno projektovanje/pozicioniranje dilatacija 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neiskusna/nekvalifikovana radna snaga ▪ Neusklađenost sa projektom i/ili tenderom ▪ Oskudna/dotrajala oplata ▪ Prevremeno skidanja oplata ▪ Neadekvatan način skladištenja komponenti ili transporta betona ▪ Upotreba neadekvatnih materijala (kontaminirana voda, reaktivni agregati) ▪ Primena neodgovarajućeg materijala za ispunu spojnica ili dilatacija ▪ Neadekvatno ugrađivanje/nega betona ▪ Neadekvatno izvođenje spojnica ▪ Neadekvatno pozicioniranje armature ▪ Neadekvatna priprema kalupa ▪ Betoniranje u neadekvatnim vremenskim uslovima ▪ Nepravilna primena sredstva za premazivanje oplatnih površina ▪ Izostanak nadzornih aktivnosti/površan nadzor
Klimatski uticaji	Mehanički uticaji
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prisustvo čestica prašine ▪ Visoka/niska izloženost sunčevom zračenju ▪ Vetar ▪ Prisustvo vode/kiše ▪ Promena vlažnosti ▪ Led (naizmenični ciklusi smrzavanja-odmrzavanja) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abrazija ▪ Udari ▪ Korozija armature ▪ Diferencijalno sleganje temelja ▪ Koncentracija napona na promeni geometrije (obično u blizini otvora)
Hemijski uticaji	Upotreba i održavanje
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alkalno-agregatna reakcija ▪ Sulfati ▪ Soli/slana voda (hloridi) ▪ Organske materije ▪ Kiseline 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neredovno čišćenje/zamena površinske zaštite ▪ Površno sporovođenje mera održavanja/malih popravki ▪ Vandalizam

Ista grupa autora (Silva et al., 2017) je izvršila identifikaciju oštećenja na 53 zgrade u Portugaliji, kroz vizuelni pregled 110 vidnih betonskih površina. Skoro 2/3 identifikovanih oštećenja su posledica grešaka napravljenih u fazi projektovanja i izvođenja, dok je skoro polovina oštećenja estetske prirode. Kao najzastupljenije oštećenje identifikovane su mrlje (87%), zatim orijentisane prsline (48%) i geometrijska imperfekcija (33%). Mrlje, rupičasta površina, kao i geometrijska oštećenja predstavljaju oštećenja najvećeg obima, odnosno zahvataju veliku površinu. Kao najmanje zastupljena identifikovana su oštećenja kao što su dezintegracija betona i zaboravljena oplata.

3.2.1.6. Karakteristični mehanizmi deterioracije betonskih fasada

Definisanje mehanizama deterioracije omogućava sagledavanje procesa gubitka performansi tokom vremena i određivanje parametara koji imaju najveći uticaj na intenziviranje degradacije elemenata zgrade (Silva et al., 2017).

Vlaga je glavni uzrok oštećenja na fasadama (Flores-Colen et al., 2017). Skoro svi procesi deterioracije uključuju fizički transport štetnih agenasa u materijal i hemijske ili biološke reakcije koje narušavaju integritet materijala. U većini slučajeva, za odvijanje ovakvih procesa neophodna je vlaga, što implicira da će održavanje materijala u suvom stanju značajno uticati na stopu degradacije. Zapravo, izlaganje uslovima naizmeničnog vlaženja i sušenja u najvećoj meri dovodi do smanjenja trajnosti materijala. Primeri iz prakse pokazuju da propadanje materijala koji su stalno pod vodom može biti veoma sporo, usled nedostatka kiseonika koji je neophodan za proces degradacije (npr. za koroziju čelika) (Dias, 2003).

I pored opsežnih istraživanja, većinu mehanizama propadanja nemoguće je precizno predvideti (Häkkinen, 2012). Na primer, defekte je teško predvideti, s obzirom da su oni posledica grešaka u projektovanju i izvođenju. Isto važi i za vandalizam ili udare i slično, koji nisu deo prirodnog procesa degradacije.

Poslednjih decenija, mnogo pažnje je posvećeno ispitivanju trajnosti betona. Međutim, i pored mnogih saznanja, postoji manjak znanja u kontekstu mehanizama degradacije betonskih fasada.

U nastavku su opisani mehanizmi degradacije karakteristični za betonske fasade.

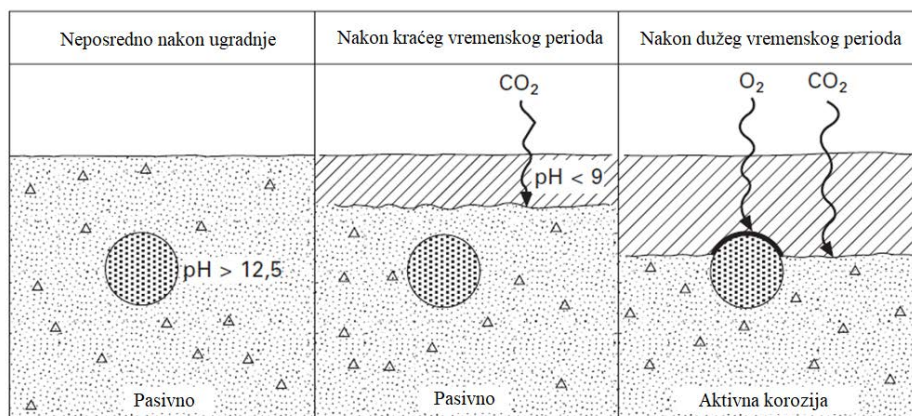
Korozija armature indukovana atmosferskim CO₂

Korozija armature je glavni uzrok degradacije postojećih AB konstrukcija (Palacios-Munoz et al., 2019), do koje dolazi usled hemijskih reakcija sa agensima iz okruženja ili unutar samog materijala. Najčešći hemijski uzročnici korozije armature spoljnih zidova zgrada su ugljen-dioksid i hloridi (Dias, 2003).

Izuzev funkcije fizičke barijere dejstvu vlage, zaštitni sloj betona ujedno predstavlja alkalnu sredinu ($\text{pH} \geq 11.8$) unutar koje je čelik pasiviziran (zahvaljujući tankom površinskom sloju oksida gvožđa), te na ovaj način pruža i hemijsku zaštitu armaturi.

Atmosferski CO₂ pokreće karbonizaciju cementnih materijala u zaštitnom sloju betona. Proces karbonatizacije započinje na površini betona i vremenom postepeno prodire u beton, smanjujući njegovu alkalnost. Kad pH vrednost padne ispod 10, dolazi do depasivizacije šipki armature i, uz prisustvo odgo varajuće količine vlage i kiseonika, započinje proces korozije armature (Sl. 3.24).

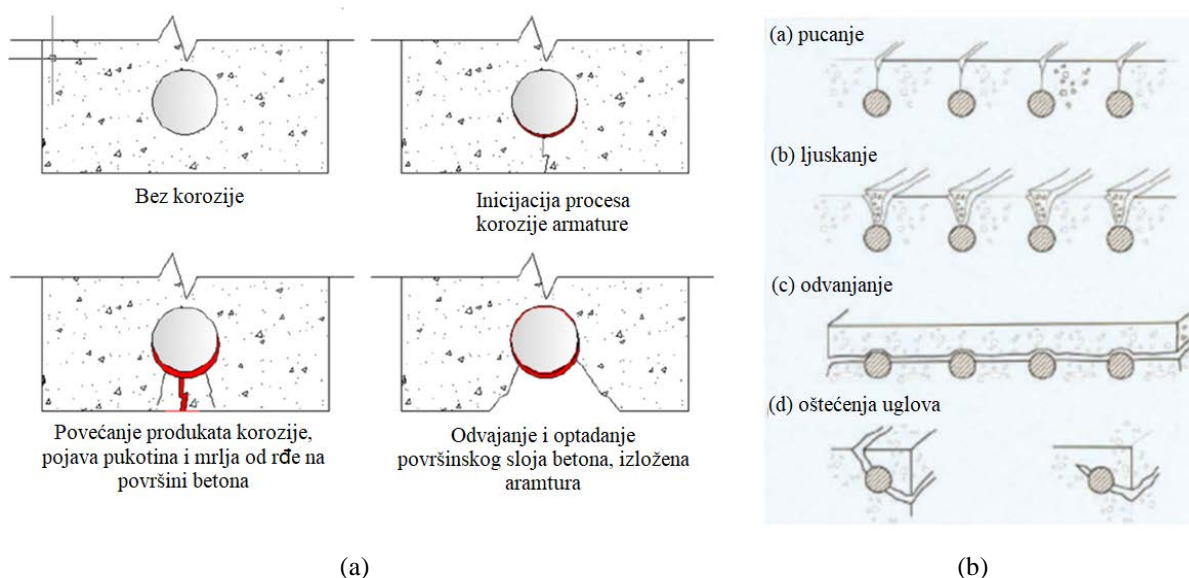
Najveći rizik od korozije je prisutan u okolnostima pri kojim je beton izložen naizmeničnim ciklusima vlaženja i sušenja (Narayanan & Beeby, 2005). Ukoliko je beton suviše vlažan, vlaga ne dozvoljava kiseoniku da prodre u strukturu betona, a ukoliko je beton suviše suv, reakcija se neće odvijati usled nedovoljno vlage koja je potrebna za njenu inicijaciju.



Sl. 3.24 – Inicijacija korozije usled karbonatizacije (Penttala, 2009)

Korozija armature dovodi do smanjenja poprečnog preseka armature (čime dolazi do smanjenja kapaciteta nosivosti), gubitka veze između čelika i betona i pojave prslina u zaštitnom sloju betona (duž armaturnih šipki) usled povećanja zapremine oksida gvožđa u odnosu na prvobitnu zapreminu šipke armature. Nastale prsline omogućava dalji prodor štetnih agenasa u strukturu betonu, intenzivirajući proces korozije, rezultujući daljom propagacijom prslina u pukotine, ljuškanjem, raslojavanjem i otpadanjem delova betona (Sl. 3.25a).

Na Sl. 3.25b su prikazane vrste oštećenja usled korozije armature.



Sl. 3.25 – Korozija armature: (a) faze korozije armature i (b) vrste oštećenja betona usled korozije armature (Structures Inspection Manual, 2016)

Proces korozije armature u karbonizovanom betonu se smatra dugotrajnim. Vidljivi znakovi korozije armature se obično ispoljavaju mnogo pre nego što je poprečni presek armature redukovao do mere kada je ugrožena nosivost i stabilnost konstrukcije.

Stopa penetracije karbonatizacije u zaštitni sloj betona zavisi od uslova sredine i kvaliteta betona. Ubrzava se ako je relativna vlažnost vazduha u opsegu 50-60%, a usporava sa njenim povećanjem, i praktično prestaje pri relativnoj vlažnosti od 100%. Kvalitetniji beton

karbonatizira sporije od manje kvalitetnog betona. Sa povećanjem vodocementnog faktora i smanjenjem čvrstoće, proces se ubrzava (Narayanan & Beeby, 2005). Kod dovoljno kompaktnih betona proces karbonizacije napreduje brzinom 0,5-1,0 cm za period od 10 do 20 godina (Malešev i Radonjanin, 2021).

Kao rešenje za postizanje trajnosti AB konstrukcija nameće se zaštita elemenata od korozije armature projektovanjem i izvođenjem zaštitnog sloja betona adekvatne debljine i kvaliteta.

U jako agresivnim sredinama, pored projektovanja adekvatnog zaštitnog sloja betona, potrebno je primeniti i druge mere, koje u većini slučajeva zahtevaju veća novčana ulaganja, kao što je na primer (Narayanan & Beeby, 2005):

- primena armature zaštićene epoksidnim premazima ili slično
- upotreba nerđajućeg čelika za armiranje
- primena površinskih premaza koje će sprečiti prodor CO₂, uz adekvatno održavanje
- primena katodne zaštite

Oštećenja usled zamrzavanja i odmrzavanja

Ova vrsta oštećenja nastaje kao posledica naizmeničnog smrzavanja i odmrzavanja vode u kapilarnim porama cementog kamena, najčešće usled zapreminske ekspanzije pri prelasku vode iz tečnog u čvrsto stanje. Voda pri prelasku u čvrsto stanje (led) povećava svoju zapreminu za približno 9%, pri čemu, u uslovima kritične zasićenosti vodom, dolazi do pojave unutrašnjih naprezanja koja previlaze čvrstoću betona na zatezanje i razaraju njegovu strukturu.

Oštećenja usled zamrzavanja i odmrzavanja manifestuju se u vidu nepravilnih mrežastih prslina, površinskog ljuškavanja, pucanja i odvajanja betona i rezultuju gubitkom čvrstoće i nosivosti.

Na smanjenje otpornosti na dejstvo mraza veliki uticaj imaju postojeće prsline u masi betona. Oštećenja mogu biti i posledica zamrzavanja vode u zrnima poroznog krupnog agregata, u slučajevima kada je on u potpunosti zasićen vodom. Ako su zrna blizu površine betona, oštećenja se manifestuju u vidu lokalnih kratera, kao posledica istiskivanja tankog sloja cementnog kamena između zrna agregata i površine betona.

Oštećenja usled dejstva mraza se mogu sprečiti zaštitom betona od zasićenja vodom (sprečavanjem ulaska vode u kapilarne pore), upotrebom aeranata ili betona visokih čvrstoća (Narayanan & Beeby, 2005).

Biološka korozija

Zahvaljujući velikoj alkalnosti, beton nije sklon biološkoj koroziji. Međutim, usled procesa karbonizacije i dejstva kiša, vremenom dolazi do smanjenja alkalnosti površinskog sloja betona čime se stvaraju uslovi za ovu vrstu korozije.

Biološko rastinje se obično pojavljuje na izloženim betonskim poroznim fasadnim površinama male alkalnosti u vidu kolonija mikroorganizama i različitih tipova bakterija koje evoluiraju u lišajeve. Sa prolaskom vremena, uginuli lišajevi stvaraju pogodnu podlogu za rast mahovina i većih biljaka.

Mahovina na površini betona akumulira vlagu i tako ubrzava procese deterioracije povezane sa vlagom. Pored toga, ako se biljkama dozvoli da puste korenje u pukotine i druga slaba mesta u betonu, ono će izazvati dodatno naprezanje, povećanje širine prslina i pojavu ljuskanja, što može značajno uticati na smanjenje trajnosti betona.

Kiselinska korozija

Agresivno delovanje kiselina na površinu betona posledica je reakcije sa cementnom pastom (Radić, 2010). Kiseline napadaju jedinjenja kalcijuma u betonu pretvarajući ih u rastvorljive soli koje se mogu isprati iz cementnog kamena. Kao posledica ispiranja, zrna agregata ostaju izloženim spoljnim uticajima i površinski sloj betona postaje porozniji, usled čega se stvaraju uslovi za brži prodor hemijskih agresivnih materija u strukturu betona, što dovodi do intenziviranja deterioracije betona.

Agresivno delovanje kiselina na fasadne površine je najčešće posledica zagađenja vazduha, odnosno kiselih kiša. Kiše su veoma često blago kisele zbog rastvaranja CO₂ iz atmosfere. Zagađeni vazduh, koji sadrži SO₂, povećava kiselost kiša zbog formiranja H₂SO₄. Kisele kiše mogu nagrizzati površinu betona i i u većini slučajeva su potrebne znatne količine kiselina da prouzrokuju ozbiljna oštećenja u betonu.

Oštećenja na fasadi kao posledica kiselinske korozije se najčešće manifestuju u vidu mrlja i nagrizenih površina betona, koja utiču samo na vizuelni izgled fasade, a ukoliko su fasade često izložene obilnoj kiši mogu se pojaviti ozbiljnija oštećenja u vidu dezintegracije betona (nestajanja cementnog kamena, narušavanja adhezije između preostalog cementnog kamena i zrna agregata, ispadanja zrna agregata).

Oštećenja usled sunčevog zračenja

Svaki porast temperature za 10°C udvostručava brzinu hemijskih reakcija (Laban, 2012). Pored toga, toplota može prouzrokovati širenje, i, posledično, kontrakciju kada je izvor toplote odsutan. Toplotna naprezanja mogu oslabiti materijale sa malom zateznom čvrstoćom (npr. zidove) i izazvati pucanje (Dias, 2003).

Oštećenja nastala kao posledica sunčevog zračenja se mogu pojaviti i u svežem i u očvrslom betonu, i karakteristična su za elemente koji se betoniraju na licu mesta. Direktna sunčeva svetlost uzrokuje da voda brže isparava iz svežeg betona, usled čega se površina betona suši mnogo brže od unutrašnje mase. Kao rezultat, doći će do skupljanja površinskog sloja i beton neće imati dovoljno vremena (i vode) da postigne dovoljnu čvrstoću da se odupre naponima zatezanja.

Oštećenja se manifestuju u vidu ispucale površine betona, u periodu od 1-7 dana nakon uklanjanja oplata. Prslinae koje se javljaju na površini betonskog elementa su plitke, dubine do nekoliko mm, širine do 0,1 mm i formiraju zatvorenu mrežu međusobno povezanih prslina i ne predstavljaju opasnost po trajnost betona.

Kod očvrslom betonu, UV zračenje razgrađuje polimere i ostale lance veza materijala u samom betonu. Vremenom, ovo oštećenje razara strukturu betona, pretvarajući beton u finu prašinu i uzrokujući pojavu prslina. UV zračenje negativno utiče i na pigmente i boje na površini dekorativnog betona usled čega dolazi do njihove degradacije, što se manifestuje u

vidu ispucale površine i smanjenja intenziteta boja. Oštećenja se vremenom i pri povećanom izlaganju sunčevoj svetlosti intenziviraju, uslovljavajući pojavu i drugih ozbiljnijih oštećenja.

Oštećenja koja su posledica izvođenja elemenata

Na betonskim fasadama kao posledica izvođenja elemenata može doći do pojave:

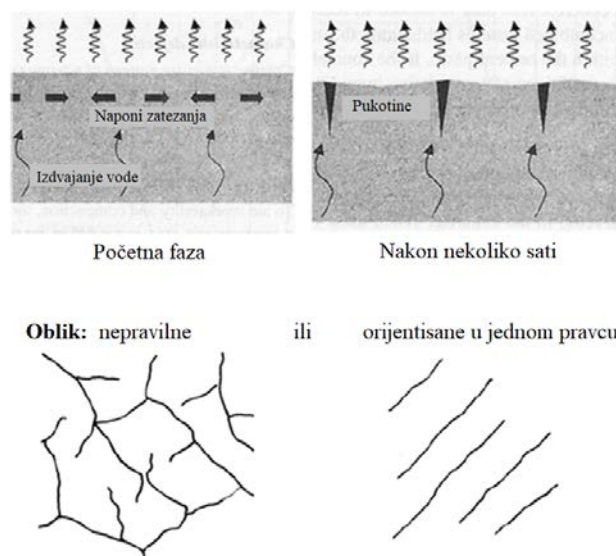
- raznih defekata kao posledica grešaka pri građenju
- prslina usled plastičnog skupljanja svežeg betona
- prslina usled sedanja svežeg betona
- prslina usled rane termičke kontrakcije
- ispucale površine betona

Defekti karakteristični za betonske fasade su dati u Tab. 3.6, uključujući njihove moguće uzroke i efekat. Pojedini defekti utiču samo na vizuelni izgled fasade, a neki mogu ugroziti trajnost. Za najozbiljniji defekt smatra se nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona.

Tab. 3.6 – Karakteristični defekti betonskih fasada, mogući uzroci i efekat (Malešev i Radonjanin, 2021)

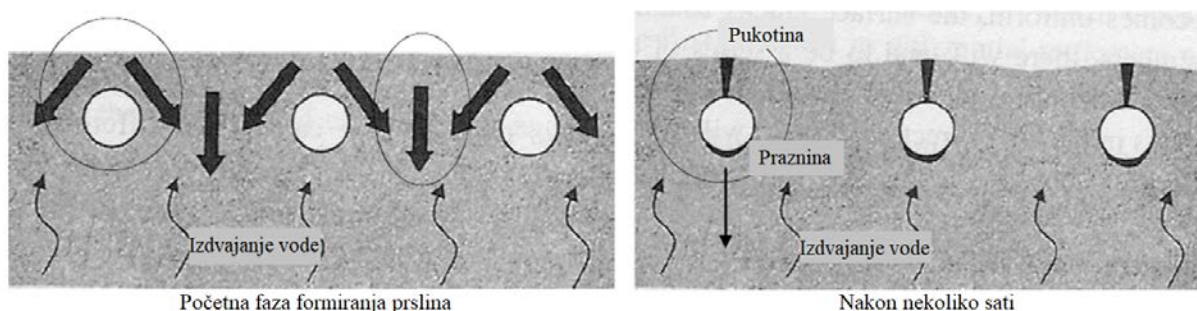
Defekt	Uzrok	Efekat
Promena boje	promena vrste agregata	Problem je samo vizuelne prirode.
	štetni sastojci u agregatu (ugalj, masnoće)	
	promena teksture oplate	
	mrnje od oplate	
	neujednačena nega	
Geometrijska imperfekcija	pomeranje-popuštanje oplate	Uglavnom je problem vizuelne prirode, ali može dovesti do smanjenja zaštitnog sloja betona, što dalje može narušiti trajnost.
Rupičasta površina	mehurići zarobljenog vazduha uz oplatu	Uglavnom je problem vizuelne prirode, ali može uticati na lokalnu redukciju zaštitnog sloja betona.
Betonska gnezda	neodgovarajući granulometrisjki sastav	Značajna lokalna redukcija zaštitnog sloja betona. Može dovesti do smanjenja efektivnog poprečnog preseka.
	loše kompaktiranje	
Segregacija	neadekvatno zaptivanje oplate	Značajna lokalna redukcija zaštitnog sloja betona.
Odvaljivanje uglova i ivica i delova površine betona	oštri uglovi u oplati	Redukcija zaštitnog sloja, ogoljena armatura, narušen estetski izgled i trajnost.
	pojava athezije između betona i oplate	
Mala debljina zaštitnog sloja betona	loše postavljena armatura, bez distancera	Ozbiljan defekt koji može dovesti do korozije armature.
Mrlje	rđa na oplati pre ugrađivanja betona	Problem je samo vizuelne prirode.

Prsline usled plastičnog skupljanja se mogu pojaviti na prefabrikovanim betonskim panelima. Prvih nekoliko sati nakon ugrađivanja, beton je plastičan i poseduje nisku čvrstoću, dozvoljavajući vodi da se nesmetano kreće kroz njegovu masu. Teže komponente mešavine imaju tendenciju da se pomeraju ka dole, a lakše komponente ka gornjoj površini betona. Po dolasku na površinu, voda isparava i ovaj proces se intenzivira sa povećanjem temperature i smanjenjem relativne vlažnosti vazduha. Ako se isparavanje vode sa površine odvija brže od prisitizanja vode, površina betona će težiti da se skupi, usled gubitka vode. Međutim, donji slojevi betona ograničavaju skupljanje površinskog sloja što rezultira pojavom napona zatezanja kojima beton u ovoj fazi ne može da se odupre, usled male čvrstoće. Oštećenja usled plastičnog skupljanja se javljaju 30 min do 6 sati nakon ugradnje i manifestuju se u vidu nepravilnih prslina ili prslina orijentisanih u jednom pravcu, koje se prostiru kroz cementni kamen, širine otvora 1,0-2,0 mm, dužine 300,0-500,0 mm, dubine 20-50 mm, a mogu se prostirati celom visinom (u slučaju panela debljinom) elementa (Sl. 3.26).



Sl. 3.26 - *Prsline usled plastičnog skupljanja* (Malešev i Radonjanin, 2021)

Prsline usled sedanja svežeg betona su takođe karakteristične za prefabrikovane betonske panele. Ukoliko je pomeranje težih materijala na dole (kako je opisano kod plastičnog skupljanja) poremećeno armaturom ispod zaštitnog sloja ili oplatom, može doći do situacije gde plastičan beton pravi svod preko pojedinačnih šipki armature, uslovljavajući pojavu napona zatezanja u površinskom sloju betona (Sl. 3.27).



Sl. 3.27 - *Prsline usled sedanja svežeg betona* (Malešev i Radonjanin, 2021)

Oštećenja usled sedanja svežeg betona se manifestuju u vidu paralelnih prslina koje prate liniju gornjih šipki armature i džepova (praznina) ispod šipki armature, i talasaste gornje površina betona, sa najvišim tačkama iznad najviših šipki armature. Prsline su širine otvora oko 1 mm, prostiru se do armature i nemaju tendenciju daljeg širenja.

U slučajevima kada su šipke armature veoma blizu jedna drugoj, dešava se da se kompletan površinski sloj betona „okači“ preko armature, dok se donji deo betona sleže, što može

dovesti do pojave horizontalnog diskontinuiteta u betonu ispod šipki armature i, posledično, do gubitka athezije i funkcije zaštitnog sloja betona.

Prsline usled rane termičke kontaktije su karakteristične za spoljne zidove koji se betoniraju na licu mesta preko prethodno izbetomiranih trakastih temelja koji ograničavaju termičku dilataciju zida. Pri procesu hidratacije cementa dolazi do oslobađanja tolpote usled čega se beton zagareva i ima tendenciju da se širi. Kruti temelji ograničavaju ekspanziju zida što dovodi do pojave napona pritiska u mladom betonu. Nakon dostizanja maksimalne temperature, beton počinje da se hladi i skuplja. Skupljanje je opet ograničeno temeljima što dovodi do pojave napona zatezanja. U ovoj fazi beton još uvek ima malu čvrstoću na zatezanje i dolazi do pojave prslina. Manifestuju se u vidu prslina koje se javljaju u intervalu 1 dan – 2,3 nedelje, prolaze kroz cementi kamen, zaobilazeći zrna agregata, i obično zahvataju ceo poprečni presek zida, počinju od kontaktne površine i prostiru se vertikalno naviše. Na krajevima zida mogu biti i kose (pod uglom od 45). Nakon nastanka, nemaju tendenciju daljeg širenja.

Izuzev kao posledica jakog direktnog sunčevog destva, *ispucala površina betona* može biti posledica i nekih drugih spoljašnjih faktora kao što su jak vetar, visoka temperatura, mala relativna vlažnost vazduha, kao i posledica grešaka tokom izvođenja:

- loša ili neodgovarajuća nega;
- betonska mešavina sa previše vode u kojoj dolazi do segregacije krupnih zrna i koncentracije cementne paste i sitnih čestica sa puno vode na površini;
- završna obrada betona na čijoj površini postoji izdvojena voda ili upotreba metalnih gletarica čime se izaziva izdvajanje vode i cementne paste na površini;
- raspršivanje cementa na površini da bi se pokupio višak vode (najčešći uzrok);

3.2.1.7. Uticaj tehnologije izvođenja, vrste završne obrade i uslova izloženosti spoljašnjoj sredini na trajnost betonskih fasada

Uticaj tehnologije izvođenja na trajnost betonskih fasada

Trajnost betona zavisi i od načina izvođenja elemenata.

Ukoliko se betonski elementi izvode kao monolitni, izlivanjem betona na licu mesta (na gradilištu), dobijaju se elementi bez spojeva i otvora što betonu omogućava visoku trajnost. Međutim, ako se betoniranje izvodi u fazama, sa prekidima i nastavcima betoniranja, radne razdelnice mogu predstavljati osetljiva mesta u konstrukciji, usled razlika u kvalitetu od ostalog beton. Nepovezanost prekinutih i nastavljenih slojeva betona se smatra defektom i može nepovoljno uticati na trajnost elementa.

Dodatno, pri izvođenju na licu mesta beton je izložen klimatskim uticajima, te je lošijeg kvaliteta od betona proizvednog u kontrolisanim uslovima (fabrici).

Kod montažnog izvođenja, elementi se proizvode industrijski i spajaju se na gradilištu. Spoj može biti ostvaren „na suvo“, betoniranjem ili prednaprezanjem (Radić, 2010). S obzirom da se elementi izvode u kontrolisanim uslovima (u fabrici) oni su boljeg kvaliteta, jer su izbegnuti klimatski uticaji ali je generalno trajnost ovih elemenata lošija zbog velikog broja spojeva.

Često je najosjetljivije područje materijala ili komponente ono gde se susreće s drugim materijalom ili spojem. Ova područja su često početna mesta deterioracije koja mogu dovesti do ranog iscrpljenja životnog veka zgrade (Kelly, 2007).

Montažni fasadni paneli i balkoni se obično pričvršćuju za konstrukciju različitim čeličnim pričvršćivačima - ankerima, koji su obično zaštićeni fug masom. Karbonizacija betona omogućava koroziju ovih spojnih sredstava, osim ako nisu napravljeni od nerđajućeg čelika. Korozija može biti vrlo spora ako se mesta sidrenja nalaze u relativno suvom okruženju. Zavareni spojevi takođe mogu biti neadekvatno izvedeni ili korodirani. Oštećenja betona usled dejstva mraza mogu takođe oslabiti pouzdanost učvršćenja konstrukcionih elemenata i kapacitet pričvršćivanja. Lokalna degradacija betona oko ankera može tako ugroziti upotrebljivost cele konstrukcije. Oštećenja ankera i veza fasadnih elemenata nisu vidljiva golim okom, već zahtevaju delimičnu destrukciju fasadnih elemenata kako bi im se pristupilo (Lahdensivu, 2012).

Uticaj završne obrade na trajnost betonskih fasada

Serralheiro et al. (2017) su, uz pomoć metodologije za predviđanje životnog veka zgrada, odredili životni vek fasada na osnovu čega su izvedeni osnovni zaključci o uticaju boje, teksture i zaštite betonskih fasada na njihovu trajnost, odnosno dužinu životnog veka.

Fasade svetlije boje su dugotrajnije od fasada tamnije boje, tj degradacija tamnih fasada se brže odvija od degradacije svetlih. Kao razlog tome navodi se da fasade tamnije boje upijaju više UV zračenja koje dovodi do pucanja, bubrenja i ljuskanja betona. Takođe, neujednačenost boje je manje vidljiva na svetlijim površinama nego na tamnijim. Dodatno, beli beton odlikuje sporija brzina karbonizacije usled većeg sadržaja cementa.

Usled tendencije da akumulira više kiše i prljavštine, reljefna površina propada brže od ravne. Naročito će površina sa izloženim agregatima (isprani beton) zadržati više prljavštine (u makro i mikro prostorima) od ostalih vrsta završnih obrada. Zadržavanje prljavštine takođe inicira pojavu različitih oštećenja, npr. biološkog rastinja. Reljefne površine imaju veću stopu karbonizacije jer su te fasade tretirane u svežem stanju, a isto se događa i sa fasadama sa izloženim agregatima. Takođe, reljefne površine apsorbuju više sunčevog zračenja, što dovodi do većih temperaturnih naprezanja na površini.

Materijali ili komponente zaštićene premazom ili oblogom biće samo trajni koliko i materijal koji ih štiti (Kelly, 2007).

U kontekstu zaštitnog premaza, najotpornije su betonske fasade premazane glazurom, zatim fasade istovremeno obojene i premazane vodoobojnim sredstvom, pa one bez zaštite, zatim fasade premazane samo sa vodoodbojnim sredstvom i na kraju, samo obojene. Obojene površine prve degradiraju prevashodno zato što je ova zaštita podložnija agresivnim agensima, usled snažnog uticaja interakcije između sunčevog zračenja i pigmentata boje, što dovodi do njihove erozije i gubitka prijanjanja. Primena vodootpornog sredstva omogućava zaštitu površine od štetnih uticaja vode, sprečavajući apsorpciju kišnice kapilarnim putem u betonsku matricu i kontroliše vlagu površine i posledični biološki rast. Što se tiče degradacije laka (varnish), biološko rastinje i zagađenje atmosfere može pokrenuti degradaciju ove vrste premaza. Ipak, solarno zračenje je glavni uzrok razgradnje laka.

Očekivalo se da će površine bez zaštite doći do kraja njihovog životnog veka pre ostalih, što pokazuje da mogu postojati i drugi faktori degradacije koji nisu razmatrani u ovom modelu, poput dubine zaštitnog sloja betona, koji utiče na vreme inicijacije korozije armature.

Uticao uslova izloženosti spoljašnjoj sredini na trajnost betonskih fasada

Na trajnost spoljnih zidova zgrada i dužinu njihovog životnog veka značajan uticaj mogu imati i faktori koji se odnose na njihovu izloženost prisutnim dejstvima. Uticaj ovih faktora na betonske fasade istraživali su Serralheiro et al. (2017) i osnovni zaključci koje su oni izveli su dati u nastavku.

Fasade orijentisane ka jugu i severu brže degradiraju od fasada orijentisanih ka istoku i zapadu. Fasadne površine okrenute ka severnoj strani sveta prve dostižu kraja života. Kao razlog navodi se manji broj sati izloženosti sunčevom zračenju od ostalih fasada, što implicira na prisustvo veće vlažnosti, koja vodi ka pojavi biološkog rastinja i koroziji armature. Fasade orijentisane ka jugu i jugozapadu su takođe manje izdržljive (sa očekivanim radnim vekom sličnim površinama okrenutim prema severu), usled direktnog izlaganja sunčevoj radijaciji, što dovodi do površinskih oštećenja i pucanja usled temperaturnih naprezanja.

Zgrade u okruženju ili okolna vegetacija smanjuju izloženost fasadnih površina spoljašnjim uticajima i ove fasade se smatraju zaštićenim i one imaju duži vek trajanja od nezaštićenih (izloženih) površina.

Visina zgrade takođe može uticati na izloženost uticajima vetra i kiše, gde su uticaji jači što je zgrada veće visine, na osnovu čega su niže zgrade dugotrajnije od viših. Korozija armature češće je identifikovana na površinama sa visokom izloženošću vetru i kiši, odnosno na visokim zgradama.

3.2.2. Procena energetske performansi zgrada

3.2.2.1. Metodologija energetske pregleda zgrada

U cilju odabira adekvatnih mera za obnovu spoljnih zidova zgrada, kojim bi se unapredila energetska efikasnost zgrade, potrebno je izvršiti procenu trenutnog stanja. Utvrđivanja energetske svojstava zgrade zahteva sprovođenje *energetske pregleda zgrade* koji obuhvata analizu energetske karakteristika termičkog omotača i tehničkih sistema zgrade, identifikaciju mera za unapređenje postojećeg stanja, kao i višekriterijumsku analizu identifikovanih mera.

Vrste energetske pregleda

U zavisnosti od obima i nivoa detaljnosti, Todorović i Rajčić (2017) i Vujadinović Kulinović i Gligorić (2013) navode da energetske pregled zgrada može biti preliminarnog i detaljnog karaktera.

Cilj *preliminarnog energetske pregleda* je identifikacija potencijala za unapređenje energetske efikasnosti i podrazumeva kratak uvid u energetske stanje objekta, na osnovu kojeg se identifikuje potreba za sprovođenjem detaljnog energetske pregleda.

Detaljni energetska pregled uključuje detaljni vizuelni pregled i analizu stanja omotača i tehničkih sistema zgrade. Za razliku od preliminarnog pregleda gde mogu biti primenjena i neka manja merenja, detaljni pregled obuhvata i dodatna merenja i snimanja koje se sprovede kada ne postoje adekvatni ulazni podaci potrebni za proračun energetskih svojstava.

Dall'O (2013) razlikuje tri nivoa energetskog pregleda: preliminarni, standardni i pregled podržan simulacijom.

Preliminarni energetska pregled (eng. *walkthrough energy audit*) je pregled koji se može realizovati u kratkom roku (obično za jedan dan). U većini slučajeva, ova vrsta pregleda predstavlja prvu fazu celokupnog procesa, koja prethodi energetskim pregledima višeg nivoa, i podrazumeva „prolazak“ kroz objekat na osnovu čega se kreira okvirna slika o objektu. U toku pregleda proveravaju se osnovne karakteristike objekata kako bi se identifikovala područja neefikasnosti za koja je moguće predložiti mere unapređenja, uz prethodnu analizu dokumentacije koje sadrži opšte informacije o objektu. Informacije koje su na raspolaganju u ovoj fazi procene energetskih svojstava nisu dovoljne za sprovođenje detaljnih energetskih proračuna, te se ključnim smatraju podaci o potrošnji električne energije u poslednjih 3-5 godina i do kojih se može doći analizom računa. Nakon izvršenog pregleda, kreira se okvirna lista mera i predloga za sprovođenje detaljnije analize.

Standardni energetska pregled je pregled koji se najčešće koristi i podrazumeva sveobuhvatan tehnički pristup koji zahteva više informacija, veću posvećenost i više veština, u odnosu na jednostavan energetska pregled. Pregled služi za kreiranje teorijskog modela zgrade, koji se kalibriše poređenjem potrošnje energije teorijskog modela i stvarne potrošnje električne energije dobijene analizom računa i na kome će se proveriti učinkovitost različitih mera obnove radi identifikacije najpovoljnijeg rešenja. Ova vrsta pregleda obuhvata i različita merenja potrebna za razumevanje funkcionisanja sistema zgrade. Proračunski modeli koji se koriste za svaku od mera su jednostavni modeli.

Pregled podržan simulacijom je najsloženija vrsta pregleda koja podrazumeva dinamičku simulaciju zgrade, odnosno kreiranje virtuelnog modela zgrade na osnovu koga se verifikuje efikasnost usvojenih strategija obnove. Proces izrade modela zahteva posedovanje odgovarajućih znanja, iskustava i veština i može biti vremenski zahtevan. Ovakav pristup može da pruži veoma precizne informacije za pouzdano predviđanje praktičnog učinka predloženih mera unapređenja.

Faze energetskog pregleda

Evropski standardi EN 16247-1 (2012) i EN 16247-2 (2014) definišu zahteve, metodologiju i izlazne rezultate za energetske preglede zgrada.

Kao elementi procesa energetskog pregleda navode se:

- prikupljanje podataka (lista sistema, procesa i opreme koji troše energiju; informacije o karakteristikama objekta, istorijski podaci o potrošnji energije, merenjima, događajima koji su mogli da utiču na potrošnju energije; projektna dokumentacija i dokumentacija o održavanju, izveštaji o prethodno sprovedenim pregledima, itd.);

- rad na terenu (pregled objekta, uvid u ponašanje korisnika i njihov uticaj na potrošnju energije, generisanje preliminarne ideje za mogućnosti unapređenja stanja, itd.);
- analiza (utvrđivanje stanja energetske performansi i identifikacija mogućnosti za poboljšanje energetske efikasnosti; procena uticaja svake mogućnosti poboljšanja na energetske performanse; rangiranje predloženih mera prema odabranim kriterijumima).

Prema domaćim propisima (Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada, 2018), energetski pregled zgrade obuhvata:

- analizu arhitektonsko-građevinskih karakteristika zgrade, odnosno analizu toplotnih karakteristika termičkog omotača zgrade;
- analizu energetskih svojstava sistema grejanja;
- analizu sistema automatske regulacije sistema grejanja u zgradi;
- merenja za utvrđivanje energetskih svojstava, kada podaci nisu dostupni.

U *Priručniku za energetsku sertifikaciju zgrada* (Todorović i Rajčić, 2017), koji je nastao uz podršku projekta srpsko–nemačke saradnje „*Konsultacije u oblasti energetske efikasnosti u Srbiji*“, podržanog od strane *Nemačke organizacije za međunarodnu saradnju (GIZ)*, navedene su aktivnosti koje je potrebno sprovesti u kontekstu analize energetskih svojstava:

- prikupljanje podataka o zgradi
- pregled postojeće dokumentacije
- razgovor sa ključnim osobama
- analiza prikupljenih podataka o potrošnji i troškovima energije
- obilazak zgrade i utvrđivanje ključnih nedostataka
- sprovođenje potrebnih istraživanja, merenja i proračuna
- analiza i obrada prikupljenih podataka

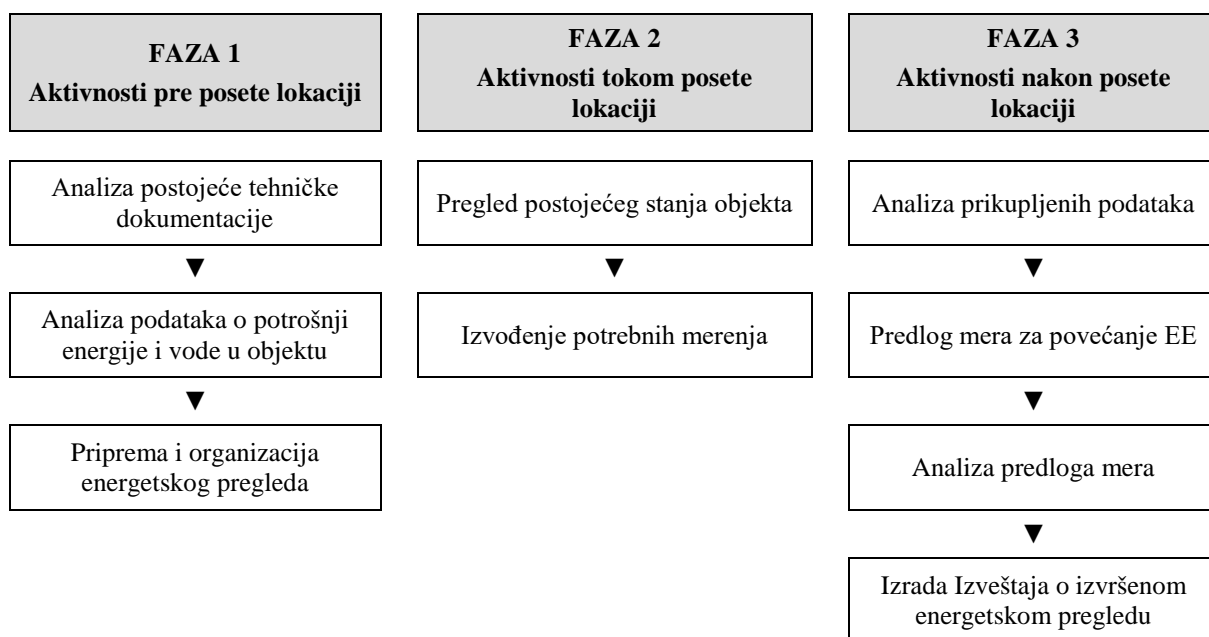
U cilju unapređenja energetske efikasnosti u Crnoj Gori, uz podršku GIZ-a kreiran je *Priručnik za sprovođenje energetskih pregleda zgrada* (Vujadinović Kulinović i Gligorić, 2013) gde je detaljno opisana metodologija energetskog pregleda. Energetski pregled zgrade podeljen je u tri faze (Sl. 3.28).

U Fazi 1 sprovode se aktivnosti koje imaju za cilj delimično upoznavanje sa objektom i planiranje energetskog pregleda koji je potrebno sprovesti na terenu. Aktivnosti se odvijaju pre izlaska na teren i obuhvataju:

- analizu postojeće tehničke dokumentacije
- analizu podataka (računa) o potrošnji energije i vode u objektu
- pripremu i organizaciju energetskog pregleda

U Fazi 2 se sprovode aktivnosti na terenu, tokom posete objektu, sa ciljem detaljnijeg upoznavanja sa objektom i obuhvataju:

- pregled postojećeg stanja objekta
- izvođenje potrebnih merenja



Sl. 3.28 - Shema aktivnosti u okviru sprovođenja energetskeg pregleda (adaptirano iz Vujadinović Kulinović i Gligorić, 2013)

Faza 3 se sprovodi nakon energetskeg pregleda na terenu i obuhvata:

- analizu prikupljenih podataka
- predlog mera za povećanje energetske efikasnosti objekta
- analizu predloga mera
- izradu Izveštaja o izvršenom energetskeg pregledu

Pregled postojećeg stanja objekta obuhvata prikupljanje podataka o arhitektonsko-građevinskim karakteristikama zgrade, u kontekstu termičke zaštite, i energetskeg svojstvima sistema za grejanje, ventilaciju, klimatizaciju/hlađenje, pripremu sanitarne tople vode, rasvetu, kao i podataka o energetskeg svojstvima ostalih potrošača el. energije, sistema potrošnje pitke i sanitarne vode i specifičnih sistema.

U slučaju potrebe, prikupljeni podaci se upotpunjuju merenjem određenih parametara. Merenja su podeljena u dve osnovne grupe. Prvu grupu čine jednostavna kontrolna merenja čiji je cilj prepoznavanje ponašanja korisnika zgrade i režima rada potrošača, na osnovu kojih je moguće sprovesti proveru ispunjenosti pojedinih uslova komfora u zgradi. Druga grupa obuhvata precizna merenja kojima se utvrđuju energetskeg svojstva objekta koja nije bilo moguće proceniti u prethodnim fazama ili usled dobijanja pouzdanijih ulaznih podataka za proračun energetskeg potreba. Grupi pripadaju merenja usmerena ka utvrđivanju energetskeg stanja omotača, kao i merenja kojima se utvrđuju tehničke karakteristike, efikasnost i funkcionalnost tehničkih sistema. U Tab. 3.7 je dat pregled merenja koja se najčešće primenjuju tokom energetskeg pregleda zgrade.

Na osnovu analize podataka prikupljenih u prve dve faze utvrđuju se nedostaci, odnosno identifikuju se slaba mesta u objektu (mesta gde se gubi energija) i predlažu se mere za unapređenje energetske efikasnosti.

Tab. 3.7 - Merenja koja se najčešće primenjuju tokom energetskeg pregleda zgrade
(adaptirano iz Vujadinović Kulinović i Gligorić, 2013)

JEDNOSTAVNA KONTROLNA MERENJA	PRECIZNA MERENJA	
	Merenja na spoljašnjem omotaču	Merenja u pojedinim tehničkim sistemima
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Merenja temperature i vlažnosti vazduha u grejanim prostorijama ▪ Merenja osvetljenosti tipičnih prostorija objekta ▪ Osnovna merenja električnih veličina 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikacija mesta toplotnih gubitaka kroz omotač - infracrvena termografija ▪ Merenje vazdušne propustljivosti zgrade (Blower Door Test) ▪ Merenje U-vrijednosti građevinskog elementa In-situ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Merenje dimnih gasova ▪ Merenje protoka radnog fluida ultrazvučnim meračem protoka ▪ Merenje brzine i protoka vazduha anemometrom

Mere su klasifikovane u tri grupe, u zavisnosti od cilja:

- Mere čiji je cilj ušteda energije uz zadržavanje ili poboljšanje uslova komfora. Rezultat mera: smanjena potrošnja energije, troškovi i emisija gasova sa efektom staklene bašte;
- Mere ekonomske efikasnosti čiji je jedini cilj smanjenje troškova (mere ne rezultiraju energetskim uštedama);
- Mere čiji je cilj poboljšanje uslova komfora i zadovoljenje minimalnih propisanih tehničkih uslova. Mogući rezultat: povećanje potrošnje energije. Napominje se da mere ne predstavljaju nužno mere energetske i ekonomske efikasnosti.

Nakon identifikacije mera koje se mogu primeniti radi unapređenja energetskih performansi, pristupa se analizi predloženih mera koja obuhvata procenu i proračun ušteda u energetskom, ekonomskom i ekološkom smislu, uz primenu relevantnih softverskih paketa.

Kao neke od mogućih mera za povećanje energetske efikasnosti elemenata spoljašnjeg omotača zgrade navode se:

- 1) Toplotna izolacija spoljašnjih zidova
- 2) Toplotna izolacija krova
- 3) Zamena ili unapređenje toplotnih karakteristika prozora
- 4) Toplotna izolacija poda

Poslednja aktivnost postupka obuhvaćenog energetskim pregledom se odnosi na izradu *Izveštaj o obavljenom energetskom pregledu zgrade*, koji prema domaćoj regulativi (Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada, 2018) sadrži:

- opšte podatke o zgradi; podatke o lokaciji; klimatske podatke; podatke o usklađenosti projekta izvedenog objekta sa glavnim projektom na osnovu kojega je zgrada izgrađena;
- tehnički opis primenjenih tehničkih mera i rešenja prema propisanim kriterijumima i to:
 - funkcionalnih i geometrijskih karakteristika zgrade,
 - primenjenih građevinskih materijala, elemenata i sistema,
 - ugrađenih tehničkih sistema,

- vrsta izvora energije za grejanje, hlađenje i ventilaciju,
- termotehničkih instalacija i sistema rasvete,
- upotrebe i učešća obnovljivih izvora energije;
- potrebnu godišnju potrošnju energije za rad tehničkih sistema u zgradi (finalna energija);
- godišnju vrednost korišćenja ukupne primarne energije;
- vrednosti emisije CO₂;
- predlog mera poboljšanja energetske svojstava zgrade;

Izveštaj sadrži i rezultate sprovedenih merenja i/ili snimanja.

Primena infracrvene termografije

U okviru studije slučaja, kao podrška proceni energetske performansi spoljnih zidova zgrada, u fazi energetskog pregleda zgrade je predviđena primena infracrvene termografije, prvenstveno u cilju identifikacije mesta toplotnih gubitaka kroz spoljne zidove.

Tehnika termografskog snimanja, primenom infracrvenih kamera, predstavlja nedestruktivnu tehniku za indirektno termičko mapiranje fasadnih i drugih površina od interesa, zahvaljujući sposobnosti kamere da vizuelizuje toplotu (nevidljivu ljudskom oku) koju emituje površina (Dall'O, 2013).

U principu, infracrvena termografija zahteva upotrebu skupe opreme, odnosno infracrvene kamere visokih performansi. Međutim danas je na tržištu prisutan veliki broj ekonomski pristupačnih i pouzdanih infracrvenih kamera, čije karakteristike se kontinualno unapređuju, usled čega je infracrvena termografija sve više zastupljena u oblasti procene energetske performansi zgrada.

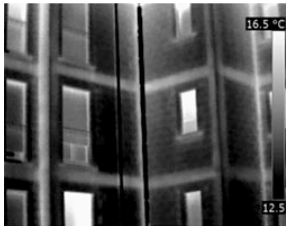
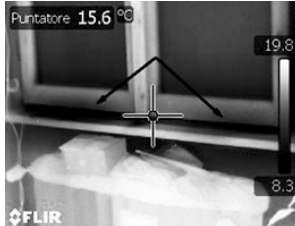

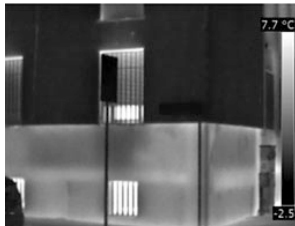
Pored posedovanja pouzdane infracrvene kamere visokih performansi, na kvalitet rezultata veliki uticaj imaju i tehnička veština osobe koja je zadužena za snimanje, kao i znanje i iskustvo osobe koja će tumačiti prikupljene podatke. Ispravna procena energetske performansi omotača zgrade zahteva posedovanje adekvatnog teorijskog znanja (o karakteristikama građevinskih materijala kao i poznavanje reflektovane temperature okoline i vremenskih uslova), u kombinaciji sa dugogodišnjim praktičnim iskustvom (Dall'O, 2013).

Rezultati snimanja termovizijskom kamerom iskazuju se u vidu termograma koji pruža informacije o raspodeli temperature po površini omotača zgrade, pri čemu različiti temperaturni nivoi ukazuju na prisutne nepravilnosti, kao što su postojanje toplotnih mostova, nehomogenost materijala zida, neispravnosti ili nepostojanje toplotne izolacije, područja sa povećanom vlagom i slično (Vujadinović Kulinović i Gligorić, 2013). Tab. 3.8 pruža kvalitativne informacije o tumačenju termičkih slika u cilju identifikacije najčešćih problema omotača zgrade.

Snimanje spoljnih zidova visokih zgrada termovizijskom kamerom zahteva držanje odgovarajuće udaljenosti od zgrade, kako bi snimkom bila obuhvaćena što veća površina. Upotrebom bespilotnih letelica opremljenih infracrvenim kamerama relativno lako je moguće snimiti veliku površinu zida.

Rakha & Gorodetsky (2018) su sproveli studiju slučaja u okviru koje su izvršili vizuelni pregled objekta za kolektivno stanovanje, pri čemu su terenska ispitivanja obavljena sa *DJI Inspire 1* dronom, uparenim sa termalnom kamerom *FLIR Zenmuse XT*. Za praćenje termičkih podataka tokom leta je korišćena prateća DJI aplikacija. Fotografije su obrađene i analizirane pomoću programa *FLIR Tools*. U istraživanju koje su sproveli navodi se da je za postizanje tačne srednje vrednosti i merenje lokalnih nedostataka na fasadi zgrade neophodno da snimkom bude obuhvaćena što veća površina fasade. Dodatno, kako bi se dobili pouzdani rezultati, preporučuje se temperaturna razlika od oko 10°C između unutrašnjosti zgrade i spoljne temperature vazduha. Idealni uslovi za primenu infracrvene termografije zahtevaju stabilne vremenske prilike tokom dužeg vremenskog perioda. Pored toga, ekstenzivna izloženost sunčevom zračenju nije idealna, jer može uticati na nemogućnost detekcije određenih nepravilnosti. Iz tog razloga, kao idealni vremenski uslovi navode se oblačni jutarnji ili večernji sati tokom zimskih meseci, sa stabilnim temperaturama i bez padavina.

Tab. 3.8 – Kvalitativne informacije o tumačenju najčešćih problema omotača zgrada (Dall’O, 2013)

Identifikacija toplotnih mostova	Identifikacija mesta prolaza vazduha
<p>Toplotni mostovi se lako mogu identifikovati pomoću infracrvene termografije: različite karakteristike materijala daju svakom strukturnom elementu različitu temperaturu.</p> 	 <p>Strelice na slici prikazuju prolaz vazduha kroz okvir prozora. Moguće ga je prepoznati usled niže temperature prozorske daske.</p>
Prepoznavanje teksture zida	Prepoznavanje termičke zaštite
<p>Različita toplotna otpornost maltera i opeke omogućava jasno prepoznavanje teksture zida, uprkos pokrivnom malteru.</p> 	 <p>Donji deo zida je topliji od gornjeg dela, zbog odsustva toplotne izolacije. Strukturne elemente je takođe lako prepoznati, dok obloženi deo zida ima vrlo ujednačenu temperaturu.</p>

3.2.2.2. Pregled metodologija za procenu energetske performansi zgrada

Modelovanje zgrada predstavlja osnovni instrument za procenu termičkih performansi i potrošnje energije. Pristupi modelovanju mogu biti višestruki i varirati u zavisnosti od svrhe i potrebnog nivoa tačnosti (Mazzarella, Scoccia, Colombo & Motta, 2020).

Metode za procenu energetske performansi zgrada se mogu klasifikovati na (Ballarini, Primo & Corrado, 2018):

- metode zasnovane na inženjerskim proračunima (npr. metode utvrđene međunarodnim standardima)
- metode zasnovane na simulaciji (npr. alati za detaljnu dinamičku simulaciju)

- statističke metode (npr. regresioni modeli),
- metode zasnovane na veštačkoj inteligenciji (npr. neuronske mreže, analiza klastera) i
- druge metode (npr. energetske preglede).

Dodatno, u regulatornom okviru u cilju provere usklađenosti sa zahtevima za energetskim performansama ili za kreiranje energetskih pasoša dominira primena proračunskih metoda, koje se mogu kategorisati u inženjerske i simulacione metode.

Petojević (2018) je dala prikaz metoda koje se koriste za ocenu potrebne energije u zgradama i simulaciju toplotnih gubitaka (Tab. 3.9), a čiji detaljni pregled su dali Wang & Zhai (2016).

Tab. 3.9 – Pregled metoda za ocenu potrebne energije i dinamičku simulaciju toplotnih gubitaka u zgradi (Petojević, 2018)

I. Detaljne dinamičke simulacije zgrada	
1.1	Konduktivna funkcija prenosa toplote (engl. <i>Conduction transfer function – CTF method</i>)
1.2	Faktori termalnog odziva (engl. <i>Thermal response factor – TRF method</i>)
	Termalni impulsivni odziv (engl. <i>Thermal impulse response – TIR</i>)
1.3	Metoda vremenskih serija podataka vezanih za prenos toplote zračenjem (engl. <i>Radiant time series – RTS method</i>)
1.4	Sjedinjeni parametarski modeli (engl. <i>Lumped parameter models – LPM</i>)
II. Pojednostavljeni modeli za evaluaciju potrebne energije i opterećenja energetskih sistema	
2.1	Method Stepen-dan (engl. <i>Degree-day method</i>)
2.2	Grupni metod (engl. <i>Bin method</i>)
III. Statističke i regresione metode za procenu potrebne energije	
3.1	Višestruka linearna regresija (engl. <i>Multiple linear regression</i>)
3.2	Neuronske mreže (engl. <i>Artificial neural network</i>)
3.3	Metoda vektora podrške (engl. <i>Support vector network</i>)
3.4	Model ponašanja (engl. <i>Behaviour model</i>)
3.5	Model grešaka (engl. <i>Faults model</i>)
IV. Simulacioni modeli koji sprežu energetske potrebe zgrade njenu interakciju sa okruženjem	

Energetske performanse spoljnih zidova zgrada je moguće unaprediti smanjenjem koeficijenta prolaza toplote, što je moguće ostvariti postavljanjem dodatnog sloja termičke izolacije čime će se povećati termička otpornost zida.

Procena unapređenja energetskih performansi zida, primenom pojednostavljenog proračuna, obuhvata sledeće korake (Dall’O, 2013):

- određivanje vrednosti koeficijenta prolaza toplote zida na osnovu postojećeg stanja, U_E ;
- definisanje ciljne vrednosti koeficijenta prolaza toplote, U_R ;
- proračun dodatnog toplotnog otpora ΔR_I za unapređenje energetskih performansi zida na osnovu izraza:

$$\Delta R_I = \frac{1}{U_R} - \frac{1}{U_E} \quad (3-2)$$

- izbor najprikladnije tehnologije za postavljanje dodatnog sloja termičke izolacije;

- definisanje izolacionog materijala u skladu sa odabranom tehnologijom;
- proračun debljine izolacionog materijala korišćenjem izraza:

$$d_I = \Delta R_I \cdot \lambda \quad (3-3)$$

gde je λ – koeficijent toplotne provodljivosti.

Primarna ušteda energije $\Delta E_{H,R}$ može se proceniti primenom Metode Stepen-dan, na osnovu izraza:

$$\Delta E_{H,R} = \frac{24((U \cdot A)_E - (U \cdot A)_R) \cdot DD_H(\theta_{bal,E})}{\eta_H} \quad (3-4)$$

gde je:

- 24 - broj sati rada sistema u toku dana, ukoliko ne postoje prekidi. Broj nije proporcionalan stvarnom broju radnih sati, već se u slučaju da postoje prekidi ova vrednost smanjuje primenom koeficijenta redukcije. Broj 24 odgovara stambenim zgradama u kojima smanjenje broja radnih sati uključuje ograničene uštede energije;
- η_H - prosečna sezonska efikasnost sistema, pri čemu bi, pored toplotnih gubitaka usled neefikasnosti sistema, u obzir trebalo uzeti i gubitke energije zbog električne opreme (tj. pumpi, ventilatora, regulacije, gorionika itd.). Za prosečnu sezonsku efikasnost sistema, za grube procene se mogu koristiti vrednosti u intervalu 0,55-0,85;
- A – površina spoljnog zida, u m²;
- DD_H- broj stepen dana za grejanje;

Dall'O (2013) tvrdi da kada su uslovi korišćenja zgrade konstantni, kao i efikasnost sistema, upotreba metode procene potrošnje energije na osnovu broja stepen dana za grejanje je najjednostavniji pristup. Međutim, ako unutrašnja temperatura podleže fluktuacijama ili unutrašnja termička opterećenja variraju, predlaže se upotreba složenijih, simulacionih, modela (holističkog pristupa). Metoda pruža mogućnost procene potrošnje energije u sezoni grejanja, posebno za zgrade koje karakterišu visoki gubici kondukcijom i ventilacijom. Metoda omogućava procenu uštede energije kao rezultat mera koje smanjuju potrošnju goriva i poboljšavaju energetske performanse.

Holistički pristup u proceni termičkih performansi zgrade zahteva modelovanje kompletnog objekta, pružajući pouzdanije rezultate od preskriptivnog pristupa.

Proračun energetskog bilansa u zemljama Evrope vrši se na osnovu standarda EN ISO 52016-1, koji je na snazi od 2017. godine i kojim je zamenjen standard EN ISO 13790. Standard definiše metode za proračun ukupne potrebne energija za grejanje i hlađenje zgrada, unutrašnje temperature i osetnih i latentnih toplotnih opterećenja. Procena energetskih performansi se može sprovesti na osnovu metode kvazi-stacionarnog stanja ili dinamičke metode.

Metoda kvazi-stacionarnog stanja podrazumeva proračun toplotnog bilansa za duži vremenski period (mesec ili sezonu), tretirajući granične uslove, poput spoljne temperature i temperature vazduha u zatvorenom prostoru, konstantnim tokom ovog perioda. Metoda pruža i mogućnost da se u obzir uzmu dinamički efekti, korišćenjem empirijski utvrđenog stepena iskorišćenja za toplotne gubitke ili dobitke (Sindić-Grebović; Dall'O, 2013).

Primenom *dinamičke metode*, toplotni bilans se proračunava za kraće vremenske intervale (obično za jedan čas), uzimajući u obzir dinamičke efekte (nestacionarne uslove) (Sindić-Grebović). U odnosu na metodu kvazi-stacionarnog stanja, dinamička analiza je kompleksnija i vremenski zahtevnija jer podrazumeva razmatranje više faktora, ali je istovremeno i fleksibilnija i rezultati u većoj meri odgovaraju realnim okolnostima u kojima su klimatski parametri konstantno podvrgnuti promenama. Metoda se može primenjivati kao *dinamička časovna metoda* i *detaljna dinamička metoda* (na bazi dinamičkih simulacija).

Većina metodologija definisanih nacionalnim standardima u zemljama Evrope uvode pretpostavku da se prenos toplote odvija u stacionarnim uslovima (Petojević, 2018).

3.2.2.3. Metodologija proračuna potrebne energije za grejanje primenom kvazi-stacionarnog modela

Standard (SRPS) EN ISO 13790 (u daljem tekstu *Standard*) definiše metode proračuna potrebne energije za grejanje i hlađenje prostora kroz određivanje sledećih parametara:

- transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote za celu zgradu ili deo zgrade koji se zagreva ili hladi do konstantne unutrašnje temperature
- doprinosa unutrašnjih dobitaka toplote kao i solarnih dobitaka toplotnom bilansu zgrade
- godišnje potrebne korisne energije za grejanje i hlađenje, koja osigurava zadovoljenje uslova toplotnog komfora u zgradi
- godišnje potrošnje primarne energije za grejanje i hlađenje, koja uključuje i sve gubitke sistema za grejanje, hlađenje i ventilaciju.

Standard daje mogućnost procene energetske performansi na osnovu metode kvazi-stacionarnog stanja ili dinamičke metode, s tim da se dinamička metoda se može primenjivati kao dinamički uprošćena časovna metoda i detaljna dinamička metoda.

U nastavku je opisana procedura proračuna potrebne energije na osnovu metode kvazi-stacionarnog stanja, čija je primena u Srbiji obavezna prilikom procene energetske svojstava zgrade.

Metoda se bazira na proračunu mesečnih/godišnjih toplotnih gubitaka i dobitaka, izraženih u kWh, na osnovu izraza:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (3-5)$$

odnosno

$$Q_{H,nd} = (Q_T + Q_V) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (3-6)$$

gde je:

- $Q_{H,nd}$ - potrebna energija za grejanje za sisteme koji rade bez prekida;
- $Q_{H,ht}$ - potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplote - transmisionih Q_T i ventilacionih Q_V
- $Q_{H,gn}$ - ukupna količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote Q_{int} i dobitaka usled Sunčevog zračenja Q_{sol}
- $\eta_{H,gn}$ - faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja;

Potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplote, $Q_{H,ht}$ (kWh/a), zavisi od klimatskih uslova u kojima se nalazi zgrada, kao i transmisionih (površinskih i linijskih) i ventilacionih gubitaka toplote i određuje se na osnovu proračuna definisanog Metodom Stepen-dan, prema izrazu:

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} \quad (3-7)$$

gde je:

- HDD - broj stepen dana za grejanje za datu lokaciju zgrade;
- H_T - koeficijent transmisionog gubitka toplote, W/K
- H_V - Koeficijent ventilacionog gubitka toplote, W/K

Parametar *HDD* (engl. *Heating-Degree-Days*) predstavlja meru za ocenu uticaja spoljašnje klime na potrošnju energije za grejanje i izražava se kao suma razlika prosečnih dnevnih temperatura i (projektovane) temperature vazduha u prostoriji u toku grejnog perioda (Živković & Novoselec, 2016).

Transmisioni gubici toplote se izražavaju preko koeficijenta transmisionog gubitka toplote, H_T (W/K). Površinski transmisioni gubici se računaju na osnovu koeficijenta prolaza toplote, U i faktora korekcije temperature, F_{xi} koji se određuju za karakteristične elemente termičkog omotača zgrade. Linijski transmisioni gubici, nastali na mestima toplotnih mostova, se uzimaju u obzir paušalno tako što se osnovne vrednosti koeficijenata prolaza toplote za sve elemente termičkog omotača uvećaju za $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ventilacioni toplotni gubici se izražavaju preko koeficijenta ventilacionog gubitka toplote, H_V (W/K) i određuju se približno na osnovu broja izmena unutrašnjeg vazduha spoljnim vazduhom na čas, n [h^{-1}] i proizvoda gustine vazduha i specifičnog toplotnog kapaciteta vazduha ($0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K}$). Vrednost $0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ ukazuje na to da se ulaskom 1 m^3 svežeg vazduha u prostoriju, čija je temperatura niže od temperature unutrašnjeg vazduha za 1 K , pri uspostavljanju toplotnog bilansa izgubi $0,33 \text{ W}$ toplote u svakom času (Petojević, 2018).

Količina energije koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja Q_{sol} se određuje posebno za transparentne i netransparentne površine termičkog omotača, na osnovu faktora osenčenosti zgrade i srednje sume Sunčevog zračenja za sve strane sveta, kao i za horizontalne površine, čime se u obzir uzimaju klimatske karakteristike lokacije, kao i na osnovu karakteristika elemenata termičkog omotača kroz parametre koji se odnose na transparentne pozicije omotača - faktor propustljivosti Sunčevog zračenja i faktor rama; i parametre koji se odnose na netransparentne pozicije - emisivnost spoljne površine zida, otpor prelazu toplote za spoljnu stranu zida i koeficijent prolaza toplote za datu poziciju.

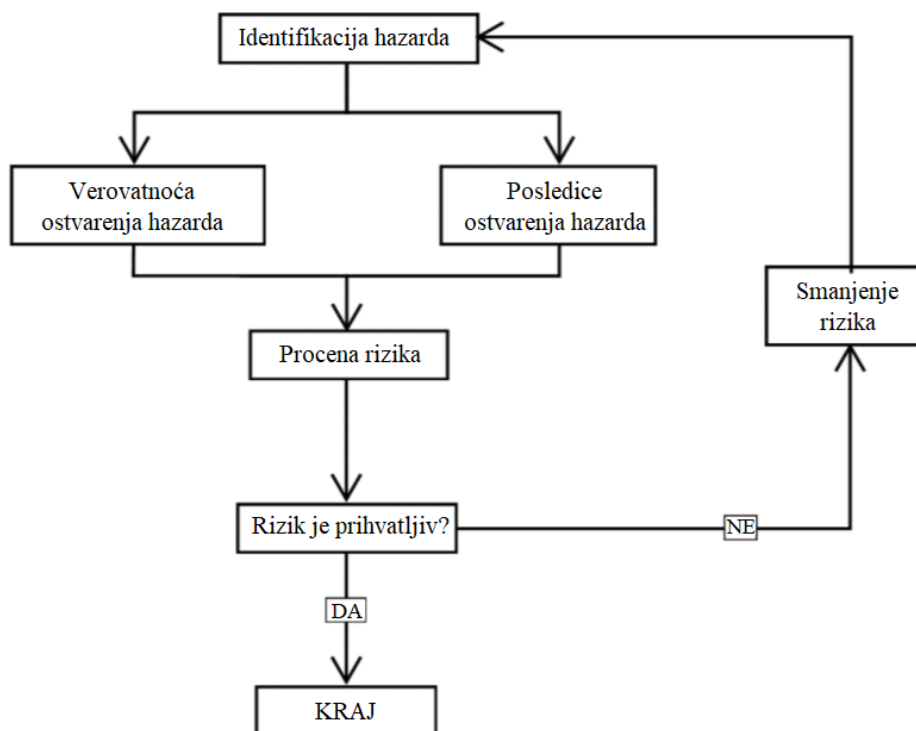
Količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote Q_{int} se određuje na osnovu toplotnih dobitaka od ljudi i električnih uređaja koji su definisani tabelarno.

Primenom faktora iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja $\eta_{H,gn}$ se u obzir uzimaju dinamički parametri zgrade i on se u proračun može uključiti kao prosečna vrednost u zavisnosti od tipa gradnje (teški, srednje-teški ili laki tip gradnje) ili se određuje proračunom, na osnovu odnosa toplotnih gubitaka i dobitaka i vremenske konstante koja odražava toplotni kapacitet svih elemenata termičkog omotača i njihovu unutrašnju termičku masu.

3.2.3. Procena rizika od požara

Rizik se može definisati kao proizvod verovatnoće nastanka nekog događaja i njegovih posledica.

Procena rizika od požara je kompleksan proces koji obuhvata identifikaciju opasnosti od požara i procenu verovatnoće realizacije hazarda požara i njihovih posledica, odnosno očekivanog broja smrtnih ishoda ili materijalnih gubitaka. Kako bi se procenio rizik, neophodno je uspostaviti kriterijume prihvatljivosti sa kojima se upoređuje trenutno stanje i donosi odluka da li je procenjeno stanje prihvatljivo (Sl. 3.29).



Sl. 3.29 – Proces procene rizika od požara (Lamont & Ingolfsson, 2018)

Identifikacija opasnosti od požara u zgradama predstavlja aktivnost utvrđivanja svih scenarija požara koji se mogu dogoditi, koja ima za cilj da se razume kako, kada i zašto može doći do požara i obuhvata identifikaciju svih mogućih izvora paljenja, analizu količine i rasporeda požarnog opterećenja, analizu karakteristika zgrade, kao i sagledavanje primenjenih mera zaštite od požara.

Scenario požara predstavlja niz događaja čije odvijanje zavisi od verovatnoće uspeha implementiranih mera zaštite od požara, odnosno uvedenih požarnih barijera.

Verovatnoća nastanka požara povezana je sa opasnostima koje mogu izazvati zapaljenje gorive materije u prisustvu izvora paljenja i kiseonika. Verovatnoća nastanka požara velikih razmera zavisi od količine požarnog opterećenja, uključujući i materijale ugrađene u konstrukciju objekta, kao i efikasnosti primenjenih mera zaštite da požar ograniče na mesto nastanka (Lamont & Ingolfsson, 2018).

Požar ne nastaje na fasadi, ali fasada omogućava širenje vatre i prenos požara koji najčešće nastaje unutar zgrade u prostorijama visokog požarnog rizika (kao što je npr. kuhinja) i širi se

kao rezultat velikog požarnog opterećenja i nemogućnosti implementiranih mera da spreče širenje požara izvan mesta nastanka. Ovo implicira da se bezbednost zgrade od požara ne može parcijalno posmatrati, već je neophodno izvršiti specifičnu i detaljnu procenu rizika od požara celokupnog objekta kako u slučaju izbijanja požara ne bi došlo do prenosa i širenja požara putem fasade.

U nastavku je dat kratak pregled požara u zgradama koji su se proširili putem fasade, kao i pregled metoda za procenu rizika od požara u zgradama, gde su detaljnije opisane metode za procenu rizika od požara zgrada sa gorivim fasadnim sistemima i gde je istaknuta uloga prostorno-vremenske analize u proceni rizika.

3.2.3.1. Pregled požara u zgradama koji su se proširili putem fasade

Požari koji su se dogodili u svetu u poslednjih 20 i više godina a koji su zahvatili i fasadu zgrada (Sl. 3.30) su se najčešće dešavali u stambenim zgradama, a nešto manje u hotelima i poslovnim zgradama. Požari su se brzo proširili preko fasadnog sistema i u pojedinim slučajevima su nastavili da se šire i u unutrašnjosti objekta, zahvatajući više spratova. Materijali koji su goreli u fasadnom sistemu bili su pretežno polietilen male gustine kao jezgro ukrasnih aluminijumskih kompozitnih panela ili izolacioni penasti materijali, a u nekim slučajevima izolacioni penasti materijali postavljeni ispod dekorativnog aluminijumskog panela (Lamont & Ingolfsson, 2018).



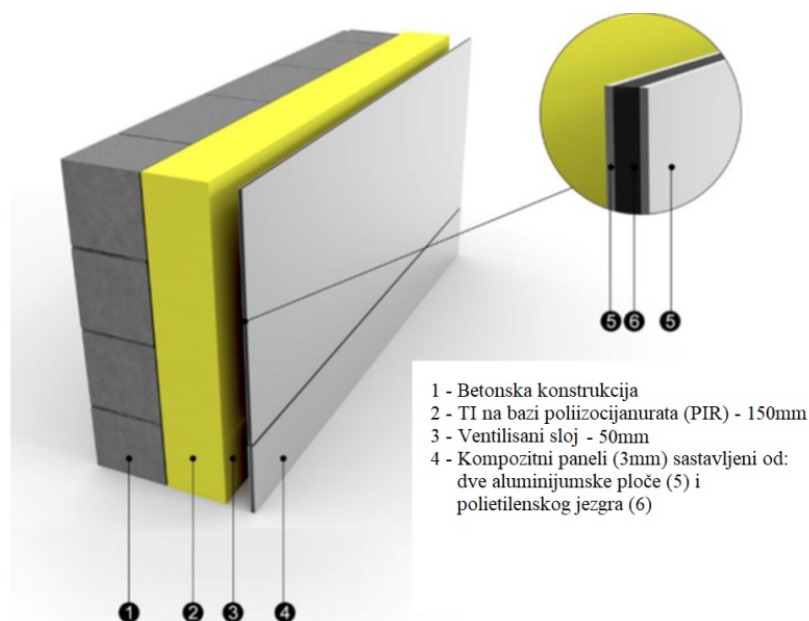
Sl. 3.30 – Mapa požara u zgradama koji su zahvatili fasadni sistem (Lamont & Ingolfsson, 2018)

U kontekstu povređenih i nastradalih osoba, kao i u kontekstu materijalne štete, posledice požara na visokim objektima mogu biti znatne te se visoki stambeni objekti smatraju visoko rizičnim u slučaju požara i u nastavku je dat kratak prikaz pojedinih požara visokih zgrada koji su se proširili putem fasade.

Požar u visokoj stambenoj zgradi *Grenfell Tower* u Londonu, u kojoj je stanovalo oko 500 ljudi u preko 120 stanova, izbio je u junu 2017. godine (Sl. 2.29). Požar je započeo u kuhinji na četvrtom spratu, kao posledica kvara na frižideru, i za kratko vreme zahvatio svih 24 etaža zgrade. Preko 70 ljudi je u požaru izgubilo život i preko 70 je povređeno (BBC News, 2017a; Rawlison, 2017). Zgrada je izgrađena 1974. godine, a obnovljena 2016. Za završni sloj obnovljene fasade primenjeni su aluminijumski kompozitni paneli sa polietilenskim jezgrom, u vidu ventilisane fasade, postavljeni preko postojećih izolacionih ploča na bazi plastičnih materijala (Sl. 3.32). Upotreba gorivih materijala u fasadnom sistemu bila je osnovni razlog zašto se požar tako brzo proširio na celu zgradu. Naknadno sprovedena istraživanja ustanovila su da su materijali slični materijalima upotrebljenim za obnovu Grenfell kule korišćeni u preko 400 drugih visokih stambenih zgrada širom zemlje. Veliki broj žrtava koje je odneo ovaj požar je uslovio detaljnu procenu i preispitivanje propisa iz oblasti zaštite od požara u Evropi i šire (BBC News, 2017b; Martin et al., 2017; Grenfell Tower Inquiry [GTI], 2019).

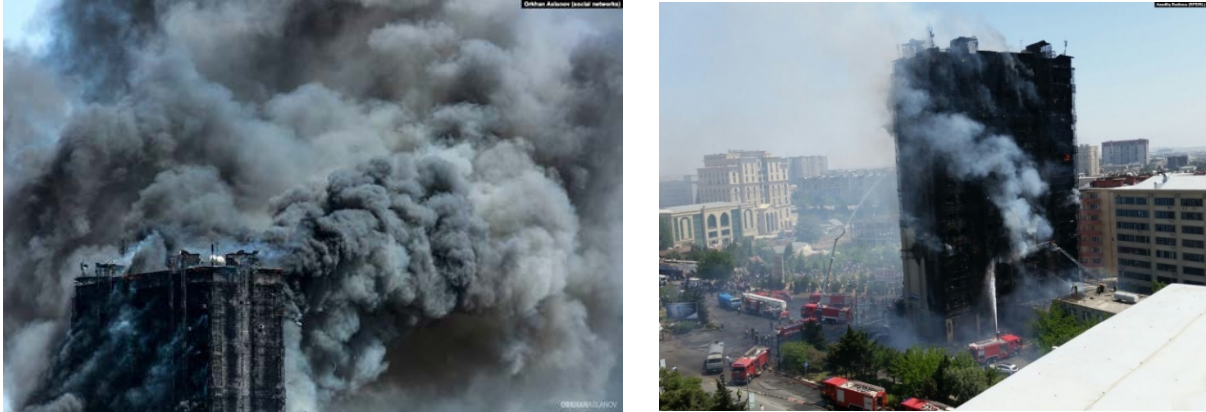


Sl. 3.31 – Požar na stambenoj zgradi „Grenfell Tower” u Londonu 2017. god. (BBC News, 2017a)



Sl. 3.32 – Sastav fasadnog sistema Grenfell kule u Londonu (Martin et al., 2017)

Požar na šesnaestospratnoj stambenoj zgradi u Bakuu (Azerbejdžan), u kojoj je stanovalo oko 408 ljudi u 107 stanova, dogodio se u maju 2015. godine (Sl. 3.33). Vatra se izuzetno brzo širila i nakon kratkog vremena zahvatila čitav objekat. Brzom širenju požara doprinela je goriva fasadna obloga - poliuretanski paneli, koji su bili postavljeni skoro 30 cm od postojećih betonskih zidova i doveli do stvaranja efekta dimnjaka ispod obloge. Poliuretanski paneli su korišćeni za obnovu više od 200 stambenih blokova u Bakuu, izgrađenih u sovjetskom periodu. U ovom požaru život je izgubilo 15 osoba, a preko 60 je povređeno (Sindelar, 2015).



Sl. 3.33 – Požar na višespratnoj stambenoj zgradi u Bakuu 2015. godine (Sindelar, 2015)

U Ujedinjenim Arapskim Emiratima se tokom protekle decenije u zgradama dogodilo više od 10 požara koji su se proširili putem fasade, koju su u većini slučajeva činili kompozitni paneli sastavljenih od aluminijumskih ploča sa polietilenskim jezgrom. Ovi događaji nisu rezultirali smrtnim ishodom, jer su konfiguracija i konstrukcija zgrada omogućili vatrogasno-spasilačkim jedinicama da se bore protiv požara, a korisnici objekata da se evakušu kroz zone zaštićene od prodora dima i vatre (BBC News, 2017c).

Torch kula u Dubajju je tokom svog postojanja gorela dva puta, 2015. i 2017. godine (Sl. 3.34), pri čemu se požar, kao i u slučaju drugih požara u gradu, velikom brzinom proširio putem spoljne obloge koju su činili aluminijumski kompozitni paneli sa gorivim jezgrom. U 2019. godini zabeležen je manji požar na petom spratu zgrade čije je širenje blagovremeno sprečeno. U požarima nije bilo povređenih. Zgrada je izgrađena 2011. godine i sastoji iz 79 etaža i 676 stambenih jedinica (Webster & Langton, 2017).



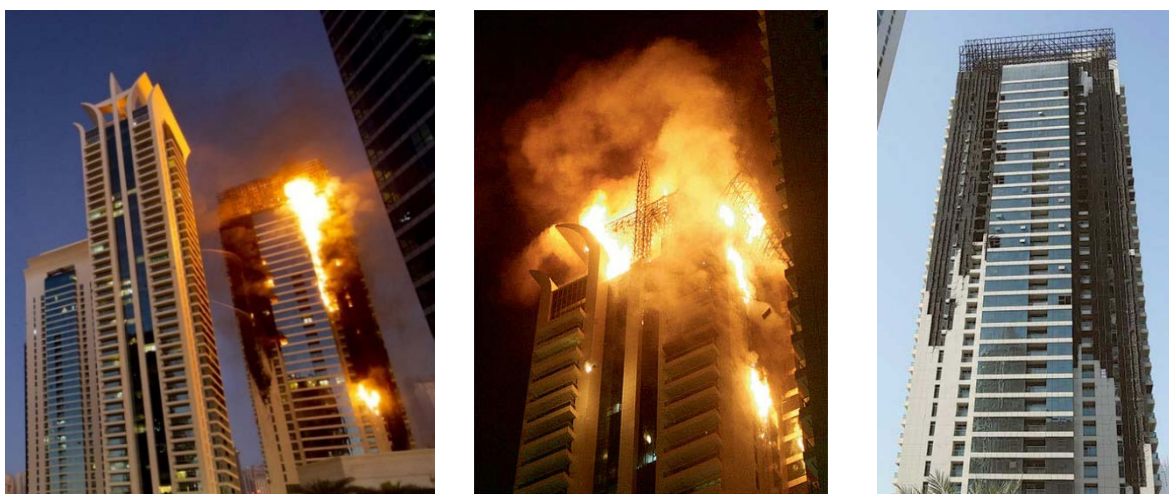
Sl. 3.34 – Torch kula u Dubajju u požaru 2017. godine: širenje požara putem gorivog fasadnog sistema (Webster & Langton, 2017)

Kao posledica bačenog opuška cigarete, 2012. godine je izbio požar u gradu Šardža, na balkonu prvog sprata stambene kule *Al Tayer* (Sl. 3.35), sa 408 stambenih jedinica, 34 etaže namenjene stanovanju i 6 etaža namenjenih za parking. U požaru nije bilo povređenih, 102 stambene jedinice su pretrpele štetu, a goruće kapljice koje su otpadale sa zgrade u plamenu su oštetile 45 automobila parkiranih u blizini zgrade (Emirates 24/7, 2012a; White & Delichatsios, 2014).



Sl. 3.35 – Zgrada „Al Tayer“ u gradu Šardža u Dubajiu u požaru i nakon požara 2012. god. koji se širio putem gorive fasade (Emirates 24/7, 2012a; 2012b; Baldwin & Leon, 2012)

U Dubajiu je 2012. godine izbio požar na 4. spratu trinaestospratne stambene zgrade *Saif Belhasa*, koji se brzo proširio na više etaže. U zgradi od 156 stambenih jedinica je u požaru uništeno 9 stanova, a najmanje 5 automobila je oštećeno gorućim kapljicama koje su otpadale sa fasade. Povređeno je nekoliko osoba (White & Delichatsios, 2014). Iste godine izbio je požar i na *Tamvel* kuli (Sl. 3.36), zgradi od 34 sprata i 160 stambenih jedinica. Požar je izbio na samom vrhu objekta i širio se po gorivoj fasadi. Usled visoke temperature došlo je do otpadanja fasadnih elemenata. Kao uzrok požara navodi se opušak cigarete. Gašenje požara je trajalo preko 6 sati, evakuisano je 600 stanara, a povređenih nije bilo. Objekat je obnovljen 2016. godine, a stanari su počeli da se vraćaju u svoje domove 2017., pet godina nakon požara (USA today, 2012; Shabandri & Agarib, 2012; Leon, 2016; Badam, 2017).



Sl. 3.36 – Kula Tamvel u Dubajiu u požaru 2012. godine (širenje požara putem gorive fasade) i nakon požara (USA today, 2012; Shabandri & Agarib, 2012; Leon, 2016)

U gradu Rube, u Francuskoj, 2012. godine, u stambenoj kuli *Mermoz* izbio je požar na balkonu na drugoj etaži (Sl. 3.37). Vatra se širila po fasadi koja je obnovljena 2003. godine, kada je delimično obložena metalnim kompozitnim oblogama sastavljenim od aluminijumskih limova sa polietilenskim jezgrom. Video snimci požara prikazuju kako je požar za svega nekoliko minuta stigao do vrha, odnosno do poslednje, 18. etaže zgrade. Takođe, uočavaju se goruće kapljica koje padaju sa fasade na zemlju i balkone nižih etaža. Jedna osoba je izgubila život, a šest je lakše povređeno (White & Delichatsios, 2014).



Sl. 3.37 – Izgled Mermoz kule u gradu Rube u Francuskoj za vreme požara i nakon gašenja (Youde, 2017)

U gradu Miškolc, u Mađarskoj, 2009. godine je izbio požar na 6. spratu desetospratne stambene zgrade (Sl. 3.38) u kome je stradalo 3 osobe, a 12 pretrpelo trovanje dimom. Zgrada je izgrađena 1968. godine montažnim sistemom gradnje, sa fasadom od betonskih panela i obnovljena 2007. godine postavljanjem ETICS sistema na bazi polistirena na spoljne zidove. Putem ETICS fasade došlo je do širenja požara do vrha zgrade, kao i širenja dima kroz stepenišno okno. Nakon požara sprovedena je istraga koja je ukazala da je do širenja požara putem fasade došlo jer sistem nije konstruisan u skladu sa zahtevima i neadekvatno je apliciran na podlogu, upotrebljena je goriva izolacija i nisu postojali negorivi izolacioni pojasevi koji bi sprečili širenje požara (Hajpál, 2012; White & Delichatsios, 2014).



Sl. 3.38 – Posledice požara na stambenoj zgradi u gradu Miškolc, u Mađarskoj (White & Delichatsios, 2014)

U Srbiji, u Novom Sadu, u 2000. godine došlo je do požara na zgradi Otvorenog univerziteta (Sl. 3.39). Požar je izbio na 12. spratu i brzo se proširio na poslednjih šest spratova zgrade (od 8. do 13.). Požar je ošteti konstrukciju zgrade, a fasada, enterijer i instalacije na spratovima zahvaćenim požarom su u potpunosti uništeni. Velika količina zapaljivih materijala u zgradi i izuzetno jak vetar omogućili su brzo širenje vatre po fasadi (Folić, Radonjanin & Malešev, 2002). U požaru je život izgubila jedna osoba.



Sl. 3.39 – Otvoreni univerzitet u Novom Sadu u požaru (Vujačić, 2017)

U decembru 2020. godine na Limanu 2, kod Mosta Slobode, izbio je požar na visokih stambenoj zgradi, izgrađenoj u sistemu IMS, koja je tipski identična zgradi analiziranoj u studiji slučaja doktorske disertacije. Požar je izbio na 13. spratu zgrade i proširio na 14. sprat i potkrovlje (Sl.3.40). U požaru je lakse povređena jedna osoba (Kovačev, 2020).

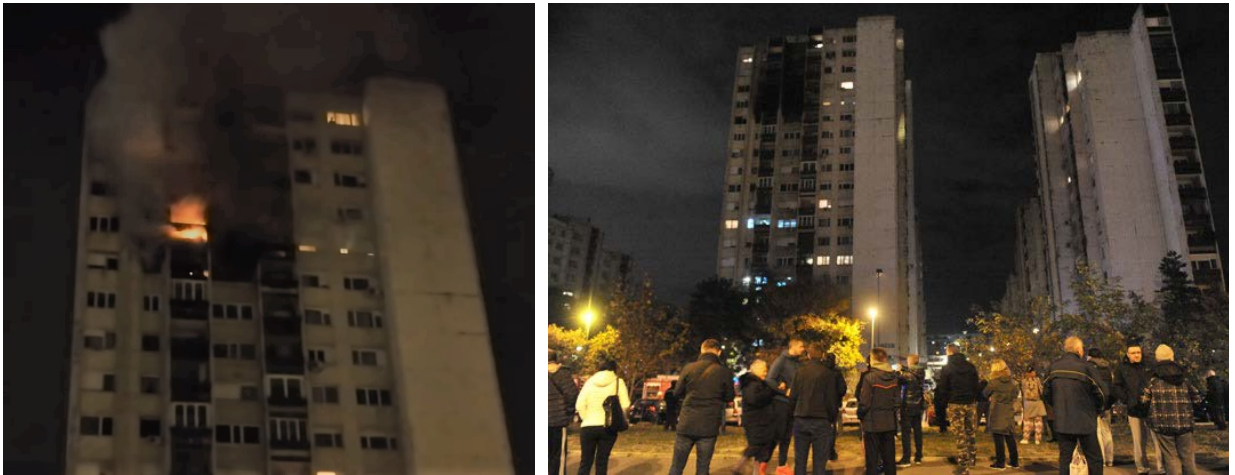


Sl.3.40 – Požar na visokoj stambenoj zgradi na Limanu 2, u Novom Sadu (Kovačev, 2020; Kozarov; 2020)

Na Novom Beogradu, u Bloku 63 je 2018. godine izbio požar u visokoj stambenoj zgradi, u stanu na 13. spratu, pri čemu se požar preneo na tri sprata iznad i sprat niže (Sl. 3.41). U požaru je stradala jedna osoba, a povređene su dve (Novosti online, 2018; RTS, 2018).

U proteklih nekoliko godina česti su slučajevi izbivanja i širenja požara u zgradama izvedenim u montažnom sistemu gradnje (Sl. 3.42).

Iako ne pripada grupi visokih objekata, važno je spomenuti požar na Novom Beogradu koji se dogodio 2020. godine (Sl.3.43) i u kome je život izgubilo 6 osoba, a 6 je povređeno. Požar je izbio na sedmom spratu stambene zgrade izgrađene u IMS sistemu gradnje (koji je predmet istraživanja), a zatim se proširio na osmi i deveti sprat (Spasić i Mirković, 2020)). Požar je ošteti noseće stubove i ploče i stručnjaci iz Instituta za ispitivanje materijala (IMS) sumnjaju da je ugrožena statika zgrade, a stanari da će se urušiti cela jedna vertikalna (Đurić, 2020).



Sl. 3.41 – Visoka stambena zgrada u Bloku 63 na Novom Beogradu u požaru i nakon gašenja požara (Novosti online, 2018; RTS, 2018)



(a)



(b)

Sl. 3.42 – Požari u stambenim zgradama izgrađenim u montažnom sistemu gradnje: (a) požar na 11. spratu zgrade na uglu Bulevara Arsenija Čarnojevića i Narodnih heroja (Mitrović, 2020a) i (b) požar na 10. spratu zgrade u ul. Visokog Stevana u Beogradu (Mitrović, 2020b)



Sl.3.43 – Požar na stambenoj zgradi u ulici Milutina Milankovića na Novom Beogradu 2020. godine (NI,2020; Milovanović, 2020)

Na osnovu analiziranih istraživanja, može se zaključiti da su fasade kompleksni sistemi čiji oblikovanje i materijalizacija u velikoj meri utiču na ponašanje vatre u slučaju požara. Zabeleženi požari u zgradama su istakli rizik koji sa sobom nosi upotreba gorivih materijala za fasadu, a takođe upozoravaju da i ako se promenio pristup kada je u pitanju zaštita od požara objekata, mere se ipak ne sprovode na odgovarajući način i da su posledice katastrofalne.

3.2.3.2. Metode za procenu rizika od požara u zgradama

Postoji veliki broj metoda i alata za procenu rizika od požara. Metode se mogu klasifikovati kao kvalitativne, kvantitativne i polukvantitativne metode (kombinovane).

Kvalitativne metode procenjuju rizik opisno, na osnovu subjektivne inženjerske procene i obično se primenjuju za brzu procenu potencijalnih rizika od požara u zgradi i razmatranje raličitih mera zaštite od požara koje je potrebno implementirati kako bi se smanjio rizik. Najčešće se koriste ček-liste koje predstavljaju brzu metodu kojom se vrši provera usklađenosti sa zahtevima propisa i standarda. Liste mogu biti jednostavne ili detaljne, u zavisnosti od potrebe.

Kvantitativne metode rezultuju kvantifikovanim rizikom, pri čemu je rizik jednak količniku verovatnoće nastanka požara i posledica požara, koji su iskazani u vidu brojčane vrednosti. Verovatnoća događaja je u tom slučaju njegova učestalost u jedinici vremena, a posledice su predstavljene kao broj smrtnih ishoda ili brojčani materijalni gubitak.

Polukvantitativne metode predstavljaju kombinaciju kvantitativnih i kvalitativnih metoda i mogu na jednostavan, delimično kvantitativan način da procene rizik kada je pristup podacima ograničen.

Kvantitativne i polukvantitativne metode zahtevaju sprovođenje detaljnih analiza, kao i postojanje odgovarajućih statističkih podataka o požarima. Požari koji su se dogodili u prošlosti svedoče o tome kako su se požari proširili i ukazuju na (ne)efikasnost mera sprovedenih u cilju ispunjenja minimalnih tehničkih zahteva diktiranih propisima, ali stvarni uticaj svake odredbe o požarnoj bezbednosti ili kombinacije odredbi nije merljiv. Ne postoji dovoljno statističkih podataka o stvarnim požarima koji uključuju spoljašnji fasadni sistem, a koji se odnose na učestalost požara i broj smrtnih slučajeva ili stepen oštećenja (Lamont & Ingolfsson, 2018).

Lamont & Ingolfsson (2018) su napravili pregled alata za procenu rizika, gde se u kontekstu procene rizika od požara kao kvantitativne metode navode: metoda stabla događaja, metoda stabla otkaza, FN krive, probabilističke metode, cost benefit analiza, računarski modeli procene rizika, itd.

Kao četiri najčešće korišćene i najbolje dokumentovane polukvantitativne metode za procenu rizika od požara ili metode rangiranja požara navedene su sledeće metode:

- Američki sistem procene bezbednosti od požara (FSES)
- Švajcarska Gretener metoda
- Edinburška shema (nastavak sistema FSES)
- FRAME

FSES i *Edinburški model* zasnivaju se na oceni i rangiranju varijabli rizika. Ocene se zasnivaju na kolektivnom inženjerskom rasuđivanju koje je ugrađeno u metodologiju. *Gretener metoda* daje parametre povezane sa opasnostima (npr. izvori paljenja) i mere zaštite (npr. sprinkleri) u vidu empirijski izvedenih numeričkih vrednosti. Proizvod ovih vrednosti daje meru potencijalne opasnosti i mere zaštite. Odnos ovih proizvoda uzima se kao mera očekivanog intenziteta požara. *Metoda FRAME* zasniva se na matematičkim formulama potencijalnog rizika, nivoa prihvatljivosti i nivoa zaštite. Razvijena je za scenarije požara u unutrašnjosti zgrade. Ono što je specifično za sve četiri metode jeste da nijedna metoda ne razmatra scenario požara pri kome se požar širi putem gorivog fasadnog sistema.

Kao primer za kvalitativni pristup proceni rizika od požara navodi se *PAS 79 metoda*, usvojena u Ujedinjenom Kraljevstvu. Metoda definiše 9 koraka za kvalitativnu procenu rizika, pri čemu se rizik na osnovu matrice rizika rangira kao: trivijalan, prihvatljiv, umeren, značajan i neprihvatljiv.

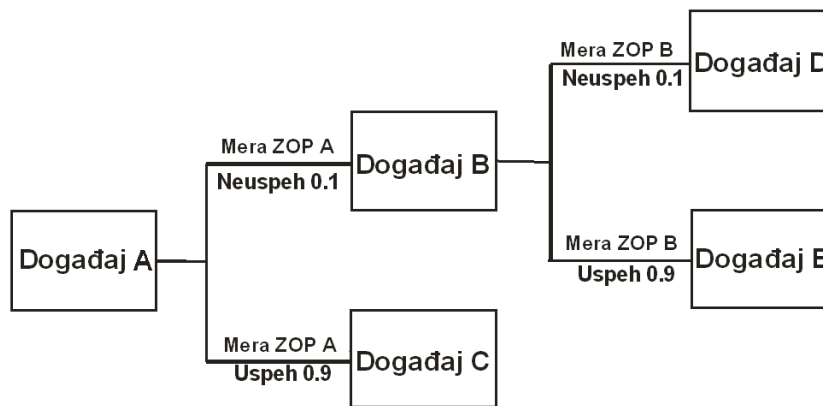
Moshashaei & Alizadeh (2016) su klasifikovali i interpretirali istraživanja vezano za metodologije procene rizika od požara i njihovu primenu. Analizirano je 93 studije, pri čemu je 21,5% studija sprovedeno u oblasti procene rizika od požara u zgradama. Istraživanjem su identifikovane sledeće metode za procenu rizika od požara u zgradama:

- Samo-organizujuće mape (SOM)
- Bajesove mreže
- Računarski modeli požara
- Model višestruke regresije
- Mape hazarda požara
- Mape rizika požara
- Metode rangiranja rizika
- Klaster analiza
- Analiza scenarija
- Interaktivna modularna platforma
- Ček-liste
- Monte Carlo simulacija
- Analiza stabla događaja

Procenu rizika je, generalno, moguće sprovesti na dva načina (Milanko i Laban, 2012):

- *metodom ček liste*, koja služi za identifikaciju potencijalnih požarnih opasnosti, proveru primenjenih mera zaštite od požara i utvrđivanje potrebe za uvođenjem dodatnih mera, kao i i procenu rizika od požara;
- *metodom stabla događaja*, koja služi za analizu potencijalnih požarnih scenarija, mera zaštite od požara i procenu rizika od požara; metoda pruža više informacija u odnosi na metodu ček liste, zahvaljujući grafičkom prikazu scenarija događaja, gde se u vidu razgranatog stabla prikazuju mogući načini odvijanja požara (Sl. 3.44);

U oba slučaja, kao izlazni rezultat dobija se lista sa potencijalnim opasnostima od požara ili požarnih scenarija, mera zaštite od požara koje je neophodno razmotriti i procenjeni rizik od požara. Procenjeni rizik je opisan kvalitativno ili kvantitativno u zavisnosti od primenjene metode.



Sl. 3.44 - Jednostavno drvo događaja gde inicijalni događaj može dovesti do različitih događaja u zavisnosti od uspeha ili neuspeha mera zaštite od požara na graničnim tačkama (Milanko i Laban, 2012)

Požari zgrada koji su se dogodili u poslednjih nekoliko godina su imali značajan uticaj na preispitivanje postojećih metoda za procenu performansi zgrada u požaru i njihovih komponenti. U Evropi su prepoznati značajni naponi ka poboljšanju načina procene performansi zgradi u požara, međutim razvijanje sheme za ocenjivanje bezbednosti od požara samih zgrada predstavlja aktivnost u začetku (FSEU, 2020b).

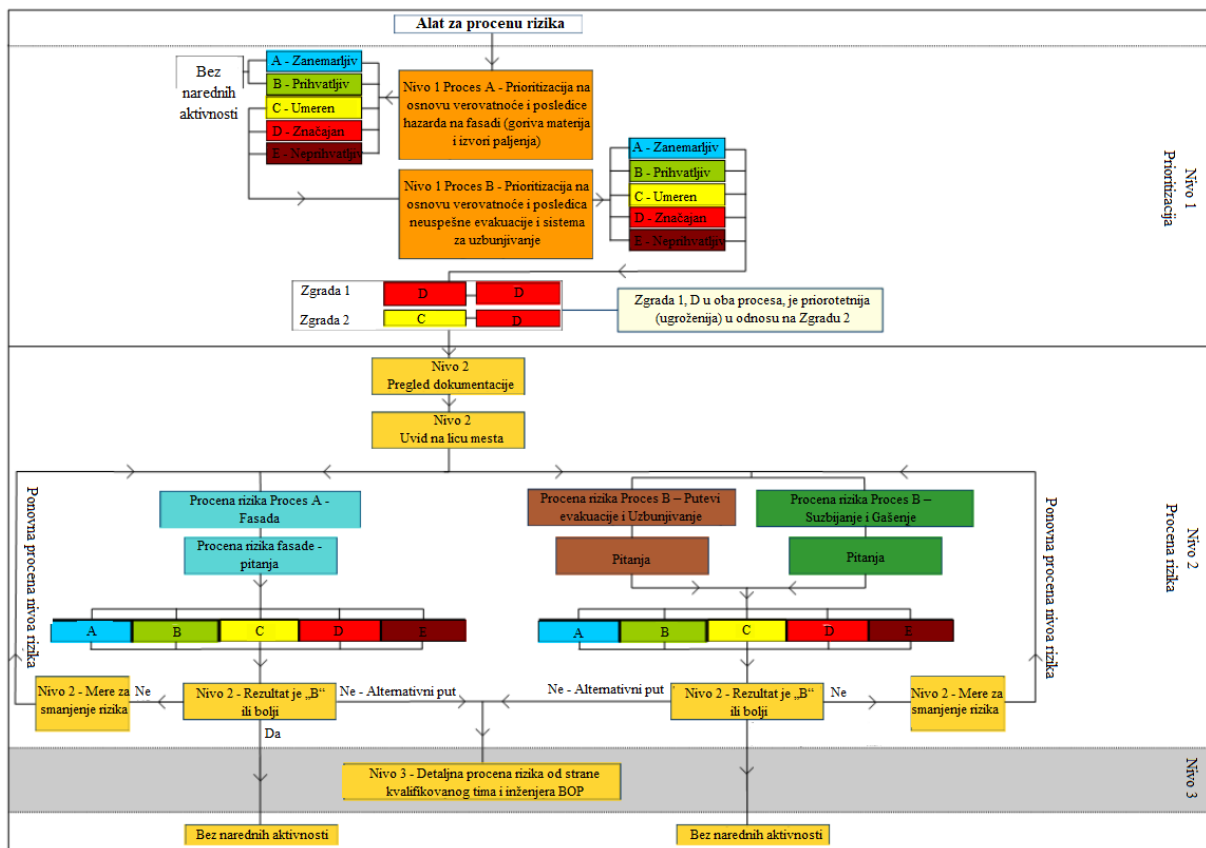
Metode za procenu rizika od požara zgrada sa gorivim fasadnim sistemima

Procena rizika od požara visokih zgrada zahteva razmatranje velikog broja faktora čija je kvantifikacija u većini slučajeva zahtevan zadatak. Postoji nekoliko alata i metodologija koje se mogu primeniti za procenu zgrade sa gorivom fasadom i neke od njih su opisane u nastavku.

Kao odgovor na nedavne požare visokih zgrada sa zapaljivim fasadnim sistemima, razvijen je NFPA alat, tzv. EFFECT (eng. Exterior Facade Fire Evaluation & Comparison Tool) za procenu rizika od požara postojećih zgrada sa gorivim fasadnim sistemima, u kontekstu bezbednosti od požara korisnika (Sl. 3.45).

Lamont & Ingolfsson (2018) su opisali metodologiju koju primenjuje alat.

Metodologija je zasnovana na kvalitativnoj metodi procene, pri čemu procenitelj odgovara na pitanja koja sadrže jasno predefinisane odgovore, i primenljiva je na stambene i poslovne zgrade, visine preko 18m, sa negorivom konstrukcijom. Metodologija podrazumeva dvostepeni pristup ocenjivanja rizika koji je usvojen u cilju procene stanja velikog broja zgrada. Prvi nivo procene predstavlja preliminarnu procenu na osnovu koje je moguće izvršiti rangiranje zgrada i utvrditi koje su zgrade visokorizične te zahtevaju dalju, detaljnu, procenu. Drugi nivo obuhvata procenu rizika od požara koja zahteva izlazak na teren, pregled dokumentacije, uzimanje uzoraka i laboratorijska ispitivanja u slučaju prisustva nepoznatih fasadnih materijala.



Sl. 3.45 – NFPA metodologija za procenu rizika od požara zgrada sa gorivim fasadnim sistemima (Lamont & Ingolfsson, 2018)

Rezultati analiza sprovedenih u fazi 2 mogu usloviti potrebu za fazom 3, kada se zahteva još detaljnija analiza koju sprovodi tim kvalifikovanih inženjera (npr. ako su zgrade ili fasadni sistemi složene konfiguracije, ako je teško identifikovati materijale, ako se pored požarnih performansi zahteva unapređenje i nekih drugih performansi).

Nivoi 1 i 2 su podeljeni na dva paralelna procesa A i B, gde se:

- Proces A fokusira na identifikaciju opasnosti od požara fasade i izvora paljenja;
- Proces B fokusira na zahteve za merama zaštite od požara unutar objekta.

Uloga dva paralelna procesa je sledeća:

- Ako zgrada nema gorivu fasadu to se utvrđuje u prvoj fazi kojom se okončava dalja procena upotrebom ovog alata.
- Omogućava identifikaciju nedostataka u unutrašnjosti objekta koje je potrebno rešiti nezavisno od stanja fasade i ove promene se identifikuju kroz proces B u svakoj fazi.
- Razdvajanje procene na dva procesa daje veću vidljivost rezultata i pojednostavljuje procenu.

Sprovedena procena rezultuje rizikom koji se na osnovu matrice rizika rangira kao: trivijalan (nivo A), prihvatljiv (nivo B), umeren (nivo C), značajan (nivo D) ili neprihvatljiv (Nivo E) (Tab. 3.10).

Tab. 3.10 – Izlazni rezultat NFPA metodologije za procenu rizika od požara zgrada sa gorivim fasadnim sistemima: nivoi rizika A-E i mere koje je potrebno preduzeti radi smanjenja rizika (Lamont & Ingolfsson, 2018)

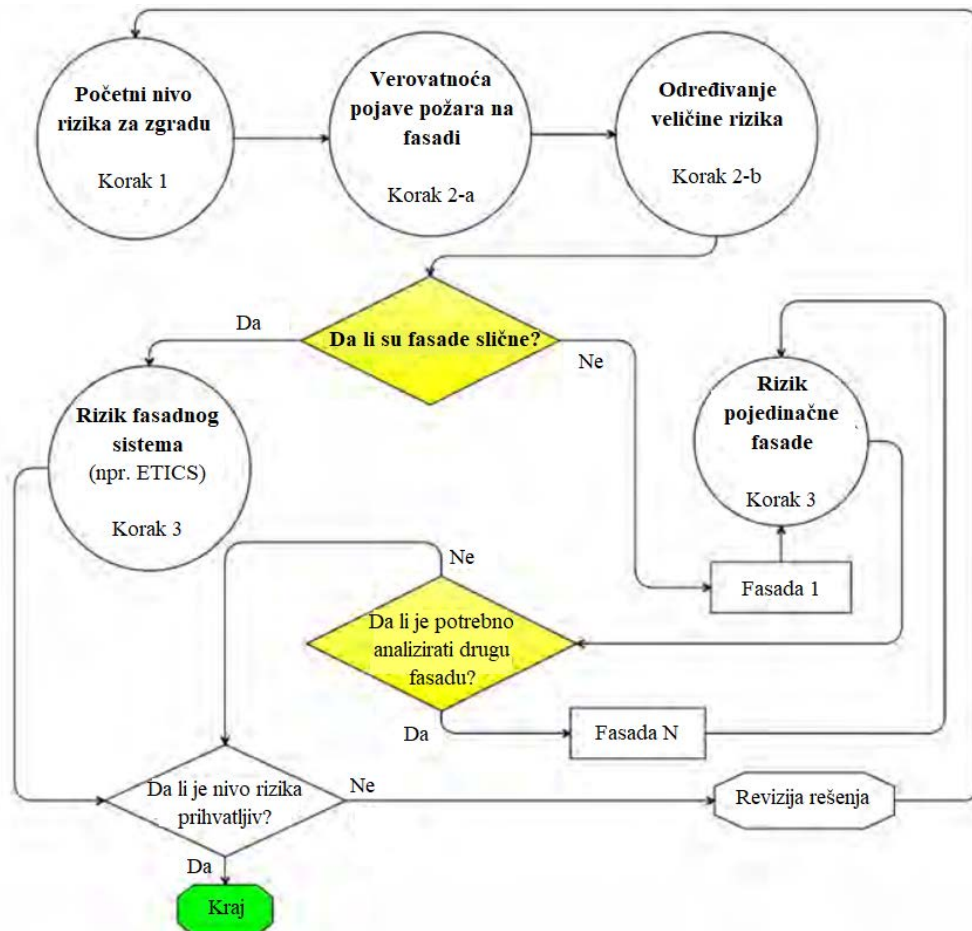
Rezultat procene	PAS 79	Aktivnosti/mere i vremenski okvir
A	Zanemarljiv	Ne zahtevaju se nove mere prevencije požara.
B	Prihvatljiv	Ne zahteva se momentalna aktivnost. Ne zahtevaju se dodatne značajne mere prevencije požara. Ipak, možda postoji potreba za racionalnim praktičnim unapređenjima koje uključuju manje ili zanemarljive troškove koji se mogu dugoročno planirati.
C	Umeren	Potrebno je planirati srednjoročne mere. Ključno je primeniti mere za smanjenje rizika. Potrebno je definisati vremenski okvir i triškove implementaciju mera za smanjene rizika.
D	Značajan	Neophodno je preduzeti aktivnosti. Rizik može biti značajan. Značajni resursi mogu biti potrebni za smanjenje rizika. Ako zgrade nisu u upotrebi, ne treba da ni da budu dok se rizik ne smanji. Ako su zgrade u eksploataciji, neophodno je preduzeti hitne aktivnosti.
E	Neprihvatljiv	Neophodne su hitne aktivnosti. Moguće je da zgrade (ili deo zgrade) ne treba da bude u upotrebi dok se rizik ne smanji.

Prilikom kreiranja alata razvijen je novi sistem bodovanja ili ponderisanja za promenljive rizika, korišćenjem pristupa zasnovanog na procesu analitičke hijerarhije AHP.

Na osnovu opisane metodologije predložena je polukvantitativna metoda za procenu rizika od požara za zgrade sa ETICS fasadama, gde prva faza metode obuhvata procenu početnog, osnovnog, nivoa rizika povezivanjem tipičnih parametara zaštite od požara sa indeksima rizika (Cancelliere et al., 2019). Za razliku od NFPA metodologije, predložena metodologija je primenljiva i na niže zgrade, kao i na zgrade sa konstrukcijom od lameliranog drveta.

Predložena metoda je zasnovana na primeni ček-lista, koje su prilagođene italijanskom zakonodavstvu. Metoda obuhvata identifikaciju određenog broja potencijalnih faktora rizika pri čemu se svaki faktor procenjuje upotrebom posebne ček-liste koja kroz seriju pitanja omogućava da se ispituju različite varijable, u kontekstu verovatnoće i magnitude događaja. Kreirana pitanja istovremeno, direktno i indirektno, daju indikaciju kako da se smanji rizik od požara. Na Sl. 3.46 je prikazan dijagram toka procesa procene.

Procena se sastoji iz tri osnovna koraka. Cilj prvog koraka je definisanje početnog nivoa rizika koji se definiše na osnovu analize karakteristika zgrade i osnovnih mera bezbednosti od požara implementiranih u zgradi. U drugoj fazi, ček-lista je fokusirana na procenu verovatnoće da će požar zahvatiti fasadu (korak 2a) i posledica razmatranog scenarija požara (korak 2b). Rezultat može biti povećanje prethodnog nivoa rizika, određenog u koraku 1. Ako se fasade zgrade razlikuju po konfiguraciji, procena se vrši za svaku fasadu i to predstavlja treći korak procene. U fazi 3, kontrolna lista je praćena grafičkim šemama i konstruktivnim detaljima tehničkih rešenja čiji je cilj da se smanji ili čak eliminiše prethodno povećanje procenjenog nivoa rizika. Ako se utvrdi usklađenost projektnih rešenja sa ovim šemama može se garantovati odgovarajući nivo zaštite od požara u zgradi. Data shematska rešenja predstavljaju neki vid podrške u identifikovanju najugroženijih delova fasade zgrade.



Sl. 3.46 – Dijagram toka procene rizika od požara za zgrade sa osnovnim koracima (Cancelliere et al., 2019)

Metodologija koristi matricu rizika kombinovanjem nivoa verovatnoće pojave požara i nivoa magnitude, na osnovu čega je moguće izvršiti komparaciju procenjenog stanja sa početnim nivoom rizika (Sl. 3.47). Konačni nivo rizika može biti prihvatljiv ili ne, u zavisnosti od uspostavljene granice.

		magnituda (M)				
		niska	srednja	visoka	veoma visoka	
	niska	nizak rizik	srednji rizik	visok rizik	veoma visok rizik	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">NIZAK</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">SREDNJI</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">VISOK</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">VEOMA VISOK</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>← POČETNI NIVO RIZIKA ZA ZGRADU</p> <p>← Pogoršanje (verovatnoća x magnituda)</p> </div>
	srednja	nizak rizik	srednji rizik	visok rizik	veoma visok rizik	
	visoka	nizak rizik	srednji rizik	visok rizik	veoma visok rizik	
	veoma visoka	nizak rizik	srednji rizik	visok rizik	veoma visok rizik	
	veoma visoka	nizak rizik	srednji rizik	visok rizik	veoma visok rizik	

Sl. 3.47 – Matrica verovatnoća-magnituda i komparacija procenjenog stanja sa početnim nivoom rizika (Cancelliere et al., 2019)

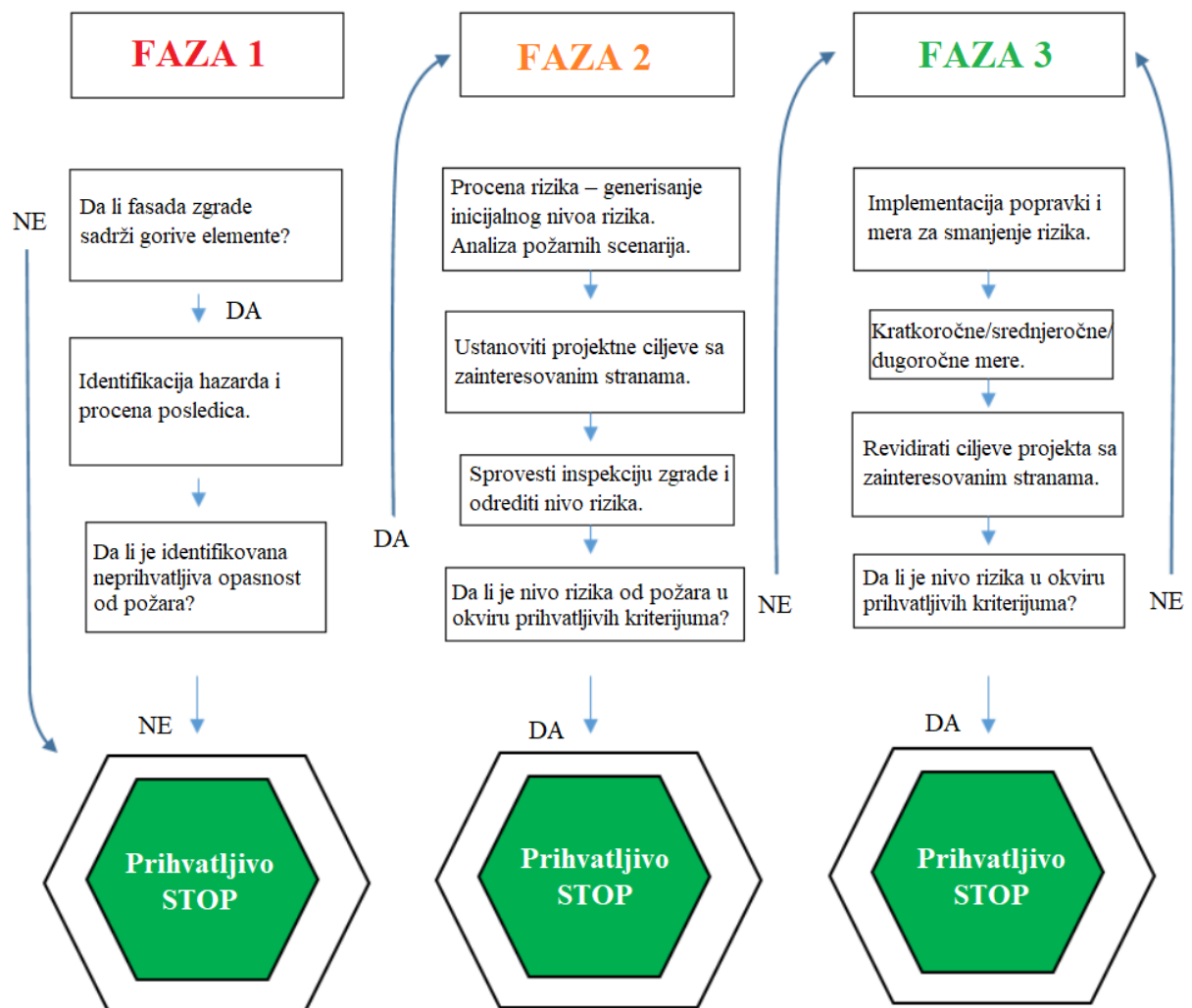
Metoda je eksperimentalno validirana ispitivanjem različitih uzoraka ETICS fasada i navodi se da predložena struktura za procenu rizika može biti primenljiva i na druge fasadne sisteme, uz dalju nadogradnju i generalizaciju procesa.

Australijsko inženjersko društvo za zaštitu od požara (Society of Fire Safety [SFS], 2019) izradilo je praktični vodič (u daljem tekstu Vodič) koji predstavlja okvir za procenu rizika od širenja požara preko zapaljive fasade zgrade i njen uticaj na požarnu bezbednost zgrade u celini.

Metodologija za procenu postojećih zgrada je podeljena u tri faze (Sl. 3.48):

- Faza 1 - Preliminarna procena: obuhvata niz pitanja na osnovu kojih je moguće identifikovati opasnosti i doneti primarnu ocenu rizika;
- Faza 2 - Detaljna procena: obuhvata detaljnija pitanja na osnovu kojih je moguće doneti sveobuhvatnu ocenu rizika;
- Faza 3 - Odabir mera za unapređenje postojećeg stanja: obuhvata uputstva o nivou mera koje je potrebno preduzeti kako bi se smanjenio rizik.

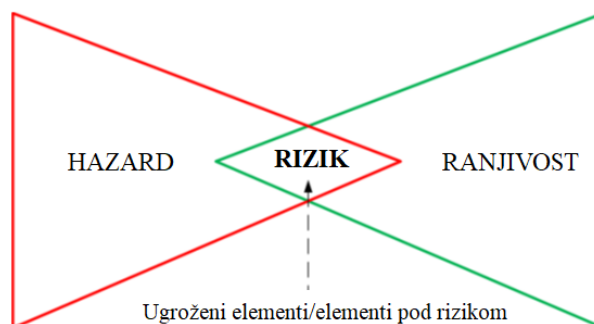
Kao ograničenje metodologije navodi se to što metodologija predlaže da se utvrdi ocena rizika, ali ne nudi alat za ocenjivanje rizika. Dodatno, Vodič predstavlja metodologiju koja rezultira potrebnim merama unapređenja performansi, ali ne precizira mere koje je potrebno primeniti.



Sl. 3.48 – Dijagram toka predložene SFS metodologije (SFS, 2019)

Prostorno-vremenska analiza požara u zgradama

Koncept rizika je usko povezan sa konceptima hazarda i ranjivosti, odnosno rizik predstavlja funkciju hazarda i ranjivosti (Sl. 3.49).



Sl. 3.49 – Odnos hazarda, rizika i ranjivosti (Alexander, 2002)

Hazard ili opasnost predstavlja proces, pojavu ili ljudsku aktivnost koja može uzrokovati gubitak života, povrede ili druge zdravstvene posledice, štete na imovini, društveni i ekonomski poremećaj ili degradaciju okoline (Knowledge FOR Resilient soCiEty [K-FORCE], 2019).

Ranjivost predstavlja kompleksnu karakteristiku koja odražava slabe tačke sistema, njegovu smanjenu otpornost na potencijalno narušavanje njegove funkcije, oštećenje ili uništenje. Izražava meru štete nanесenu sistemu u slučaju opasnih događaja (K-FORCE, 2019).

Da bi se kreirala mapa rizika, neophodno je prethodno kreirati mapu hazarda i ranjivosti i ovaj proces se sastoji iz sledećih koraka (Rak & Jurikova, 2012):

- Prikupljanje podataka - kreiranje i priprema podataka;
- Obrada podataka u vidu pojedinačnih mapa (hazarda i ranjivosti);
- Izrada mape rizika, odnosno međusobno povezivanje (preklapanje) mape hazarda i mape ranjivosti.

Mape hazarda prikazuju prirodu i obim stvarnih i potencijalnih hazarda. Početna faza u mapiranju hazarda podrazumeva prikupljanje, poređenje i tumačenje podataka o prirodi, učestalosti i veličini prošlih događaja. Sledeći korak je pokušaj predviđanja prirode i obima budućih pojava što zahteva ispitivanje verovatne učestalosti ili verovatnoće pojave štetnih događaja statističkom procenom i/ili modelovanjem. Mape mogu pružiti relativno dobro razumevanje onoga što se dogodilo u prošlosti i naznaku gde bi se mogli očekivati budući problemi, međutim pouzdanost mapa hazarda zavisi od količine i tačnosti izvornih podataka, kao i validnosti procesa predviđanja i modelovanja (Marker, 2013).

Mape ranjivosti prikazuju lokacije gde su ljudi, objekti i/ili prirodna sredina izloženi mogućem riziku usled potencijalnih opasnosti.

Mape rizika su u osnovi mape ranjivosti dopunjene procenom posledica događaja date veličine u kontekstu života, povreda, finansijskih, ekoloških i/ili drugih uticaja (Marker, 2013).

Za upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara tokom poslednje decenije se u velikoj meri primenjuju tehnologije koje se zasnivaju na prikupljanju i analizi prostornih i

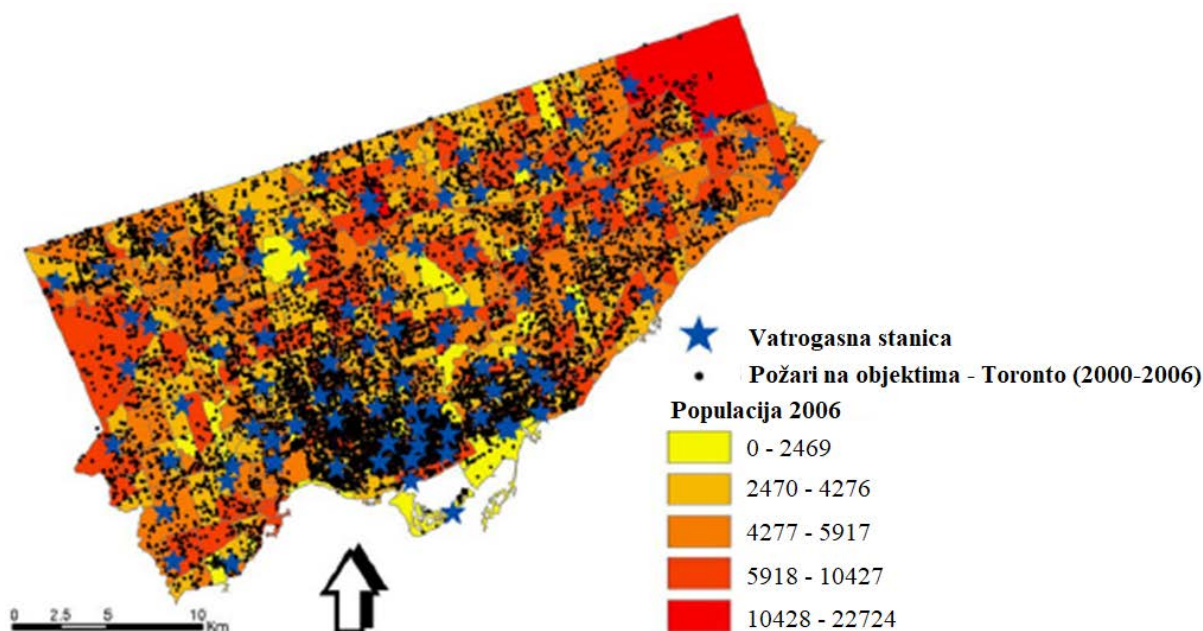
opisnih podataka o katastrofama. Imajući u vidu da su katastrofalni događaji u osnovi prostorne prirode, nauka o geoprostornim informacijama igra presudnu ulogu u upravljanju ovim pojavama (Masoumi, Genderen & Maleki, 2019).

Od 90-ih godina prošlog veka, GIS predstavlja moćno sredstvo za predstavljanje i analizu slojeva informacija na prostorni način (Cariolet, Vuillet & Diab, 2019). Metode procene rizika zasnovane na GIS tehnologiji mogu se prilagoditi proceni rizika od požara u urbanim sredinama (Masoumi et al., 2019). U analizi i evaluaciji rizika od požara u zgradama, GIS može poslužiti za mapiranje opasnosti, ranjivosti i rizika od požara i njihov prikaz u prostornom obliku.

Izuzev prostornog aspekta, veoma važnu ulogu u analizi rizika igra i vremenski domen, s obzirom da distribucija požara u zgradama varira u zavisnosti od doba dana, dana u nedelji, meseca u godini, pa i godišnjeg doba. Sagledavanje i razumevanje načina ponašanja požara u zgradama u prostoru i vremenu pruža mogućnost usmeravanja mera unapređenja zaštite od požara ka zgradama za koje analiza utvrdi da ih karakteriše visok rizik od požara.

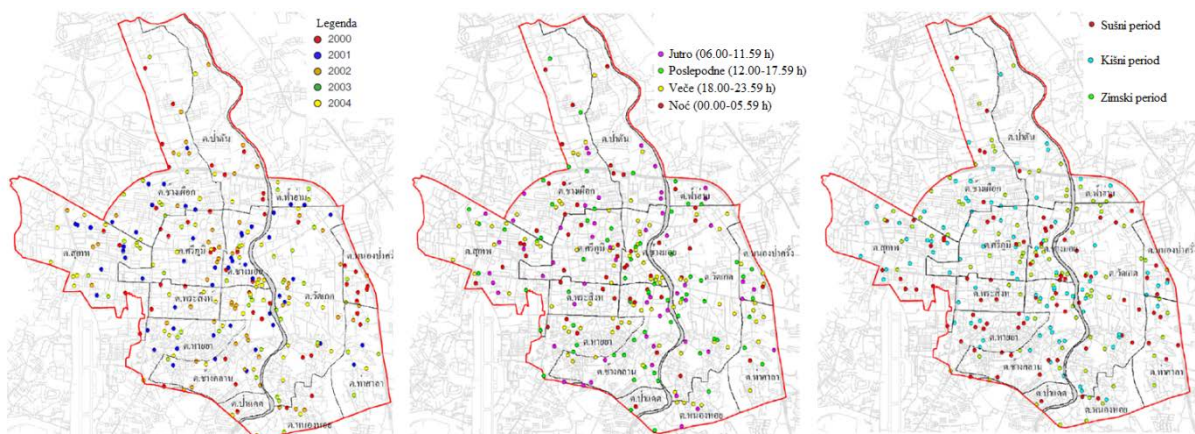
U nastavku je dat kratak pregled istraživanja koja su se bavila procenom rizika od požara u urbanim sredinama zasnovanoj na prostornoj i/ili vremenskoj analizi požara.

Asgary, Ghaffari & Levy (2010) su sprovedeli prostorno-vremensku GIS analizu incidenata požara na objektima koji su se dogodili u Torontu, u Kanadi od 2000. do 2006. godine (Sl. 3.50). Studija je obuhvatila prikupljanje i analizu podataka o različitim uzrocima požara sa ciljem utvrđivanja u kojoj meri se postojeći podaci mogu koristiti kao osnova za unapređenje prevencije i reagovanja na požar na lokalnim nivoima. U okviru istraživanja su primenjene prostorno-vremenske tehnike koje ilustruju kako se obrasci analiziranih požara razlikuju u zavisnosti od doba dana, dana u nedelji i meseca u godini.



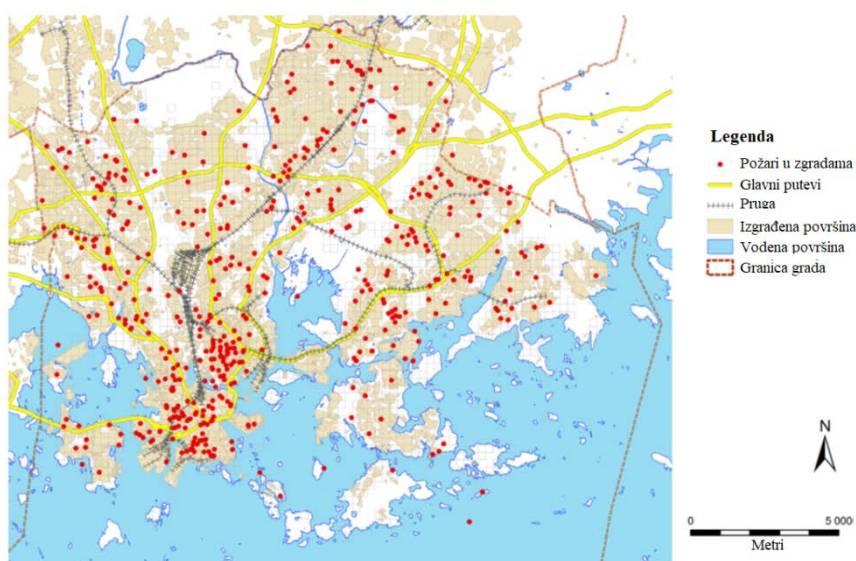
Sl. 3.50 – Požari na objektima koji su se dogodili u Torontu od 2000. do 2006. godine i lokacije vatrogasno-spasilačkih jedinica (Asgary et al., 2010)

Srivanit (2011) je razvio pristup za procenu rizika od požara zasnovan na GIS-u sa ciljem identifikacije prostornih faktora koji utiču na opasnost od požara i sagledavanja rizika u gradu Chiang Mai, na Tajlandu. Procena rizika od požara u ovoj studiji je imala dva glavna faktora: ranjivost i sposobnost ublažavanja uticaja katastrofe u istraživanom području, kao i okviru područja u kojima su prethodno zabeleženi požari. Prikupljene informacije su integrisane u GIS bazu podataka, a zatim je izvršena prostorno-vremenska analiza (Sl. 3.51).



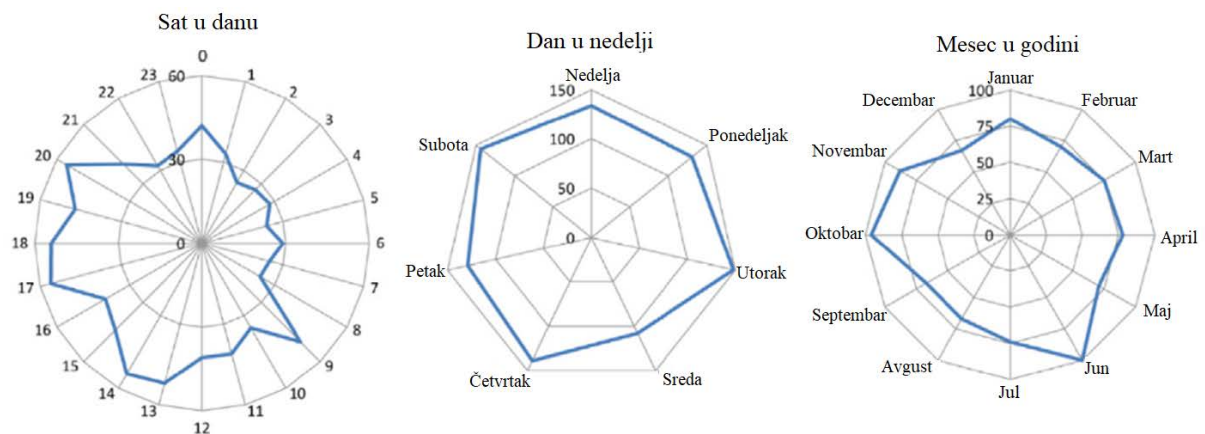
Sl. 3.51 – Obrasci incidenata požara u gradu Chiang Mai tokom 2000-2004. prema periodu u kome su se dogodili: a) prema godini; b) prema delu dana; c) prema sezoni (Srivanit, 2011)

Špatenková & Virrantaus (2013) su sprovedi studiju koja se fokusira na verovatnoću pojave incidenata i nudi skup naprednih interdisciplinarnih metoda prostorne i prostorno-vremenske analize koje dele isti cilj - identifikovanje uzročno-posledičnih veza u podacima o incidentima. Studija je imala za cilj da otkrije odnose koji postoje između pojave požara u zgradama i okolnog okruženja, uključujući socijalno-ekonomske karakteristike stanovnika. Studija ilustruje kako svaka od metoda otkriva različite aspekte postojećih odnosa, odnosno kako se iz skupova prostornih podataka može doći do različitih saznanja. Pristup je demonstriran kroz studiju slučaja koja je obuhvatila analizu požara u zgradama u gradu Helsinki, u Finskoj, koji su se dogodili u periodu 2005-2007. godine (Sl. 3.52).



Sl. 3.52 – Distribucija požara u zgradama u periodu 2005-2007. godine u Helsinkiju, u Finskoj (Špatenková & Virrantaus, 2013)

Wuschke, Clare & Garis (2013) smatraju da iako se pristup visokokvalitetnim vremenskim i prostornim podacima o događajima požara poboljšao tokom poslednjih decenija, veza između prostornog/vremenskog grupisanja, teorije i ciljne zaštite od požara ostaje u velikoj meri neistražena. Da bi se pozabavili ovim problemom, autori su izvršili komparaciju vremenske i prostorne raspodele požara u stambenim zgradama i provala u stanovima koji su se dogodili tokom vremenskog perioda od tri godine u severnoameričkom gradu Sari. Prostorni obrasci požara i provala analizirani su pomoću GIS-a. Vremenska analiza istraživala je slučajeve požara i provale raščlanjene po satima u danu, danu u nedelji i mesecu u godini, a podaci su prikazani pomoću kružnih dijagrama (Sl. 3.53) da bi se tačno prikazala kontinuirana priroda ovih vremenskih kategorija.



Sl. 3.53 – Vremenski obrasci požara koji su se dogodili u stambenim objektima u periodu 2004-2006. godine u gradu Sari, u Kanadi (Wuschke et al., 2013)

Ferreira et al. (2016) su razvili novu metodologiju za procenu rizika od požara u urbanim sredinama koju su primenili na staro gradsko jezgro Seikala, u Portugaliji (Sl. 3.54). Primenom razvijene metodologije procenjeno je više od 500 zgrada, a rezultati su prostorno analizirani pomoću integrisanog GIS-a. Prva faza studije slučaja obuhvatila je identifikaciju i prikupljanje glavnih izvora ranjivosti od požara. U narednoj fazi, ovi podaci su korišćeni kao ulazni podaci za razvoj i primenu nove metodologije za procenu rizika od požara.



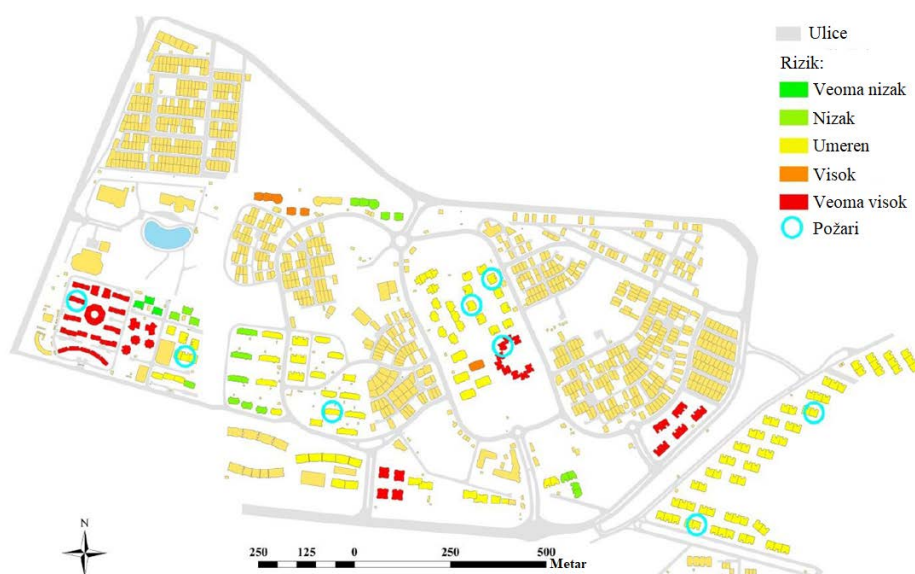
Sl. 3.54 – Mapa rizika od požara u gradskom jezgru Seikala, u Portugaliji (Ferreira et al., 2016)

Goncalves & Correia (2016) su predložili metod za procenu rizika od požara u urbanim sredinama. Cilj istraživanja bio je da naprave detaljnu mapu rizika i planove intervencija koji omogućavaju bolji odgovor i ublažavanje efekata urbanih požara. U ovoj studiji korišćena je metoda *CHICHO_RRO*, novi pristup proceni rizika od požara u gradovima koji je primenjen u studiji slučaja sprovedenoj u Portu, gradu u Portugaliji. Rezultat istraživanja je mapa rizika od požara za istraživano područje (Sl. 3.55).



Sl. 3.55 – Mapa rizika od požara u bloku Ribeira/Barredo, u istorijskom centru grada Porto, u Portugaliji (Goncalves & Correia, 2016)

Masoumi et al. (2019) su odredili požarni rizik visokih zgrada u gustom urbanom području u gradu Zanzjan, u Iranu, uzimajući u obzir dva aspekta, karakteristike urbane infrastrukture i karakteristike samih zgrada. U cilju izrade mapa rizika od požara, prikupljene su različite informacije i sprovedene su tehnike fuzije informacija korišćenjem prostornih analiza. U tu svrhu, za svaku zgradu su pomoću drona prikupljene prostorne informacije, a zatim su prikupljeni i atributni podaci. Uzimajući u obzir karakteristike urbane infrastrukture koje sa sobom nose visok rizik, kao i analizu zaštite od požara u visokim zgradama, pripremljena je mapa ugroženosti za to područje. Procenjena je i požarna opasnost svake zgrade i utvrđen je nivo rizika (Sl. 3.56).



Sl. 3.56 – Mapa rizika u području studije slučaja kreirana na osnovu karakteristike zgrada i urbane infrastrukture (Masoumi et al., 2019)

Iz analiziranih studija proizašli su sledeći zaključci:

- Broj žrtava prouzrokovanih gradskim požarima ukazuje na hitnu potrebu da se na adekvatan način prouči rizik od požara u zgradama, posebno u starijim urbanim područjima, kako bi se rizik mapirao i kako bi se kreirali planovi intervencija u vanrednim situacijama koji omogućavaju bolji odgovor i efikasnije ublažavanje efekata urbanih požara.
- Mapiranje rizika, odnosno integracija rezultata analize rizika u GIS platformu ima značajnu ulogu u upravljanju rizikom od požara predstavljajući izuzetno važan korak ka ublažavanju rizika na urbanom nivou, omogućavajući planiranje intervencije na osnovu globalnog prostornog prikaza lokacije koja se analizira, što vodi ka minimiziranju opasnosti od požara i kreiranju tačnije i sveobuhvatnije strategije za ublažavanja rizika.
- Prostorno-vremenska analiza požara omogućavaju stvaranje tačnijih mapa rizika. Izuzev prostorne analize, modelovanje rizika bi trebalo da obuhvata i detaljnu vremensku analizu.
- Kako bi se osigurala pouzdanost rezultata analiza, potrebno je obezbediti kvalitetne ulazne podatke. Proces prikupljanja i čuvanja podataka trebalo da bude u potpunosti automatizovan kako bi se osigurao najviši kvalitet evidencije.

3.2.3.3. Performanse armiranobetonskih elemenata u požaru

U poređenju sa čeličnim i drvenim konstrukcijama, armiranobetonske konstrukcije poseduju dobru prirodnu otpornost na požar. Otpornost na požar vitkih armiranobetonskih elemenata u tipičnim konstrukcijama je oko 50–60 min, dok elementi projektovani za uslove požara mogu biti otporni na požar i do 4 h (Wróblewska & Kowalski, 2020).

Zahvaljujući niskoj toplotnoj provodljivosti, toplota polako prodire u poprečni presek AB elementa, a armaturu (koja je negoriva ali veoma osetljiva na visoke temperature) štiti zaštitni sloj betona, što utiče na očuvanje nosivosti konstrukcije tokom i nakon požara.

U istraživanju koje je sproveo Khoury (2020) navedeni su faktori koji utiču na otpornost betonskih elemenata na požar:

- veličina i oblik elemenata;
- položaja i svojstva armature;
- prisutno opterećenje;
- vrsta betona i agregata;
- debljina zaštitnog sloja betona;
- način oslanjanja elementa;

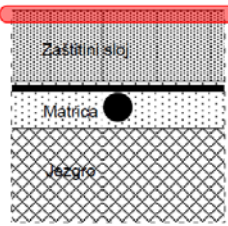

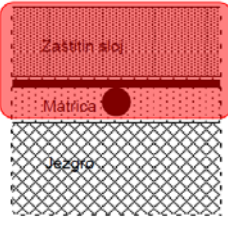
Pored dobre prirodne otpornosti na požar, AB konstrukciju karakterišu i druge izuzetne performanse u požaru (Jacobs, 2007):

- negoriva je (klase reakcije na požar A1);
- pri zagrevanju ne proizvodi dim ili otrovne gasove čime smanjuje rizik za korisnike objekta i vatrogasce;

- pri zagrevanju ne dolazi do produkcije čestica/kapljica koje gore i otpadaju i dovode do širenje požara;
- ne doprinosi povećanju požarnog opterećenja;
- zahvaljujući prirodnoj otpornosti na požar, sprečava njegovo širenje;
- sprečavajući širenje požara smanjuje rizik od zagađenja životne sredine;
- predstavlja efektivnu požarnu barijeru čime je osigurana bezbedna evakuacija korisnika objekta;
- njeno svojstvo robusnosti olakšava gašenje požara i utiče na smanjenje rizika od kolapsa konstrukcije;
- otporna je na vodu koja se koristi za gašenje požara;
- lako ju je sanirati nakon požara;

I pored dobrih performansi, neminovno je da će prilikom izlaganja betonskih elemenata i konstrukcija visokim temperaturama požara doći do pojave određenih oštećenja (Tab. 3.11).

Tab. 3.11 – Klasifikacija oštećenja usled požara sa prikazom zahvaćenog dela poprečnog preseka (Malešev i Radonjanin, 2020; Cho et al., 2017)

Stepen oštećenja	Temperatura (°C)	Zahvaćeni deo poprečnog preseka	Grafički prikaz zahvaćenog dela	Uočene promene/oštećenja
1	~300	Tanki površinski sloj		Čađ; Manja isprskalost površine betona - mrežaste prsline i normalna boja betona; Nije vidljivo odvajanje i otpadanje komada betona; Šipke armature nisu vidljive;
2	300 - 600	Zaštitni sloj betona		Umerena isprskalost površine betona (engl. <i>Crazing</i>); Površinsko odvajanje i otpadanje komadića betona (engl. <i>Surface spalling</i>); Pucanje i ispadanje zrna agregata (eng. <i>Aggregate spalling</i>); Boja betona: ružičasta ili crvena; Šipke armature nisu vidljive ili su lokalno vidljive na mestima nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona (vidljivo do 25% šipki);
3	600 - 950	Betonska matrica		Izražena - opšta isprskalost površine betona; Odvajanje i opadanje komada betona duž ivica elemenata (engl. <i>Corner spalling</i>) i pojava pukotina duž šipki armature (engl. <i>Corner cracking</i>); Radikalno odvajanje i otpadanje komada betona (engl. <i>Sloughing off spalling</i>); Boja betona: ružičasta/crvena/svetlo siva; Do 50% šipki armature je vidljivo; Pad čvrstoće betona pri pritisku; Manji ugib AB elemenata;

4	950 - 1200	Betonsko jezgro		<p>Duboko, progresivno odvajanje i otpadanje komada betona (engl. <i>Sloughing off spalling</i>);</p> <p>Više od 50% šipki armature je vidljivo;</p> <p>Boja betona: svetlo siva/mrko žuta;</p> <p>Moguće topljenje betona (dugotrajni požari);</p> <p>Unutrašnje raslojavanje betona;</p> <p>Narušena athezija između betona i armature;</p> <p>Povećanje ugiba/deformacije AB elemenata;</p> <p>Smanjenje mehaničkih karakterisitka armaturnog čelika;</p> <p>Moguće izvijanje i pucanje šipki armature;</p>
---	------------	-----------------	---	--

Stepen oštećenja AB konstrukcija u požaru zavisi od dužine trajanja požara, kao i maksimalnih temperatura kojima je izložena tokom požara (Khoury, 2000; Cho et al., 2017). Dugotrajno izlaganje visokim temperaturama u požaru dovodi do smanjenja mehaničkih svojstava armiranog betona, usled fizičko-hemijskih promena koje se odvijaju tokom zagrevanja betona, kao i ljuskanja, što rezultira gubitkom materijala, odnosno redukcijom zaštitnog sloja betona i ogoljavanjem armature i njenim izlaganjem prekomernim temperaturama. Shodno tome, funkcionalnost i nosivosti betonskog elementa mogu biti ugrožene (Khoury, 2000).

Zahvaljujući maloj toplotnoj provodljivosti, zapravo samo površinski sloj betona (prvih nekoliko centimetara) u požaru ima temperature veće od 300°C. Uobičajena praksa nakon požara je uklanjanje i zamena ovog „pregrejanog“ sloja. Sve dok tokom požara ne dolazi do ljuskanja betona, ovaj sloj nastavlja da pruža toplotnu zaštitu armaturi i unutrašnjem betonu, iako dolazi do smanjenja njegovih konstruktivnih svojstava (Khoury, 2000).

3.3. Termoizolacioni materijali za obnovu fasade

Termičke performanse spoljnih zidova zgrada su usko vezane sa problemima potrošnje energije u zgradama. Unapređenje termičkih performansi spoljnih zidova kroz apliciranje dodatnog sloja termoizolacije (TI) predstavlja jednu od ključnih mera za unapređenje energetske efikasnosti u sektoru zgradarstva i smanjenje njegovog uticaja na emisiju gasova staklene bašte.

Istraživanje i razvoj TI materijala se uglavnom odvijaju u dva pravca. S jedne strane, radi smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu, sve više se potencira upotreba ekološki prihvatljivih materijala i proizvoda, pri čemu se u prvi plan ističu materijali biljnog ili životinjskog porekla koji se brzo mogu obnoviti, materijali koje je moguće reciklirati i ponovo upotrebiti, netoksični i oni koji se dobijaju niskoenergetskim tehnikama proizvodnje (izolacioni materijali na prirodnoj osnovi). S druge strane, potreba za brzim sprovođenjem energetske obnove postojećeg fonda zgrada vodi ka razvoju nove vrste izolacionih materijala visokih performansi koji mogu garantovati potrebnu toplotnu otpornost sa minimalnom debljinom (Casini, 2019).

3.3.1. Odabir TI materijala za obnovu zgrada

U oblasti obnove zgrada prisutan je veliki broj modela, metoda i alata razvijenih kao podrška donosiocima odluka. Postojeće metodologije počivaju na dva glavna pristupa koji obuhvataju (Lill, Kanapeckiene, Tupenaite & Naimaviciene, 2017):

- modele u kojima su alternativna rešenja za obnovu eksplicitno poznata i
- modele u kojima su alternativna rešenja obnove implicitno definisana u postavci modela optimizacije.

Lill et al. (2017) primećuju da je najčešće primenjivani apriorni pristup onaj u kojem donosilac odluka alternativna rešenja za obnovu zgrada procenjuju metodama višekriterijumske analize. Međutim, ono što je evidentno jeste da je u literaturi prisutan ograničen broj studija koje se bave odabirom TI materijala, a istovremeno mali je broj studija koje prilikom odabira materijala problem posmatraju sa više aspekata (obično se razmatraju samo dva parametra).

Kao neke od metoda višekriterijumske analize primenjene za odabir optimalnog TI materijala identifikovane su: SAW, TOPSIS, VIKOR, GV, VS, COPRAS, WASPAS, WSM, WPM, AHP i Arioğlu.

Odabir optimalnog TI materijala/sistema zavisi od velikog broja faktora, među kojima se ističu (Casini, 2019):

- tip intervencije na zgradi;
- predviđeni položaj TI sloja;
- uslovi rada (klimatski uslovi, opterećenja, izloženost požaru, raspoloživi prostor itd.);
- postavljeni ciljevi koji se žele postići intervencijom;

Dati faktori uslovljavaju performanse koje izolacija mora da obezbedi, kao i mogućnost primene u pogledu kompatibilnosti materijala, metoda ugradnje i dozvoljenih debljina.

3.3.2. Položaj dodatnog termoizolacionog sloja

Predviđeni položaj dodatnog TI sloja u velikoj meri utiče na odabir optimalnog TI materijala za obnovu spoljnih zidova zgrada.

U literaturi su identifikovana 3 načina aplikacije dodatnog sloja TI na postojeće spoljne zidove zgrade (Tab. 3.12):

- sa spoljne strane zida
- sa unutrašnje strane zida
- kao ispunjena ventilisanog sloja (šupljine) u zidu

Tab. 3.12 – Prednosti i nedostaci aplikacije dodatnog sloja termoizolacije na spoljne zidove u zavisnosti od predviđenog položaja u zidu (Radonić, 1979; Häkkinen, 2012)

Položaj TI sloja	Prednosti	Nedostaci
Sa spoljne strane zida	Smanjenje rizika od pojave toplotnih mostova; Zaštita zida od smrzavanja i stvaranja prslina; Zaštita zida od penetracije kiše; Unapređenje spoljašnjeg izgleda u slučaju degradacije spoljne površine; Očuvanje toplotne inercije; Ne utiče na smanjenje zapremine unut. prostora; Sporo hlađenje prostorija; Manja kondenzacija vodene pare u slojevitim zidovima, parna brana obično nije potrebna; Zidovi su zaštićeni od toplotnog naprezanja pri osunčanju;	Promena spoljašnjeg izgleda objekta; Komplikovaniji način postavljanja i veći troškovi u odnosu na druga dva načina postavljanja; Zauzimanje javnog prostora tokom postavljanja izolacije; Zahteva procenu stanja spoljne površine zida; Sporo zagrevanje prostorija; Leti veće zagrevanje prostorija usled osunčanja;
Sa unutrašnje strane zida	Očuvanje spoljnog izgleda; Jednostavnija ugradnja i niži troškovi postavljanja u odnosu na troškove instalacije sa spoljne strane; Brzo zagrevanje prostorija; Leti manje zagrevanje prostorija usled osunčanja;	Rizik od pojave toplotnih mostova; Moguća degradacija sa spoljne strane zida usled hlađenja i povećane vlažnosti u zidu; Rizik od pojave prslina usled temperaturnih varijacija sa spoljne strane zida; Smanjenje zapremine unutrašnjeg prostora; Gubitak toplotne inercije; Teško je postići kontinuitet parne brane; Može zahtevati modifikaciju mreže cevovoda – postavljanje cevovoda tako da je zaštićen od mraza; Brzo hlađenje prostorija; Veća kondenzacija vodene pare u slojevitim zidovima, obično treba parna brana; Zidovi su izloženi toplotnom naprezanju usled osunčavanja;
U šupljini (ventilisanom sloju) između dva sloja zida	Očuvanje toplotne inercije; Očuvanje spoljašnjeg izgleda objekta; Niži troškovi postavljanja u odnosu na troškove instalacije sa spoljne strane i jednostavnija ugradnja;	Rizik od pojave toplotnih mostova na mestima prekida unutar šupljine; Hlađenje spoljnog zida; Zahteva prethodno ispitivanje stanja unutar šupljine; Smanjena sposobnost sušenja spoljne površine zida;

U okviru SUSREF projekta (Häkkinen, 2012; Vares et al., 2012) analizirani su koncepti postavljanja dodatnog sloja TI pri obnovi postojećih zgrada i osnovni zaključci, u kontekstu prednosti i nedostataka datih koncepata, su navedeni u nastavku.

3.3.2.1. Spoljna termička izolacija zida

Oblaganje spoljnih zidova zgrada sa spoljne strane se smatra poželjnim metodom za dodavanje termoizolacije postojećim zgradama iz niza razloga. Izuzev suočavanja sa problemima prenosa toplote i vlage na sveobuhvatan način, kao glavna prednost navodi se činjenica da postavljanje izolacije sa spoljne strane ne utiče na smanjenje veličine raspoloživog unutrašnjeg prostora i obično je moguće postaviti izolaciju dok je zgrada u upotrebi, bez ometanja korisnika zgrade i dodatnih troškova vezanih za njihovo izmeštanje dok traju radovi. Dodatna spoljna izolacija može imati značajan uticaj na ublažavanje toplotnih gubitaka zida, umanjujući efekte postojećih toplotnih mostova (zahvaljujući kontinuitetu izolacije) i poboljšavajući vazдушnu nepropusnost zida. U većini slučajeva spoljna izolacije se može postaviti direktno na postojeću konstrukciju zida, s tim da prethodno može zahtevati procenu stanja, pa i sanaciju postojeće spoljne obloge zida ukoliko je ona degradirana.

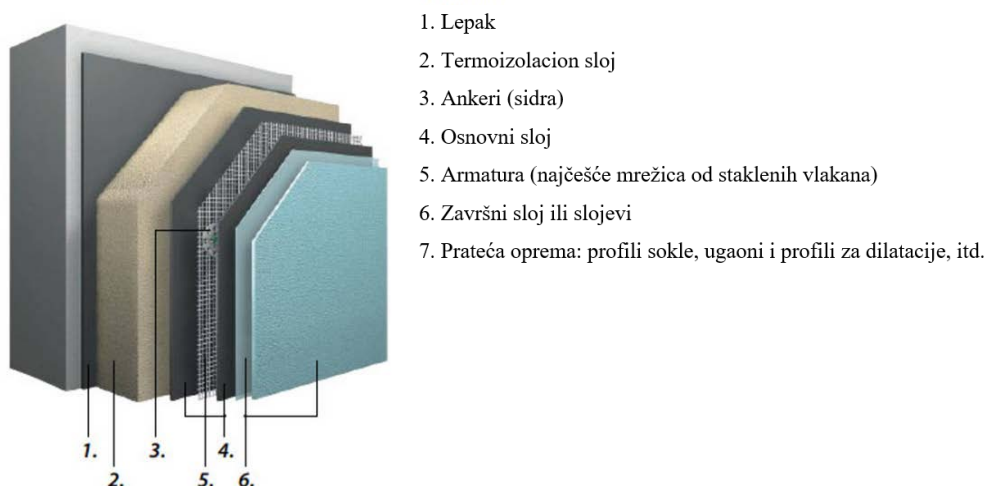
Definisana su 4 načina postavljanja dodatne izolacije na spoljne zidove postojećih zgrada, u vidu:

- kontaktne fasade (ETICS)
- ventilisanog zida
- panelnog sistema
- TI maltera

Kontaktna fasada (ETICS)

Kontaktna fasada - ETICS predstavlja spoljni kompozitni sistem za toplotnu izolaciju koji predstavlja jedinstven proizvod u smislu Uredbe o građevinskim proizvodima (Regulation 305/2011).

Sistem se sastoji od izolacionog materijala koji je pričvršćen na postojeći zid lepkom i/ili mehaničkim sredstvima, tankog armiranog sloja i završnog zaštitnog sloja (Sl. 3.57).



Sl. 3.57 – Tipične komponente ETICS-a (European Association for ETICS)

Gornji slojevi sa malterom, armaturnom mrežicom i površinskom obradom nanose se direktno na izolacioni sloj, bez vazдушnih šupljina između slojeva. U ETIC sistemima se mogu koristiti

različite vrste termoizolacionih materijala, pri čemu su sistemi sa izolacijom od polistirena ili mineralne vune najčešće korišćeni sistemi za poboljšanje toplotne zaštite spoljnih zidova zgrada u Evropi, usled čega su ovi sistemi i standardizovani.

Ventilisana fasada

U mnogim evropskim zemljama ventilisana fasada je najčešće rešenje za obnovu fasada nakon ETICS-a. Neprozirna ventilisana fasada se sastoji se od toplotne izolacije i spoljne obloge, između kojih se ostavlja šupljina (ventilisani sloj) i koji se na postojeći zid pričvršćuju pomoću podkonstrukcije. Sistem je montiran na suvo, odnosno sve veze se ostvaruju mehaničkim sredstvima. Oblik obloge može varirati od ploča do panela i keramičkih pločica, dok se površinski materijal može razlikovati (kamen, opeka, keramika, beton i dr.).

Zahvaljujući vazdušnom sloju ovaj tip fasade pruža zaštitu konstrukciji od sunčevog zračenja, atmosferskih uticaja i kondenzacije. Nesmetana cirkulacije vazduha, koja se odvija u šupljini, omogućava odvođenje vlage iz objekta, kao i vode koja eventualno može da proдре kroz spojnice fasadne obloge. Na taj način izolacija ostaje suva i zadržava dobre performanse.

Zimi sloj za ventilaciju predstavlja dodatni toplotni izolator, jer se vazduh ne zagreva toliko da bi izašao iz šupljine (ostaje u njoj), dok leti dodatno sprečava prodiranje toplote u unutrašnjost objekta i, posledično, pregrevanje prostorija, što utiče na smanjenje potrebne energije za grejanje i hlađenje objekata. Dodatno, mogućnosti pojave prslina i pukotina u zidu je smanjena usled manjih temperaturnih promena i samim tim manjih termičkih naprezanja.

Osim dobrih termičkih performansi, sistem odlikuju i dobre akustične performanse, zahvaljujući rasporedu slojeva koji povoljno utiče na redukciju zvuka.

Sistem je skuplji i složeniji za uradnju od ostalih sistema, ali smatra se isplativim.

Standard koji postavlja zahteve za kompletan sistem ventilisane fasade je ETAG 034-1 (2012), a pojedine komponente celog sistema moraju dodatno da ispunjavaju nacionalne zahteve.

Panelni sistemi

Spoljni sistemi termoizolacionih panela sastoje se od izolacionog materijala unutar fasadnog „sendvič“ panela. Paneli su izrađeni od metala (tj. aluminijuma ili čelika) i ispunjeni toplotnom izolacijom, poput ekspaniranog polistirena ili mineralne vune. Sistemi panela mogu se pričvrstiti na novi, lagani noseći okvir koji je pričvršćen na postojeći zid. Jedna od prednosti ovog sistema fasade je ta što paneli mogu biti relativno velikih dimenzija, što ubrzava ugradnju.

TI malteri

TI malteri su oblik izolacije gde se izolacioni materijal raspršuje direktno na postojeći zid. Prednosti ovih sistema su u tome što mogu pomoći u otklanjanju nepravilnosti i nedostataka na postojećem zidu, a mogu se lako primeniti na fasade nepravilne ili kompleksne strukture. Kao primer TI maltera navodi se laki malter napravljen od polistirenskih zrna pomešanih sa gipsom. Gips se priprema na licu mesta mašinom za malterisanje i prska na zid u više slojeva. Površinski sloj se izravnava i na njega se nanosi premaz a zatim boja.

3.3.2.2. Unutrašnja termička izolacija zida

Glavni faktor koji utiče na efikasnost unutrašnje izolacije je raspoloživi prostor za izolaciju, jer je debljina TI materijala usko povezana sa njegovim performansama. S obzirom na položaj, unutrašnja izolacija ne pruža zaštitu spoljnjem zidu od atmosferskih uticaja. Takođe dolazi do pojave napona na spoljašnjoj površini zida usled smanjenja temperature u zidu. Kada se umanjuje uticaj unutrašnje klime na zid, postoji mogućnost da temperatura na fasadi dostigne temperaturu smrzavanja. Naime, unutrašnja izolacija predstavlja prepreku između postojećeg zida i unutrašnje klime, usled čega je sprečeno zagrevanje spoljnog zida. Kao posledica, tačka rose se pomera prema unutrašnjosti zida. Da bi se sprečila kondenzacija vodene pare između postojećeg zida i izolacije, na toploj strani izolacije treba postaviti najmanje propusne materijale, a između izolacije i unutrašnje završne obrade postaviti parnu branu.

3.3.2.3. Termička izolacija šupljine u ventilisanom zidu

Ovaj koncept obnove čest je u zemljama gde dominiraju zgrade sa ventilisanim zidovima i smatra se jednostavnim. Najčešći način izolacije šupljine je popunjavanje čvrstim rastresitim izolacionim materijalom. Postoje i tehnike ubrizgavanja pene, ali one se ne koriste toliko često zbog naprednijeg postupka instalacije. Kada se šupljina ispuni izolacionim materijalom, mora se obezbediti transport vlage iz zida. Sam izolacioni materijal ne sme biti kapilaran ili hidrofilan, a takođe mora biti propusan za vodenu paru. Dodatno, prisustvo toplotnih mostova između dva sloja zida može uticati na efikasnost izolacije ventilisanog sloja što uslovljava procenu toplotnih mostova prilikom planiranja obnove. Ovaj način izolacije zidova ne utiče na aktivnosti u objektu, odnosno korisnici mogu ostati u njemu.

3.3.3. Vrste termoizolacionih materijala

Pregled građevinskih TI materijala je sproveden od strane mnogih autora i u literaturi su prisutni različiti oblici njihove klasifikacije (Papadopolous, 2005; Asdrubali, D'Alessandro & Schiavoni, 2015; Schiavoni, D'Alessandro, Bianchi & Asdrubali, 2016; Aditya et al., 2017; Pavel & Blagojeva, 2018; Abu-Jdayil, Mourad, Hittini, Hassan & Hameedi, 2019; Kumar, Alam, Zou, Sanjayan & Memon, 2020).

Schiavoni et al. (2016) su dali pregled osnovnih komercijalnih izolacionih materijala koji se koriste u građevinskom sektoru i koje su klasifikovali kao *tradicionalne*, *unapređene* i *alternativne*. Sličnu podelu izvršili su i Kumar et al. (2020) koji navode da se izolacioni materijali mogu prvenstveno kategorizovati kao *konvencionalni*, *savremeni* i *održivi*.

Tradicionalni ili *konvencionalni TI materijali* (npr. mineralne vune, polimeri) su materijali koji su komercijalno dostupni i koji se trenutno koriste u zgradama. *Savremeni* ili *inovativni TI materijali* (npr. aerogel, vakuumske izolacione ploče – VIP, ploče ispunjene gasom – GFP) su uglavnom u fazi istraživanja i razvoja, sa ograničenom komercijalnom proizvodnjom. *Održivi* ili *alternativni TI materijali* se dobijaju od recikliranog materijala (stakla, plastike, tekstila) ili prirodnog materijala (poljoprivrednih i šumskih ostataka i ovčje vune) i neki od njih su već prisutni na tržištu, dok su drugi još uvek u ranoj fazi proizvodnje ili proučavanja. Pored navedenih vrsta materijala, u literaturi se sreće i termin *nekonvencionalni TI materijali*,

gde su u pojedinim slučajevima oni tretirani kao materijali čije je istraživanje još uvek u prototip fazi i koji nisu dostupni na tržištu (Asdrubali et al., 2015; Schiavoni et al., 2016), a u pojedinim slučajevima nekonvencionalnim materijalima smatraju se obnovljivi TI materijali (Aditya et al., 2017).

Najčešći oblik klasifikacije TI materijala u literaturi, karakterističan za tradicionalne materijale, jeste na *organske* i *neorganske (mineralne)*, na osnovu porekla sirovine za proizvodnju. Neorganski i organski tradicionalni materijali su dalje podeljeni na *prirodne* i *sintetičke*, zavisno od procesa prerade. U proizvodima koji su „prirodni“ sirovine ostaju nepromenjene (Özer & Özgünler, 2019).

Papadopolous (2005) navodi da se izolacioni materijali mogu klasifikovati prema hemijskoj ili fizičkoj strukturi i najčešće korišćene termoizolacione materijale klasifikuje u 4 grupe: (1) *organske*, (2) *neorganske*, (3) *kombinovane* i (4) *materijale novih tehnologija*. Organski materijali mogu biti penasti (pluta, melaminska pena, fenolna pena), ekspanzirani penasti (ekspanzirani polisitren – EPS, ekstrudirani polistiren - XPS, poliuretan-PU) i vlaknasti (ovčja vuna, celuloza, vata, kokosova vlakna). Neorganski materijali mogu biti penasti (penasto staklo) i vlaknasti (mineralna vuna). Kao kombinovani materijali navedeni su kalcijum silikat, gipsana pena i drvena vuna. U materijale proizvedene primenom „novih“ tehnologija svrstava transparentne materijale i dinamičke materijale (čije se karakteristike toplotne provodljivosti menjaju sa promenom temperature).

Abu-Jdayil et al. (2019) navode da se različite vrste toplotnih izolacija primenjivih u zgradama mogu klasifikovati u sledeće kategorije: (1) *organski materijali*, (2) *neorganski materijali*, (3) *metalne ili metalizovane reflektujuće membrane* (nano-materijal), (4) *aerogelovi*, (5) *termoizolatori od otpadnih materijala* i (6) *kompozitni materijali* (polimerni i betonski kompoziti). Neorganski i organski materijali su dalje klasifikovani kao vlaknasti (organski - celuloza, nanoceluloza, pamuk, drvo, pulpa, trska ili sintetička vlakna; neorganski – mineralne vune) i ćelijasti (organski - pluta, penasta guma, EPS, XPS, polietilen - PE, PU, poliiizocijanurat - PIC i drugi polimeri; neorganski - kalcijum silikat, vezani perlit, vermikulit i keramički proizvodi).

Casini (2019) je izvršio klasifikaciju TI materijala na osnovu porekla i strukture, a navodi i oblike u kojima proizvodi mogu biti dostupni na tržištu i načine postupka ugradnje.

Na osnovu svog porekla, bilo organskog ili neorganskog, Casini (2019) klasifikuje TI materijale u 4 glavne kategorije: (1) *biljni TI materijali* - pluta, drvena vlakna, vlakna konoplje, kokosova vlakna itd; (2) *životinjski TI materijali* - ovčja vuna; (3) *mineralni TI materijali* - staklena vlakna, mineralna vuna, ekspanzirani vermikulit, aerogel itd.; (4) *sintetički TI materijali* - poliuretan, polistiren, polietilenska pena itd. Izuzev osnovne 4 kategorije, navodi se da su na tržištu prisutni i TI materijali koji predstavljaju kombinaciju više materijala, različitog porekla. Ove kompozitne materijale obično čini jedan osnovni izolacioni materijal koji je prvenstveno zadužen za obezbeđenje toplotne otpornosti i dodatni materijali čija uloga može biti raznolika, na primer vezivna uloga (kao što je cement u mineralizovanim drvenim vlaknima) ili za poboljšanje mehaničkih karakteristika (kao što su poliesterska vlakna u ovčjoj vuni), otpornosti na požar (aditivi koji usporavaju prenos požara), otpornosti na dejstvo vode (bitumen) ili vodenu paru (aluminijumska folija).

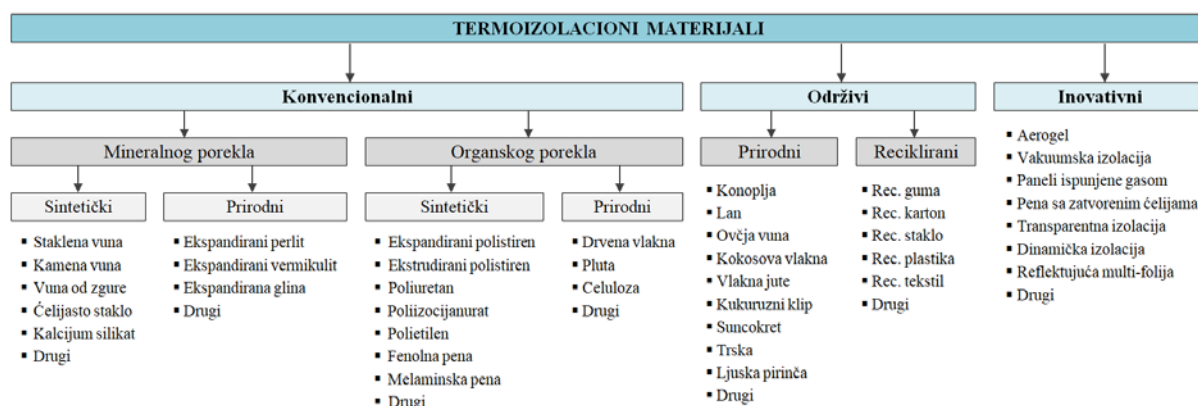
Prema strukturi, TI materijali su klasifikovani kao: vlaknasti (npr. mineralna vuna, drvena vlakna), porozni (npr. pluta, ekspanzirani vermikulit) ili ćelijasti (npr. poliuretan, polistiren, polietilenske pene). Ove šupljine mogu biti međusobno povezane (izolatori otvorenih ćelija), kao u slučaju vlaknastih materijala, ili nepovezane (izolatori zatvorenih ćelija), kao u slučaju sintetičkih izolatora sa ćelijastom strukturom (ekspanzirani polistiren ili poliuretan).

Proizvodi dostupni na tržištu mogu biti u obliku panela, rolni, prostirki, filca, traka, različitih veličina i debljina od 5 do preko 200 mm, ili u rinfuzi, koji se nanose na licu mesta uduvavanjem, injektiranjem ili prskanjem. U zavisnosti od materijala, oblika i primene, izolacioni proizvodi se mogu ugraditi jednostavnim polaganjem rolni ili prostirki iznad krovova i podova, pričvršćivanjem panela na zidove ili plafone lepkovima, ekserima, vijcima ili sidrima ili uduvanjem granula unutar međuprostora ili potkrovlja (Casini, 2019).

TI materijali se mogu klasifikovati i na osnovu oblika proizvoda u kome su plasirani na tržištu: *rastresiti materijali* (ekspanzirani polistiren-granule, perlit, vermikulit, strugotina, min. vune), *filcevi i jastuci* (min. vune), *sprejevi* (celuloza sprej, kamena vuna sprej), *pene* (poliuretan, „Air-krete“) i *tvrde ploče* (ćelijasto staklo, EPS, XPS, PUR, min.vune).

Na Sl. 3.58 je data klasifikacija TI materijala, izvedena na osnovu pregleda literature. Izuzev navedenih kategorija TI materijala, postoje i TI materijali sa konstrukcionim svojstvima ($0.06 < \lambda < 0.3 \text{ W/mK}$) kojima pripadaju TI malteri, TI betoni (EPS betoni, gas-betoni, keramzit betoni) i keramika (Radonjanin i Malešev, 2017).

Prema istraživanju sprovedenom 2018. godine (IAL Consultants, 2018), neorganski materijali za toplotnu izolaciju, poput kamene i staklene vune, su najpopularniji na evropskom tržištu (56%), a slede polimerni materijali, kao što je ekspanzirani i ekstrudirani polistiren (31%) . Navodi se da su staklena vuna i kamena vuna materijali koji se sve više stavljaju u prvi plan prilikom projektovanja i obnove fasada, usled naglašene potrebe za primenom negorivih materijala, naročito posle požara na Grenfel kuli.



Sl. 3.58 – Klasifikacija termoizolacionih materijala koji se koriste u zgradama

3.3.4. Svojstva i performanse termoizolacionih materijala

Izolacioni materijali moraju garantovati prihvatljive performanse tokom celog životnog ciklusa zgrade i odabir optimalnog termoizolacionog materijala zahteva primenu holističkog pristupa (npr. višekriterijumske analize), koji pored termičkih performansi podrazumeva razmatranje i nekih drugih performansi, kao što su ponašanje u prisustvu vode i vodene pare,

mehanička svojstva, reakcija na požar, zaštita od buke, jednostavnost ugradnje i obradivost na lokaciji, trajnost (uključujući otpornost na biološke agense, insekte i glodare), uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, troškovi i drugi parametri (Schiavoni et al., 2016; Abu-Jdayil et al., 2019; Casini, 2019).

Termička svojstva utiču na uštedu troškova i uštedu energije. Performanse koje se odnose na uticaj na životnu sredinu su od suštinskog značaja za smanjenje emisije CO₂ u izgrađenom okruženju. Higroskopska svojstva utiču na kontrolu relativne vlažnosti u zatvorenom prostoru. Akustična svojstva su posebno važna ako postoji potreba za održavanjem minimalnog nivoa buke. Karakteristike reakcije na požar utiču na sigurnosti korisnika objekta u slučaju požara (Kumar et al., 2020).

3.3.4.1. Termičke performanse

Termičke performanse izolacionih materijala i sistema se obično procenjuju kroz vrednosti koeficijenta toplotne provodljivosti za pojedinačne materijale, tj. koeficijent prolaza toplote u slučaju kompozitnih materijala. Kako bi se sprečili veliki gubici toplote, toplotna provodljivost bi trebalo da bude niska.

Inovativne TI materijali, kao što su VIP, aerogelovi i GFP, odlikuju najniže vrednosti toplotne provodljivosti, mnogo niže od toplotne provodljivosti materijala koji dominiraju na tržištu, poput mineralne vune i polistirena. Pored toga, odlične toplotne performanse mogu se postići vrlo tankim i laganim pločama. Međutim, ono što se nameće kao nedostatak ove vrste materijala jeste njihova cena, kao i ograničenost u pogledu praktične primene - trenutno se VIP i GFP izolacije ne mogu rezati ili perforirati, bez ugrožavanja njihove toplotne provodljivosti (Schiavoni et al., 2016).

Jedan od najvažnijih faktora koji utiče na toplotnu provodljivost materijala je njegova zapreminska masa (Özer & Özgünler, 2019). Sa smanjenjem zapreminske mase dolazi do smanjenja toplotne provodljivosti. Čelijasti TI materijali imaju nisku toplotnu provodljivost usled visoke poroznosti.

U kontekstu toplotnih svojstava tradicionalnih i održivih TI materijala prednjače PIR, PU, kenaf, reciklirana staklena vlakna, XPS i kamena vuna (Schiavoni et al., 2016).

U grupi održivih TI materijala, proizvode od recikliranih materijala odlikuju bolje toplotne izolacione karakteristike u poređenju sa prirodnim (Asdrubali et al., 2015).

3.3.4.2. Karakteristike reakcije na požar

Parametar koji se odnosi na karakteristiku reakcije na požar je obično dostupan samo za komercijalne TI materijale. Svojstvo reakcije na požar se obično ne procenjuje u ranoj fazi istraživanja novih materijala, verovatno zato što bi moglo da se modifikuje pomoću nekih aditiva, te je za nekonvencionalne materijale koji nisu komercijalizovani potrebno sprovesti dodatne studije (Asdrubali et al., 2015).

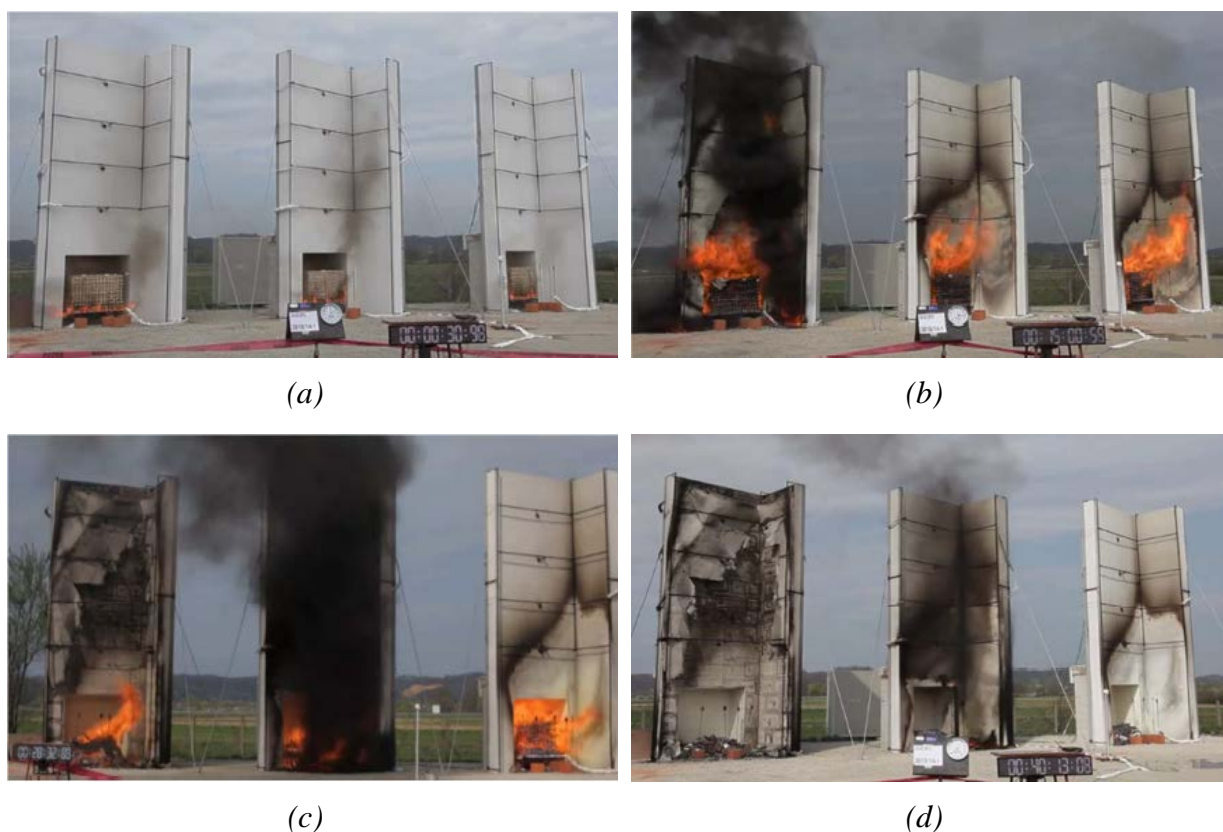
Među TI materijalima dostupnim na tržištu, kao negorivi materijali (klase A reakcije na požar) identifikovani su mineralne vune (staklena i kamena vuna), ćelijasti staklo, kalcijum silikat, ekspanzirani minerali (vermikulit, perlit, glina) i VIP.

Organski izolatori (petrohemijski i održivi) su lako zapaljivi. PIR, fenolna pena, celuloza i reciklirana polistirenska vlakna svrstani su u kategoriju teško zapaljivih materijala. PIR i PU su materijali najviše toksičnosti jer se prilikom njihovog sagorevanja oslobađa gas cijanid vodonik. Toksičnost se udvostručuje u neventilisanim prostorima (Kumar et al., 2020).

Performanse fasadnih sistema zidova u požaru

Upotreba gorivih izolacionih materijala u zgradama nosi sa sobom visok rizik po zdravlje i bezbednost njenih korisnika jer u velikoj meri doprinosi širenju požara.

U Zagrebu je 2014. godine sprovedeno ispitivanje ponašanja fasadnih sistema zidova u požaru (Facade fire test, 2014) (Sl. 3.59).



Sl. 3.59 – Ponašanje uzoraka fasadnih sistema zidova u požaru tokom ispitivanja sprovedenog u Zagrebu 2014. godine: (a) nakon 30 sekundi od početka testiranja; (b) nakon 15 minuta izloženosti vatri; (c) nakon 28 munuta izloženosti vatri; (d) nakon 40 minuta izloženosti vatri (Laban, Radonjanin, Malešev & Radeka, 2015)

Ispitivanjem je utvrđeno da vatra može veoma brzo da se proširi po fasadi i time doprinese razvoju požara i u drugim delovima objekta. Od ključnog je značaja materijal kojim je fasada obložena. Ispitane su tri vrste fasadnih obloga. Prvi uzorak je izveden sa gorivom izolacijom. Drugi uzorak je izveden sa gorivom izolacijom sa dodatkom horizontalne požarne barijere visine 20 cm iznad prozorskog otvora. Treći uzorak je fasadni sistem sa negorivom izolacijom od kamene vune. Sve ostale komponente su iste u sva tri uzorka.

Sva tri ložišta su zapaljena istovremeno simulirajući požar u stanu (Sl. 3.59a). Nakon 15 minuta izloženosti vatri, vatra je u potpunosti zahvatila prvi uzorak i uočena je emisija

značajne količine otrovnog dima i gasova (Sl. 3.59b). Primećene su užarene kapljice izolacije koje padaju na tlo i povećavaju opožareno mesto. Nakon 19 minuta na uzorku 2 vatra je preskočila horizontalnu požarnu barijeru iznad prozora i zahvatila gorivu izolaciju. Nakon 28 minuta (Sl. 3.59c), prvi uzorak je izgoreo, samo je ložište preostalo. Na drugom uzorku vatra je u potpunosti zahvatila gorivu izolaciju, pri čemu se oslobodila značajna količina toksičnog dima. Treći uzorak je ostao nepromenjen. Nakon 40 minuta izloženosti vatri (Sl. 3.59d) drugi uzorak je još uvek goreo i oslobađao otrovne produkte. Horizontalna požarna barijera sprečila je eskalaciju požara za deset minuta, čime je produžila proces gorenja izolacije i širenje toksičnih gasova. Treći uzorak je sam od sebe ugašen, nakon što je gorivi materijal izgoreo.

Požari visokih zgrada koji su se dogodili u prošlosti jasno ukazuju na to da su fasade kompleksni sistemi gde u slučajevima kad požar dospe na fasadu različite kombinacije materijala i tehnika postavljanja mogu da dovedu do potpuno neočekivanog i nekontrolisanog ponašanja vatre, pa čak i onda kada su ispoštovani svi zahtevi definisani propisima. Shodno tome, očekuje se da fasada bude projektovana i izvedena tako da predstavlja požarnu barijeru, što je jako teško postići ako materijali koji se primenjuju nisu negorivi.

3.3.4.3. Faktor otpora difuzije vodene pare

Slično kao i parametar reakcije na požar, faktor otpora difuziji vodene pare predstavlja faktor koji se retko ispituje u okviru istraživačkih studija o toplotnim, zvučnim i ekološkim svojstvima inovativnih izolacionih materijala te stoga predstavlja ograničen podatak u domenu nekomercijalizovanih TI materijala (Asdrubali et al., 2015).

Najveći faktor otpora difuziji vodene pare, a ujedno i najniži kapacitet apsorpcije vlage, zabeležen je kod VIP izolatora ($\mu=340000$), koji su gotovo nepropusni (Schiavoni et al., 2016).

Neorganski TI materijali ćelijaste strukture (XPS, EPS, PU, PIC) su usporivači vlage sa faktorom otpora difuzije vodene pare 20–170. Mineralni izolatori (staklena vuna i kamena vuna) su dobar apsorber vlage, što takođe povećava njihovu toplotnu provodljivost (Kumar et al., 2020), međutim primena tanke parne barijere može u znatno uticati na povećanje otpora difuzije vodene pare (Schiavoni et al., 2016).

Prirodni izolatori upijaju vodenu paru bez značajnih odstupanja u termičkim svojstvima, a takođe mogu da regulišu vlažnost u zatvorenom u zonama visokih vlažnosti (Kumar et al., 2020).

3.3.4.4. Upijanje vode

Toplotna provodljivost vode je oko 20 puta veća od vazduha (Özer & Özgünler, 2019) te se kod termoizolacionih materijala smatra nepoželjnom osobinom jer utiče na povećanje njihove toplotne provodljivosti.

Vrednost upijanja vode prirodnih termoizolacionih materijala mineralnog porekla je velika, a ujedno je i veća od sintetičkih. Pri proizvodnji ekspaniranog perlita, radi unapređenja otpornosti na dejstvo vode, mogu se dodati sintetičke smole ili bitumenske emulzije. Ekspanirani vermikulit takođe mora biti zaštićen od vode i vlage. Ćelijasto staklo ne upija

vodu zbog zatvorene porozne strukture. Suprotno tome, mineralne vune imaju vlaknastu strukturu i upijaju puno vode te zahtevaju zaštitu od vode i vlage koja se može obezbediti dodavanjem odgovarajućih hemikalija tokom njihove proizvodnje (Özer & Özgünler, 2019).

3.3.4.5. Uticaj na životnu sredinu

Kako bi se sagledao uticaj nekog proizvoda na životnu sredinu u različitim fazama njegovog razvoja, obično se primenjuje metoda analize životnog ciklusa (LCA). Analizom je obuhvaćen celokupan životni ciklus proizvoda, od ekstrakcije sirovih materijala i njihovog transporta, proizvodnje finalnog proizvoda i njegove distribucije, primene, održavanja i sanacije, i konačno, do povlačenje iz upotrebe, odnosno odlaganja ili recikliranja, na kraju njegovog životnog veka.

Casini (2019) je izvršio komparativnu analizu TI materijala u kontekstu glavnih faktora rizika za životnu sredinu tokom njihovog životnog ciklusa (Sl. 3.60).

Faza životnog ciklusa / Faktori rizika za životnu sredinu	Izolacioni materijali		
	Organski sintetički	Neorganski	Prirodni (bio-based)
<i>Ekstrakcija sirovih materijala</i>			
● Potrošnja neobnovljivih prirodnih resursa	■ ■ ■	□	□
● Propadanje zemljišta	■ ■	■ ■ ■	□
<i>Proces proizvodnje</i>			
● Potrošnja energije	■ ■ ■	■ ■	■
● Efekat staklene bašte	■ ■ ■	■ ■	■
● Oštećenja ozonskog omotača	■ ■	□	□
● Kisele kiše	■ ■	■	□
● Fotohemijski smog	■ ■	■	□
● Zdravstveni rizici za radnike u proizvodnji	■ ■ ■	■	□
<i>Radovi na lokaciji i instaliranje</i>			
● Štetne emisije tokom rukovanja	■	■ ■	□
<i>Operativna faza objekta</i>			
● Kratkoročne opasne emisije	■ ■	■ ■	□
● Niske trajnosne performanse	■ ■ ■	■	■ ■
● Niska otpornost na atmosferske i biološke agense	■ ■	■	■ ■ ■
<i>Povlačenje iz upotrebe</i>			
● Delimični ili potpuni gubitak prirodnih resursa usled nemogućnosti ponovne upotrebe, sanacije, recikliranja	■ ■ ■	■ ■	□
● Zagađenje vazduha, vode i tla	■ ■	□	□

Rizik: □ Bez rizika; ■ Nizak; ■ ■ Srednji; ■ ■ ■ Visok.

Sl. 3.60 – Komparativna analiza TI materijala u kontekstu glavnih faktora rizika za životnu sredinu tokom njihovog životnog ciklusa (Casini, 2019)

U kontekstu ekoloških performansi TI materijala, Schiavoni et al. (2016) su razmatrali dva parametra: potencijal globalnog zagrevanja i ugrađenu energiju (engl. *embodied energy*, predstavlja energiju koja se koristi za proizvodnju, transport i instalaciju nekog proizvoda, kao i njegovo održavanje i povlačenje iz upotrebe). Analizirana su istraživanja gde je primenjen CTGA pristup i CTGR pristup. *CTGA pristup* („od kolenke do kapije“, eng. *cradle to gate approach*) predstavlja procenu delimičnog životnog ciklusa proizvoda - od ekstrakcije resursa (kolenke) do kapije proizvodnog pogona, tj. do faze transporta do potrošača. *CTGR pristup* („od kolenke do groba“, eng. *cradle to grave approach*) predstavlja procenu celokupnog životnog ciklusa proizvoda - od ekstrakcije resursa (kolenke) do faze upotrebe i faze odlaganja (grobnice). Na osnovu dostupnih CTGA studija, najlošije performanse u pogledu ugrađene energije i potencijala za globalno zagrevanje među materijalima koji su

analizirani imaju pluta i XPS, kao i ekspandirana glina i staklena vuna, dok najbolje performanse imaju prirodni izolatori od celuloze i kenafnih vlakana. Takođe se kamena vuna odlikuje dobrim ekološkim svojstvima. Rezultati uporedne analize pokazali su da, čak i ako se većina prirodnih materijala može smatrati manje uticajnim od ostalih, neki veštački i reciklirani proizvodi takođe poseduju dobra ekološka svojstva. Prema analiziranim CTGR studijama, izolatore konoplje karakteriše najveća ugrađena energija među analiziranim materijalima, ali i najmanji potencijal globalnog zagrevanja. Ovčju vunu karakteriše najmanja vrednost ugrađene energije i takođe ograničena vrednost potencijala globalnog zagrevanja, niža od onih uočenih za većinu sintetičkih materijala procenjenih kroz CTGA pristup.

Održive TI materijale odlikuje niska vrednost ugrađene energije u odnosu na konvencionalne i savremene TI materijale, što rezultira najmanjom potrošnjom energije tokom životnog ciklusa i emisijom ugljenika tokom očekivanog životnog veka zgrada. Konvencionalni izolacioni materijali poput EPS-a vrlo su isplativi i verovatno će se birati prema kriterijumima troškova životnog ciklusa. Međutim, njihova ugrađena energija je vrlo visoka. Ugrađena energija savremenih TI materijala, kao i emisija CO₂ su takođe znatno veći u poređenju sa drugima materijalima (Kumar et al., 2020).

3.3.5. Negorivi termoizolacioni materijali

Kako je doktorska disertacija fokusirana na odabir TI materijala i sistema za obnovu fasada sa ciljem istovremenog unapređenja energetske efikasnosti, bezbednosti od požara i trajnosti, u Tab. 3.13 su prikazana fizička svojstva negorivih komercijalnih TI materijala identifikovanih u literaturi.

Kamena vuna predstavlja sintetički mineralni vlaknasti termoizolacioni materijal. Dobija se obradom vulkanskih stena (dolomita, dijabaza i bazalta) na temperaturi od 1600 °C, nakon čega se od njih formiraju vlakna koja se zatim povezuju pomoću veziva, obično smola, prehrambenog skroba i ulja. Pored male zapreminske mase i niske toplotne provodljivosti, kamena vuna ima širok temperaturni interval primene (do +7000°C), hemijski je inertna, negoriva je (klase reakcije na požar A1-A2), sa tačkom topljenja iznad 1000 °C, pri čemu ne oslobađa štetne gasove. Takođe poseduje dobre akustične performanse i biorazgradljiva je. Nedostacima kamene vune smatraju se veliko upijanje vode i veoma velika propusnost vodene pare (kao posledica izrazito velike poroznosti, 92 - 97%, pri čemu dominira otvorena poroznost) što dovodi do drastičnog smanjenja efekta termoizolacije, male otpornosti na dejstvo mraza, sklonost ka pojavi buđi i mogućnost pojave korozije metala u prisustvu vlage. U cilju sprečavanja prekomernog upijanja vode termoizolacija od kamene vune se hidrofobizira, tj. dodatno impregnira silikonskim uljem. Kamena vuna može biti u obliku rastresitog materijala, rolni, fleksibilnih ili krutih ploča, sa različitim mehaničkim i fizičkim svojstvima. Za oblaganje zidova koristi se u vidu panela ili rolni, pri čemu je moguća primena u sklopu ventilisanih, neventilisanih ili kontaktnih sistema fasadnih zidova. Lako se obrađuje prilikom postavljanja, pri čemu zadržava postojeće toplotne performanse (Schiavoni et al., 2016; Abu-Jdayil et al, 2019;).

Tab. 3.13 – Fizička svojstva komercijalnih negorivih građevinskih termoizolacionih materijala (Gellert, 2010; Asdrubali et al., 2015; Schiavoni et al., 2016; Aditya et al., 2017; Kumar, et al., 2020)

TI materijal	Zaprem. masa, ρ (kg/m ³)	Koef. topl. provodljivosti, λ (W/mK)	Spec. topl. kapacitet, c (J/g°C)	Faktor otpora difuziji vod. pare, μ
Staklena vuna	10-100	30-50	0,8-1	1-1,3
Kamena vuna	5-300	33-71	0,8-1	1-1,3
Ćelijasto staklo	100-220	38-60	0,8-1,1	∞
Eksp. vermikulit	30-150	60-100	0,8-1,1	2-4
Eksp. perlit	80-150	40-70	0,9-1	2-5
Ekspandirana glina	260-750	80-200	0,9-1	5-8
Kalcijum-silikat	200-240	45-65	1,3	3-20

Staklena vuna je, kao i kamena vuna, sintetički neorganski vlaknasti termoizolacioni materijal. Proizvodi se mešanjem prirodnog peska i stakla (obično recikliranog) na oko 1450 °C. Transformacija u vlaknima se dešava u procesima centrifugiranja i duvanja, nakon čega se vlakna međusobno vežu pomoću smola. Staklena vuna je postojana na dejstvo vode, vodene pare i različitih jedinjenja. Odlikuje je izrazito velika poroznost (95 – 97%), pri čemu dominira otvorena poroznost što utiče na izrazito veliku sposobnost upijanja vode i propustljivost vlage. Pored niske toplotne provodljivosti, staklena vuna poseduje dobre akustične performanse, nezapaljiva je (klase reakcije na požar A1-A2), sa tačkom topljenja iznad 700 °C, a takođe je i hemijski inertna. U odnosu na kamenu mineralnu vunu, staklena vuna ima slična fizičko - mehanička svojstva, ima vlakna veće dužine, odlikuju je veću poroznost i veća hemijska otpornost, i ne izaziva koroziju metala. Proizvodi od impregnirane staklene vune mogu biti u vidu filceva ili mekih, tvrdih i polutvrdih ploča. Mogu se zalepiti na aluminijumsku foliju, natron papir ili staklenu mrežicu, a mogu biti i hidrofobizirani u cilju smanjenja upijanja vode. Proizvodi od staklene vune se takođe mogu primeniti u sklopu rešenja fasadnih zidova kao ventilisanih, neventilisanih ili kontaktnih sistema (Schiavoni et al., 2016; Abu-Jdayil et al, 2019;).

Svetska zdravstvena organizacija i Agencija za istraživanje kancera (IARC) kao njen deo, klasifikuju impregniranu kamenu i staklenu vunu kao supstancu koja nije kancerogena za čoveka (Papadopolous, 2005).

Ćelijasto staklo je sintetički neorganski termoizolacioni materijal. Uglavnom je napravljen od stakla (obično sa velikim udelom recikliranog i dodatnog otpadnog stakla) sa dodatkom kalcijum-fluorida, natrijum-karbonata, gvožđe-oksida, mangan-oksida, natrijum-sulfata i natrijum-nitrata rastopljenih na 1400 ° C, nakon čega se dodaje sredstvo za stvaranje ćelijaste strukture. Zahvaljujući zatvorenoj poroznoj strukturu, materijal ne upija vodu i ne propušta vodenu paru. TI materijal od ćelijastog stakla odlikuje dugotrajan životni vek, hemijska inertnost, mala zapreminska masa, velika krutost, otpornost na pritisak, dobre termičke i zvučne performanse, otpornost na mraz. Izolacija je dimenziono stabilna, negoriva, klase reakcije na požar A1, netoksična, a takođe otporna na glodare i insekte, bakterije i koroziju. Materijal odlikuje i jednostavnost obrade i instalacije. Visoki troškovi i niska otpornost na

udarna dejtva smatraju se najvećim nedostatkom ove vrste TI materijala. Proizvodi od ćelijastog stakla u obliku ploča se mogu primeniti kao izolacija spoljnih zidova zgrada (Scheffler & Colombo, 2005; El-Haggar, 2007; Gellert, 2010; Özer & Özgünler, 2019).

Kalcijum-silikatne ploče su negorive mineralne izolacione ploče, proizvedene od kalcijum-dioksida, silicijum-dioksida i agregata od 3–6% celuloze. Sirovine se mešaju sa vodom i dobija se kalcijum-silikat-hidrat. Sadržaj celuloze poboljšava fleksibilnost i stabilnost ivica. Smeša se sipa u kalupe a zatim autoklavira. Rezultat je čvrsta porozna pena, otvorene ćelijaste strukture, koja se naknadno seče u obliku ploča i obrađuje specijalnim aditivima kako bi joj se dala hidrofobna svojstva. Visoka radna temperatura i dobra nosivost daju peni idealno područje primene u građevinskom sektoru i sa prihvatljivim odnosom cena/performance (Gellert, 2010).

Ekspandirani vermikulit je negoriv (klase reakcije na požar A1), prirodni ćelijasti izolacioni materijal organskog porekla. Dobija se zagrevanjem vermikulita, filosilikata, na 800–1100 °C pri čemu dolazi do njegove ekspanzije. Kada se vermikulit zagreva, on se širi, poput „kokica“, otprilike 8–30 puta od svoje prvobitne veličine. Materijal odlikuju mala zapreminska masa, umereno niska toplotna provodljivost, otpornost na visoke temperature (sa relativno visokom tačkom topljenja - 1240–1430 °C), trajnost, visoka sposobnost upijanja vode i dobre akustične performanse. Materijal je hemijski inertan, netoksičan, otporan na dejstvo glodara i insekata. U zgradama, ekspandirani vermikulit se občno primenjuje kao izolacija potkrovlja i za ispunjavanje šupljina. Može se koristiti u rastresitom stanju (veličina zrna 0,1–15 mm), u opeki i lakim betonima, ili pomešan sa vezivom. Nakon povlačenja iz upotrebe može se ponovo koristiti ili reciklirati kao agregat za beton (Gelert, 2010; Schiavoni et al., 2016; Rashad, 2016).

Ekspandirani perlit je negoriv (klase reakcije na požar A1), prirodni ćelijasti izolacioni materijal organskog porekla. Proizvodi se na sličan način kao i ekspandirani vermikulit. Kada se brzo zagreje na temperaturama 900-1200 °C, sirova stena se širi 4-20 puta od svoje prvobitne zapremine usled isparavanja vode, pri čemu se stvara bezbroj malih ćelija. Materijal poseduje dobre termičke i akustičke performanse. Odlikuju ga mala zapreminska masa, velika specifična površina, niska toplotna provodljivost, velika otpornost na toplotu i hemijska inertnost. Otporan je na truljenje, štetočine i termite. U građevinskom sektoru, ekspandirani perlit ima široku primenu. Materijal se može koristiti rastresit ili pomešan sa vezivom, kao ispuna šupljina u zidanim zidovima (ispunjava jezgra opekarskih proizvoda, pukotine, površine maltera i rupe), kao agregat lakih betona i za proizvodnju TI ploča. Perlit se takođe može koristiti kao agregat u portland cementnim i gipsanim malterima za spoljašnju primenu i za zaštitu od požara greda i stubova. Ostale građevinske primene uključuju podnu izolaciju, obloge dimnjaka, tekture boja, gipsane ploče, plafonske pločice i krovne izolacione ploče. Izolacione ploče obično se proizvode mešanjem ekspandirane čestice perlita sa vlaknima za ojačavanje, specijalnim vezivima i hidrofobnim aditivima. Od skoro, ekspandirani perlit se koristi i kao izvorni materijal za proizvodnju geopolimera. Na tržištu su prisutne i kompozitne TI ploče, u kombinaciji sa mineralnom vunom (Gelert, 2010; Schiavoni et al., 2016; Rashad, 2016).

Ekspandirana glina (pelet) je negoriv (klase reakcije na požar A1), prirodni ćelijasti izolacioni materijal organskog porekla. Nakon temeljne pripreme, sirova glina se sagoreva na temperaturi od oko 1200 °C u rotacionoj peći. Tokom zagrevanja, gas se oslobađa unutar peleta i zarobljava se tokom hlađenja, dok organska jedinjenja sagorevaju, primoravajući pelete da se šire pri čemu nastaje ekspandirana glina sa vrlo finim porama. Zapreminski, materijal se može proširiti 5-6 puta. Pelet od ekspandirane gline poseduje dobra izolaciona svojstva (i termička i akustična), lagan je i toplotno otporan i dostupan je u različitim veličinama. Materijal poseduje malu zapreminsku masu i otporan je na hemikalije. Ekspandirana glina može da upije značajnu količinu vlage. Kada se koristi kao toplotni izolacioni materijal, ekspandirana glina se uglavnom koristi za popunjavanje praznina i, na primer, doprinosi poboljšanju zvučne izolacije konstrukcijama spuštenih plafona. Takođe se koristi kao agregat u proizvodnji lakih blokova, betona i prefabrikovanih betonskih elemenata (panela ili pregradnih elemenata), kao i u vidu malih granula za poboljšanje izolacionih svojstava maltera i gipsa. Od nedavno, primenjuje se i za proizvodnju geopolimera (Gelert, 2010; Rashad, 2016).

4. RAZVOJ I KREIRANJE STRATEŠKOG MODELA OBNOVE

Na osnovu prethodno sprovedenog teorijsko-istraživačkog rada, koji je obuhvatio analizu aktuelnog stanja u oblasti, u okviru doktorske disertacije je kreiran i razvijen strateški model planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada, zasnovan na proceni stanja i odabiru optimalnog termoizolacionog sistema koji će istovremeno unaprediti termičku zaštitu spoljnih zidova, produžiti životni vek predmetnih zgrada i obezbediti potreban nivo bezbednosti od požara, uz očuvanje identiteta građevine i zadovoljenje minimalnih energetske potreba zgrade.

Izuzev teorijsko-istraživačkog rada, kako bi kreiran strateški model obnove bio primenjiv za konkretan opus zgrada (betonske fasade), bilo je neophodno sprovesti dodatna istraživanja koja su obuhvatila identifikaciju i evidenciju visokih slobodnostojećih stambenih zgrada na urbanom području grada Novog Sada, kao i njihovu klasifikaciju i tipologiju.

U cilju objedinjavanja prikupljenih podataka i rezultata sprovedenih istraživanja u jedinstven digitalni alat, predstavljena je i polazna osnova višeslojne georeferencirane interaktivne baze podataka o visokim slobodnostojećim stambenim zgradama u Novom Sadu, koja je kreirana u okviru doktorske disertacije i predstavlja jedan od njenih značajnih rezultata.

4.1. Identifikacija i evidencija visokih slobodnostojećih stambenih zgrada na urbanom području grada Novog Sada

Identifikacija visokih slobodnostojećih stambenih zgrada (u daljem tekstu *kule* ili *predmetne zgrade*) na urbanom području grada Novog Sada je izvršena na osnovu aktuelne adrese, pri čemu je identifikovano 70 zgrada, izgrađenih u periodu 1961-1990. godine (Tab. 4.1).

Tab. 4.1 – Broj visokih slobodnostojećih stambenih zgrada izgrađenih u periodu 1961-1990 u Novom Sadu

Gradsko područje	Broj visokih slobodnostojećih stambenih zgrada
Banatić	8
Bistrica	8
Detelinara	6
Grbavica	4
Liman I	5
Liman II	6
Liman III	14
Liman IV	6
Podbara	5
Rotkvarija	5
Sajmište	1
Stari grad	2
UKUPNO	70

Prilikom identifikacije predmetni objekti su fotografisani, a zatim su evidentirane njihove karakteristike (atributi) relevantne za inicijalnu fazu istraživanja, koje je bilo moguće utvrditi direktnim uvidom na terenu:

- lokacija zgrade: adresa, gradska četvrt
- spratnost
- tip fasadne obloge
- oblik osnove zgrade
- tip krova

Karakteristike predmetnih zgrada koje nije bilo moguće identifikovati direktnim uvidom na terenu, kao što su period izgradnje zgrade, sistem izgradnje, podaci o projektantu i drugo, su prikupljene proučavanjem raspoložive projektno-tehničke dokumentacije, a u slučajevima gde dokumentacija nije bila dostupna atributi su prikupljeni analizom regulative i periodike relevantne za izgrađene objekte, analizom podataka iz stručne literature, analizom starih fotografija grada i/ili analizom tehničkih kataloga industrijskih sistema gradnje.

U strukturi predmetnih zgrada identifikovan je određen broj kula sa aneksom, dok dvojne kule, blizankinje, koje imaju dva ulična broja nisu predmet istraživanja, te kao takve nisu evidentirane.

Svakom evidentiranom objektu je na osnovu njegove adrese dodeljena identifikaciona oznaka (prvi deo oznake predstavljaju početna slova ulice u kojoj se nalazi zgrada, a drugi deo oznake njen ulični broj).

4.2. Klasifikacija i tipologija visokih slobodnostojećih stambenih zgrada

Primarni, a ujedno i jedan od najzahtevnijih zadataka prilikom definisanja tipologije predmetnih zgrada, je zahtevao uspostavljanje osnovnih kriterijuma za njihovu klasifikaciju. U cilju rešavanja ovog zadatka, analizom različitih istraživanja (Jovanović Popović et al., 2003; Jovanović Popović et al., 2013a; projekti EPISCOPE i TABULA; Laban, 2012; Nedić, 1977), identifikovane su karakteristike zgrade koje je potrebno razmotriti kao potencijalne kriterijume klasifikacije.

Kao polazni kriterijumi analize predmetnog stambenog fonda razmatrani su period projektovanja i izgradnje i primenjene tehnike i tehnologije građenja zgrada, a zatim su analizirane konstruktivno-materijalne karakteristike spoljnih zidova.

Analiza odabranih parametara zgrada omogućila je formiranje i definisanje tipova predmetnih zgrada i rezultirala matricom i opisom reprezentativnih predstavnika definisanih tipova zgrada.

4.2.1. Utvrđivanje kriterijuma za klasifikaciju

4.2.1.1. Analiza perioda izgradnje predmetnih zgrada i primenjenog sistema gradnje

Jedan od načina klasifikacije zgrada jeste klasifikacija prema periodu projektovanja i izgradnje, pri čemu se referentni periodi određuju na osnovu godina uvođenja ili inovacije relevantnih propisa i tehničkih uslova.

Periodizacija stambenog fonda može biti koristan alat u identifikaciji primenjene tehnike izgradnje i upotrebljenih materijala, kao i proceni performansi zgrada, pod pretpostavkom da su građene u skladu sa aktuelnim propisima u vreme njihovog projektovanja i pod uslovom da u eksploatacionom periodu nije bilo izmena u odnosu na projektovano stanje.

Na osnovu pregleda razvoja regulative u oblasti energetske efikasnosti i termičke zaštite spoljnih zidova zgrada (Poglavlje 2.2.2.7.), identifikovano je 5 vremenskih perioda: 1961-1967, 1968-1970, 1971-1980, 1981-1987 i 1988-1990, dok su analizom pregleda razvoja regulative u oblasti bezbednosti od požara visokih zgrada (Poglavlje 2.2.3.6.) ustanovljena 2 perioda karakteristična za vremenski interval obuhvaćen predmetnom studijom: 1961-1984 i 1985-1990.

Radi pojednostavljenja predmetne analize, identifikovani periodi su svedeni na 3 karakteristična: 1961-1970, 1971-1980 i 1981-1990, po ugledu na metodološki pristup primenjen u okviru postojeće tipologije zgrada višeporodičnog stanovanja u Srbiji (Jovanović Popović et al., 2013a), gde su definisani karakteristični periodi uspostavljeni na osnovu razvoja propisa u oblasti građevinarstva, društveno političkih odnosa u zemlji, kao i razvoja tehnika i tehnologija građenja. Dalja analiza je takođe pokazala da prilikom definisanja perioda karakterističnih za predmetnu studiju nije neophodno posebno razmatrati vremensku odrednicu nakon koje je došlo do unapređenja zahteva požarne bezbednosti visokih zgrada jer je u analiziranom stambenom fondu identifikovana svega jedna zgrada izgrađena nakon 1984. godine, kojoj je na osnovu drugih kriterijuma dodeljena uloga jednog od definisanih tipova.

Analiza perioda projektovanja i izgradnje zgrada je sprovedena zajedno sa analizom primenjenih tehnika i tehnologija izgradnje zgrada, koja je sprovedena kroz određivanje pripadnosti zgrade određenom sistemu izgradnje i koja predstavlja nizostavan korak u procesu planiranja obnove spoljnih zidova zgrada, pružajući uvid u mogućnosti i ograničenja u pogledu intervencija koje je potrebno sprovesti.

Neposredno pre analiziranog perioda izgrađene su prve stambene kule - tri „krstaste“ kule u ulici Veljka Petrovića na Limanu I (arh. Rista Šekirinski, Sl. 4.1), spratnosti S+P+10, izgrađene tehnologijom klasične gradnje.

U periodu 1961-1970. godine ukupno je izgrađeno 18 stambena kula, pri čemu dominiraju zgrade izgrađene na tradicionalan način.

U ovom periodu tehnologijom klasične gradnje izgrađene su:

- stambena kula spratnosti Po+P+10 sa aneksom u ulici Miloša Bajića na Podbari;
- dve stambene kule spratnosti S+P+10 u Vojvođanskoj ulici (Grbavica, Sl. 4.2);

- dve stambene kule kod stadiona FK Vojvodine (arh. Zora Pajkić), spratnosti S+P+15, sa aneksom, jedna prekoputa druge (Grbavica i Stari Grad, Sl. 4.3);
- stambena kula spratnosti Po+P+10 u ulici Vojvode Mišića u Starom Gradu (arh. Ana Jankov);
- osam stambenih kula spratnosti S+P+11 autora arh. Petra Jankova: četiri kule u gradskoj četvrti Banatić – tri u ulici Pariskih komuna i jedna na Bulevaru Oslobođenja, tri kule u gradskoj četvrti Rotkvarija, u ulici Kraljevića Marka (Sl. 4.4) i kula sa aneksom na Grbavici, u Futoškoj ulici;



Sl. 4.1 – Tri stambene „krstaste“ kule u ulici Veljka Petrovića na Limanu 1 krajem 50-ih (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 4.2 – Dve stambene kule u Vojvođanskoj ulici 1968. godine (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 4.3 – Kula kod stadiona u izgradnji 1963. godine (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 4.4 – Stambene kule u okolini železničke stanice autora arh. Petra Jankova (početak 70-ih): kule u ulici Kraljevića Marka (gore), na Bulevaru Oslobođenja (desno) i u ulici Pariske komune (dole)¹ (Stare fotografije Novog Sada)

¹ Po sredini slike se vide i tri stambene kule spratnosti S+P+18 (arh. Petar Stogov, Predrag Marjanović i Ivica Mladenović) čija je gradnja u toku.

Pored tradicionalne tehnologije izgradnje, u drugoj polovini 60-ih počinju da se primenjuju sistemi industrijske izgradnje, kojim su izgrađene sledeće stambene kule (Sl. 4.5):

- kula u Fruškogorskoj ulici spratnosti P+13, na Limanu I (arh. Živa Bugarski), IMS sistem;
- tri kule spratnosti S+P+14 kod današnjeg Mosta Slobode, na Limanu II (arh. Štajner-Šelken Breda), IMS sistem;

U ovom periodu je započeta izgradnja kula na Detelinari, pored današnje železničke stanice i na Beogradskom keju.



Sl. 4.5 – Kule na Limanu 1 i 2 1970. godine: levo - kula P+13 u Fruškogorskoj ulici; desno - kule S+P+14 kod današnjeg Mosta Slobode – dve kule su izgrađene, treća je u fazi izgradnje (Stare fotografije Novog Sada)

U periodu 1971-1980. godine izgrađeno je ukupno 40 stambenih kula.

Na Detelinari je ukupno izgrađeno 6 kula, tehnologijom klasične gradnje (Sl. 4.6):

- tri kule spratnosti S+P+11 u Rumenačkoj ulici (arh. Petar Jankov) i
- tri kule spratnosti P+12 u ulici Veselina Masleše



Sl. 4.6 – Tri kule u Rumenačkoj ulici (dole) i tri kule u ulici Veselina Masleše (gore) 1987. godine (Stare fotografije Novog Sada)

U Bantiću, u ulici Pariskih komuna je izgrađena kula spratnosti P+13, klasičnom tehnologijom izgradnje.

Na Bulevaru Oslobođenja je izgrađeno šest stambenih kula:

- tri kule spratnosti S+P+18 pored nove Železničke stanice (arh. Petar Stogov, Predrag Marjanović i Ivica Mladenović, Sl. 4.7), unapređenom klasičnom tehnologijom gradnje²;
- kula spratnosti P+16 (arh. Borivoje Jovanović, Predrag Cagić i Milan Lojanica), koja ujedno predstavlja jedinu kulu izgrađenu u industrijskom sistemu NS 71;
- dve kule spratnosti S+P+11 (arh. Mihailo Čanak, Sl. 4.8), klasično građene;



Sl. 4.7 – Izgradnja stambenih kula na području današnje železničke stanice 1972. godine (Istorijski arhiv grada Novog Sada)



Sl. 4.8 – Jedna od dve kule na Bulevaru Oslobođenja spratnosti S+P+11 izgrađena 70-ih godina (Istorijski arhiv grada Novog Sada)

Na Beogradskom keju izgrađene su 4 kule spratnosti S+P+18 (arh. Slobodan Komadina, Sl. 4.9a), unapređenom klasičnom tehnologijom izgradnje.

Na Limanu II su u ovom periodu unapređenom klasičnom tehnologijom gradnje izgrađene tri kule spratnosti S+P+16 na uglu Bulevara Cara Lazara i Fruškogorske ulice (Sl. 4.9b, arh. Slobodan Komadina, R. Ristivojević i Branislav Vučković).

U ovom periodu započeta je izgradnja visokih stambenih zgrada na Limanu III i izgrađene su:

- tri kule spratnosti S+P+17 na uglu Bulevara Cara Lazara i Balzakove ulice (Sl. 4.10, arh. Slobodan Komadina i Branislav Vučković), unapređenom tehnologijom gradnje;
- tri kule u ulici Narodnog fronta - dve spratnosti S+P+13 (Sl. 4.10) i jedna spratnosti S+P+10 (arh. Štajner-Šelken Breda), u sistemu IMS;
- jedna kula spratnosti S+P+11 u ulici Narodnog fronta i jedna kula S+P+14 u Šekspirovoj ulici (Sl. 4.10, arh. Petar Petrović), u sistemu IMS;
- tri kule spratnosti S+P+15 - dve u Balzakovoj ulici i jedna u ulici Narodnog fronta, u sistemu IMS;
- četiri kule spratnosti S+P+16 - tri u ulici Bulevar Despota Stefana i jedna u Balzakovoj ulici (arh. Milivoj Stipanović), u sistemu IMS;

² Unapređena tehnologija izgradnje je podrazumevala primenu savremenih oplata, primenu šuplje opeke i blokova umesto pune opeke, primenu polumontažnih međuspratnih konstrukcija gde su se takođe upotrebljavali opekarski proizvodi, itd.



(a)



(b)

Sl. 4.9 – Stambene kule projektovane od strane arh. Slobodana Komadine: (a) izgradnja četiri kule na Beogradskom keju početkom 70-ih i (b) kule na uglu ulica Bul. Cara Lazara i Fruškogorske ulice, na Limanu II oko 1980. godine (Stare fotografije Novog Sada)



Sl. 4.10 – Visoke stambene zgrade na Limanu 3 – levo tri kule na uglu Bulevara cara Lazara i Balzakove, desno kule na uglu Narodnog fronta i Šekspirove (Stare fotografije Novog Sada)

U ovom periodu izgrađene su i stambene kule u gradskom naselju Bistrica, u IMS sistemu (arh. D. Mirković, Đ. Grbić, M. Marić, Sl. 4.11):

- četiri kule u ulici Braće Dronjak – dve spratnosti S+P+14 i dve spratnosti S+P+11
- jedna kula u ulici Bate Brkića, spratnosti S+P+11



Sl. 4.11 – Panoramski pogled na Novo naselje 1990. godine: desno kule u ulici Braće Dronjak i Bate Brkića, levo kule na Bulevaru Jovana Dučića (Stare fotografije Novog Sada)

Takođe, započeta je izgradnja stambenih kula na Limanu IV.

U periodu 1981. – 1990.god. izgrađeno je ukupno 9 stambenih kula i to:

- osam stambenih kula projektovanih od strane arhitekta Milorada Milidragovića - tri kule spratnosti S+P+18 na Bulevaru cara Lazara (Sl. 4.12)³ i dve kule spratnosti S+P+16 na Bulevaru Despota Stefana (na području Limana IV) i tri kule spratnosti P+13, na području Bistrice (Sl. 4.11)
- „Apart” hotel, današnji asistentski dom, u studentskom centru, spratnosti P+12 (Liman I, arh. Natko Marinčić i Miodrag Jovanović).

Asistentski dom je ujedno i poslednja kula izgrađena u analiziranom periodu kao posledica donošenja propisa koji su ograničili spratnost novih objekata u većem delu grada.

Uporedo sa izgradnjom visokih stambenih zgrada, u analiziranom periodu građene su i kule poslovne namene. Zgrada Pošte, sa svojih 13 etaža, je prva visoka poslovna zgrada u Novom Sadu izgrađena u posleratnom periodu, projektovana 1957., izgrađena 1962. godine. Autor projekta je arhitekta Dragiša Brašovan (Graditelji Novog Sada). Par godina kasnije, počinju da se grade zgrada Agrovodine (arh. Živa Bugarski i Breda Šelken, 1964-1968), zgrada Dnevnika na Bulevaru Oslobođenja (tadašnjem Bulevaru 23. oktobra) i zgrada Radničkog univerziteta (arh. Vojislav Midić i Milan Đokić, 1966) u ulici Vojvođanskih brigada. U analiziranom periodu u Novom Sadu je izgrađena i poslovna zgrada Novkabel (arh. Milorad Milidragović), u industrijskoj zoni.

Na Dij. 4.1 je dat prikaz distribucije predmetnog stambenog fonda, u kontekstu bruto površine, prema periodu izgradnje. Analiza je pokazala da je oko 24% stambenog fonda izgrađeno u periodu 1961-1970. godine, oko 60% u periodu 1971-1980. godine i oko 16% u periodu 1981-1990. godine.

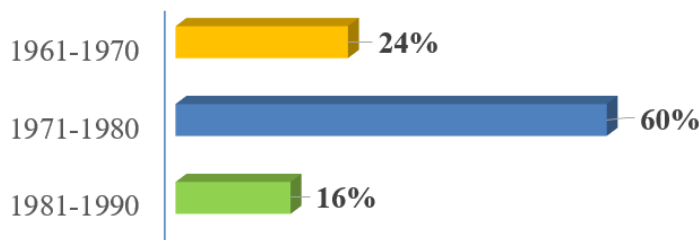
Prethodno sprovedena istraživanja termičkih karakteristika spoljnih zidova zgrada izgrađenih primenom industrijskih tehnika izgradnje u Novom Sadu (Laban, 2012; Laban et al., 2015) ističu ulogu metode periodizacije, dokazujući da se periodizacijom može proceniti vrednost koeficijenta prolaza toplote (U) fasadnih zidova zgrada izgrađenih u IMS sistemu (što nije slučaj za objekte izvedene u sistemu NS 71), a samim tim utvrditi kvalitet njihove termičke zaštite. Navodi se da podatak o vremenu izgradnje može da posluži za uspostavljanje okvira kvaliteta termičke zaštite spoljnih zidova analiziranih zgrada, dok precizno utvrđivanje



Sl. 4.12 – Izgradnja tri stambene kule na Limanu IV autora Milorada Milidragovića, početak 80-ih (Istorijski arhiv grada Novog Sada)

³ Tri stambene kule na Limanu 4 arh. Milorada Milidragovića (1938–1999) građene su u periodu 1978–1982. godine, sa 16, 17 i najviše 18 spratova, pri čemu ova poslednja ukupno ima montiranu 21 etažu – najviše u montažnom IMS sistemu kod nas (Mitrović, 2007).

termičkih performansi svakako zahteva uvid u pojedinačnu projektno-tehničku dokumentaciju ili sprovođenje eksperimentalnih istraživanja.



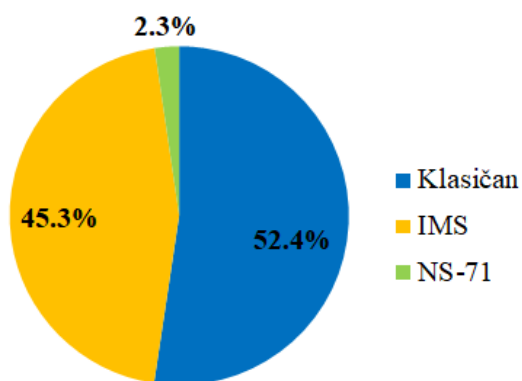
Dij. 4.1 – Distribucija predmetnog stambenog fonda prema periodu izgradnje

Analiza projektno-tehničke dokumentacije zgrada je pokazala da projektovanje određenog broja objekata nije bilo u potpunosti usklađeno sa promenama u propisima⁴. Potreba za bržom i masovnijom izgradnjom stanova u posleratnom periodu je uslovlila multipliciranje objekata projektovanih po istom projektu, kao i razvoj novih tehnika i tehnologija izgradnje, koje nisu bile u stanju da prate intenzivnu dinamiku promene propisa. Posledično, klasifikacija predmetnih zgrada prema periodu izgradnje ne daje preciznu sliku o njihovim performansama i kao takva je delimično razmatrana prilikom definisanja tipova zgrada.

Analizom primenjenih sistema izgradnje, identifikovani su sledeći sistemi:

- Klasičan sistem zgradnje
- Industrijski sistemi gradnje:
 - montažni sistem IMS
 - polumontažni sistem NS 71

Analiza konstruktivnog sistema predmetnih zgrada je pokazala da zgrade građene primenom klasične tehnologije gradnje i industrijskih tehnologija praktično imaju podjednako učešće u stambenom fondu Novog Sada (Dij. 4.2). Zgrade građene klasičnom tehnologijom gradnje čine nešto više od 52% ukupne bruto površine, a zgrade građene industrijskim tehnologijama nešto manje od 48%, pri čemu u industrijskim sistemima dominiraju IMS zgrade (95%).



Dij. 4.2 – Učešće predmetnih zgrada u odnosu na primenjen sistem gradnje

⁴ Npr. zgrade na Limanu 3 (autora Brede Štajner-Šelken), izgrađene u prvoj polovini 70-ih godina su rađene po projektu koji je identičan projektu zgrada na Limanu 2, projektovanih 1968 godine, na osnovu čega performanse zgrada na Limanu 3 ne odgovaraju zahtevima termičkih propisa koji su bili aktuelni u vreme njihove realizacije (zahtevi iz 1970. godine).

4.2.1.2. Analiza spoljnih zidova visokih slobodnostojećih stambenih zgrada

Analiza konstruktivno-materijalnih karakteristika spoljnih zidova (Tab. 4.2) je obuhvatila analizu:

- konstruktivnih svojstava spoljnih zidova
- tehnologije izgradnje spoljnih zidova
- strukture spoljnih zidova
- sastava spoljnih zidova

Konstruktivna svojstva spoljnih zidova

Konstruktivna svojstva spoljnih zidova uslovljena su tipom konstruktivnog sistema same zgrade.

Kod predmetnih zgrada građenih tradicionalnom (klasičnom) tehnologijom izgradnje identifikovani su skeletni sistem i masivni-panelni, dok su IMS i NS 71 sistemi tipični skeletni sistemi.

Na osnovu konstruktivnih svojstava, izvršena je podela fasadnih elemenata zgrada na:

- noseće fasadne elemente
- samonoseće fasadne elemente i
- obešene fasadne elemente

Noseći fasadni elementi karakteristični su za zgrade sa masivnom-panelnom konstrukcijom, dok su samonoseći i obešeni fasadni elementi karakteristični za zgrade izgrađene u skeletnom sistemu i konstrukcijama poprečnih nosećih zidova. Viseći/obešeni fasadni elementi se mogu javiti kao obloga samonosivog osnovnog sloja fasade čiji je cilj zaštite od atmosferskih uticaja (Nedić, 1977).

Fasadni elementi predmetnih zgrada izgrađenih u sistemima IMS i NS 71 (skeletni sistemi) klasifikovani su kao samonoseći, izuzev u slučajevima parapetnih elemenata kada oni nose prozor.

Kod zgrada građenih klasičnom tehnologijom gradnje su identifikovana sva tri tipa fasadnih elemenata: noseći, samonoseći, kao i obešeni.

Tehnologija izgradnje spoljnih zidova

Kriterijum tehnologije izgradnje spoljnih zidova podrazumeva identifikaciju stepena primene prefabrikacije i značajan je s aspekta analize ograničenja prilikom odabira rešenja za unapređenje energetske performansi.

Na osnovu tehnologije izgradnje, izvršena je podela spoljnih zidova predmetnih objekata na:

- montažne (prefabrikovane)
- polumontažne
- klasično građene

U strukturi predmetnih zgrada izgrađenih u IMS sistemu identifikovani su montažni, polumontažni i klasično građeni spoljni zidovi. Montažne fasadne zidove čine visoki višeslojni fasadni paneli (vertikalni fasadni elementi, sa ili bez otvora za vrata/prozore) i

fasadni parapeti (horizontalni fasadni elementi), uglavnom izvedeni kao troslojni betonski „sendvič” elementi sa termoizolacionim slojem između nosivog i zaštitnog sloja betona. Kao polumontažni fasadni zidovi prepoznati su zidovi izvedeni kao montažna AB platna obložena termoizolacionim materijalom na klasičan način i montažnim fasadnim panelima. Klasično građene fasade čine AB platna za ukrućenje, zidovi od opekarskih proizvoda, zidovi od lakih betonskih elemenata i ventilisane fasade. Fasadni elementi izvedeni od opekarskih proizvoda ili lakih betonskih materijala su karakteristični za zidove suterena, prizemlja, kao i za zidove u lođama i balkonima.

Kod predmetnih zgrada izgrađenih u sistemu NS 71 identifikovani su prefabrikovani fasadni elementi, i to montažni paneli od betona sa granulama ekspanzirane gline (tzv. keramzit betona), kao i klasično izvedeni elementi - parapeti od fasadne opeke i gas-betonskih blokova.

Kod zgrada građenih na klasičan način identifikovana su sva tri tipa fasadnih zidova. Montažne fasadne zidove čine troslojni montažni AB prozorski parapeti. Kao polumontažni fasadni zidovi identifikovane su ventilisane fasade od lakih materijala. Kao klasično građene fasade javljaju se fasade od opekarskih proizvoda i fasade od betonskih materijala (AB platna za ukrućenje, noseći AB zidovi, zidovi od keramzit blokova i zidovi od gas-betonskih blokova).

Struktura spoljnih zidova

Do pojave prvih propisa iz oblasti termičke zaštite (1967. godine) pa i kasnije fasadni zidovi su uglavnom bili homogenog sastava (jednoslojni). Pooštavanjem zahteva, homogeni zid je postepeno zamenjen višeslojnim.

Na osnovu strukture, spoljni zidovi predmetnih zgrada su klasifikovani kao:

- jednoslojni (monolitni)
- višeslojni ventilisani
- višeslojni neventilisani
- kombinovani sa grupno rastavljenim funkcijama – „sendvič”

Jednoslojni zidovi su zidovi izvedeni od jednog materijala čija je funkcija višestruka (npr. i konstruktivna i izolaciona), dok kod višeslojnih i „sendvič” zidova svaki sloj ima svoju funkciju.

Višeslojni i „sendvič” zidovi se sastoje od osnovnog (nosećeg) sloj zida i nenosećih slojeva – termoizolacionog materijala i završnog sloja. Kod višeslojnih ventilisanih zidova slojevi su postavljeni tako da omogućavaju provetravanje fasade, dok kod višeslojnih neventilisanih zidova to nije slučaj. Osnovna razlika između višeslojnih neventilisanih i „sendvič” zidova je ta što se kod višeslojnih neventilisanih zidova termoizolacioni sloj postavlja sa unutrašnje ili spoljašnje strane zida, dok se kod „sendvič” zidova ovaj sloj nalazi između dva sloja (osnovnog nosećeg i zaštitnog sloja), čineći njegovo jezgro.

Jednoslojni spoljni zidovi si identifikovani kod zgrada građenih klasičnim i IMS tehnologijom izgradnje, uglavnom izvedeni od opekarskih elemenata ili lakih betona. Kod zgrada izgrađenih u IMS sistemu ovi zidovi su zastupljeni u manjem obimu, najčešće kao zidovi prizemnih i podzemnih etaža, lođa i balkona.

Višeslojni ventilisani zidovi su zastupljeni u malom obimu i to kod jedne zgrade izgrađene u IMS sistemu (kula Fr-21) i kod tri zgrade izgrađene na klasičan način (kule Fr-4, Fr-6 i BCL-5).

Višeslojni neventilisani i „sendvič” zidovi su dominantni u strukturi analiziranih zgrada i identifikovani su kod sva tri tipa zgrada, s tim da su kod zgrada izgrađenih na klasičan način „sendvič” zidovi prisutni samo u slučaju tri zgrade (kule Fr-4, Fr-6 i BCL-5), u vidu troslojnih montažnih AB prozorskih parapeta. Višeslojni neventilisani zidovi se javljaju kao termoizolovana AB platna, dok su „sendvič” zidovi najčešće betonski elementi, a u nekoliko slučajeva javljaju se i „sendvič” zidovi od opekarskih elemenata (kula BCL-5) ili u kombinaciji beton-opeka (kule B-1, BCL-69 i BCL-71).

Sastav spoljnih zidova

Analiza (identifikacija) materijala od kojih je izveden fasadni zid je sprovedena za:

- osnovnu konstrukciju zida
- termoizolacioni sloj (uključujući položaj sloja) i
- završni sloj

Na osnovu sprovedene analize sastava osnovne konstrukcije zida, identifikovani su sledeći tipovi zidova:

- zidovi od opekarskih proizvoda
 - u punom preseku
 - kao deo „sendvič” ili višeslojnog zida
- zidovi od betona
 - „sendvič” zid – 2 sloja betona sa slojem TI između
 - AB zid
 - zid od lakih betonskih elemenata – gas-beton, keramzit beton ili betoni sa tufom

Termoizolacioni materijali su primenjivani u vidu tvrdih ploča i pojavljuju se kao unutrašnji ili spoljašnji sloj kod višeslojnih fasadnih zidova ili sloj (jezgro) između dva sloja u „sendvič” fasadnom zidu.

U strukturi predmetnih zgrada identifikovani su sledeći TI materijali:

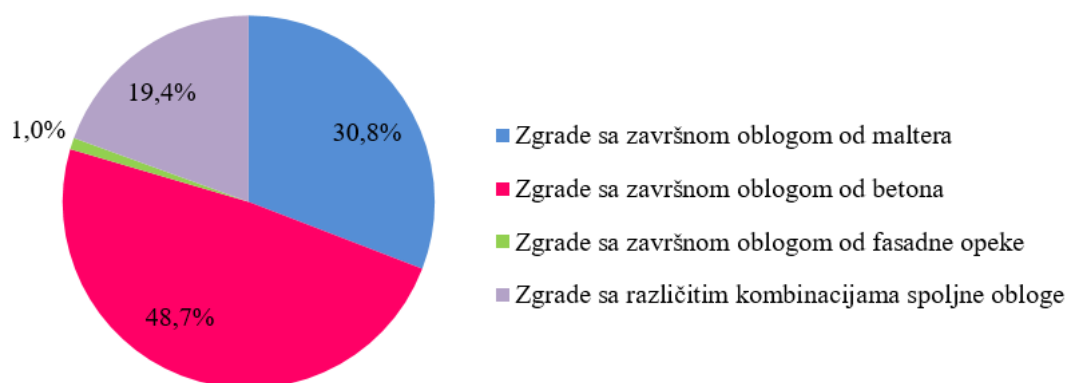
- ekspanzirani polistiren - „stiropor”
- gipsane ploče sa mlevenom trskom – „superizol”
- TI materijal na bazi lakog betona sa drvenim vlaknima – „durisol”
- kamena vuna – „tervol”

S obzirom da u većini slučajeva u projektnoj dokumentaciji zgrada nije jasno naznačeno o kom termoizolacionom materijalu je reč, sprovedeno je istraživanje literature pri čemu su identifikovani još neki materijali primenjivani za termoizolaciju spoljnih zidova zgrada građenih u analiziranom periodu, kao što su drvena vlakna presvučena cementom i mineralizovana („tarolit”), „duropor” (durisol + stiropor + durisol), poliuretani i „taropor” (tarolit mase + stiropor + tarolit).

U strukturi predmetnih zgrada kao dominantni tipovi spoljne obrade fasadnih elemenata identifikovani su:

- malter (npr. plastični malter – „teraplast“, plemeniti malter – „teranova“)
- beton (natur-beton, bojeni beton)
- fugovana opeka

Na Dij. 4.3 je prikazano učešće visokih slobodnostojećih stambenih zgrada prema tipu završne obloge spoljnih zidova, u kontekstu bruto površine koju ove zgrade obuhvataju.



Dij. 4.3 – Učešće predmetnih zgrada u odnosu na tip završne obloge spoljnih zidova

Izuzev dominantnih tipova spoljne obloge identifikovani su i veštački kamen, hidrofobni ukrasni premazi i keramičke pločice (tzv. „fasatke“).

Prema površinskom izgledu finalno obrađenih površina u strukturi predmetnih zgrada su prisutne ravne, glatke površine i reljefne površine. U vidu reljefnih površina se pojavljuju kanelirani betonski elementi i „kulije“ (isprani beton – struktura ispranog šljunka).

Analiza spoljnih zidova je pokazala da su u strukturi predmetnih zgrada dominiraju zgrade sa završnom oblogom od betonu, pri čemu dominiraju zgrade izgrađene u IMS sistemu gradnje, te su kao takve ove zgrade, odnosno njihove betonske fasade, fokus istraživanja sprovedenih u okviru doktorske disertacije.

Tab. 4.2 – Analiza spoljnih zidova predmetnih zgrada

Sistem izgradnje zgrade	Tip spoljnog zida	Konstruktivna svojstva			Tehnologija izgradnje			Struktura			Materijalizacija												
		noseći	samnoseći	viseći	montažni	polumontažni	klasični	jednoslojni	višeslojni ventilisani	višeslojni neventilisani	„sendvič“	Osnovna konstrukcija zida					TI	Spoljna obloga					
												opeka		beton				malter	beton	opeka			
												u punom preseku	deo „sendvič“ /višeslojnog zida	AB	gas-beton	keramzit beton					beton sa tufom		
Klasičan	Zidani zid		+				+	+			+	+		+	+	+	+	**	+	+	+		
	Platno za ukrućenje	+	+				+		+				+					+	+	+			
	Zid sa vazдушnim slojem	+		+		+			+	+		+	+					+		+			
	Fasadni parapet	*	+		+	+				+	+		+					+	**		+		
IMS	Fasadni panel		+		+					+			+					+			+		
	Fasadni parapet	*	+		+					+			+	+				+			+		
	Platno za ukrućenje		+		+	+	+		+	+			+					+			+		
	Zid sa vazдушnim slojem		+				+		+			+	+							+			
	Zidani zid		+				+	+			+	+		+						+		+	
NS 71	Fasadni panel		+		+					+			+		+							+	
	Fasadni parapet	*	+				+			+		+		+									+

*nosi prozor

** TI samo kod zidova tipa sendvič

4.2.2. Definisani tipovi zgrada

Kao osnovni kriterijumi klasifikacije predmetnih zgrada odabrani su sledeći kriterijumi:

- vrsta spoljne obloge spoljnih zidova zgrada
- konstruktivni sistem zgrada

Kao dodatni kriterijum klasifikacije zgrada izvedenih u IMS sistemu gradnje, odabrana je forma fasadnih elemenata.

Prema dominantnom tipu spoljne obloge fasadnih elemenata, predmetne zgrade su klasifikovane u četiri grupe:

- zgrade sa završnom oblogom od maltera (A)
- zgrade sa završnom oblogom od betona (B)
- zgrade sa završnom oblogom od fasadne opeke (C)
- zgrade sa različitim kombinacijama spoljne obloge (beton-opeka, opeka-malter, beton-malter) (D)











Prema primenjenom sistemu izgradnje i formi montažnih elemenata koji preovlađuju u strukturi fasade, predmetne zgrade su klasifikovane u 3 grupe i 5 podgrupa:

- zgrade klasično građene (1)
 - skeletni sistem (1a)
 - masivni-panelni sistem (1b)
- zgrade građene primenom industrijskog montažnog sistema IMS (2)
 - zgrade sa montažnim horizontalnim „sendvič” elementima – parapetima (2h)
 - zgrade sa montažnim vertikalnim „sendvič” elementima – panoima (2v)
 - zgrade sa montažnim horizontalnim i vertikalnim „sendvič” elementima - parapetima i panoima (2hv)
- zgrade građene primenom industrijskog polumontažnog sistema NS 71 (3)

Definisani kriterijumi klasifikacije su poslužili za definisanje tipologije zgrada, pri čemu je u okviru predmetnog stambenog fonda definisano 7 tipova zgrada i 5 podtipova.

Podaci prikupljeni u početnoj fazi istraživanja su omogućili definisanje opisa zgrada i sprovođenje statističke analize na osnovu čega su utvrđene dominantne karakteristike zgrada unutar tipoloških grupa i identifikovane reprezentativne zgrade, čije karakteristike odgovaraju najvećem broju zgrada istog tipa. Zgrade kojima je dodeljena uloga reprezentativnih su prikazane u matrici (Tab. 4.3) i opisane u nastavku.

Tab. 4.3 – Definisani tipovi i podtipovi predmetnih zgrada

TIP		Završna obloga spoljnih zidova			
		A Malter	B Beton	C Fasadna opeka	D Kombinovana
1 Klasičan	skeletni sistem (a)				
	sistem nosećih zidova (b)				
2 IMS	montažni horizontalni fasadni elementi (2)				
	montažni horizontalni i vertikalni fasadni elementi (hv)				
	montažni vertikalni fasadni elementi (v)				
3 NS 71					

4.2.2.1. Tip A - Zgrade sa završnom oblogom od maltera

U strukturi predmetnih zgrada identifikovano je 26 zgrada tipa A (Tab. 4.4) koje obuhvataju oko 31% ukupne bruto površine. Kod ovog tipa zgrada, kao karakteristični tipovi spoljnih zidova identifikovani su zidovi sa završnom oblogom od maltera (Tab. 4.5), u sledećim varijantama:

- I. Klasično zidani zidovi
 - a. Zidovi od opekarskih proizvoda (opeke, blokova)
 - b. Zidovi od lakih betonskih elemenata (betonskih blokova sa tufom, „keramzit“ blokova)
- II. Armiranobetonska platna sa unutrašnjom termoizolacijom

U strukturi zgrada tipa A identifikovane su zgrade kompaktne⁵ i kompleksne osnove⁶, isključivo izgrađene klasičnom tehnologijom gradnje (tip A1) tokom 60-ih i početkom 70-ih godina XX veka, u skeletnom konstruktivnom sistemu (tip A1-a) ili masivnom-panelnom sistemu (tip A1-b), spratnosti S+P+10 - S+P+18, sa ravnim krovom. Većina zgrada izgrađenih u ovom periodu nema nikakav vid termičke zaštite, a samo u pojedinim slučajevima je ona prisutna i to na pojedinim pozicijama spoljnih zidova. Posledično, zgrade tipa A karakterišu veoma loše termičke performanse, usled čega troše veliku količinu energije, te zahtevaju unapređenje ovih performansi.

U kontekstu kompleksnosti osnove, najzastupljenije su zgrade kompaktne osnove (23 zgrada koje obuhvataju oko 89% ukupne bruto površine posmatranog uzorka), dok relativno mali broj zgrada ima kompleksnu, razučenu, osnovu (3 zgrade: VP-6, VP-8 i VP-10). Dominiraju zgrade sa 13 etaža (15 zgrada ~ 58% zgrada). Slede zgrade sa 12 etaža (6 zgrada ~ 23%). Svega 3 zgrade imaju po 20 etaža (~ 11%) i dve zgrade 17 etaža (~8%). Sve zgrade imaju ravan krov.

U kontekstu konstruktivnog sistema zgrade, dominiraju zgrade skeletnog sistema, dok je 3 zgrade, koje obuhvataju 22% ukupne bruto površine koju čine zgrade tipa A, izvedeno u sistemu podužnih i poprečnih nosećih zidova (zgrade BO-1, BO-2 i BO-9).

U pogledu tipa spoljnih zidova, dominiraju samonoseći jednoslojni zidovi, izvedeni na licu mesta, od opekarskih proizvoda, obostrano malterisani, bez termičke zaštite. Kod 39% posmatranog uzorka identifikovani su zidovi izvedeni od šupljih blokova za zidanje od lakog betona (blokovi sa tufom ili keramzit blokovi). Kod zgrada čiji konstruktivni sistem čine podužni i poprečni noseći zidovi, izuzev zidova zidanih keramzit blokovima, identifikovani su i zidovi izvedeni kao AB platna termoizolovana sa unutrašnje strane.

Đukić Ignjatović (2016) navodi da su tokom 60-ih i 70-ih godina XX veka kao završna obloga spoljnih zidova zgrada primenjivane razne vrste plemenitih maltera, različitog sastava i teksture, i da su se neki pokazali izuzetno trajnim, a kod nekih je došlo do procesa degradacije nekoliko godina nakon izgradnje objekta.



























U kontekstu završnog sloja spoljnih zidova, izuzev maltera, kod pojedinih zgrada koje pripadaju tipu A identifikovan je i veštački kamen.

Sa aspekta mogućnosti i ograničenja u pogledu mera obnove ovih zgrada, zahvaljujući jednostavnom, kompaktnom, obliku osnove, kao i jednostavnoj materijalizaciji spoljnih zidova, smatra se da je relativno jednostavnim merama, kao što je postavljanje termoizolacije sa spoljne strane zidova, primenom adekvatnog sistema kontaktne fasade, moguće značajno unaprediti termičke performanse ovog tipa zgrada (Jovanović Popović et al., 2013a; Đukić Ignjatović, 2016).

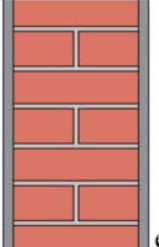
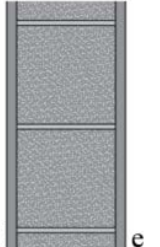

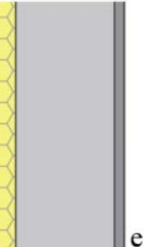
⁵ kvadratne ili pravougaone sa odnosom strana < 1:2

⁶ razučene ili izdužene osnove, sa odnosom strana > 1:2

Tab. 4.4 – Stambene kule tipa A (sa završnom oblogom od maltera)

Tip A1								
VP-6	VP-8	VP-10	V-1	V-3	MB-13	BO-94	BO-115	VM-2
								
PK-25	PK-27	PK-29	BO-16	KM-56	KM-58	KM-60	Fu-37	Ru-161
								
Ru-163	Ru-165	VM-116	VM-118	VM-120	BO-1	BO-2	BO-9	
								
Tip A2								
-								
Tip A3								
-								

Tab. 4.5 – Spoljni zidovi karakteristični za zgrade tipa A

Tip A1			
Zid od opeke	Zid od tufe blokova	Zid od keramzit blokova	AB platno
			
i e	i e	i e	i e
Malter 2cm Šuplja opeka 25cm Malter 2cm	Malter 2cm Tufe blok 20cm Malter 2cm	Malter 2cm Keramzit blok 25cm Malter 2cm	Malter 2cm EPS 5cm AB zid 20cm Malter 2cm
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m ² K)			
1,61	1,91	1,66	0,66

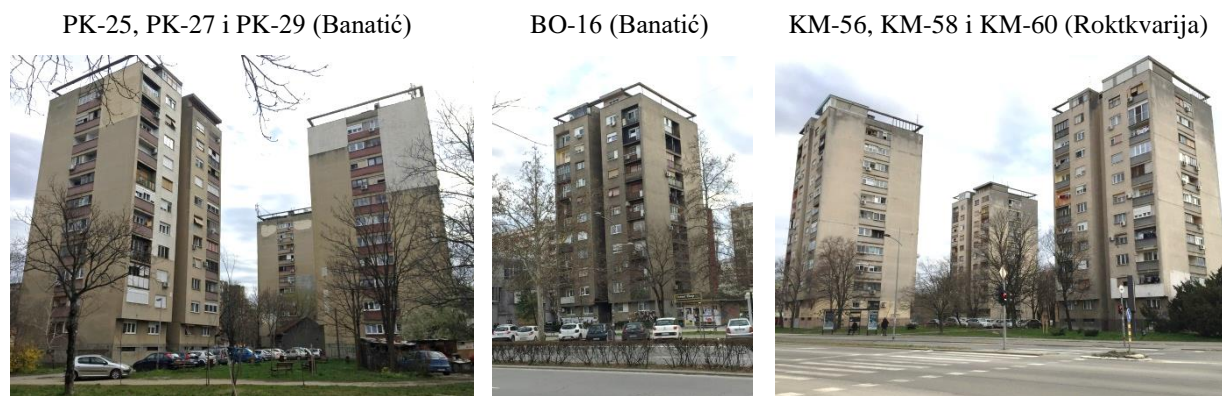
Kao karakteristični predstavnici visokih stambenih zgrada tipa A1 izabrani su objekti koje je projektovao arhitekta Petar Jankov, sa spoljnim zidovima izvedenim od opeke ili zidovima izvedenim od »tufe« blokova (podtip A1-a), kao i kule projektovane od strane Petra Stogova, Predraga Marjanovića i Ivica Mladenovića, sa spoljnim nosećim zidovima izvedenim kao AB platna termoizolovana sa unutrašnje strane i zidovima zidanim keramzit blokovima (podtip A1-b).

Zgrade tipa A1

Podtip A1-a: Kule arh. Petra Jankova (period 1961-1970)

Kule projektovane od strane arh. Petra Jankova (Atelje za projektovanje „Plan“, 1963; 1967; 1968) locirane su u gradskim četvrtima Banatić, Rotkvarija, Detelinara i Grbavica. Reč je o 11 kula spratnosti S+P+11.

Kule sa oznakama BO-16, PK-25, PK-27, PK-29, KM-56, KM-58 i KM-60 (Sl. 4.13) su izgrađene u prvoj polovini 60-ih godina XX veka.



Sl. 4.13 – Stambene kule arh. Petra Jankova u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija

Kule BO-16 i PK-25, PK-27 i PK-29 su pozicionirane u gradskoj četvrti Banatić, pri čemu je kula BO-16 locirana u stambenom bloku koji formiraju ulice Bulevar Oslobođenja, Bulevar Kralja Petra, Gagarinova i Bulevar Jaše Tomića, a kule PK-25, PK-27 i PK-29 u stambenom bloku koji formiraju ulice Pariske komune, Jovana Hranilovića i Omladinskog pokreta. Kule KM-56, KM-58 i KM-60 se nalaze u gradskoj četvrti Rotkvarija, u stambenom bloku koji formiraju ulice Kraljevića Marka, Bulevar Jaše Tomića, Kisačka i Berislava Berića (Sl. 4.14).



Sl. 4.14 – Lokacija stambenih kula u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija

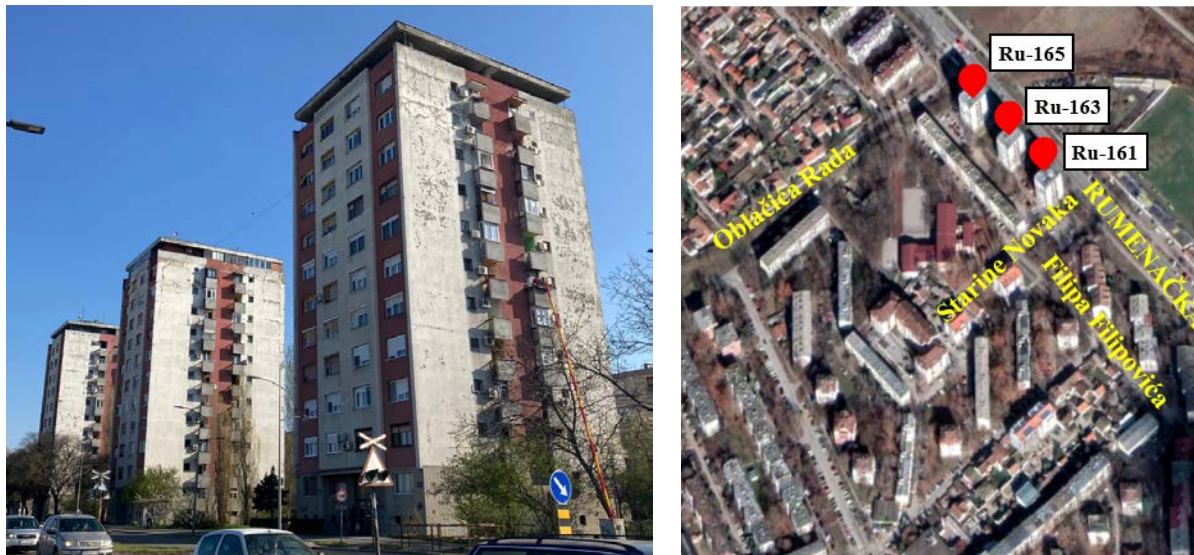
U periodu 1967-1971. godine izgrađene su još 4 kule istog autora: kula Fu-37 (sa aneksom) u Futoškoj ulici na Grbavici (Sl. 4.15) i 3 kule sa oznakama Ru-161, Ru-163, Ru-165 u Rumenačkoj ulici na Detelinari (Sl. 4.16).



Sl. 4.15 – Stambena kula Fu-37 arh. Petra Jankova na Grbavici: izgled i lokacija

Osnovna programska namena kula je stanovanje. Izuzev stanova, u zgradama postoje i prateće stambene i tehničke prostorije, u njihovom suterenu i prizemlju. U kuli Fu-37 u suterenu postoji i atomsko sklonište koje služi i kao ostave stanara. Kule imaju po jedan ulaz sa

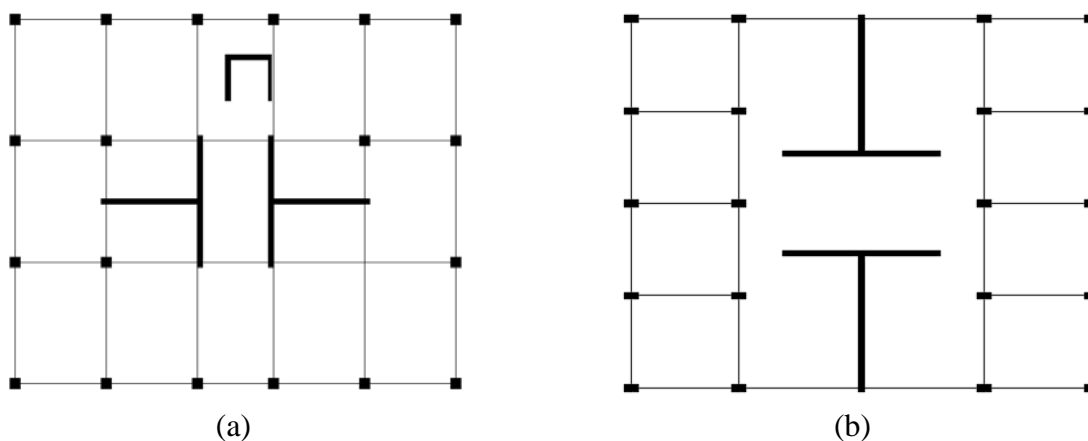
spoljnim pristupnim stepeništem ili unutrašnjim stepenišnim prostorom i vetrobranom. Komunikaciona vertikala je postavljena u središnjem delu osnove i sadrži jednokrako stepenište, prirodno osvetljeno ili osvetljeno posredno preko stanova i zenitalno, kao i jedan lift. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na krovnoj terasi. Krov je ravan, prohodan.



Sl. 4.16 – Stambene kule Ru-161, Ru-163 i Ru-165 arh. Petra Jankova u gradskoj četvrti Detelinara: izgled i lokacija

Ukupan broj stanova u kulama je 516, u kojima prema proceni boravi oko 1550 stanara. Karakteristična etaža sadrži 4 dvosobna ugaona stana, dok je poslednja etaža uvučena.

Kule su izgrađene u skeletnom sistemu. Kule su pravougaone osnove spoljnih dimenzija 16,25m x 17,85m (BO-16, PK-25, PK-27, PK-29, KM-56, KM-58 i KM-60) i 14,69m x 19,06m sa plitkim balkonima širine 72,5cm (Fu-37 i Ru-161, Ru-163 i Ru-165). Vertikalni noseći elementi su AB stubovi kvadratnog preseka 40/40 u osovinskom rasteru 3,61m i 3,01m ili pravougaonog preseka 25/50 u osovinskom rasteru 3,61 m u kraćem i 4,21m u dužem pravcu. Kule su ukrućene AB platnima, d=20cm (Sl. 4.17). Međuspratna konstrukcija je izvedena kao montažna konstrukcija od prednapregnutog betona ili betonska krstasto-armirana ploča.



Sl. 4.17 – Shema konstruktivnih elemenata: (a) kule BO-16, PK-25, PK-27, PK-29, KM-56, KM-58 i KM-60; (b) kule Fu-37 i Ru-161, Ru-163 i Ru-165

Spoljni zidovi su izvedeni od tufe blokova $d=20\text{cm}$ ili od opeke $d=25\text{ cm}$, sa završnom obradom od plemenitog maltera („teranova“) i veštačkog kamena (Sl. 4.18 i Sl. 4.19).



Sl. 4.18 – Detalji fasade stambene kule KM-60: spoljni zidovi od tufe blokova $d=20\text{cm}$ sa završnom obradom od plemenitog maltera („teranova“)



Sl. 4.19 – Detalji fasade stambene kule Fu-37: spoljni zidovi od opeke $d=25\text{ cm}$, sa završnom oblogom od plemenitog maltera („teranova“)

Podtip A1-b: Kule Petra Stogova, Predraga Marjanovića i Ivice Mladenovića kod Železničke stanice (period 1961-1970)

Kule BO-1, BO-2 i BO-9 (Sl. 4.20) su locirane na Bulevaru Oslobođenja, uz Železničku stanicu, u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija. Kule su spratnosti S+P+18, projektovane od strane arh. Stogov Petra, Marjanović Predraga i Mladenović Ivice (projekat: Slavko Odavić) i izgrađene u periodu 1969-1972. godine (Projektno preduzeće „Arhitekt“, 1969).



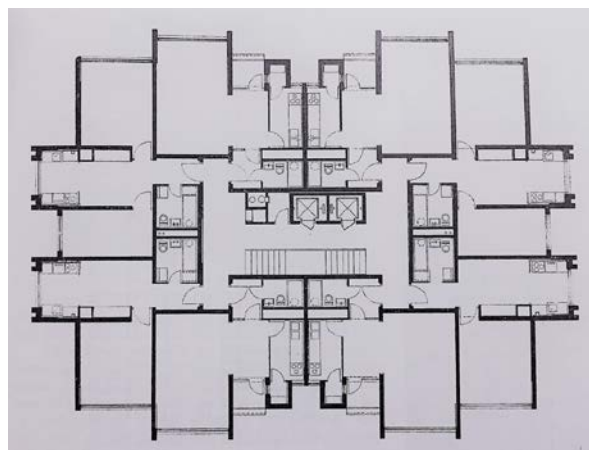
Sl. 4.20 – Tri stambene kule S+P+18 u gradskim četvrtima Banatić i Rotkvarija, uz Železničku stanicu, autora arh. Stogov Petra, Marjanović Predraga i Mladenović Ivice (projekat: Slavko Odavić)

Kule BO-1 i BO-9 su pozicionirane u stambenom bloku koji formiraju ulice Bulevar Oslobođenja, Jaše Tomića, Save Kovačevića i Berislava Berića, dok je kula BO-2 pozicionirana u stambenom bloku koji formiraju ulice Bulevar Oslobođenja, Bulevar Kralja Petra I, Gagarinova i Bulevar Jaše Tomića (Sl. 4.14).

Osnovna programska namena kula je stanovanje. Izuzev stanova, u zgradama postoje i prateće stambene i tehničke prostorije, u njihovom suterezu i prizemlju, kao i poslovni prostori u prizemlju. Kule imaju po dva ulaza sa pristupnim stepeništem i vetrobranom, dok jedan ulaz ima i rampu. Vertikalna komunikacija se ostvaruje preko centralnog jednokrakog stepeništa, sa podestom, i dva lifta. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na krovu koji je ravan.

Ukupan broj stanova u kulama je 384, u kojima prema proceni boravi oko 1150 stanara. Praktično postoji pet različitih osnova s različitim veličinama stanova. Spratovi sadrže po 4 ili 8 stanova.

Kule su približno pravougaone osnove spoljnih gabarita 27,85m x 17,88 m (Sl. 4.21). Osnovni sistem konstrukcije čine podužni i poprečni noseći zidovi izvedeni kao AB platna debljine 20cm. Međuspratna konstrukcija je izvedena kao AB ploča debljine 14cm i sitno-rebrasta tavanica sa ispunom od glinenih elemenata i AB pločom debljine 6cm. Kule su fundirane na AB temeljnoj ploči.



Sl. 4.21 – Tri stambene kule S+P+18 kod Železničke stanice: osnova jedne od etaža (Mladenović, 1980)

Spoljni zidovi su izvedeni od keramzit blokova $d=25$ cm i AB platana $d=20$ cm sa unutrašnjom izolacijom od ekspaniranog polistirena 5cm. Završna obrada spoljnih zidova je malter (Sl. 4.22).



Sl. 4.22 – Detalji fasade stambene kule BO-2: spoljni zidovi od keramzit blokova $d=25$ cm i AB platana $d=20$ cm sa unutrašnjom izolacijom od EPS-a 5cm, sa završnom oblogom od maltera

4.2.2.2. Tip B - Zgrade sa završnom oblogom od betona

U strukturi predmetnih zgrada identifikovana je 31 zgrada tipa B (Tab. 4.6) koje obuhvataju oko 49% ukupne bruto površine. Kod ovog tipa zgrada kao karakteristični tipovi spoljnih zidova su identifikovani zidovi sa klasično izvedenom ili montažnom oblogom od betona (Tab. 4.7) - natur ili bojenog betona, sa glatkom, kulije ili kaneliranom završnom obradom, u sledećim varijantama:

- I. Montažni betonski paneli i parapeti - troslojni AB elementi sa termoizolacionim jezgrom
- II. Armiranobetonski zidovi/platna
 - a. AB platna klasično izvedena i termoizolovana sa unutrašnje strane
 - b. Parapetni AB zidovi sa montažnom AB oblogom
- III. Višeslojni zidovi sa vazдушnim slojem
 - a. Ventilisani AB zidovi sa montažnom AB oblogom
 - b. Zidovi od opeke sa neventilisanim vazдушnim slojem i montažnom AB oblogom

Kod zgrada tipa B, izuzev navedenih karakterističnih tipova zidova, identifikovani su i zidovi klasično zidani opekom ili gas-betonskim blokovima, u zonama lođa i balkona, kao i u prizemnoj etaži.

Zgrade tipa B karakterišu celokupan analizirani period - identifikovane zgrade građene klasičnom tehnologijom gradnje su izgrađene u prvoj polovini 70-ih godina, dok su zgrade u IMS sistemu građene od 1965-1985. godine.

















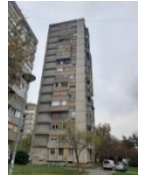










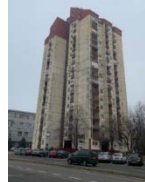


U strukturi zgrada tipa B identifikovane su zgrade kompaktne i kompleksne osnove, izvedene u skeletnom konstruktivnom sistemu ili sistemu tankih nosećih zidova, spratnosti S+P+10 - S+P+18, sa ravnim ili kosim krovom.

U kontekstu kompleksnosti osnove, 15 zgrada, koje obuhvataju oko 55% ukupne bruto površine posmatranog uzorka, ima kompleksnu, razučenu, osnovu, dok 16 zgrada, koje obuhvataju oko 45% ukupne bruto površine posmatranog uzorka, ima kompaktnu osnovu. Dominiraju zgrade sa 18 etaža (8 zgrada, odnosno 26%). Slede zgrade sa 17 i 16 etaža (po 5 zgrada, odnosno po 16%) i 13 etaža (4 zgrade, odnosno 13%). Ostale zgrade imaju 12, 14, 15 ili 20 etaža. Ravan krov ima 25 zgrada (81%), dok svega 6 zgrada (19%) ima kos krov.

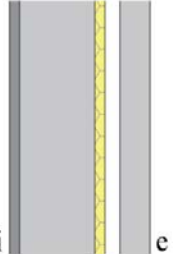
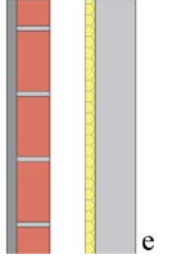

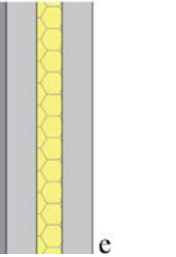
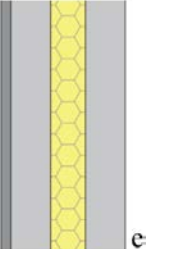
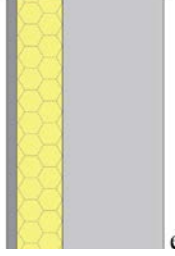
U kontekstu konstruktivnog sistema zgrade, dominiraju zgrade skeletnog sistema, dok je svega 3 zgrade izvedeno u sistemu tankih nosećih zidova (zgrade Fr-4, Fr-6 i BCL-7).

U pogledu tipa spoljnih zidova, dominiraju montažni samonoseći »sendvič« zidovi, izvedeni od dva sloja armiranog betona i termoizolovanog jezgra. Prethodno sprovedena istraživanja (Đukić Ignjatović, 2016) ukazuju na to da su kod ovog tipa zidova prisutni razni tehnički problemi i oštećenja koja je neophodno sanirati, koja se manifestuju u vidu degradacije spojnice i središnjeg termoizolacionog sloja koji je vremenom propao, navlažio i izgubio svoju funkciju. Kao najjednostavniji način unapređenja termičkih performansi ovog tipa zidova predlaže se dodavanje termoizolacije sa spoljašnje strane, kako je preporučeno i u okviru Nacionalne tipologije stambenih zgrada Srbije (Jovanović Popović et al., 2013b) za visoke zgrade izgrađene u periodu od 1971. do 1990. godine.

Tab. 4.6 – Stambene kule tipa B (sa završnom oblogom od betona)

Tip B1										
			Fr-4	Fr-6	BCL-7					
										
Tip B2										
BO-153	BO-155	DB-18	NF-22	NF-26	NF-55	NF-24	Š-9	B-64	BDS-2	BDS-4
										
BDS-6	NF-51	B-37	B-41	BD-13	BD-15	BB-32	BD-11	BD-17	BDS-16	BDS-18
										
			BJD-25	BJD-27	PB-22	BCL-81	BCL-83	BCL-85		
										
Tip B3										
-										

Tab. 4.7 – Spoljni zidovi karakteristični za zgrade tipa B

Tip B1			
Ventilisani AB zid sa montažnom AB kaneliranom oblogom	Zid od opeke sa neventilisanim vazдушnim slojem i montažnom AB oblogom	Parapetni AB zid sa montažnom AB oblogom	Montažni parapet
			
Malter 2 cm AB zid 15cm EPS 2cm Vazduh 3cm AB panel 6+3cm	Malter 1,5cm Opeka 6,5cm Vazduh 7cm EPS 2cm AB pano 8cm	Malter 2cm AB zid 15cm AB obloga 9cm	Malter 2cm Armirani beton 6cm EPS 5cm Armirani beton 6cm
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m ² K)			
1,20	1,03	3,41	0,68
Tip B2			
Montažni i polumontažni AB panel i parapet	AB platno		
			
Malter 2cm Armirani beton 7,5-15cm Termoizolacija 5-10cm Armirani beton 3,5-8cm	Malter 2cm Termoizolacija 8-11cm AB platno 16-20cm		
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m ² K)			
0,37-1,26		0,33-1,49	

Odabir karakterističnih predstavnika visokih stambenih zgrada tipa B je rezultovao sledećim predstavnicima:

- Tip B1: kule S. Komadine i saradnika na Limanu II (podtip B1-b)
- Tip B2:
 - kule B. Štajner-Šelken na Limanu 2 i 3 (podtip B2-h, period 1961-1970)
 - kule arh. Mirković D. i saradnika, Bistrica (podtip B2-hv, period 1971-1980)
 - kule M. Milidragovića u gradskim četvrtima Bistrica i Liman IV (podtip B2-v, period 1981-1990)

Zgrade tipa B1

Podtip B1-b: Kule Slobodana Komadine, R. Ristivojevića i Branislava Vučkovića na Limanu II

Stambene kule Fr-4, Fr-6 i BCL-7 (Sl. 4.23), autora arh. Slobodana Komadine i saradnika, projektovane 1973. godine (Biro za projektovanje i inženjering „Arkon“, 1973), locirane su na Limanu II. U pitanju je 3 kula spratnosti P+16, pri čemu je u okviru kule Fr-4 dograđen sedamnaesti sprat, sa trapezastim limom kao krovnim pokrivačem.

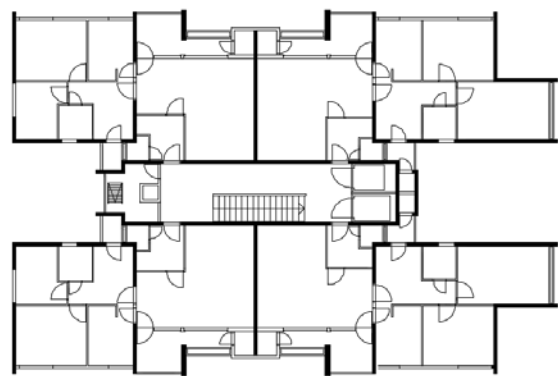
Kule su pozicionirane na uglu ulica Bulevar cara Lazara i Fruškogorske, na Limanu 2, u neposrednoj blizini Sporstko-poslovnog centra "Vojvodina" (SPENS) i Univerzitetskog kampusa. Kule zauzimaju severni i istočni položaj u okviru bloka koji formiraju ulica Milice Stojadinović-Srpkinje, Bulevar Cara Lazara i Fruškogorska ulica (Sl. 4.23).



Sl. 4.23 – Stambene kule Fr-4, Fr-6 i BCL-7 arh. Slobodana Komadine, R. Ristivojevića i Branislava Vučkovića u gradskoj četvrti Liman II: izgled i lokacija

Kule su kompleksne, razučene osnove, spoljnih gabarita 18,52m x 27,7m, projektovane u sistemu tankih nosećih AB zidova i međuspratnih konstrukcija debljine 15 cm (Sl. 4.24), fundirane na AB ploči debljine 60cm.

Programski sadržaj svih zgrada je pretežno stambeni, sa tehničkim prostorijama, prostorom za smeće i poslovnim prostorima u prizemlju objekta. U kulama postoji jedan glavni ulaz, izveden sa spoljnim pristupnim stepeništem i rampom. Vertikalna



Sl. 4.24 – Osnova tipske etaže kula Fr-4, Fr-6 i BCL-7

komunikacija u objektu vrši se preko glavnog centralnog jednokrakog stepeništa, veštački osvetljenog, i dva lifta postavljena uz jedan fasadni zid. Mašinska kućica za lift postrojenje nalazi se na krovu objekta. Uz jednu od fasada postoji i pomoćno metalno stepenište, prirodno osvetljeno, međutim prostor pomoćnog stepeništa je pretvoren u stanarske ostave. Kroz ovaj

prostor takođe prolazi i vertikalni kanal za smeće. Ukupan broj stanova u kulama je 192, u kojima prema proceni boravi oko 800 stanara. Karakteristična etaža sadrži 4 stana: 2 dvoiposobna i 2 trosobna.

U konstrukciji fasade stambenih kula dominiraju montažni betonski elementi premazani zaštitnim premazom za beton na bazi sintetičkih smola koji obezbeđuje vodonepropusnost betona.

Na poprečnim fasadama (Sl. 4.25) identifikovani su noseći zidovi izvedeni od betona $d=15$ cm sa izolacijom od ekspaniranog polistirena debljine 2 cm sa spoljne strane. Preko termoizolacije zida su montažna AB kanulirana platna debljine 9cm, okačena o betonsku ploču. Između betonskog platna i termoizolacije je vazdušni prostor od 3cm koji cirkuliše. Parapetni AB zidovi su obloženi montažnom parapetnom oblogom $d=9$ cm. Na spoljnim ostavama fasadni parapetni elementi su izvedeni kao montažni AB elementi $d=8$ cm.



Sl. 4.25 – Detalji kraće fasade stambene kule Fr-6: montažna AB viseća kanelirana platna (1), montažne parapetne obloge (2) i montažni parapetni elementi na spoljnim ostavama (3)

Na podužnoj fasadi (Sl. 4.26), deo zidova je izveden od opeke 6,5cm sa izolacijom od ekspaniranog polistirena $d=2$ cm. Između zida od opeke i termoizolacije je vazdušni prostor od 7cm. Preko termoizolacije su montažni AB panoi $d=8$ cm. Prozorski parapeti su izvedeni kao „sendvič“ elementi, od dva sloja armiranog betona po 6 cm i jezgra od ekspaniranog polistirena $d=5$ cm. Na spoljnim ostavama zidovi su izvedeni kao montažni AB elementi $d=15$ cm. Zidovi u lođama su od gas-betonskih blokova $d=25$ cm obostrano malterisanih.



Sl. 4.26 – Detalji duže fasade kule Fr-6: montažni panoi (1), montažni parapeti (2), montažne betonske kanelirane obloge (3), montažne betonske ograde (4), beton sa kanelurama (5), montažna betonska korita (6) i montažni AB elementi na spoljnim ostavama (7)

Zgrade tipa B2

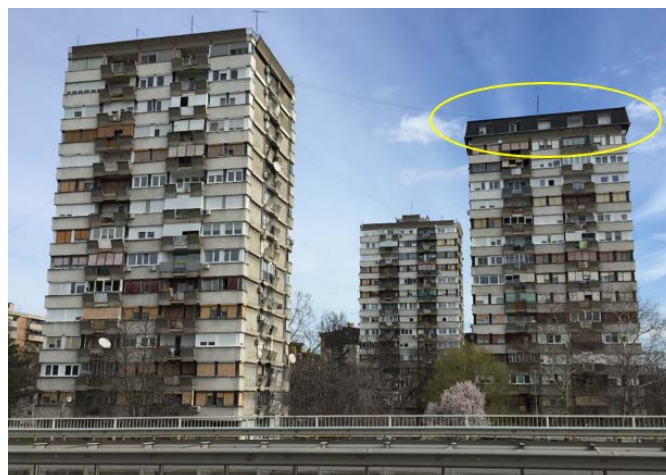
Podtip B2-h: Kule Brede Štajner-Šelken na Limanu II i Limanu III (period 1961-1970)

Stambene kule projektovane od strane arhitekta Brede Štajner-Šelken (Građevinski kombinat „Beton“, 1971) locirane su u okviru tri bloka na Limanima II i III (Sl. 4.27). U pitanju je 6 visokih zgrada: NF-22, NF-26, NF-55, BO-153, BO-155 i DB-18, spratnosti S+P+10 do S+P+14+Pk.



Sl. 4.27 - Lokacija stambenih kula projektovanih od strane arh. Brede Štajner-Šelken na Limanima II i III (zgrade NF-20, NF-49 i B-39 su spratnosti S+P+9 pa se kao takve ne mogu svrstati u visoke te nisu predmet analize ali ih svakako karakteriše povećan rizik od požara)

Stambene kule BO-153, BO-155 i DB-18 (Sl. 4.28) su izgrađene u periodu 1968-1970. godine na Limanu II i zauzimaju južni položaj u okviru stambenog bloka koji formiraju ulice Bulevar Oslobođenja, Narodnog fronta, Dragiše Brašovana i Bulevar despota Stefana. U njihovoj neposrednoj blizini nalazi se most „Sloboda“ i gradska plaža „Štrand“, a preko puta Limanski park.



Sl. 4.28 – Stambene kule BO-153 (S+P+14), BO-155 (S+P+14+Pk – dograđeno potkrovlje) i DB-18 (S+P+14) na Limanu II

Po istom projektu (ali nešto niže spratnosti) u prvoj polovini 70ih godina XX veka izgrađene su i stambene kule NF-22, NF-26 i NF-55

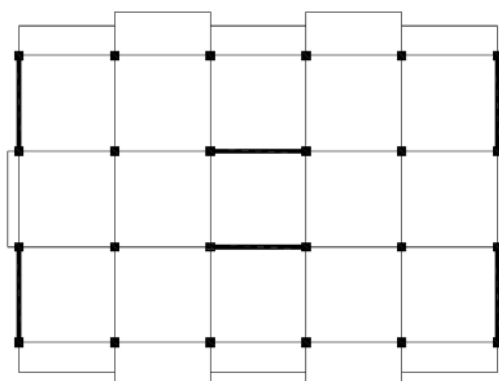
(Sl. 4.29), pozicionirane na Limanu III. Stambene kule NF-22 i NF-26 su locirane u neposrednoj blizini objekta Naftne industrije Srbije i Limanskog parka i zauzimaju jugozapadni položaj u okviru stambenog bloka Liman III-1, koji formiraju ulice Narodnog fronta, Šekspirova, Bulevar cara Lazara i Bulevar Oslobođenja. U okviru ovog bloka, na adresi Narodnog fronta 20, postoji još jedna slobodnostojeća zgrada istog autora niže

spratnosti (S+P+9). Stambena kula NF-55 zauzima severozapadni položaj u okviru stambenog bloka Liman III-3, koji formiraju ulice Narodnog fronta, Šekspirova, Bulevar despota Stefana i Balzakova. U okviru ovog bloka, na adresama Narodnog fronta 49 i Balzakova 39, postoji još dve slobodnostojeće zgrade istog autora niže spratnosti (NF-49 i B-39, S+P+9).



Sl. 4.29 – Stambene kule NF-22 (S+P+13), NF-26 (S+P+13) i NF-55 (S+P+10) na Limanu 3

Osnovna programska namena kula je stanovanje. Izuzev stanova, u zgradama postoje i prateće stambene i tehničke prostorije, u njihovom suterenu i prizemlju, dok u prizemlju kula NF-22 i NF-26 postoje i poslovni prostori. Kule imaju po jedan funkcionalan ulaz sa vetrobranom i spoljnim pristupnim stepeništem i rampom. Vertikalna komunikacija se ostvaruje preko centralno postavljenog jednokrakog stepeništa, veštački i zenitalno osvetljenog, i dva lifta. Krov je ravan, neprohodan. Ukupan broj stanova u kulama je 331, u kojima prema proceni boravi oko 1000 stanara. Karakteristična etaža sadrži 4 stana: 2 dvosobna i 2 trosobna.



Sl. 4.30 – Shema konstruktivnih elemenata kula NF-22, NF-26, NF-55, BO-153, BO-155 i DB-18

U pogledu osnove i oblikovanja svih 6 kula su skoro identične. Razlike se javljaju jedino u spratnosti objekata uz to da su da su kod kula na Limanu II u okviru prizemne etaže izvedene i žardinjere. Takođe, na kuli BO-155 je dograđeno potkrovlje sa krovnim pokrivačem od trapezastog lima i oblogom zidova od istog materijala.

Kule su pravougaone osnove, dimenzija 15,20m x 22,00m, fundirane plitko, na kontra ploči sa rebrima, odnosno kontra gredama upuštenim dole i konzolnim prepustom ploče (Sl. 4.30). Konstrukcija je tipska, montažna, sistema IMS. Vertikalni noseći elementi su armirano-betonski montažni stubovi kvadratnog preseka 38/38 u osovinskom rasteru 4,20 m u oba pravca (5x3 polja). Montažne međuspratne tavanice su kasetirane i pokrivaju polje između četiri stuba i sa njima su spojene prednaprežanjem na trenje. Na krajnjim središnjim poljima

na kraćim fasadnim stranama su montirane produžene međuspratne tavanice (4,20x4,70m), a na dužim fasadnim stranama konzolne tavanice (1,30m, odnosno 1,45m za lođe). Horizontalno opterećenje primaju platna za ukrucenje betonirana na licu mesta. Izuzev same konstrukcije, u izgradnji objekta su kao montažni elementi primenjeni i ivični nosači, pojedini fasadni elementi, stepenišni krakovi, kao i sanitarne kabine.

U konstrukciji fasade stambenih kula uočene su sledeće vrste zidova:

- FASADNA PLATNA – kanelirana AB platna d=20cm betonirana na licu mesta sa unutrašnjom izolacijom d=9cm
- MONTAŽNI PARAPETI – IMS prefabrikovani betonski sendvič elementi, d=23cm
- ZIDOVI OD OPEKARSKIH ELEMENATA - u balkonima i lođama i deo zidova prizemlja: opeka, d=25cm; deo zidova u prizemlju: fugovana opeka, d=38cm

Duže fasade su formirane kombinacijom parapetnih montažnih panela, prozora i međuprozorskih stubića (Sl. 4.31), a kraće fasade kombinacijom AB platana, parapetnih panela i prozora (Sl. 4.32). Lođe i balkoni imaju delimično montažnu punu ogradu a delimično bravariju, spređa i sa boka. U slučaju balkona, parapetne panele odlikuje prostorni oblik. Zidovi u lođama i balkonima su klasično zidani opekom debljine 25cm. Deo zidova u prizemlju je izveden u fugovanoj opeci. Svi prozori su krili na krilo – dvostruki drveni (Građevinski kombinat „Beton“, 1971).

Završna obrada parapetnih fasadnih panela je „teraplast“ ili ravan gladak beton u prirodnoj boji, a međuprozorskih stubića tarolit u tamno sivoj boji. AB platna su izvedena sa kanelurama u natur betonu. Zidovi zidani opekom su obostrano malterisani.



Sl. 4.31 - Detalji duže fasade stambene kule NF-26: 1– lođa (montažni betonski panel), 2- balkon (montažna betonska puna ograda) i 3 – međuprozorski stubić



Sl. 4.32- Detalji kraće fasade kule NF-26: 1 – kanelirano AB platno, 2 – lođa (montažni betonski panel), 3-francuski balkon (montažna betonska puna ograda), 4 –ivični nosač

Podtip B2-hv: Kule arh. Mirković Dušana, Grbić Đorđa i Marić Milana u gradskoj četvrti Bistrica (period 1971-1980)

Stambene kule projektovane od strane arhitekata Mirković Dušana, Grbić Đorđa i Marić Milana (Sl. 4.33) su locirane u gradskoj četvrti Bistrica, u stambenom bloku koji formiraju ulice Braće Dronjak, Bulevar Jovana Dučića, Bate Brkića i Seljačkih buna (Sl. 4.34). U pitanju je 3 kule spratnosti S+P+11 (BB-32, BD-11 i BD-17) i 2 kule spratnosti S+P+14 (BD-13 i BD-15), izgrađenih u drugoj polovini 70-ih godina XX veka.

U gradskoj četvrti Bistrica autori su projektovali još 7 kula ovog tipa niže spratnosti (S+P+9) na sledećim adresama: Partizanskih baza 2, 4, 6 i 8 i Bulevar Jovana Dučića 3, 7, 13 i 17 (Sl. 4.34).



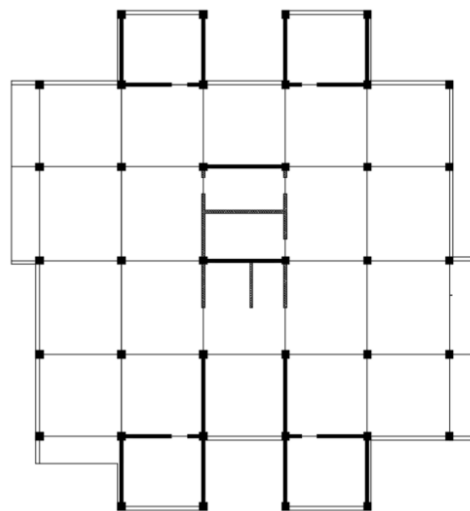
Sl. 4.33 - Stambene kule projektovane od strane arhitekata Mirković Dušana, Grbić Đorđa i Marić Milana u gradskoj četvrti Bistrica



Sl. 4.34 - Lokacija stambenih kula projektovanih od strane arh. Mirković Dušana, Grbić Đorđa i Marić Milana u gradskoj četvrti Bistrica

Osnovna programska namena kula je stanovanje. Izuzev stanova, u zgradama postoje i prateće stambene i tehničke prostorije, u njihovom suterezu i prizemlju, dok u prizemlju kula BD-11, BD-17 i BB-32 postoje i poslovni prostori. Ukupan broj stanova u kulama je 366, u kojima prema proceni boravi oko 1100 stanara. Karakteristična etaža sadrži 6 stanova. Krov je ravan, neprohodan kod svih kula.

Stambene kule BD-13 i BD-15 su spratnosti S+P+14, sa osnovom spoljnih gabarita 23,82m x 25,2m. Ulaz u kule BD-13 i BD-15 je moguć preko jednog ulaza sa vetrobranom, dok se vertikalna komunikacija ostvaruje preko dvokrakog stepeništa, pozicioniranog uz jednu od fasada, prirodno osvetljenog, i dva lifta. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na poslednjoj etaži. Postoji i pomoćno dvokrako stepenište, centralno pozicionirano. Kule su fundirane plitko, na kontra ploči sa roštiljem kontra greda. Konstruktivni sistem (Sl. 4.35) ovih objekata je AB skelet sastavljen od tipskih montažnih elemenata sistema IMS (5x6 polja): stubova 38/38, kasetiranih AB tavanica 3,6m x 4,2m, 4,2m x 4,2m i 4,8m x 4,2m, ivičnih nosača i fasadnih elemenata. Spratna visina objekta je 280 cm. Sve montažne tavanice su kasetirane sa finiliziranim plafonom od gips-kartonskih ploča. Debljina tavanice je 22cm. Tavanice su spojene sa stubovima prednaprežanjem na trenje. Posle prednaprežanja, korita između tavanica su zalivena betonom, tako da zajedno sa ivičnim nosačima tavanice čine systemske rigle skeleta. Skeletna konstrukcija je ukrućena AB platnima d=16cm (Atelje za projektovanje „Plan“, 1976).



Sl. 4.35 – Šema konstruktivnih elemenata kula BD-13 i BD-15

Glavni delovi fasade, kao i uvučeni, su izvedeni od montažnih betonskih sendvič panela (d=24 cm) i parapetnih elemenata (d=21 cm) sa ispunom od ekspaniranog polistirena kao termoizolacijom. Betonske površine su sa spoljne strane premazane zaštitnim bojnim hidrofobnim premazom (Atelje za projektovanje „Plan“, 1976).

U konstrukciji fasade stambenih kula uočene su sledeće vrste zidova (Sl. 4.36):

- FASADNI PANELI – montažni troslojni AB paneli d=24 cm (8+10+6) sa ispunom od ekspaniranog polistirena kao termoizolacijom;
- PARAPETNI ELEMENTI - montažni troslojni AB parapetni elementi d=21 cm (8+5+8) sa ispunom od ekspaniranog polistirena kao termoizolacijom;
- FASADNA PLATNA – AB platna d=16 cm sa unutrašnjom oblogom 11cm, samo u pojedinim pozicijama termičkog omotača (na granicama radnih soba sa spoljašnjom sredinom);
- ZIDOVI OD OPEKARSKIH ELEMENATA – zidovi od fasadne opeke u prizemlju, d=25cm



Sl. 4.36 - Detalji fasade zgrada BD-13 i BD-15: AB platno (1), betonski paneli (2) i betonski parapetni elementi (3)

Podtip B2-v: Kule Miodraga Milidragovića u gradskim četvrtima Bistrica i Liman IV (period 1981-1990)

Stambene kule projektovane od strane arhitekta Miodraga Milidragovića (Sl. 4.37 i Sl. 4.38) locirane su u gradskim četvrtima Bistrica i Liman IV. U pitanju je 6 visokih zgrada spratnosti S+P+12+Pk i S+P+16,17,18: BJD-25, BJD-27 i PB-22 i BCL-81, BCL-83 i BCL-85.

Stambene kule sa oznakama BJD-25, BJD-27, PB-22 (S+P+12+Pk) locirane su u gradskoj četvrti Bistrica, u stambenom bloku koji formiraju ulice Bulevar Jovana Dučića, Braće Dronjak, Partizanskih baza i Bate Brkića (Sl. 4.37). Stambene kule sa oznakama BCL-81, BCL-83, BCL-85 (S+P+17+Pk) locirane su u stambenom bloku Liman IV-1. Kule zauzimaju severni položaj u okviru bloka koji formiraju ulice Bulevar Cara Lazara, Banović Strahinje, Narodnog fronta i Ive Andrića (Sl. 4.38). Kule su izgrađene 80-ih godina XX veka prema termičkim propisima iz 1980. godine.



Sl. 4.37 - Stambene kule BJD-25, BJD-27 i PB-22 (S+P+12+Pk), projektovane od strane arh. Milidragovića, u gradskoj četvrti Bistrica: izgled i lokacija

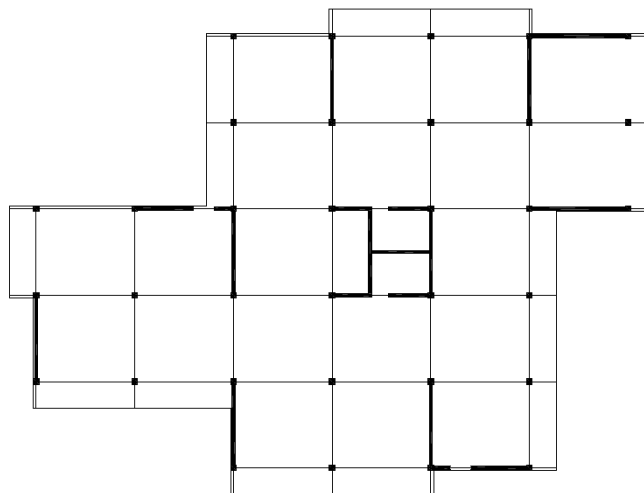
Osnovna programska namena kula je stanovanje. Izuzev stanova, u zgradama postoje i prateće stambene i tehničke prostorije, u njihovom sutereu i prizemlju, kao i poslovni prostori u prizemlju. Kule BJD-25, BJD-27 i PB-22 imaju po jedan, a kule BCL-81, BCL-83 i BCL-85 po dva funkcionalna ulaza sa vetrobranom i spoljnim pristupnim stepeništem i rampom. Vertikalna komunikacija je centralno pozicionirana i ostvaruje se preko jednog glavnog trokrakog ili dvokrakog stepeništa, prirodno osvetljenog, i dva lifta. Postoji i unutrašnje pomoćno spiralno metalno stepenište, veštački osvetljeno. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na poslednjoj etaži. Krov je kos, limeni.



Sl. 4.38 - Stambene kule BCL-81, BCL-83 i BCL-85 (S+P+16,17,18), projektovane od strane arh. Milidragovića, na Limanu IV: izgled i lokacija

Ukupan broj stanova u kulama je 510, u kojima prema proceni boravi oko 1500 stanara. Karakteristična etaža sadrži 6 stanova.

Stambene kule BJD-25, BJD-27 i PB-22 su razučene osnove spoljnih gabarita 31,4m x 23,6m, spratnosti S+P+12+Pk. Objekti su fundirani plitko, na AB kontra ploči sa kontra gredama. Objekti su izvedeni u montažnom IMS sistemu sa rasterom stubova 4,80m x 4,20m (6x5 polja, Sl. 4.39). Sistem je skeletna konstrukcija sastavljena od montažnih troetažnih, dvoetažnih i jednoetažnih stubova preseka 38x38cm i tavaničnih ploča. Spratna visina objekta je 280 cm. Sve montažne tavanice su kasetirane sa finiliziranim plafonom. Ukupna debljina tavanice je 22cm. Kasete su ispunjene pločama od ekspaniranog polistirena d=15cm kao izgubljenom oplatom. Konzolne tavanice su raspona 130cm. Skeletna konstrukcija je ukružena montažnim AB platnima d=15cm sem u nivou tehničke etaže i krovne konstrukcije gde su livena na licu mesta. Izuzev same konstrukcije, prefabrikacijom su obuhvaćeni i spoljna fasada, delovi ograda lođa, žardinjere, kupatilske kabine, WC kabine (Biro za projektovanje „Projekt 76“, 1982).



Sl. 4.39 – Shema konstruktivnih elemenata BJD-25, BJD-27, PB-22

Svi glavni delovi fasade su izvedeni od troslojnih betonskih panoa, d=19cm (8+7+4) sa ispunom od ekspaniranog polistirena kao termoizolacijom izuzev zidova nestambenog dela prizemlja i tavanke etaže koji su izvedeni na licu mesta (Sl. 4.40). Betonske površine su sa spoljne strane premazane zaštitnim bojenim hidrofobnim premazom. Zidovi povučene (unutrašnje) fasade, kao i poslednje etaže su izvedeni od gas-betonskih blokova d=20cm spolja dersovanih. Fasadni zidovi poslednjih etaža su obloženi jednostrukim alu-limom. Izložena čela su zaštićena ravnim salonitom d=6 mm, dok je deo fasadnih zidova u prizemlju izveden od opeke d=25cm. Svi unutrašnji zidovi su od gipsanih ploča debljine 8cm, izuzev podeonih zidova između stanova koji se zidaju na kant (Biro za projektovanje „Projekt 76“, 1982).

U konstrukciji fasade stambenih kula uočene su sledeće vrste zidova prema grejanom prostoru:

- FASADNI MONTAŽNI PANELI – troslojni AB paneli d=19 cm (8+7+4), ispunjeni ekspaniranim polistirenom kao termoizolacijom;
- FASADNA PLATNA – ukupne debljine 27,5cm: montažna AB platna d=15cm obložena sa spoljne strane ekspaniranim polistirenom 8cm i AB panelima 4,5cm;
- ZIDOVI OD GAS-BETONSKIH BLOKOVA - u lođama, obostrano malterisani, d=20cm i na poslednjim etažama obloženi jednostrukim alu-limom;
- ZIDOVI OD OPEKARSKIH ELEMENATA – deo zidova prizemlja, ukupne debljine 25cm: fasadna opeka 12cm obložena sa unutrašnje strane malterom 1cm, mineralnom vunom 4cm i gipsom 8cm;

Analizom tehničke dokumentacije (Biro za projektovanje „Projekt 76“, 1980) uočeno je da su kule BCL-81, BCL-83, BCL-85 locirane na Limanu IV slične u pogledu osnove i oblikovanja. Kule su takođe razuđenog oblika osnove, spoljnih gabarita 27,2m x 24,2m. Razlike se javljaju kod primarne noseće konstrukcije, gde je osovinski raster stubova 4,20x4,20m (6x5 polja) i rasponu konzolne tavanice (150cm), u spratnosti objekata i debljini fasadnih montažnih panela (20cm).



Sl. 4.40 – Detalji fasade stambene kule PB-22: montažno AB platno (1), betonski paneli (2) i zidovi od gas-betonskih blokova obloženi alu-limom (3)

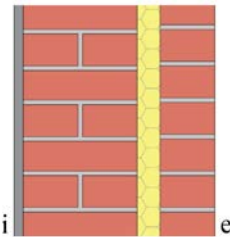
4.2.2.3. Tip C - Zgrade sa završnom oblogom od opeke

U prethodno sprovedenim istraživanjima (Đukić Ignjatović, 2016) navodi se da višeslojni „sendvič“ zidovi sa opekarskim elementima kao završnom obradom predstavljaju poseban izazov kada je u pitanju njihova energetska sanacija postavljanjem dodatnog sloja

termoizolacije sa spoljašnje strane, jer se na ovaj način narušava identitet građevine. Kao jedno od rešenja navodi se zamena termoizolacionog sloja koja zahteva demontažu postojeće spoljašnje obloge i njenu ponovnu ugradnju ili ugradnju nove, slične fasadne obloge, ili primena sistema sa fasadnim pločicama od opekarskih elemenata u cilju simulacije izgleda zida obloženog fasadnom oblogom. Dodatno, u Nacionalnoj tipologiji (Jovanović Popović et al., 2013b) se za ovaj tip zidova ili ne predlaže nikakav vid intervencije ili se predlažu rešenja koja utiču na potpuni gubitak identiteta objekta.

U strukturi predmetnih zgrada identifikovana je samo jedna zgrada tipa C, i to stambena kula sa oznakom BCL-5, kod koje su kao karakteristični tipovi spoljnih zidova identifikovani zidovi sa završnom oblogom od opeke (Tab. 4.8). Zgrada je građena u periodu 1981-1990. godine, klasičnom tehnologijom gradnje na osnovu čega je klasifikovana kao tip C1 i obuhvata 1% ukupne bruto površine predmetnih zgrada.

Tab. 4.8 – Spoljni zid karakterističan za zgrade tipa C

Tip C1	
Višeslojni »sendvič zid« sa opekarskim elementom kao završnom obradom	
	
Malter 2cm Puna opeka 25cm Termoizolacija 5cm Fasadna opeka 12cm	
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m ² K)	
0,51	

Zgrade tipa C1

Podtip C1-a: Kula Miodraga Jovanovića na Limanu I – Asistentski dom (period 1981-1990)

Stambena kula sa oznakom BCL-5 (Sl. 4.41) je namenjena stanovanju mladih naučnih radnika Univerziteta u Novom Sadu, spratnosti je P+12, projektovana 1989. godine od strane arh. Miodraga Jovanovića (Vojvodina PRO-ING, 1989). Zgrada je projektovana prema zahtevima Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara iz 1984. godine.

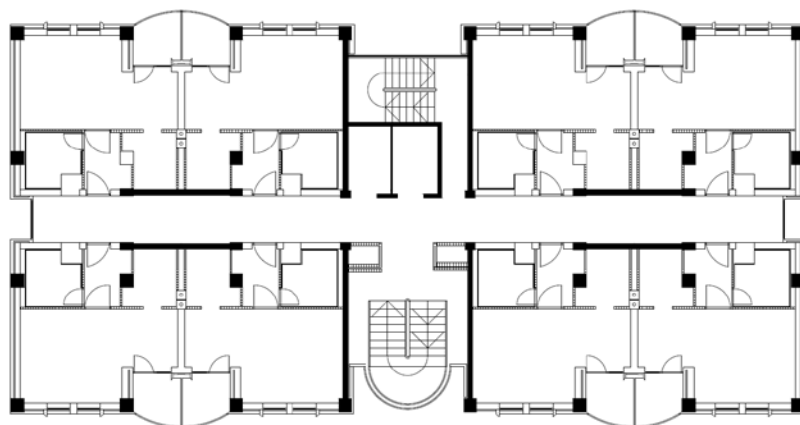
Kula je locirana u Univerzitetskom kampusu, u gradskoj četvrti Liman I, u stambenom bloku koji formiraju ulice Bulevar cara Lazara, Dr Sime Miloševića, Dr Ilje Đuričića i Fruškogorska (Sl. 4.41). U neposrednoj blizini kule nalazi se Studentska menza, Dom zdravlja studenata, studentski domovi „Slobodan Bajić“ i „Veljko Vlahović“ i JKP „Informatika“.



Sl. 4.41 – Stambena kula BCL-5 (Asistentski dom) na Limanu 1, projektovana od strane arh. Miodraga Jovanovića: izgled i lokacija

Osnovna programska namena kule je stanovanje. Izuzev stanova, u prizemlju zgrade postoji i poslovni prostor, kao i prateće stambene i tehničke prostorije. Kula poseduje dva funkcionalna ulaza/izlaza - glavni ulaz sa vetrobranom i spoljnim pristupnim stepeništem i rampom, kao i sporedni ulaz koji vodi u prostor pomoćnog stepeništa. Vertikalna komunikacija je smeštena u centralnom delu objekta i čine je dva lifta i dvokrako stepenište, prirodno osvetljeno preko zastakljenog zidnog platna. Zbog mogućnosti širenja požara kroz stepenišno okno na svakom spratu su izvedena dvokrilna klizna vrata vatrootpornosti 60 minuta, koja bi trebalo da se automatski zatvaraju na pojavu dima. U objektu postoji i pomoćno dvokrako stepenište, takođe prirodno osvetljeno, koje je prilikom projektovanja tretirano kao sigurnosno stepenište (za slučaj požara), međutim ono ne poseduje vrata otporna na požar. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na poslednjoj etaži. Krov je delimično ravan, prohodan, a delimično kos, limeni. Kao završni element zgrade izveden je TV i radio toranj.

U kuli postoji 80 stambenih jedinica iste kvadrature, u kojima prema *Spisku stanara* boravi oko 110 osoba. Karakteristična etaža sadrži 8 stanova (Sl. 4.42).



Sl. 4.42 – Stambena kula BCL-5: osnova karakteristične etaže

Kula je pravougaone osnove dimenzija 15,06m x 30,66m. Konstrukcija objekta je klasična skeletna konstrukcija, sa AB stubovima 33cm x 33cm u konstruktivnim rasterima 4.2m x 4.8m i 4.8m x 4.8m, ukružena AB zidovima debljine 20cm. Zidovi ispune su izvedeni od opeke (d=25cm). Kula je fundirana na šipovima.

Kao fasadna obloga je identifikovana fasadna fugovana opeka (d=12cm, Sl. 4.43). Između fasadne opeke i zida od pune opeke (d=25cm) postavljena je termoizolacija (kamena vuna, d=5cm).



Sl. 4.43 – Detalji fasade stambene kule BCL-5: fugovana opeka

4.2.2.4. Tip D - Zgrade sa različitim kombinacijama spoljne obloge

U strukturi predmetnih zgrada identifikovano je 12 zgrada tipa D (Tab. 4.9) koje obuhvataju oko 19% ukupne bruto površine. Kod ovog tipa zgrada identifikovani su zidovi sa spoljnom oblogom izvedenom u kombinaciji različitih materijala, podjednako zastupljenih, u sledećim varijantama:

- Zidovi sa završnom oblogom od betona i fasadne opeke
- Zidovi sa završnom oblogom od fasadne opeke i maltera
- Zidovi sa završnom oblogom od betona i maltera

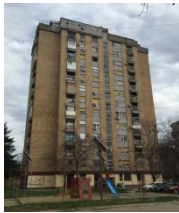



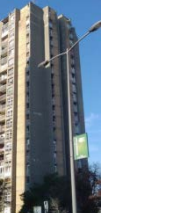







U strukturi zgrada tipa D identifikovane su zgrade kompaktne i kompleksne osnove, spratnosti S+P+11 - S+P+18, sa ravnim krovom, izgrađene klasičnom tehnologijom gradnje (tip D1) i industrijskim tehnologijama - u IMS (tip D2) i NS-71 (tip D3) sistemima gradnje, u periodu 1965.-1976. godine.

Dominiraju zgrade sa 20 etaža (4 zgrade, odnosno oko 33% zgrada) i 19 etaža (3 zgrade, odnosno 25% zgrada). Slede zgrade sa 13 i 14 etaža (po 2 zgrade, odnosno po 16,5%), a samo jedna zgrada ima 17 etaža. Sve zgrade imaju ravan krov.

U kontekstu konstruktivnog sistema zgrade, identifikovane su zgrade izvedene u skeletnom sistemu (podtip D1-a) i zgrade izvedene u sistemu nosećih zidova (podtip D1-b), koje ujedno dominiraju u strukturi zgrada tipa D.

U pogledu tipa spoljnih zidova, tipovi zidova identifikovani kod zgrada grupe D2 i D3 su dati u Tab. 4.10, dok za zgrade grupe D1 nije bilo moguće izdvojiti karakteristične tipove, usled nedostatka projektno-tehničke dokumentacije za većinu zgrada u grupi.

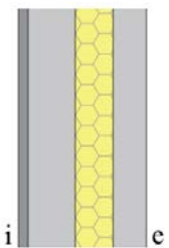
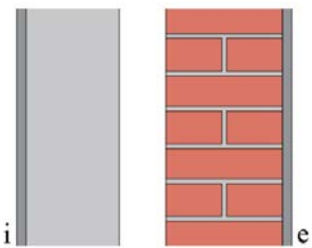
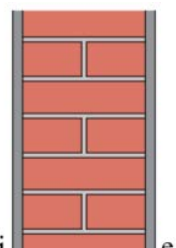
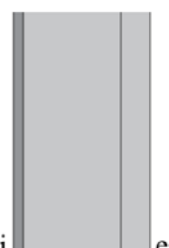
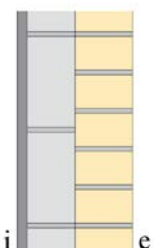
Tab. 4.9 – Stambene kule tipa D (sa različitim varijantama spoljnih zidova)

Tip D1				
PK-8	BK-39	BK-41	BK-43	BK-45
				
B-1	BCL-69	BCL-71	BO-12	BO-14
				
Tip D2				
Fr-21				
				
Tip D3				
BO-28				
				

U kontekstu završnog sloja spoljnih zidova, kombinacija natur betona i opeke je identifikovana kod nešto više od 58% zgrada, što je čini dominantom u grupi zgrada tipa D. Kombinacija natur betona i maltera je identifikovana kod 25% zgrada, dok je identifikovana samo jedna zgrada sa završnom oblogom u kombinaciji fasadne opeke i maltera, a isti slučaj je i sa završnom oblogom u kombinaciji kulije betona i fasadne opeke.

S obzirom da nije bilo moguće identifikovati reprezentativnog predstavnika tipološke grupe D1, u nastavku su opisane kule za koje je pronađena dokumentacija – kule projektovane od strane Slobodana Komadine i Branislava Vučkovića, sa završnom oblogom u kombinaciji natur betona i opeke, i njihov opis je dat u nastavku. U strukturi predmetnih zgrada identifikovana je samo jedna zgrada tipa D2 i jedna zgrada tipa D3, koje su takođe opisane u nastavku.

Tab. 4.10 – Spoljni zidovi karakteristični za zgrade tipa D

Tip D1		
Nije identifikovan karakterističan sklop.		
Tip D2		
Montažni AB panel i parapet	Ventilisani zid	Zidani zid
		
Malter 2cm Armirani beton 10cm Termoizolacija 8cm Armirani beton 7cm	Malter 2cm AB platno 20cm Vazduh 10cm Giter opeka 25cm Malter 2cm	Malter 2cm Opeka 25cm Malter 2cm
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m ² K)		
1,20	1,26	1,61
Tip D3		
Montažni panel	Zidani parapet	
		
Malter 1,5cm Keramzit beton 20cm Kulije beton 6cm	Malter 1,5cm Gas-betonski blok 10cm Fasadna opeka 12cm	
Koeficijent prolaza toplote, U (W/m ² K)		
1,91	1,25	

Zgrade tipa D1

Kule Slobodana Komadine i Branislava Vučkovića na Limanu III (period 1971-1980)

Stambene kule B-1, BCL-69 i BCL-71 (Sl. 4.44), projektovane od strane arh. Slobodana Komadine i Branislava Vučkovića 1973. godine (Biro za projektovanje i inženjering „Arkon“, 1974), građene od 1974. do 1976. godine, locirane su na Limanu III. U pitanju je 3 kula spratnosti S+P+17.

Kule su pozicionirane na uglu ulica Bulevar cara Lazara i Balzakove, u gradskoj četvrti Liman 3. Kule zauzimaju severozapadni položaj u okviru bloka koji formiraju ulice Bulevar cara Lazara, Balzakova, Narodnog fronta i Šekspirova (Sl. 4.44).



Sl. 4.44 – Izgled i lokacija kula B-1, BCL-69 i BCL-71

Osnovna programska namena kula je stanovanje. Izuzev stanova, u zgradama postoje i prateće stambene i tehničke prostorije, u njihovom suterenu i prizemlju. Kule imaju po jedan funkcionalan ulaz sa vetrobranom i spoljnim pristupnim stepeništem i rampom. Vertikalna komunikacija se ostvaruje preko glavnog dvokrakog stepeništa, prirodno i veštački osvetljenog i dva lifta. U objektima postoji i pomoćno stepenište koje se koristi kao ostave stanara. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na krovnoj terasi. Krov je ravan, delimično prohodan.



Sl. 4.45 – Osnova karakteristične etaže stambenih kula B-1, BCL-69 i BCL-71 na Limanu 3

Ukupan broj stanova u kulama je 204, u kojima prema broju postelja boravi oko 700 stanara. Karakteristična etaža sadrži 4 stana: 2 dvosobna i 2 dvoiposobna.

Kule su razučene osnove, spoljnih gabarita 24,32 m x 28,02m, klasično građene, projektovane u sistemu tankih nosećih AB zidova i međuspratnih konstrukcija (Sl. 4.45). Svi ovi elementi su iste debljine $d=14$ cm. Fundiranje je izvedeno na Franki šipovima.

U konstrukciji fasade stambenih kula identifikovani su sledeći tipovi zidova (Sl. 4.46):

- ZIDOVI OD ARMIRANOG BETONA
 - Zidovi izvedeni od betona $d=14$ cm, sa izolacijom od durisol ploča $d=5$ cm i zidom od fasadne opeke $d=12$ cm sa spoljne strane.
 - Zidovi koji nisu zahtevali posebnu termičku izolaciju, zidovi na spoljnim ostavama i lođama - izvedeni od betona $d=14$ cm i AB talpi $d=5$ cm sa završnom obradom u vidu zaštitnog premaza za beton na bazi sintetičkih smola.
- ZIDOVI OD GAS-BETONSKIH BLOKOVA

- Zidovi izvedeni od gas-betonskih blokova („siporeksa“) d=30cm ili d=25cm, obostrano malterisani, pri čemu je sa fasadne strane primenjen plastični malter („teraplast“ gletovan).
- Zidovi izvedeni od gas-betonskih blokova d=25cm obloženi termoizolacionim slojem od ekspaniranog polistirena d=3cm i AB talpi d=3cm sa završnom obradom u vidu zaštitnog premaza za beton na bazi sintetičkih smola.



Sl. 4.46 – Detalji fasade stambene kule BCL-69: 1 - fasadna opeka, 2 - AB talpe sa zaštitnim premazom, 3 - plastični malter („teraplast“), 4 - beton sa zaštitnim premazom

Zgrade tipa D2

Podtip D2-hv: Kula Žive Bugarskog na Limanu 1 (period 1961-1970)

Stambena kula sa oznakom Fr-21 (Sl. 4.47), spratnosti P+13 sa aneksom, je projektovana 1965. godine od strane arh. Bugarski Žive, a izgrađena 1966. godine (Projektni biro „Beton“, 1965). Kula se nalazi na Limanu 1, u stambenom bloku koji formiraju ulice Fruškogorska, Jiričekova, Veljka Petrovića i Drage Spasić. Kula Fr-21 predstavlja prvu visoku zgradu u Novom Sadu izgrađenu u IMS sistemu.



Sl. 4.47 – Stambene kule Fr-2: izgled i lokacija

Osnovna programska namena kule je stanovanje. U prizemlju se izuzev dva stana nalazi i poslovni prostor, kao i prateće stambene i tehničke prostorije. Ulaz u zgradu je sa severne strane, u nivou terena, kroz manji vetrobran. Komunikaciona vertikalna je uz središnji deo

severne fasade i sadrži jednokrako montažno AB stepenište i dva lifta u zajedničkom voznom oknu. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na krovnoj terasi. Osvetljenje stepeništa je prirodno celom vertikalom.

U objektu postoji 65 stanova u kojima prema proceni boravi 226 stanara. Karakteristična etaža sadrži po 4 trosobna ugaona stana i garsonjeru orijentisanu prema jugu (Sl. 4.48).

Kula je razučene, pravougaone, osnove, dimenzija 13,5m x 30,3m, sa plitko izbačenim podesnim svetlarnikom stepeništa i ulazom na severnoj fasadi, i konzolnim terasama na ostalim fasadama. Objekat je ukupne bruto površine cca. 6150m². Krov je ravan, neprohodan. Vertikalni noseći elementi su montažni AB stubovi kvadratnog preseka 38/38 u rasteru 4,2m x 4,2 m (3x7 polja). Međuspratne tavanice su montažne, izvedene kao kasete d=22cm, sa AB rebrima i pločom, a ugrađen je i plafon. U području terasa izvedene su konzolne tavanice širine 1,42m. U cilju podužnog i poprečnog ukrućenja objekta izvedena su AB platna, d=20cm, izlivena na licu mesta (Sl. 4.48). Unutrašnji zidovi su izvedeni od montažnih gipsanih ploča, izuzev u delu kupatila gde su ozidani opekam.



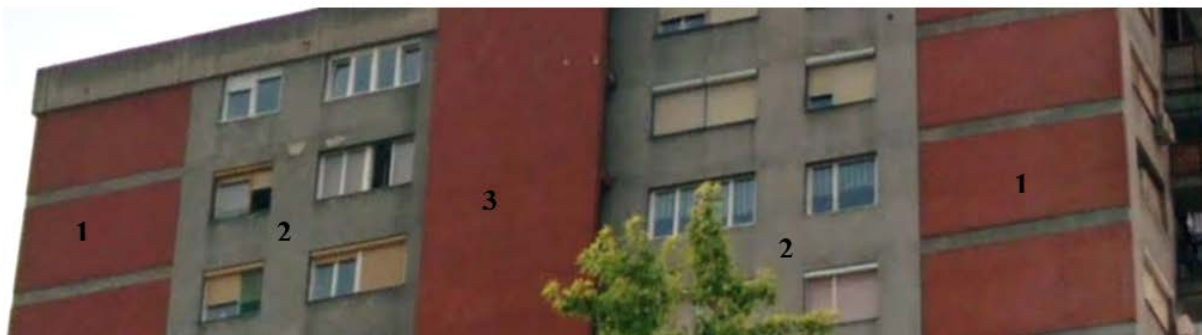
Sl. 4.48 – Osnova karakteristične etaže kule Fr-21

Fasadni zidovi su izvedeni kombinacijom montažne i klasične tehnologije gradnje (Sl. 4.49 i Sl. 4.50). U konstrukciji fasade identifikovane su sledeće vrste zidova:

- VENTILISANI ZIDOVI – AB platna d=20cm livena na licu mesta i termoizolovana sa spoljne strane zidovima od giter opeke d=25cm, sa vetrenim slojem d=10cm;
- MONTAŽNI PARAPETI – prefabrikovani betonski sendvič elementi, d=25cm;
- MONTAŽNI PANOI – prefabrikovani međuprozorski betonski sendvič elementi, d=25cm;
- ZIDOVI OD OPEKARSKIH ELEMENATA – zidovi izvedeni od giter opeke, d=25cm, obostrano malterisani; deo zidova u prizemlju: fasadna opeka, d=25cm;

Završna obrada betonskih fasadnih zidova je ravan, gladak beton u natur boji. Zidovi od giter opeke su omalterisani „teraplastom“, a fasadni zidovi u prizemlju su od crvene fasadne opeke.

Ograde terasa su izvedene u kombinaciji montažnih betonskih parapetnih elemenata i bravarije.



Sl. 4.49 – Detalji duže fasade stambene kule Fr-21: zidovi od giter opeke, obostrano malterisani (1), montažni betonski parapeti i međuprozorski panoi (2) i AB zid (3)



Sl. 4.50 – Detalji kraće fasade stambene kule Fr-21: zidovi od giter opeke, obostrano malterisani (1), montažni betonski parapetni elementi(2) i ventilisani AB zidovi sa završnom oblogom od malterisane giter opeke (3)

Zgrade tipa D3

Kula Predraga Cagića, Milana Lojanice i Borivoja Jovanovića u gradskoj četvrti Sajmište (period 1971-1980)

Tipološkoj grupi zgrada D3, izvedenih u sistemu NS 71, pripada samo jedna stambena kula - kula sa oznakom BO-28 (Sl. 4.51), projektovana u prvoj polovini 70-ih godina XX veka od strane arh. Predraga Cagića, Milana Lojanice i Borivoja Jovanovića.

Kula je locirana u gradskoj četvrti Sajmište, u stambenom bloku koji formiraju ulice Bulevar Oslobođenja, Novosadskog sajma, Branimira Ćosića i Bulevar Kralja Petra I (Sl. 4.51).

Osnovna programska namena kule je stanovanje. Izuzev stanova, u prizemlju zgrade postoje i poslovni prostori, kao i prateće stambene i tehničke prostorije. Ukupan broj stanova u kuli je 108, u kojima prema proceni boravi oko 320 stanara. Karakteristična etaža sadrži 7 stanova. Postoje tri ulaza u kulu sa spoljnim pristupnim stepeništem, dok se vertikalna komunikacija ostvaruje preko dvokrakog stepeništa, centralno pozicioniranog, zenitalno i veštački osvetljenog, i tri lifta - dva putnička i jednim teretnim. Postoji i pomoćno unutrašnje spiralno stepenište. Lift kućica sa mašinskim uređajima se nalazi na poslednjoj etaži. Krov je ravan, neprohodan.



Sl. 4.51 – Stambena kula BO-28 (P+16), projektovane od strane arh. Predraga Cagića, Milana Lojanice i Borivoja Jovanovića u gradskoj četvrti Sajmište: izgled i lokacija

Kula je razučene osnove, izvedena u skeletnom sistemu gde se kao konstruktivni elementi javljaju (Cagić i Lojanica, 1980):

- šuplji razučeni (profilisani) AB stubovi dimenzija 60/60 i visine 260cm
- međuspratne konstrukcije od armiranoih betona i šupljih – glinenih prefabrikata sa gotovim plafonom, debljine 20cm
- ivični AB nosači
- konzolni AB elementi
- elementi stepenišnog podesta i stepenišnog kraka od AB

U konstrukciji fasade stambene kule uočene su sledeće vrste zidova (Sl. 4.52):

- MONTAŽNI PANELI - puni zidni montažni paneli sa osnovnim slojem od kermazit betona $d=20\text{cm}$ i oblogom od kulije betona $d=6\text{cm}$. Po vertikali obloga je, naglašenim linijama AB stubića, izdijeljena u polja, osnovnog rastojanja stubića 60cm;
- KLASIČNO ZIDANI PARAPETI - zidovi od gas-betonskih blokova $d=10\text{cm}$ za završnim slojem od fasadne šuplje opeke $d=12\text{cm}$;



Sl. 4.52 – Detalji fasade stambene kule BO-28: puni zidni montažni paneli sa osnovnim slojem od kermazit betona i oblogom od kulije betona (1) i klasično zidani parapeti od gasbetonskih blokova, sa završnom oblogom od fasadne šuplje opeke (2)

4.3. Predlog strateškog modela planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada

Predloženi strateški model obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada (Sl. 4.53) je rezultat višegodišnjeg teorijsko-istraživačkog rada, predstavljenog u okviru doktorske disertacije, usmerenog ka zgradama izgrađenim u Novom Sadu u periodu od 1961-1990. godine.

Kreirani model pruža mogućnost struktuiranja procesa planiranja i projektovanja obnove fasade zgrade kroz sledeće faze:

FAZA 1: Karakterizacija zgrade

FAZA 2: Priprema i organizacija snimanja i pregleda zgrade

FAZA 3: Snimanje zgrade

FAZA 4: Generisanje ortofasada

FAZA 5: Procena stanja fasada

FAZA 6: Predlog mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja

FAZA 7: Evaluacija predloženih mera i rešenja obnove fasada

FAZA 8: Donošenje odluke o obnovi fasada

Realizacija predviđenih faza zahteva multidisciplinarni pristup kroz kombinovanu primenu metoda, tehnologija i digitalnih alata koji se često primenjuju u savremenoj nauci i inženjerskoj praksi.

4.3.1. Faza 1 - Karakterizacija zgrade

Faza obuhvata aktivnosti koji se odnose na prikupljanje osnovnih podataka o zgradi koja je predmet obnove i imaju za cilj analizu zgrade i njenog okruženja, odnosno kreiranje preliminarnog nalaza o stanju zgrade i uslovima okoline.

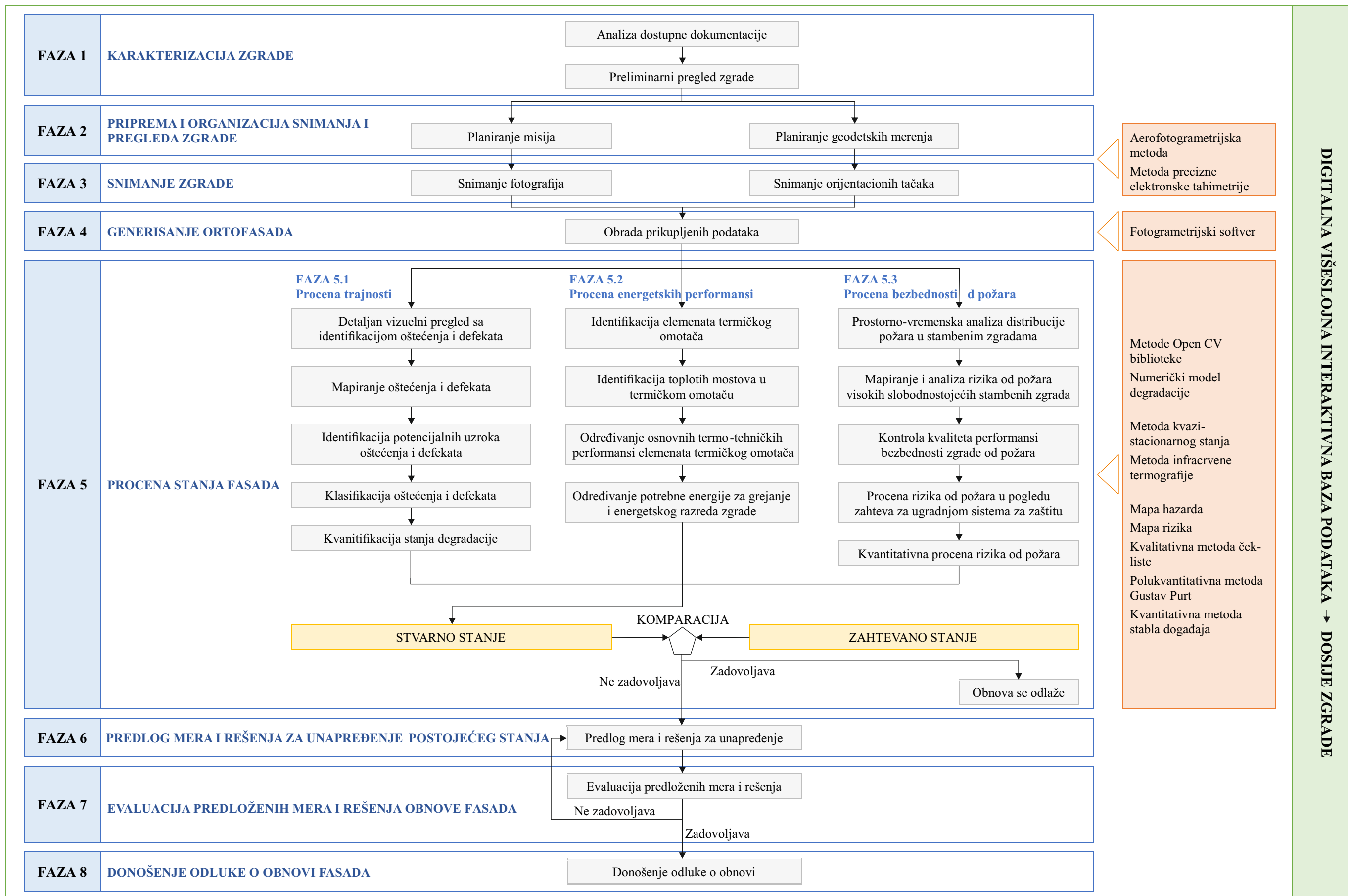
Aktivnosti prve faze su:

- 1) Analiza dostupne dokumentacije
- 2) Preliminarni pregled zgrade

4.3.1.1. Analiza dostupne dokumentacije

Aktivnost zahteva prikupljanje i proučavanje raspoložive projektno-tehničke dokumentacije. Ukoliko projektno-tehnička dokumentacija ne postoji ili ne pruža dovoljno informacija, sprovodi se analiza regulative koja je bila aktuelna u vreme izgradnje zgrade, stručne i naučne periodike iz vremena gradnje, stručne literature i/ili tehničkih kataloga industrijskih sistema gradnje.

Za sprovođenje aktivnosti kreiran je *Obrazac za prikupljanje podataka* (Prilog 1).



Sl. 4.53 – Strateški model planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada

Iz dokumentacije se prikupljaju sledeće grupe podataka:

- Opšti podaci (broj i vrsta projekta, oznaka zgrade u projektu, lokacija, godina projektovanja, projektant, investitor, izvođač, kao i spisak primenjenih relevantnih propisa);
- Morfologija zgrade (gabariti, spratnost i visina objekta);
- Konceptija zgrade (rešenje ulaza u objekat, programski sadržaj zgrade);
- Konstrukcija zgrade (način fundiranja, primenjeni tip konstruktivnog sistema, elementi vertikalne komunikacije, zidovi, međuspratna konstrukcija, krovna konstrukcija);
- Spoljašnja obrada zgrade (spoljni zidovi, fasadna stolarija i krovni pokrivač);
- Unutrašnja obrada zgrade (zidova, podova, plafona, stepeništa);
- Termotehnički sistemi (sistemi grejanja, hlađenja, klimatizacije, pripremu sanitarne tople vode, ventilacija);
- Podaci relevantni za toplotnu zaštitu zgrade (neto površina, bruto i neto zapremina grejnog prostora, površina termičkog omotača, faktor oblika, sastav građevinskih elemenata termičkog omotača);

4.3.1.2. Preliminarni pregled zgrade

Tokom preliminarnog pregleda zgrade prikupljaju se osnovni podaci o zgradi sa ciljem:

- utvrđivanja izvedenog stanja zgrade (proverava se da li izvedeno stanje objekta odgovara projektovanom);
- analize situacije na terenu - tokom pregleda vrši se identifikacija uslova okoline usmerenih ka utvrđivanju potencijalnih ograničenja koja se mogu pojaviti na terenu prilikom snimanja zgrade;

4.3.2. Faza 2 - Priprema i organizacija snimanja i pregleda zgrade

Druga faza modela obuhvata aktivnosti koje se odnose na pripremu i organizaciju samog procesa inspekcije zgrade.

Aktivnosti druge faze su:

- 1) Planiranje misija
- 2) Planiranje geodetskih merenja

U okviru ove faze, izuzev navedenih aktivnosti, vrši se priprema podloga i priprema opreme za rad na terenu.

Snimanje zgrade sprovodi se u cilju prikupljanja podataka potrebnih za dalje faze istraživanja, u formi fotografija i 3D koordinata odabranih detaljnih tačaka na terenu i fasadi. Prikupljanje podataka sprovodi se primenom 3 metode:

- Aerofotogrametrijske metode
- Metode precizne elektronske tahimetrije i
- GNSS RTK (eng. Real Time Kinematic) metode (opciono)

Metoda digitalne aerofotogrametrije podrazumeva snimanje objekta iz vazduha primenom bespilotne letelice sa integrisanom kamerom u cilju prikupljanja fotografskih snimaka. Čak i najjednostavniji modeli dronova su opremljeni sensorima dobrog kvaliteta i omogućavaju prikupljanje fotografija fasadnih elemenata u visokoj rezoluciji.

Za potrebe georeferenciranja prikupljenih fotografija, sprovodi se snimanje koje podrazumeva merenje prostornih koordinata orijentacionih tačaka. Snimanje tačaka na fasadama sprovodi *metodom precizne elektronske tahimetrije* primenom elektronskog geodetskog instrumenta – totalne stanice.

Opciono, ukoliko je zahtevano studijom slučaja, sprovodi se i snimanje orijentacionih tačaka na terenu *GNSS RTK metodom* koja podrazumeva primenu GNSS prijemnika.

4.3.2.1. Planiranje misija

Planiranje misija odnosi se na planiranje letova i procesa prikupljanja fotografija dronom, kako bi se isti sproveo u što kraćem vremenskom periodu. Aktivnost obuhvata:

- određivanje optimalnih parametara leta i
- podnošenje zahteva za pribavljanje dozvole za let i zahteva za alokaciju vazdušnog prostora nadležnim institucijama (opciono, ukoliko se zahteva aktuelnom legislativom).

Za snimanje zgrade ne postoji standardna procedura za digitalnu fotogrametriju, usled čega se parametri leta određuju na osnovu definisanih ciljeva leta, performansi dostupne opreme za snimanje i analize ograničenja koja su identifikovana tokom preliminarnog pregleda zgrade.

Parametri leta koje je potrebno odrediti obuhvataju:

- režim leta,
- prostornu rezoluciju digitalnog ortofoto snimka (GSD),
- orijentaciju kamere,
- udaljenost letelice od fasade,
- putanju leta i
- procenat preklapanja slika i intervali snimanja.

Preporuke koje se odnose na način određivanja parametara, kao i podaci potrebni za pribavljanje dozvole za let i alokaciju vazdušnog prostora su definisani u okviru *Uputstva za snimanje fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada* (Prilog 2, u daljem tekstu: *Uputstvo za snimanje fasada*), kreiranog u okviru doktorske disertacije u cilju prikupljanja fotografija visokog kvaliteta za formiranje ortofasada.

4.3.2.2. Planiranje geodetskih merenja

Planiranje geodetskih merenja podrazumeva određivanje pozicija instrumenta za snimanje orijentacionih tačaka, kao i određivanje broja i položaja ovih tačaka. Smernice za definisanje broja i položaja orijentacionih tačaka na fasadi su date u okviru *Uputstva za snimanje fasada* (Prilog 2).

4.3.3. Faza 3 - Snimanje zgrade

Treća faza modela se odnosi na snimanje zgrade i sprovodi se na terenu, primenom metoda opisanih u fazi 2.

Aktivnost treće faze su:

- 1) Snimanje fotografija
- 2) Snimanje orijentacionih tačaka

4.3.3.1. Snimanje fotografija

Snimanje, odnosno prikupljanje fotografija se vrši u skladu sa parametrima leta postavljenim u fazi 2, na način definisan u okviru *Uputstva za snimanje fasada* (Prilog 2).

4.3.3.2. Snimanje orijentacionih tačaka

Orijentacione tačke se raspoređuju ravnomerno po periferiji interesnog područja. Potrebna je snimiti najmanje tri orijentacione tačke, dok se preporučuje najmanje pet. Pet do deset tačaka je obično dovoljno, čak i za velike projekte (Pix4D guide), ali povećanje njihovog broja će dovesti do veće tačnosti finalnih rezultata (Oniga, Breaban & Statescu, 2018).

4.3.4. Faza 4 - Generisanje ortofasada

Četvrta faza obuhvata aktivnosti obrade podataka koje se sprovode u fotogrametrijskom softveru. Prikupljene slike i 3D koordinate orijentacionih tačaka predstavljaju ulazne podatke za alat, dok su generisane ortofasade zgrade krajni rezultat ove aktivnosti.

Ukoliko je u prethodnoj fazi sprovedeno i snimanje stambenog bloka, rezultati su i ortomozaik i digitalni model površine stambenog bloka u kome je locirana zgrada.

4.3.5. Faza 5 - Procena stanja fasada

Procena stanja fasada zgrade predstavlja petu fazu procesa i obuhvata tri procene:

- I. procenu trajnosti,
- II. procenu energetske performansi i
- III. procenu bezbednosti od požara.

Nakon procene, sprovodi se komparacija postojećeg sa zahtevanim stanjem, definisanim zakonskom regulativom, tehničkim propisima i standardima i/ili projektnim zadatkom. Pored navedenog, zahtevano stanje u kontekstu bezbednosti od požara se definiše i na osnovu postavljenog nivoa prihvatljivog rizika. U slučaju da zgrada zadovoljava postavljene zahteve, predlaže se odlaganje obnove i sprovođenje redovnih pregleda zgrade u cilju kontrole stalnosti performansi. Ukoliko zahtevani kriterijumi kvaliteta nisu zadovoljeni, predlažu se mere i rešenja za unapređenje stanja.

4.3.5.1. Faza 5.1 - Procena trajnosti

Za procenu trajnosti fasada, u cilju prevazilaženja ograničenja i izazova koje sa sobom nosi tradicionalni pristup, model predlaže primenu savremenog pristupa, zasnovanog na vizuelnom pregledu generisane georeferencirane ortofasade. U poređenju sa tradicionalnim pregledom, primenom predložene metode, vizuelni pregled zgrade se značajno pojednostavljuje, brži je, ekonomičiji i manje rizičan po život.

Za konačnu kvantifikaciju stanja degradacije fasade predlaže se primena numeričkog modela degradacije zasnovanog na određivanju indeksa imenovanog kao ozbiljnost degradacije, koji dalje može da posluži za predviđanje životnog veka fasade. Model je preložen u okviru savremenog globalnog sistema inspekcije (Brito et al., 2020), razvijenog za nekonstruktivne elemente omotača zgrade.

Aktivnosti koje se sprovode u okviru procene trajnosti fasada zgrade su:

- 1) Detaljan vizuelni pregled sa identifikacijom vidljivih oštećenja i defekata
- 2) Mapiranje identifikovanih oštećenja i defekata
- 3) Identifikacija potencijalnih uzroka oštećenja i defekata
- 4) Klasifikacija oštećenja i defekata
- 5) Kvantifikacija stanja degradacije

Detaljan vizuelni pregled sa identifikacijom vidljivih defekata i oštećenja

Za prikupljanje relevantnih informacija potrebnih za procenu postojećeg stanja primenjuje se metoda vizuelnog pregleda.

Vizuelni pregled se sprovodi na dva nivoa: direktnim uvidom na terenu i analizom generisanih ortofasada.

Vizuelni pregled na terenu obuhvata pregled spoljašnjih površina fasadnih elemenata nižih etaža (oku dostupnih), kao i pregled unutrašnjih elemenata konstrukcije dostupnih iz prostora namenjenog za komunikaciju unutar objekta (hodnika i stepenišnog prostora). Pregled zgrade tokom terenskog rada praćen je fotografijama, direktnim merenjima i shematskim skicama.

Vizuelni pregled zasnovan na analizi generisanih ortofasada zgrade obuhvata pregled spoljnih površina fasadnih elemenata prikazanih na ortofasadama. Ova vrsta vizuelnog pregleda se sprovodi manuelnom i/ili automatizovanom analizom generisanih ortofasada.

Kao potencijalni nedostatak predložene metode identifikovan je proces manuelne detekcije vidljivih defekata i oštećenja, koji, usled veličine ortofasade, zahteva ozbiljne računarske resurse i vreme za sprovođenje vizuelnog pregleda. Dodatno, postoji mogućnost da ljudskom oku prilikom detekcije promaknu određeni defekti i oštećenja, posebno oni manjih dimenzija. Kako bi se prevazišla data ograničenja, za automatizaciju inspekcije pukotina, čije prisustvo ima veliki uticaj na trajnost betona, predlaže se primena računarskog koda (Draganić, et al., 2022), razvijenog u saradnji sa programerom u okviru doktorske disertacije.

Proces automatske detekcije pukotina počinje odabirom ponavljajućeg pravougaonog interesnog fasadnog elementa na generisanoj ortofasadi. Selekcija se vrši jednostavnim alatom na osnovu koordinata uglova pravougaonika koji predstavlja posmatrani blok. Predviđeno je

da se izbor posmatranog bloka svede na gornji ortofasadni blok (fasadni element poslednje etaže), dok su svi ostali blokovi vertikalno ispod. Nakon toga, na osnovu rasterskih svojstava ortofasade, izračunava se rastojanje između blokova u pikselima i izdvajaju se pojedinačni blokovi. Svaki pojedinačni blok se čuva u posebnom direktorijumu sa imenom koje na jedinstven način adresira poziciju bloka na mreži, tako da je u slučaju detektovane pukotine moguće rekonstruisati preciznu lokaciju elementa i pukotine. Broj datoteka odgovara broju blokova na izabranoj vertikali. Ovim se završava sagledavanje fasade kao celine i prelazi se na analizu individualnih segmenata.

Sledeći korak predstavlja segmentacija piksela u izabranom bloku. Za svaki izdvojeni blok se na osnovu postavljenog praga za taj specifični lokalni region vrši analiza piksela, a zatim segmentacija. Cilj je da se odvoji potencijalna pukotina od pozadine, na osnovu razlike u intenzitetu piksela svakog regiona. Za potrebe ove akcije primenjena je funkcija *adaptive thresholding* iz OpenCV biblioteke (*cv2.adaptiveThreshold*).

Thresholding tipovi su:

- `cv.THRESH_BINARY`
- `cv.THRESH_BINARY_INV`
- `cv.THRESH_TRUNC`
- `cv.THRESH_TOZERO`
- `cv.THRESH_TOZERO_INV`

Thresholding tipovi se koriste prema OpenCV dokumentaciji:

```
void cv::adaptiveThreshold(cv::InputArray src, cv::OutputArray
dst, double maxValue, int adaptiveMethod, int thresholdType,
int blockSize, double C)
```

U daljem toku procesa, kod primenjuje adaptivni prag na niz. Funkcija transformiše sliku u sivim tonovima u binarnu sliku prema formuli: `**THRESH_BINARI**`

Parametri funkcije su:

`src` - izvorna 8-bitna jednokanalna slika.

`dst` - slika odredišta iste veličine i istog tipa kao `src`.

`maxValue` - vrednost koja nije nula dodeljena pikselima za koje je uslov ispunjen

`adaptiveMethod` - algoritam prilagođavanja praga za korišćenje, pogledati `#AdaptiveThresholdTypes`. `#BORDER_REPLICATE` | `#BORDER_ISOLATED` se koristi za obradu granica.

`thresholdType` - Tip praga koji mora biti `#THRESH_BINARI` ili `#THRESH_BINARI_INV`, pogledati `#ThresholdTypes`.

`blockSize` - veličina susedstva piksela koja se koristi za izračunavanje granične vrednosti za piksel: 3, 5, 7, itd.

`C` - konstanta oduzeta od srednje ili ponderisane srednje vrednosti (pogledati detalje ispod); obično je pozitivan, ali može biti i nula ili negativan.

Kao rezultat ove aktivnosti dobija se novi set rastera koji odgovara posmatranim blokovima. Unutar svakog pojedinačnog rastera, potencijalna pukotina je odvojena od pozadine na osnovu razlike u intenzitetu piksela pojedinačnih regiona.

Da bi se olakšala identifikacija pukotine, u narednom koraku se primenjuje sledeća funkcija:

```
int cv::floodFill(cv::InputOutputArray image, cv::Point
seedPoint, cv::Scalar newVal, cv::Rect *rect = (cv::Rect *)0,
cv::Scalar loDiff = cv::Scalar(), cv::Scalar upDiff =
cv::Scalar(), int flags = 4)
```

Ova funkcija koristi i ažurira masku i inicijalizuje sadržaj maske. Na osnovu OpenCV dokumentacije, funkcija `floodFill` ispunjavaju povezanu komponentu određenom bojom, počevši od tačke semena.

Sledeći korak invertuje svaki bit niza:

```
void cv::bitwise_not(cv::InputArray src, cv::OutputArray dst,
cv::InputArray mask = noArray())
```

Funkcija `cv::bitwise_not` izračunava inverziju ulaznog niza po bitu po elementu prema parametrima:

`src` - ulazni niz.

`dst` - izlazni niz koji ima istu veličinu i tip kao i ulazni niz.

`mask` - opciona operativna maska, 8-bitni jednokanalni niz, koji specificira elemente izlaznog niza koji se menjaju.

Nakon primene bitmaske i inverzije, dobija se rezultat detekcije i pukotina je jasno identifikovana. Nakon detekcije, primenom pomenutog alata koji preuzima koordinate pojedinih tačaka moguće je na jednostavan način odrediti lokaciju i geometrijske parametre detektovane pukotine.

Mapiranje identifikovanih oštećenja i defekata

Mapiranje oštećenja i defekata identifikovanih vizuelni pregledom na fasadnim elementima zgrade predstavlja ključni element procesa planiranja njihove obnove i sprovodi se primenom CAD softverskog alata. Prvi korak obuhvata vektorizaciju sadržaja generisanih ortofasada, odnosno kreiranje geometrije fasada preko rasterske slike ortofasada. Kreirana geometrija zajedno sa ortofasadama se dalje koristi kao podloga za iscrtavanje registrovanih defekata i oštećenja.

Identifikacija potencijalnih uzroka oštećenja i defekata

Aktivnost identifikacije potencijalnih uzroka je potpomognuta klasifikacionim listama mogućih uzroka (Prilog 3), predloženim u okviru *metodologije globalnog sistema inspekcije* (Brito et al., 2020).

Potencijalni uzorci se mogu sistematizovati u pet kategorija koje prate hronološki redosled, prema fazama životnog ciklusa zgrade u kojima se javljaju:

- Greške u projektovanju (faza projektovanja zgrade)

- Greške u izvođenju (faza izgradnje zgrade)
- Mehanički uticaji (faza eksploatacije zgrade)
- Klimatski uticaji (faza eksploatacije zgrade)
- Greške u korišćenju i održavanju (faza eksploatacije zgrade)

Klasifikacija registrovanih oštećenja i defekata i

Klasifikacija oštećenja i defekata je potpomognuta klasifikacionom listom oštećenja (Prilog 4), predloženom u okviru *metodologije globalnog sistema inspekcije* (Brito et al., 2020).

Registrovana oštećenja se klasifikuju prema njihovom implicitnom porekla (utvrđenom u prethodnoj aktivnosti) u tri kategorije:

- Oštećenja fizičke prirode
- Oštećenja hemijske prirode
- Oštećenja mehaničke prirode

U oštećenja fizičke prirode klasifikuju se oštećenja povezana sa vlagom, mrljama, prljavštinom i promenom boje, odnosno oštećenja koja utiču na fizičko stanje materijala, bez promene njegovog hemijskog sastava i svojstava.

U oštećenja hemijske prirode klasifikuju se oštećenja koja utiču na interakciju između supstanci i dovode do transformacije materije, odnosno oštećenja koja se odnose na razvoj živih bića (biološke prirode) i eflorescenciju.

Oštećenja mehaničke prirode se odnose na pojave vezane za kretanje, kao i na varijacije energije i opterećenja koja deluju na tela.

Registrovani defekti se klasifikuju u zasebnu, četvrtu grupu.

Kvantifikacija degradacije spoljnih zidova

Za kvantifikaciju degradacije spoljnih zidova zgrade predlaže se primena modela zasnovanog na određivanju numeričkog indeksa imenovanog kao *ozbiljnost degradacije*.

Model je razvijen za malterisane fasade (Gaspar & Brito, 2008; 2011) i uz naknadne modifikacije je uspešno primenjen za identifikaciju i kvantifikaciju degradacije različitih vrsta obloga i smatra se pouzdanom metodologijom za analizu stanja degradacije nekonstruktivnih elemenata fasade.

Ozbiljnost degradacije predstavlja odnos degradirane površine (ponderisane kao funkcija njenog stanja i mogućnosti sanacije) i referentne površine koja odgovara površini obloge sa najvećim mogućim nivoom degradacije, kako je prikazano Jednačinom (4-1):

$$S_w = \frac{\sum(A_n \times k_n \times k_{a,n})}{A \times \sum(k_{\max})} \quad (4-1)$$

gde je:

- S_w - stepen degradacije fasade, u %;
- A_n - površina obloge koju zauzima oštećenje n, u m^2 ;
- k_n - faktor množenja za n oštećenja, kao funkcija njihovog nivoa degradacije (0-4);

- $k_{a,n}$ - težinski koeficijent koji odgovara relativnoj važnosti svakog oštećenja, određenoj na osnovu troška sanacije ili rizika (ukoliko nije specificirano, usvaja se vrednost 1);
- A - ukupna površina obloga, u m^2 ;
- $\sum(k_{max})$ – zbir težinskih faktora, koji odgovara vrednosti najvišeg nivoa degradacije.

Definisano je pet nivoa degradacije: od nivoa A, koji karakteriše površinu bez oštećenja, do nivoa E, koji karakteriše površinu gde je uočen najveći stepen degradacije (opšta degradacija). U skladu sa prethodnim studijama (Silva et al., 2016; Serralheiro et al., 2017), pretpostavlja se da površina zida sa ozbiljnošću degradacije iznad 20% ne ispunjava postavljene zahteve performansi, na osnovu čega se fasade sa nivoom degradacije „D“ i „E“ tretiraju kao fasade koje su dostigle kraj svog životnog veka i kod kojih je neophodno preduzeti odgovarajuće mere radi unapređenja stanja, sa ciljem da se ponovo uspostave karakteristike koje će zadovoljavati postavljene zahteve performansi.

Kvantifikacija degradacije obloge fasadnih elemenata zahteva sprovođenje sledećih koraka:

- Određivanje površine koju zauzima svaki pojedinačni defekt i oštećenje na analiziranom elementu fasade
- Određivanje nivoa degradacije fasadnog elementa u kontekstu svakog pojedinačnog defekta i oštećenja
- Određivanje faktora množenja
- Dodeljivanje težinskih koeficijenata
- Proračun stepena degradacije

Određivanje površine koju zauzima svaki pojedinačni defekt i oštećenje (A_n) sprovodi se nad kreiranim mapama oštećenja i defekata, obično primenom CAD alata.

Nivo degradacije betonskog fasadnog elementa u kontekstu svakog pojedinačnog defekta i oštećenja određuje se na osnovu procentualnog učešća defekta i oštećenja u ukupnoj površini elementa.

Faktor množenja (k_n) se određuje na osnovu prethodno određenog nivoa degradacije.

Dodeljivanje težinskih koeficijenata ($k_{a,n}$) identifikovanim defektima i oštećenjima sprovodi se u skladu sa troškovima njihove sanacije i njihovom ozbiljnošću (intenzitetom), odnosno prema njihovoj sklonosti da izazivaju pojavu drugih oštećenja.






U poslednjem koraku proračunom se određuje kvantitativni indeks degradacije (S_w) na osnovu koga se definiše globalno stanje degradacije.

Nivoi degradacije, faktori množenja (k_n) i težinski koeficijenti ($k_{a,n}$) za karakteristične defekte i oštećenja betonskih fasada su prikazani u Tab. 4.11. Tabela je modifikovana u odnosu na originalnu dodavanjem pojedinih defekata i oštećenja.

U slučaju da je preko betonskih površina izveden tankoslojni zaštitno-dekorativni malter, primenom iste metodologije koja je korišćena za površine izvedene u natur betonu se može odrediti globalno stanje degradacije obloge.

U Tab. 4.13 je prikazana klasifikacija stanja degradacije završno-dekorativne tankoslojne malterske obloge. Originalna tabela je modifikovana kombinovanjem parametara za klasične malterske obloge i bojene fasade. Težinski faktori su dati u Tab. 4.12.






Tab. 4.11 – Nivoi degradacije, faktori množenja i težinski koeficijenti za karakteristične defekte i oštećenja betonskih fasada (adaptirano iz Serralheiro et al., 2017; Jardim, Silva, & Brito, 2019; Pereira, Hamadyk, & Silva, 2020)

Stanje degradacije		Stanje A <i>Bez vidljive degradacije</i>	Stanje B <i>Dobro</i>	Stanje C <i>Neznatna degradacija</i>	Stanje D <i>Umerena degradacija</i>	Stanje E <i>Opšta degradacija</i>
Ozbiljnost degradacije		$S_w \leq 1\%$	$1\% < S_w \leq 10\%$	$10\% < S_w \leq 20\%$	$20\% < S_w \leq 50\%$	$S_w \geq 50\%$
Oštećenje/defekt	$k_{a,n}$	$k_n = 0$	$k_n = 1$	$k_n = 2$	$k_n = 3$	$k_n = 4$
Mrlje od prljavštine	0,15					
Mrlje od vlage	0,15		< 15%	15% - 40%	> 40%	-
Mrlje boje rđe	0,50					
Habanje/erozija	2,00					
Eflorescencija	0,20		< 10%	10% - 30%	> 30%	-
Biološka korozija	0,60					
Rupe usled probijanja	5,00					
Lok. mehanička oštećenja	2,00		-	< 10%	10% - 30%	> 30%
Ogoljavanje zrna agregata	5,00					
Ljuskanje betona	4,00					
Orijen. pukotine <3mm	1,00	-		< 5%	$\geq 5\%$	-
Orijen. pukotine > 3mm	1,00		-		< 5%	$\geq 5\%$
Mrežaste prsline	0,15			-	<50%	$\geq 50\%$
Rupičasta površina	0,10		< 10%	10% - 30%	> 30%	-
Nedovoljno zbijen beton	0,30					
Betonska gnezda	0,30		-	< 10%	$\geq 10\%$	-
Zaboravljena oplata	0,10					
Tragovi pričvršćivanja oplata	0,10			$\leq 5\%$	>5%	-
Geometrijska imperfekcija	0,10		<20%	20%-50%	>50%	-
Tragovi curenja cem. mleka	0,10		<10%	$\geq 10\%$	-	-
Ilustrativni primer						

Tab. 4.12 – Težinski faktor ($k_{a,n}$) za završno-dekorativne tankoslojne malterske obloge (Ferreira, Canhoto Neves, Silva & Brito, 2018)

Stanje degradacije	Mrlje	Pukotine	Gubitak adhezije
A	0,00	0,00	0,00
B	0,25	1,00	1,50
C	0,67	1,00	1,50
D	0,67	1,00	1,50
E	0,67	1,00	1,50

Tab. 4.13 – Klasifikacija stanja degradacije završno-dekorativne tankoslojne malterske obloge (adaptirano iz Silva et al., 2016; Dias et al., 2021)

Stanje degradacije	Ozbiljnost degradacije	Opis	Ilustrativni primer
Stanje A <i>Bez vidljive degradacije</i> ($k_n = 0$)	$S_w \leq 1\%$	Potpuna površina maltera bez oštećenja. Površina uniformna. Nema vidljivih prslina ili je njihova širina $\leq 0,1$ mm. Ujednačena boja površine i bez prljavštine. Nema odvajanja elemenata.	
Stanje B <i>Dobro</i> ($k_n = 1$)	$1\% < S_w \leq 5\%$	Neujednačena površina maltera sa kapilarnim prslinama (0,1 do 0,3 mm). Promene u opštoj boji površine.	
Stanje C <i>Neznatna degradacija</i> ($k_n = 2$)	$5\% < S_w \leq 15\%$	Neujednačena površina maltera. Potencijalno prisustvo šupljih zona ispod malterske obloge, ali bez znakova odvajanja. Lokalno prisustvo pukotina širine 0,3 - 1,0 mm/ umeren broj pukotina. Lokalno prisustvo tamnih mrlja, sa potencijalnim prisustvom vlage i mikroorganizama.	
Stanje D <i>Umerena degradacija</i> ($k_n = 3$)	$15\% < S_w \leq 30\%$	Perforacija maltera ili lokalno odvajanje maltera (zahvaćeno područje do 1%, najčešće duž ivica i na uglovima elementa). Pukotine širine 1 - 2 mm/značajan broj pukotina. Tamne mrlje od vlage i prljavštine, često sa mikroorganizmima i algama.	
Stanje E <i>Opšta degradacija</i> ($k_n = 4$)	$S_w \geq 30\%$	Nepotpuna površina maltera usled odvajanja i otpadanja maltera (zahvaćeno područje $> 1\%$ ili 5cm). Pukotine širine > 2 mm/veliki broj ili gustina pukotina. Veoma tamne mrlje od vlage i prljavštine, često sa mikroorganizmima i algama.	

4.3.5.2. Faza 5.2 - Procena energetske performansi

Utvrđivanje ispunjenosti uslova energetske efikasnosti vrši se izradom Elaborata EE. Uslovi su definisani u Poglavlju 2.2.2.7.

Procena energetske performansi zgrade obuhvata proveru toplotne zaštite zgrade na dva nivoa:

- na nivou pojedinačnih građevinskih sklopova zgrade, kroz sagledavanje provođenja toplote, difuzije vodene pare i letnje stabilnosti;
- na nivou zgrade kao energetske celine, kroz određivanje toplotnih dobitaka i toplotnih gubitaka, specifične godišnje potrebne energije za grejanje i energetskog razreda zgrade;

Aktivnosti koje se sprovode u okviru procene energetske performansi zgrade su:

- 1) Identifikacija elemenata termičkog omotača
- 2) Identifikacija toplotnih mostova u termičkom omotaču
- 3) Određivanje osnovnih termo-tehničkih performansi elemenata termičkog omotača
- 4) Određivanje potrebne energije za grejanje i energetskog razreda zgrade

Identifikacija elemenata termičkog omotača

Identifikacija elemenata termičkog omotača se sprovodi uvidom u dostupnu dokumentaciju i/ili direktnim uvidom na terenu. Identifikacija podrazumeva karakterizaciju sastava sklopa, kroz utvrđivanje primenjenih materijala i debljina slojeva koji čine sklop. Identifikacija je praćena shematskim skicama sklopova.

Identifikacija toplotnih mostova u termičkom omotaču

Identifikacija mesta toplotnih gubitaka kroz termički omotač se sprovodi primenom infracrvene termografije. Za snimanje objekta može se koristiti infracrvena kamera ili bespilotna letelica opremljena infracrvenom kamerom.

Identifikacija toplotnih mostova podrazumeva analizu boja na prikupljenim termovizijskim fotografijama (termogramima). Površine tamnije boje na slikama karakteriše niža temperatura, dok svetlija boja ukazuje na višu temperaturu površine.

Prikupljene fotografije se mogu koristiti za identifikaciju i drugih nepravilnosti kao što su mesta prolaza vazduha i vlažne zone, identifikaciju teksture zida, termičke izolacije i sl.

Tehnika termografskog snimanja, primenom infracrvenih kamera, je ukratko opisana u Poglavlju 3.2.2.1.

Određivanje osnovnih termo-tehničkih performansi elemenata termičkog omotača

Aktivnost podrazumeva određivanje osnovnih termo-tehničkih performansi elemenata termičkog omotača, kroz proračun:

- toplotne provodljivosti,
- koeficijenta prolaza toplote,
- difuzije vodene pare i
- toplotne akumulativnosti.

Proračun navedenih parametara se sprovodi u skladu sa Prilogom 3 Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada (2012).

Određivanje potrebne energije za grejanje i energetskog razreda zgrade

Aktivnost obuhvata određivanje sledećih parametara:

- transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote zgrade,
- solarnih i unutrašnjih dobitaka toplote ,
- specifične godišnje potrebne energije za grejanje ,
- relativne godišnje potrebne energije za grejanje i
- energetskog razreda zgrade.

Godišnja potrebna energija koja je osnov za utvrđivanje usklađenosti karakteristika zgrade sa propisanim zahtevima izračunava se za projektovane uslove korišćenja zgrade i određuje se u skladu sa proračunom definisanim standardom SRPS EN ISO 52016 (2017), kao i nacionalnim specifičnostima, uz mogućnost primene odgovarajućeg softverskog paketa.

Proračun potrebne energije za grejanje koja osigurava zadovoljenje uslova toplotnog komfora u zgradi se sprovodi na osnovu metode kvazi-stacionarnog stanja, čija je primena u Srbiji

obavezna prilikom procene energetske svojstava zgrade, a takođe u većini zemalja Evrope se metodologija proračuna zasniva na pretpostavci da se prenos toplote odvija u stacionarnim uslovima. Opis metodologije je dat u Poglavlju 3.2.2.3, dok je detaljan postupak proračuna dat u Prilozima 3 i 6 Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada (2012).

Energetski razred zgrade se određuje na osnovu proračunate specifične i relativne godišnje potrebne energije za grejanje, primenom Tab. 2.16. Zgrada se svrstava u jedan od osam energetske razreda – od A+ do G, gde A označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred.

4.3.5.3. Faza 5.3 - Procena bezbednosti od požara

Za procenu rizika od požara model predlaže primenu višestepene metodologije razvijene u okviru doktorske disertacije, koja obuhvata sledeće aktivnosti:

- 1) Prostorno-vremensku analizu distribucije požara u stambenim zgradama;
- 2) Mapiranje i analizu rizika od požara visokih slobodnostojećih stambenih zgrada;
- 3) Kontrolu kvaliteta performansi bezbednosti zgrade od požara;
- 4) Procenu rizika od požara u pogledu zahteva za ugradnjom sistema za zaštitu od požara;
- 5) Kvantitativnu procenu rizika od požara.

Prostorno-vremenska analiza distribucije požara u stambenim zgradama

Analiza prostorno-vremenske distribucije požara nastalih u višespratnim stambenim zgradama obuhvata osnovne pokazatelje učestalosti, vremena i mesta nastanka požara u ovim objektima.

Aktivnost obuhvata sledeće korake:

- prikupljanje istorijskih podataka o požarima u stambenim zgradama
- mapiranje hazarda požara i formiranje digitalne baze podataka
- analizu prikupljenih podataka

Prvi korak prostorno-vremenske analize požara u zgradama obuhvata prikupljanje istorijskih podataka o požarima koji su se dogodili u stambenim zgradama u određenom vremenskom intervalu, na interesnom području.

U narednom koraku prikupljeni statistički podaci se transformišu u Mapu hazarda požara primenom GIS alata. Aktivnost podrazumeva formiranje digitalne baze podataka o požarima kroz georeferenciranje stambenih zgrada u kojima su evidentirani požari na mapi interesnog područja i dodeljivanje pripadajućih opisnih informacije o požarima. U daljim fazama procesa planiranja i projektovanja obnove, kreirana GIS baza podataka se proširuje integracijom novih podataka i informacija čime se transformišu u višeslojnu georeferenciranu interaktivnu bazu podataka, koja ima potencijal za implementaciju u okviru *Registra rizika od katastrofa*.

Kreirana Mapa hazarda se dalje koristi za prostorno-vremensku analizu prikupljenih podataka o požarima. Podaci se analiziraju primenom GIS alata i pomoću jednostavnih linijskih grafikona i kružnih dijagrama. Vremenska analiza hazarda požara obuhvata analizu distribucije požara po godinama, godišnjim dobima ili mesecima u godini i danima u nedelji kada se požar dogodio. Prostorna analiza požara obuhvata analizu distribucije požara na

osnovu gradske četvrti u kojoj su locirane zgrada u kojima je došlo do požara i na osnovu mesta u zgradi i u stanu gde je požar započeo.

Pretraživanjem kreiranih slojeva u skladu sa istraživačkim interesom moguće je generisati brojne prostorno-vremenske distribucije požara (npr. požari u kuhinji, stanovima na 3. spratu, tokom letnjeg popodneva u sredu, itd.).

Rezultati aktivnosti pružaju korisne uvide u vremenske i prostorne obrasce požarnih incidenata u stambenim zgradama, ukazujući na to u koje doba dana/sedmice/godine ljudi treba da budu pažljiviji i da obrate više pažnje na bezbednost od požara u svojim domovima, kao i u kojim prostorijama je potrebno sprovoditi preventivne mere zaštite. Dodatno, rezultati omogućavaju identifikaciju gradskih područja sa najučestalijim požarima i date informacije mogu da posluže VSJ da organizuje edukativne vežbe u ciljanim urbanim područjima i zgradama (Draganić, Laban, Popov & Bukvić, 2021).

Mapiranje i analiza rizika od požara visokih slobodnostojećih stambenih zgrada

Mapiranje rizika od požara zahteva sprovođenje sledećih koraka:

- Mapiranje visokih stambenih slobodnostojećih zgrada
- Preklapanje Mape hazarda požara i Mape zgrada

Mapiranje visokih stambenih slobodnostojećih zgrada na interesnom području se sprovodi primenom GIS alata. U GIS bazu podataka se integrišu prateće opisne informacije o mapiranim zgradama.

Preklapanjem Mape hazarda požara i Mape zgrada formira se Mapa rizika od požara nad kojom se sprovodi analiza stepena izloženosti i ranjivosti visokih slobodnostojećih stambenih zgrada.

Kontrola kvaliteta performansi bezbednosti zgrade od požara

Kontrola kvaliteta performansi bezbednosti zgrade od požara podrazumeva utvrđivanje početnog nivoa rizika i sprovodi se na osnovu analize karakteristika zgrade i osnovnih mera bezbednosti od požara implementiranih u zgradi.

Za sprovođenje aktivnosti kreiran je Obrazac za prikupljanje podataka (Prilog 5).

Na terenu se prikupljaju/proveravaju sledeće grupe podataka:

- Lokacija i spoljašnje okruženje objekta (adresa, položaj u bloku, objekti u neposrednom okruženju, uređenje pripadajućeg blokovskog prostora, pristupni putevi za vatrogasna vozila);
- Konceptija objekta (način pristupa objektu pešaka i korisnika invalidskih kolica, programski sadržaj zgrade, broj stanova i stanara);
- Način ostvarivanja vertikalne komunikacije (stepenište – položaj u objektu, broj i širina stepenišnih krakova, osvetljenost, prepreke koje ometaju evakuaciju; lift – broj i nosivost, položaj mašinske kućice);
- Spoljašnja i unutrašnja obrada objekta;
- Položaj rasklopnih blokova i drugih tabli sa elementima električnih instalacija;

- Primenjeni posebni sistemi i mere zaštite od požara (sistem za otkrivanje i dojavu požara, hidrantska mreža, aparati za početno gašenje požara, Pravila zaštite od požara uključujući grafički deo Plana evakuacije i Uputstvo za postupanje u slučaju požara, oznake na evakuacionim putevima, sigurnosna rasveta, vežbe evakuacije i upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu);

Predloženi model procene je zasnovan na identifikaciji minimalnih tehničkih zahteva sistematizovanih u ček-listi uz uvažavanje performansi objekata i okruženja.

Minimalni tehnički zahtevi su identifikovani analizom aktuelnih nacionalnih tehničkih propisa u Srbiji (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, 2018; Pravilnik o tehničkim normativima za pristupne puteve, okretnice i uređene platoe za vatrogasna vozila u blizini objekta povećanog rizika od požara, 1995; Pravilnik o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova, 2019; Pravilnik o tehničkim standardima planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama, 2015; Pravilnik o bezbednosti liftova, 2020; Pravilnik o tehničkim normativima za instalacije hidrantske mreže za gašenje požara, 2018).

Kontrola ispunjenosti minimalnih tehničkih uslova vrši se na osnovu popunjene i analizirane ček-liste (Prilog 6), kreirana u doktorskoj disertaciji, u okviru koje su ovi uslovi dati kvalitativnim opisom. Na osnovu ispunjenosti navedenih mera bezbednosti od požara daju se odgovori DA/NE.

Rezultat sprovedene analize je lista potencijalnih požarnih opasnosti, koja omogućava definisanje minimalnih korektivnih mera koje je potrebno sprovesti kako bi se trenutno stanje unapredilo i time smanjio rizik od požara.

Predložena ček-lista minimalnih tehničkih zahteva bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade je primenljiva na projekte izgradnje u Srbiji, ali se po istom modelu mogu formulisati i ček-liste primenljive u drugim zemljama zapadnog Balkana.

Takođe je moguće, na osnovu komparativne analize međunarodnih i evropskih minimalnih tehničkih zahteva bezbednosti od požara sa nacionalnim tehničkim propisima u Srbiji, formulisati i integralnu ček-lista minimalnih tehničkih zahteva bezbednosti od požara koja zadovoljava sva tri kriterijuma (Laban, Šupić, Draganić i Medić, 2015; Laban, Draganić & Bukvić, 2019) i koja bi bila primenljiva i šire.

Procena rizika od požara u pogledu zahteva za ugradnjom sistema za gašenje požara

Za visoke stambene zgrade je obavezna izrada procene rizika kojom se utvrđuje potreba za ugradnjom sistema za gašenje požara (Zakon o zaštiti od požara, 2018).

Procena rizika sprovodi se polukvantitativnom metodom *Gustav Purt*, u praksi poznatoj kao *EUROALARM metoda*, nazvana po *Evropskom udruženju proizvođača požarnih uređaja i sistema* (European Fire Alarm Manufacturers Association, EUROALARM) za čije potrebe je i razvijena 70-ih godina prošlog veka. Metoda predstavlja pojednostavljenu verzija Gretener metode razvijene 1965. godine u Švajcarskoj (Komljenović, Stojanović i Marković, 2017).

Metoda se koristi za procenu požarnog rizika koji predstavlja osnovu za donošenje odluke o ugradnji automatskih instalacija za dojavu i gašenje požara, kao i za donošenje odluke o dopunskim merama zaštite od požara.

Metoda se smatra objektivnom i jednostavnom za primenu, ali u radu može doći do nedoumica oko određivanja koeficijenata, zbog čega se preporučuje određivanje onih koje vode većoj sigurnosti (Komljenović et al., 2017).

Metoda podrazumeva sprovođenje sledećih koraka:

- Proračun požarnog opterećenja zgrade
- Proračun požarnog rizika za konstrukciju zgrade
- Proračun požarnog rizika za sadržaj zgrade
- Utvrđivanje potrebe za ugradnjom sistema za gašenje požara

Dalje u tekstu je opisan način za određivanje parametara potrebnih za sprovođenje procene rizika.

Požarno opterećenje zgrade

Požarno opterećenje je količina toplote koja se oslobodi pri potpunom sagorevanju svih gorivih materijala koji su sastavni deo zgrade, instalacija i nameštaja, izražena po jedinici površine prostora za koji se požarno opterećenje izračunava.

Proračun požarnog opterećenja vrši se u skladu sa standardom SRPS U.J1.030 (1976).

Za određivanje požarnog rizika konstrukcije zgrade, zahteva se proračun specifičnog požarnog opterećenja, na osnovu izraza (4-2):

$$P_i = \frac{\rho_i \cdot H_i \cdot V_i}{S_i} \quad (4-2)$$

gde su:

- ρ_i – zapreminska masa materijala u kg/m^3
- V_i – zapremina materijala u m^3
- H_i - toplotna vrednost materijala u zavisnosti od zapreminske mase u MJ/kg
- S – površina osnove u m^2
- i – indeks elementarne jedinice

Specifično požarno opterećenje se može razvrstati u tri grupe:

- nisko požarno opterećenje, do 1 GJ/m^2
- srednje požarno opterećenje, od 1 GJ/m^2 do 2 GJ/m^2
- visoko požarno opterećenje, preko 2 GJ/m^2

Požarno opterećenje se može podeliti na pokretno i nepokretno požarno opterećenje.

Nepokretno požarno opterećenje čine gorivi konstruktivni elementi zgrade, obloge zidova, plafona i podova, prozori, vrata i drugo, i određuje se na osnovu zapremine gorivih supstanci. Za prikupljanje podataka potrebnih za proračun se primenjuje inventarna metoda koja podrazumeva merenje dimenzija elemenata.

Pokretno požarno opterećenje čine gorivi nameštaj i uređaji i za prikupljanje podataka potrebnih za proračun se primenjuje kombinovana metoda, gde se masa manjih (merljivih)

elemenata enterijera određuje metodom direktnog merenja (merenjem na vagi), a u slučaju velikih (gabaritnih) elementata koristi se inventarna metoda.

Prilikom određivanja koeficijenata požarnog opterećenja u dosadašnjoj praksi uglavnom se primenjivala tabelarna vrednost požarnog opterećenja koja datira iz 1985. godine i koja za stambene objekte iznosi 335 MJ/m² (Kadić i Sekulović, 1985). Iako se fizika požara nije menjala tokom vremena, promene koje su se desile u poslednjih 50 godina u kontekstu veličine stanova, njihove geometrije, prostorne organizacije, sadržaja, kao i primenjenih građevinskih materijala uticale su na promenu dinamike požara u stanovima. Promene u načinu života uslovljavaju potrebu da se podaci o požarnom opterećenju stalno ažuriraju kroz nova istraživanja. Posledično, sprovedena je studija o veličini požarnog opterećenja na uzorku od 120 trosobnih porodičnih stambenih jedinica koje se nalaze u stambenim zgradama i porodičnim kućama u Novom Sadu (Džolev et al., 2020). Studija je rezultovala prosečnom vrednošću specifičnog požarnog opterećenja od 702 MJ/m², sa standarnom devijacijom od 59 MJ/m². Dobijeni rezultati su slični vrednostima prikazanim u Evrokodu 1, deo 1-2 (EN 1991-1-2, 2002), koji su zasnovani na studijama procene požarnog opterećenja starim 33-46 godina (Evrokodovi propisuju prosečnu projektovanu vrednost specifičnog požarnog opterećenja u stanovima od 780 MJ/m²).

Požarni rizik konstrukcije zgrade

Požarni rizik za objekat zavisi od mogućeg intenziteta i vremena trajanja požara, kao i konstruktivnih karakteristika nosivih elemenata objekta (otpornost konstrukcije prema delovanju visokih temperatura), a izračunava se pomoću obrasca (4-3):

$$R_o = \frac{[(P_o \cdot C) + P_k] \cdot B \cdot L \cdot S}{W \cdot R_i} \quad (4-3)$$

gde su:

- R_o - požarni rizik za objekat
- P_o - koeficijent požarnog opterećenja sadržaja objekta
- C - koeficijent sagorljivosti sadržaja u objektu
- P_k - koeficijent požarnog opterećenja materijala ugrađenih u konstrukciju objekta
- B - koeficijent veličine i položaja požarnog sektora
- L - koeficijent kašnjenja početka gašenja
- S - koeficijent širine požarnog sektora
- W - koeficijent otpornosti na požar noseće konstrukcije objekta
- R_i - koeficijent smanjenja požarnog rizika

Koeficijent požarnog opterećenja sadržaja objekta P_o (oprema, nameštaj, uskladištena roba i sl.) određuje se tako da se svi gorivi materijali prema svojim toplotnim moćima preračunaju na toplotnu vrednost drveta u MJ/m², koristeći podatke iz Tab. 4.14.

Tab. 4.14 – Koeficijent požarnog opterećenja sadržaja objekta, *Po*

Specifično požarno opterećenje, MJ/m ²	Po
0 ÷ 251	1,0
252 ÷ 502	1,2
503 ÷ 1.004	1,4
1.005 ÷ 2.009	1,6
2.010 ÷ 4.019	2,0
4.020 ÷ 8.038	2,4
8.039 ÷ 16.077	2,8
16.078 ÷ 32.154	3,4
32.155 ÷ 64.309	3,9
64.310	4,0

Koeficijent sagorljivosti sadržaja u objektu *C*, određen je klasom opasnosti od požara, a bira se iz Tab. 4.15. Svi tehnološki procesi su podjeljeni u šest klasa opasnosti od požara:

- klasa opasnosti I - veoma lako zapaljive i brzo sagorive materije
- klasa opasnosti II - lako zapaljive i brzo sagorive materije
- klasa opasnosti III - zapaljive materije
- klasa opasnosti IV - sagorive materije
- klasa opasnosti V - teško sagorive materije
- klasa opasnosti VI - nezapaljive materije

Tab. 4.15 – Koeficijent sagorljivosti *C*

Klasa opasnosti od požara	VI	V	IV	III	II	I
Koeficijent sagorljivosti <i>C</i>	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6

Koeficijent požarnog opterećenja materijala ugrađenih u konstrukciju objekta *Pk* određuje se iz Tab. 4.16, s tim što se predhodno izračunava toplotna vrednost svih gorivih materijala u objektu u MJ/m².

Tab. 4.16 – Koeficijent požarnog opterećenja od materijala ugrađenih u konstrukciju objekta, *Pk*

Specifično požarno opterećenje, MJ/m ²	Pk
0 ÷ 419	0
435 ÷ 837	0,2
845 ÷ 1.675	0,4
1.691 ÷ 4.187	0,6
4.203 ÷ 8.373	0,8

Koeficijent veličine i položaja požarnog sektora određuje se iz Tab. 4.17.

Tab. 4.17 – Koeficijent veličine i položaja požarnog sektora, *B*

Karakteristike objekta	B
- požarni sektor do 1500 m ²	1,0
- visina prostorija do 10 m	
- najviše 3 etaže	
- požarni sektor 1500 ÷ 3000 m ²	1,3
- 4 ÷ 8 etaža	
- visina prostorija 10 ÷ 25 m	
- jedna etaža u suterenu	1,6
- požarni sektor 3000 ÷ 10000 m ²	
- više od 8 etaža	
- visina prostorija preko 25 m	1,6
- više od 2 etaže u suterenu	
- požarni sektor preko 10000 m ²	2,0

Koeficijent kašnjenja početka intervencije *L*, određuje se iz Tab. 4.18, a zavisi od vrste i opremljenosti vatrogasne jedinice koja interveniše, njene udaljenosti od objekta ugroženog požarom, kao i stanja saobraćajnica (postojanje prepreka i slično).

Tab. 4.18 – Koeficijent kašnjenja početka gašenja, *L*

Vreme do početka gašenja	10 min	10÷20 min	20÷30 min	30 min	
Udaljenost	1 km	1÷6 km	6÷11 km	11 km	
Vrsta vatrogasne jedinice	Profesionalna industrijska jedinica	1,0	1,1	1,3	1,5
	Dobrovoljna industrijska jedinica	1,1	1,2	1,4	1,6
	Teritorijalna profesionalna jedinica	1,0	1,1	1,2	1,4
	Teritorijalna dobrovoljna jedinica sa stalnim dežurstvom	1,1	1,2	1,3	1,5
	Teritorijalna dobrovoljna jedinica bez stalnog dežurstva	1,3	1,4	1,6	1,8

Koeficijent širine požarnog sektora *S* se određuje na osnovu Tab. 4.19.

Tab. 4.19 – Koeficijent širine požarnog sektora, *S*

Najmanja širina požarnog sektora, m	Koeficijent širine požarnog sektora <i>S</i>
do 20	1,0
20÷40	1,1
40÷60	1,2
preko 60	1,3

Koeficijent otpornosti na požar noseće konstrukcije objekta *W* zavisi od konstruktivnih karakteristika objekta i određuje se iz Tab. 4.20.

Tab. 4.20 – Koeficijent otpornosti na požar noseće konstrukcije, *W*

Otpornost na požar, minuta	< 30	30	60	90	120	180	240
<i>W</i>	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0

Izračunavanjem požarnog rizika objekta na bazi gore navedenih koeficijenata dobija se maksimalni požarni rizik koji pretpostavlja veliku verovatnoću izbijanja požara, brzo širenje požara i oslobađanje celokupnog požarnog opterećenja pri sagorevanju.

S obzirom na vrstu gorivog materijala, način uskladištenja, brzinu njegovog sagorevanja i druge uticajne faktore, požarni rizik objekta može se smanjiti u zavisnosti od koeficijenta smanjenja požarnog rizika *Ri*, čije su vrednosti date u Tab. 4.21.

Tab. 4.21 – Koeficijent smanjenja požarnog rizika, *Ri*

Procena rizika	Okolnosti koje utiču na procenu rizika	Koeficijent smanjenja rizika, <i>Ri</i>
maksimalan	- velika zapaljivost materijala i uskladištenje sa većim međurazmacima - očekuje se brzo širenje požara	1,0
normalan	- u samom tehnološkom procesu ili prilikom uskladištavanja postoji veći broj mogućih izvora paljenja - zapaljivost nije tako izrazito velika, a uskladištenje je sa razmacima dovoljnim za manipulaciju - očekuje se normalna brzina širenja požara	1,3
manji od normalnog	- u samom tehnološkom procesu ili kod uskladištavanja postoje normalni izvori paljenja - manja zapaljivost zbog delimičnog uskladištenja (25÷50%) zapaljive robe u nesagorljivoj ambalaži - skladištenje zapaljive robe bez međurazmaka - ne očekuje se brzo širenje požara	1,6
neznat	- za prizemne hale površine manje od 3000 m ² - za objekat gde je rešeno odvođenje dima i toplote - mala verovatnoća paljenja zbog robe u sanducima od lima ili drugih sličnih materijala, kao i od vrlo gustog skladištenja - očekuje se vrlo lagani razvoj požara	2,0

Za razmatrani objekat primenom odgovarajućih koeficijenata, izračunava se požarni rizik za objekat, prema Jednačini (4-3).

Požarni rizik sadržaja zgrade

Požarni rizik za sadržaj objekta (opasnost za ljude, opremu, nameštaj, uskladištenu robu i slično) izračunava se na osnovu obrasca (4-4):

$$Rs = H \cdot D \cdot F \quad (4-4)$$

gde su:

- H - koeficijent opasnosti po ljude
- D - koeficijent rizika imovine
- F - koeficijent delovanja dima

Koeficijent opasnosti po ljude H, zavisi od mogućnosti blagovremene evakuacije ljudi iz objekta i određuje se iz Tab. 4.22.

Tab. 4.22 – Koeficijent opasnosti po ljude, H

Stepen ugroženosti	Koeficijent H
nema opasnosti za ljude	1,0
postoji opasnost za ljude, ali se mogu sami spasiti	2,0
postoji opasnost za ljude, a evakuacija je otežana (jako zadimljenje, veliki broj prisutnih lica, višespratni objekat, brz razvoj požara, prisustvo nepokretnih ili slabo pokretnih lica kao što su bolesnici, deca, starci)	3,0

Koeficijent rizika imovine D, zavisi od koncentracije vrednosti unutar jednog požarnog sektora, kao i od mogućnosti ponovne nabavke uništene imovine, a određuje se iz Tab. 4.23.

Tab. 4.23 – Koeficijent rizika imovine, D

Koncentracija vrednosti	Koeficijent D
sadržina objekta ne predstavlja veliku vrednost ili je malo sklona uništenju	1,0
sadržina predstavlja vrednost i sklona je uništenju	2,0
uništenje vrednosti je definitivno i gubitak je nenadoknadiv (kulturna dobra i slično) ili se uništenjem sadržine objekta posredno ugrožava egzistencija stanovništva	3,0

Pojava veće količine dima povećava ugroženost ljudi i imovine (toksično i korozivno delovanje) i uzima se u obzir preko koeficijenta delovanja dima F iz Tab. 4.24.

Tab. 4.24 – Koeficijent delovanja dima F

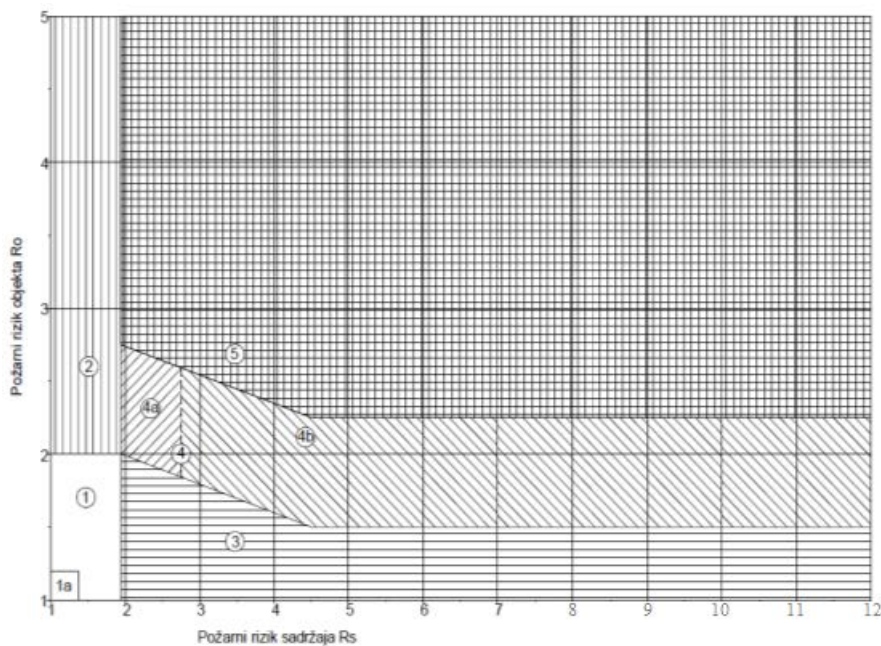
Okolnosti koje dovode do zadimljavanja	Koeficijent F
nema posebne opasnosti od zadimljavanja i korozije	1,0
više od 20% ukupne mase svih gorivih materija izazivaju zadimljavanje ili izlučuju otrovne produkte sagorevanja	1,5
više od 30% ukupne mase svih gorivih materijala sastoji se od materija koje stvaraju dim ili izlučuju otrovne produkte sagorevanja ili se više od 20% ukupne mase svih gorivih materijala sastoji od materijala koji izlučuju jake korozivne gasove	2,0

Za razmatrani objekat primenom odgovarajućih koeficijenata, izračunava se požarni rizik sadržaja objekta, primenom jednačine (4-4).

Utvrđivanje potrebe za ugradnjom sistema za zaštitu od požara

Za dobijene vrednosti požarnog rizika za objekat R_o , kao i požarnog rizika sadržaja objekta R_s , na Dij. 4.4 se određuje proračunska tačka. Na osnovu područja na dijagramu u kome se nađe proračunska tačka donosi se odluka koja obuhvata neku od sledećih mera:

1. Dovoljne su preventivne mere – preporučuje se automatska instalacija za dojavu;
2. Automatska instalacija za gašenje požara je neophodna;
3. Automatska instalacija za dojavu požara je potrebna;
4. Preporučuje se dvostruka zaštita (sistem automatske dojave i sistem automatskog gašenja požara); ako se odustane od dvostruke zaštite, voditi računa o graničnoj liniji:
 - 4a) Sistem za automatsko gašenje požara;
 - 4b) Sistem za automatsku detekciju požara;
5. Obavezna automatska dojava i automatsko gašenje



Dij. 4.4 - Dijagram odluke na osnovu požarnog rizika

Kvantitativna procena rizika od požara

Za analizu potencijalnih požarnih scenarija, mera zaštite od požara i kvantitativnu procenu rizika od požara, model predlaže primenu metode stabla događaja, koja, zahvaljujući grafičkom prikazu scenarija događaja, pruža više informacija u odnosi na ostale metode procene.

Procena zahteva sprovodeje sledećih koraka:

- Definisane scenarija događaja požara u formi razgranatog stabla
- Kvantifikacija verovatnoće uspeha i neuspeha primenjenih mera zaštite od požara i preostalog faktora rizika

- Kvantifikacija rizika od požara za svaki požarni scenario
- Kvantifikacija ukupnog rizika od požara

Definisanje scenarija događaja požara podrazumeva identifikaciju mogućih načini odvijanja požara i njihov prikaz u formi razgranatog stabla. Mogući požarni scenariji se formulišu na osnovu dostupnih statističkih podataka, rezultata anketiranja stanara, postojećeg stanja zgrade, performansi zgrade relevantnih za požarnu bezbednost, performansi objekta i primenjenih mera zaštite od požara (Laban, Draganić & Džolev, 2020b). Svaki scenario požara ima vrednost verovatnoće koja odgovara uspeha ili neuspehu mera zaštite od požara implementiranih u okviru datog scenarija.

Kvantifikacija rizika od požara za svaki požarni scenario se vrši množenjem numeričkih vrednosti verovatnoće i posledica.

Ukupna vrednost rizika od požara dobija se sabiranjem vrednosti rizika svakog pojedinačnog požarnog scenarija. Dobijena vrednost se dalje može koristiti kao referentna vrednost za vrednovanje predloženih mera unapređenja bezbednosti od požara, sprovođenjem uporedne analize trenutnog stanja i unapređenog stanja.

4.3.6. Faza 6 - Predlog mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja

U fazi VI sprovodi se identifikacija mera za unapređenje postojećeg stanja, kao i definisanje tehničkih rešenja za njihovu realizaciju.

Mere za unapređenje postojećeg stanja se identifikuju na osnovu rezultata procene trenutnog stanja sprovedene u prethodnoj fazi i postavljenih uslova kvaliteta.

Cilj mera koje se predlažu je simultano unapređenje energetske performanse fasada, produženje njihove trajnosti i obezbeđenje potrebnog nivoa bezbednosti od požara, uz očuvanje osnovnih uslova komfora i identiteta građevine.

Mere za unapređenje postojećeg stanja fasada se mogu podeliti na dve osnovne grupe:

- I. Mere koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača
- II. Mere koje se implementiraju na nivou cele zgrade

Mere koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača su uslovljene obimom neophodnih radova i odnose se na sledeće vrste intervencija:

- sanaciju,
- ugradnju toplotne izolacije,
- zamenu fasadnih elemenata,
- aplikaciju požarnih barijera
- rekonstrukciju fasade i/ili
- zamenu celokupne fasade.

Prilikom implementacije bilo koje od navedenih mera, materijali koji se primenjuju moraju biti negorivi.

Mere koje se implementiraju na nivou cele zgrade se u kontekstu sprovedenih istraživanja odnose na mere za unapređenje bezbednosti od požara celokupne zgrade usmerene ka

smanjenju ili otklanjanju rizika od požara (budući da požar obično ne nastaje na fasadi već u zgradi) i obuhvataju:

- tehničke mere (urbanističke, građevinske, mašinske, elektro, tehnološke) i
- organizacione mere (edukacija stanara, vežbe evakuacije, praktične obuke i sl.)

Laban (2012) navodi da sve preporučene mere i radnje zaštite od požara u zgradama treba primenjivati postepeno, korak po korak, i nakon svake akcije tražiti povratnu informaciju od stanara. Ovakav pristup se tretira kao jedini način da se poboljša bezbednost od požara u stambenim zgradama, jer sve zavisi od svesti stanara i njihove finansijske moći.

Nakon identifikacije mera za unapređenje postojećeg stanja, primenjivih na zgradi, pristupa se definisanju tehničkih rešenja za njihovu realizaciju. Rešenja mogu uključivati izbor metoda i principa za sanaciju registrovanih oštećenja, odabir različitih TI materijala i sistema za naknadnu ugradnju na spoljne zidove zgrada i dr.

4.3.7. Faza 7 - Evaluacija predloženih mera i rešenja obnove fasada

U VII fazi sprovodi se analiza i evaluacija predloženih mera i varijantnih rešenja prema definisanim parametrima, u cilju provere adekvatnog odabira. Provera adekvatnog odabira predloženih mera i rešenja podrazumeva sprovođenje komparativne analize aktuelnog stanja i unapređenog stanja. Ukoliko novoprojektovano stanje zadovoljava postavljene zahteve, sledeći korak je donošenje odluke o obnovi. U suprotnom, mere za unapređenje stanja se revidiraju.

4.3.8. Faza 8 - Donošenje odluke o obnovi fasada

U poslednjoj, VIII, fazi na osnovu prethodno sprovedene evaluacije predloženih rešenja obnove, pristupa se donošenju odluke o implementaciji mera, odnosno o realizaciji obnove betonskih fasada u kontekstu postavljenih ciljeva. Mere se mogu realizovati u potpunosti ili fazno, prema prioritetnosti radova.

5. VALIDACIJA PREDLOŽENOG MODELA OBNOVE KROZ STUDIJU SLUČAJA

U cilju testiranja i validacije predloženog modela, na odabranoj zgradi je sprovedena studija slučaja. Zgrada odabrana za studiju slučaja je visoka slobodnostojeća stambena zgrada sa oznakom NF-26, koja je reprezentativni predstavnik zgrada sa montažnim fasadnim parapetima (tipološka grupa B2), koju čini 6 visokih zgrada sa identičnim karakterističnim etažama.

Rezultati sprovedene studije slučaja su prikazani u nastavku.

5.1. Faza 1 - Karakterizacija zgrade

Tokom prve faze procesa planiranja i projektovanja obnove zgrade prikupljena je i analizirana dostupna dokumentacija zgrade i sproveden je preliminarni pregled u cilju upoznavanja sa zgradom i njenim okruženjem.

U *Tehničkom arhivu grada Novog Sada* od projektno-tehničke dokumentacije za analiziranu zgradu je na raspolaganju bio isključivo *Glavni projekat centralnog grejanja* (Građevinski kombinat „Beton“, 1970). Izuzev ovog projekta, analiziran je i *Glavni projekat građevinskog dela* (Građevinski kombinat „Beton“, 1971) zgrade koja je građena po istom projektu i čija spratnost se poklapa sa spratnošću predmetne zgrade (zgrada sa oznakom NF-22).

Osnovni podaci o objektu su dati u poglavlju 4.2.2.2. Ostali, detaljniji, podaci su navedeni u relevantnim poglavljima u nastavku.

5.2. Faza 2 - Priprema i organizacija snimanja i pregleda zgrade

5.2.1. Planiranje misija

Planiranje misija je obuhvatio planiranje letova, odnosno procesa prikupljanja fotografija.

Za potrebe studije slučaja planirano je sprovođenje tri misije:

- *Horizontalna misija*, usmerena ka snimanju stambenog bloka u kome je locirana predmetna stambena zgrada, u cilju upoznavanja sa njenim neposrednim okruženjem i planiranja vertikalnih misija;
- *Vertikalna IR misija*, usmerena ka prikupljanju termovizijskih fotografija u cilju identifikacije mesta toplotnih gubitaka kroz termički omotač zgrade;
- *Vertikalna RGB misija*, usmerena ka prikupljanju fotografija visokog kvaliteta za formiranje digitalnog ortofoto snimka fasada, tzv. ortofasada, sa ciljem mapiranja degradacije fasada;

U cilju definisanja optimalnih parametara leta i planiranja, na osnovu podataka prikupljenih tokom inicijalnog pregleda zgrade sprovedena je analiza situacije na terenu kroz koju su identifikovana ograničenja u kontekstu sprovođenja letova.

Spoljno pristupno stepenište zgrade, visoko i nisko rastinje, antene i strujni kablovi su identifikovani kao potencijalna ograničenja za sprovođenje letova.

Neposredno uz istočnu fasadu zgrade, unutar stambenog bloka, identifikovane su prepreke u vidu visokog rastinja, koje doseže do trećine visine zgrade usled čega je nemoguće dovoljno prići fasadi i snimiti je iz neposredne blizine (Sl. 5.1). Na severnoj fasadi udaljenost drona je uslovljena niskim rastinjem, koje onemogućava snimanje sa udaljenosti manje od 4,0 m (Sl. 5.1). Udaljenost drona od južne fasade uslovljena je dužinom spoljnog pristupnog stepeništa koje onemogućava snimanje fasade sa udaljenosti manje od 5,0 m (Sl. 5.2). Na zapadnoj fasadi, neposredno uz zgradu nalazi se kolovoz koji predstavlja pristupni put zgradi (Sl. 5.2) i na kome se odvija učestalo kretanje vozila koja mogu ometati kontrolu leta od strane operatera. Strujni kablovi kojima su krovovi analizirane zgrade i susednih zgrada povezani zahtevaju posebnu pažnju prilikom leta, kako ne bi došlo do kontakta drona sa njima. Visina do koje dosežu vrhovi antena pozicioniranih na krovovima zgrada u stambenom bloku utiču na određivanje visine leta drona.



Sl. 5.1 – Visoko rastinje neposredno uz istočnu fasadu, koje doseže do trećine visine zgrade i nisko rastinje neposredno uz severnu fasadu





Sl. 5.2 – Kolovoz uz zapadnu fasadu zgrade i spoljno pristupno stepenište na južnoj fasadi

Za sprovođenje letova planirana je primena *Parrot ANAFI* dronova, u dve varijante (Tab. 5.1):

- Parrot ANAFI Work i
- Parrot ANAFI Thermal

Tab. 5.1 – Specifikacija bespilotnih vazduhoplova primenjenih u studiji slučaja (Livona d.o.o)

	Parrot ANAFI Work	Parrot ANAFI Thermal
Model bespilotnog vazuhoplova		
Specifikacija bespilotnog vazduhoplova		
Dimenzije sklopljenog drona	24,4 x 6,7 x 6,5 cm	21,8 x 6,9 x 6,4 cm
Dimenzije otvorenog drona	24,0 x 17,5 x 6,5 cm	31,5 x 24,2 x 6,4 cm
Masa	320 g	315 g
Maksimalna dužina trajanja leta	25 min (x 4 baterije)	26 min (x 4 baterije)
Maksimalna horizontalna brzina	15 m/s	15 m/s
Maksimalna vertikalna brzina	4 m/s	4 m/s
Radni temperaturni raspon	-10°C do 40°C	-10°C do 40°C
Maksimalni domet veze	4 km sa kontrolerom	4 km sa kontrolerom
Maksimalna brzina vetra dozvoljena za sprovođenje leta	13,8 m/s	13,8 m/s
Satelitski pozicioni sistemi	GPS i GLONASS	GPS i GLONASS
Specifikacija RGB kamere		
Format senzora	6,194 x 4,646 mm	6,194 x 4,646 mm
Veličina senzora	1/2,4'' CMOS	1/2,4'' CMOS, 21 MP
Objektiv	Vidno polje 180°	Vidno polje 180°
Žižna dužina	4 mm	4 mm
ISO raspon	100-3200	100-3200
Rezolucija slike	4608 × 3456 px	4000 x 3000 px
Veličina piksela	1.12 μm	
Specifikacija termovizijske kamere		
Senzor	-	FLIR LEPTON 3.5 microbolometer (radiometrijski)
Rezolucija slike	-	3264×2448 (4/3)
Dinamički opseg vidnog polja	-	10° do +140°C (visoka osetljivost) ili -10° to +400°C (niska osetljivost)
Specifikacija kontrolera		
Trajanje baterije	2,5 h (Android) / 5,5 h (iOS)	2,5 h (Android) / 5,5 h (iOS)
Podržani mobilni uređaji	veličina ekrana do 6''	veličina ekrana do 10''
Memorija		
SD kartica	16 GB	16 GB

Na osnovu postavljenih ciljeva, horizontalna i vertikalna IR misija nisu zahtevala prethodno određivanje parametara leta, tako da su parametri proizvoljno određeni na licu mesta, neposredno pre leta tako da odgovaraju uslovima okruženja.

U Tab. 5.2 su prikazani detalji plana leta za vertikalnu RGB misiju. Zbog fleksibilnosti procesa akvizije i prepreka ispred fasade, izabran je manuelni režim letenja. Planirano je da se letovi izvode kamerom orijentisanom upravno na fasadu, sa udaljenosti od oko 6 m. Na osnovu definisane udaljenosti sa koje će dron snimati fasadu i parametara kamere drona, određena je teorijska geometrijska rezolucija fotografija, odnosno GSD vrednost koja iznosi 2,1 mm. U kontekstu putanje leta, odabrane su vertikalne putanje. Za snimanje južne i zapadne fasade predviđeno je da dron beleži fotografije u intervalima 1m x 1 m u cilju postizanja preklopa fotografija od 89% i 86% u horizontalnom i vertikalnom pravcu, respektivno. Za snimanje severne fasade predviđeno je da dron beleži fotografije u intervalima 2m x 2 m u cilju postizanja preklopa fotografija od 78% i 72% u horizontalnom i vertikalnom pravcu, respektivno.

Tab. 5.2 – Vertikalna RGB misija: detalji plana leta

		Usvojeni parametri		Shema putanje leta
Režim leta		manuelni		
Udaljenost drona od fasade		6 m		
Proračunata rezolucija (GSD) ortofoto snimaka		2,1 mm		
Orijentacije kamere		(1) upravno na fasadne površine i (2) upravno na ivice zgrade		
Površina obuhvaćena jednom fotografijom		9 m x 7 m		
Intervali snimanja fotografija		južna i zapadna fasada	severna fasada	
		1m x 1m	2m x 2m	
Preklop fotografija	Horizontalni	89%	78%	
	Vertikalni	86%	72%	

5.2.2. Planiranje geodetskih merenja

Za snimanje orijentacionih tačaka na terenu predviđen je GNSS prijemnik *Trimble R6* (Tab. 5.3).

Tab. 5.3 – Specifikacija GNSS sistema primenjenog u studiji slučaja (Geoida)

		Trimble R6		
	Maksimalna preciznost	Horizontalno	10 mm + 1 ppm	
		Vertikalno	20 mm + 1 ppm	
		Broj kanala	72	
	Satelitski pozicioni sistemi		GPS, GLONASS, SBAS	
	Radna temperatura sistema		-40 °C do +65 °C	
	Vreme trajanja baterije sistema		3,7 - 5,8 sati	

Za snimanje orijentacionih tačaka na fasadi predviđena primena robotizovane totalne stanice *Trimble S5* (Tab. 5.4)

Tab. 5.4 – Specifikacija totalne stanice primenjene u studiji slučaja (*Livona d.o.o*)

Trimble S5		
	Daljinomer	DR Plus EDM
	Tačnost uglovnog merenja	2" (0.6 mgon)
Tačnost merenja dužine	Merenje na prizmu	1 mm + 2 ppm
	Merenje bez prizme	2 mm + 2 ppm
Domet merenja	Sa prizmom	2500-5500 m
	Bez prizme	600-1300 m
	Durbin	uvećanje 30 puta
	Radna temperatura sistema	-20 °C do +50 °C
	Vreme trajanja baterije sistema	7,5 h po bateriji (4 baterije)



Za potrebe snimanja orijentacionih tačaka na tri fasade, na osnovu analize situacije na terenu, postavljena je geodetska mikromreža za snimanje sastavljena od tri tačke (Sl. 5.3).



Sl. 5.3 – Skica snimanja orijentacionih tačaka na fasadama predmetne zgrade totalnom stanicom

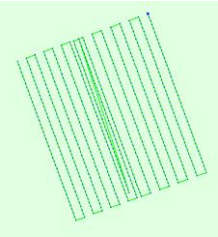
5.3. Faza 3 - Snimanje zgrade

5.3.1. Snimanje stambenog bloka

Horizontalna misija je sprovedena u autonomnom režimu. Za planiranje i kontrolisanje leta je primenjena aplikacija *Pix4D Capture*, instalirana na mobilnom uređaju. Let je sproveden na visini od 80 m, kamerom orijentisanom na dole, upravno na površinu od interesa (stambeni blok u kome se nalazi predmetna zgrada), duž projektovane linearne putanje, sa frontalnim i bočnim preklopom snimljenih fotografija od 90% i 80% respektivno (Tab. 5.5).

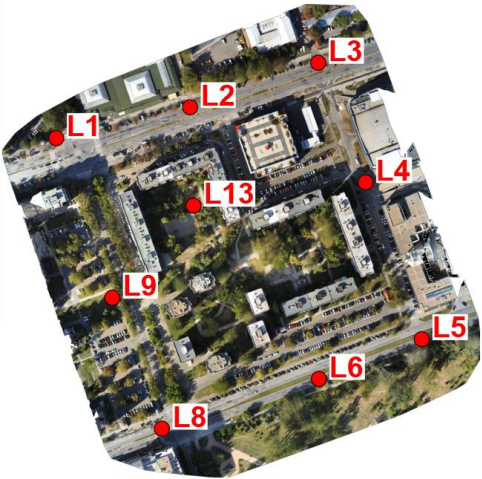
Prikupljeno je 746 fotografija kojima je pokrivena oblast od 14,4546 ha.

Tab. 5.5 – Horizontalna misija: detalji plana leta

Režim leta	autonomni
Oblast pokrivena slikama	14,4546 ha
Visina leta	80 m iznad terena
Orijentacija kamere	ka dole, upravno na površinu terena
Schema putanje leta	
Preklop fotografija	Front. - 90 %; Boč. - 80 %

GNSS prijemnikom *Trimble R6* (Tab. 5.3) je snimljeno 9 orijentacionih tačaka – 8 tačaka ravomerno raspoređenih u perifernim delovima bloka snimanja i jedna tačka u središnjem delu (Tab. 5.6). Određeni broj tačaka je predstavljao detalje na terenu, dok su ostale tačke obeležene neposredno pred snimanje crno-belim fotosignalima uočljivim iz vazduha.

Tab. 5.6 – Pozicije i koordinate orijentacionih tačaka na terenu izmerenih GNSS prijemnikom *Trimble R6*

R. br.	Oznaka kontrolne tačke	Koordinate kontrolnih tačaka			Pozicije kontrolnih tačaka
		X (m)	Y (m)	Z (m)	
1	L1	7409074,75	5011569,83	80,62	
2	L2	7409204,54	5011599,89	80,25	
3	L3	7409323,84	5011639,54	79,96	
4	L4	7409373,99	5011527,15	79,41	
5	L5	7409431,01	5011375,98	78,90	
6	L6	7409328,83	5011337,24	78,70	
7	L8	7409177,04	5011289,00	78,50	
8	L9	7409128,61	5011415,56	79,54	
9	L13	7409207,44	5011504,50	78,50	

5.3.2. Snimanje fasada

Vertikalne misije su primenjene za snimanje fasada zgrada. Obe vertikalne misije su sprovedene u manuelnom režimu leta, u zimskom periodu.

Vertikalne IR misija je sprovedena početkom 2022. godine i snimljeno je 3 videa, 61 fotografija fasada i 1 fotografija krova zgrade.

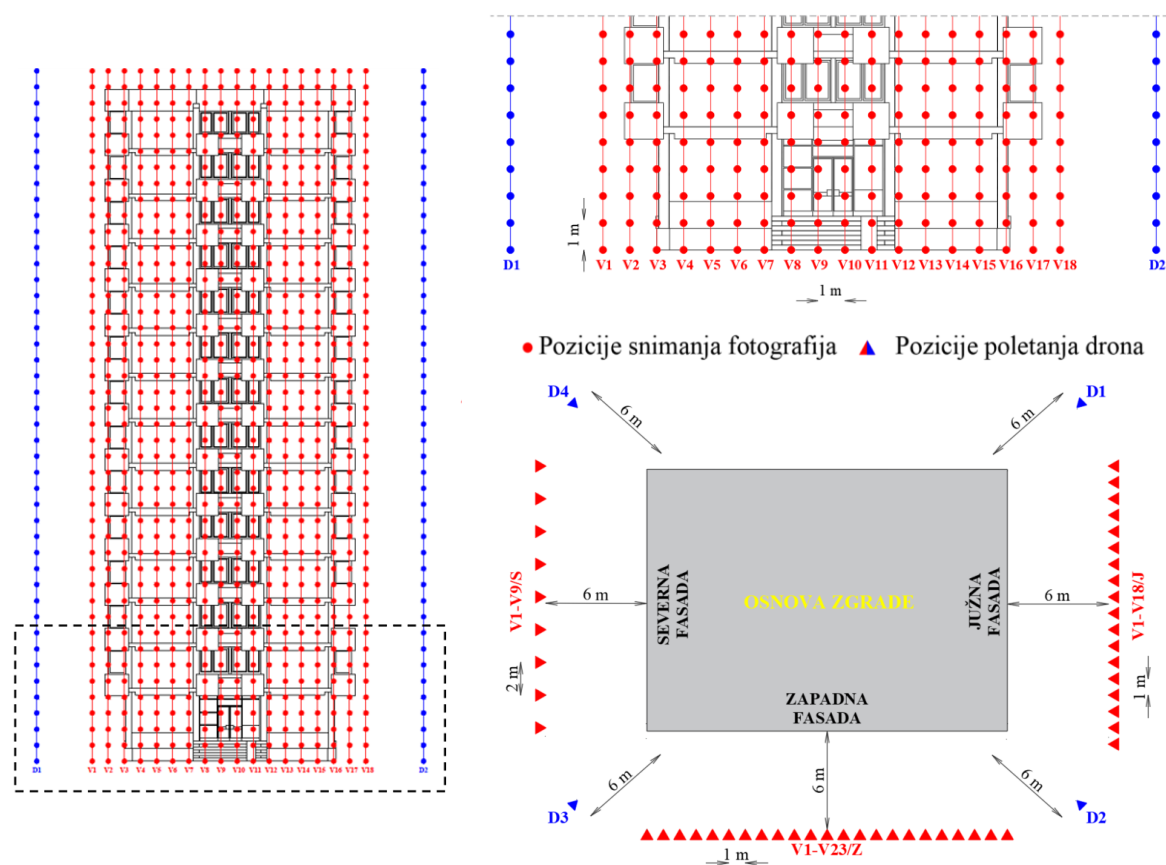
Vertikalna RGB misija je sprovedena početkom 2021. godine, pri čemu su letovi kontrolisani uz pomoć mobilne aplikacije *Parrot FreeFlight 6*. Celokupne površine zapadne, južne i

severne fasade su snimljene iz neposredne blizine, dok je istočna fasada samo delimično snimljena, i to sa mnogo veće udaljenosti od potrebne za kreiranje ortofasada, usled prisustva prepreka u vidu visokog rastinja neposredno uz površinu fasade.

Pre početka snimanja, na terenu ispred fasada i na uglovima zgrade su određene i obeležene pozicije poletanja drona tako da odgovaraju postavljenim parametrima leta, pri čemu su pozicije za snimanje fasadnih površina obeležene oznakama V, a pozicije za snimanje ivica zgrade oznakama D (Sl. 5.4). Za razliku od ostalih fasada, u cilju sagledavanja mogućnosti unapređenja kvaliteta prikaza ivica fasadnih površina na rezultujućim ortofasadama, za snimanje južne fasade su u okviru pozicija sa oznakom V predviđene dodatne dve pozicije drona izvan granica fasade.

Fotografije fasada su snimljene kretanjem letelice duž vertikalnih linearnih putanja, sa rastojanja od cca. 6 m od isturenih delova fasada, u okviru dve faze (Sl. 5.4):

- (1) kamerom postavljenom upravno na fasadne površine i
- (2) kamerom postavljenom upravno na ivice zgrade



Sl. 5.4 – Pozicije snimanja fotografija duž putanje leta i pozicije poletanja drona¹

U prvoj fazi fasade su snimljene sa kamerom drona postavljenom upravno na površinu fasada.

Prilikom snimanja jugoistočne (kraće) fasade dron je leteo duž 18 vertikalnih putanja na međusobnom rastojanju od 1 m, odnosno duž 23 putanja tokom snimanja jugozapadne (duže)

¹ Na delu skice koji ilustruje putanju letova drona sa kamerom postavljenom upravno na površinu fasade su prikazane putanje za snimanje jedne od fasada; za ostale fasade je primenjen isti princip.

fasade. Na ovaj način je obezbeđeno snimanje fotografija u intervalima 1 m x 1 m, što je rezultovalo preklapom od 89% u horizontalnom pravcu i 86% u vertikalnom pravcu.

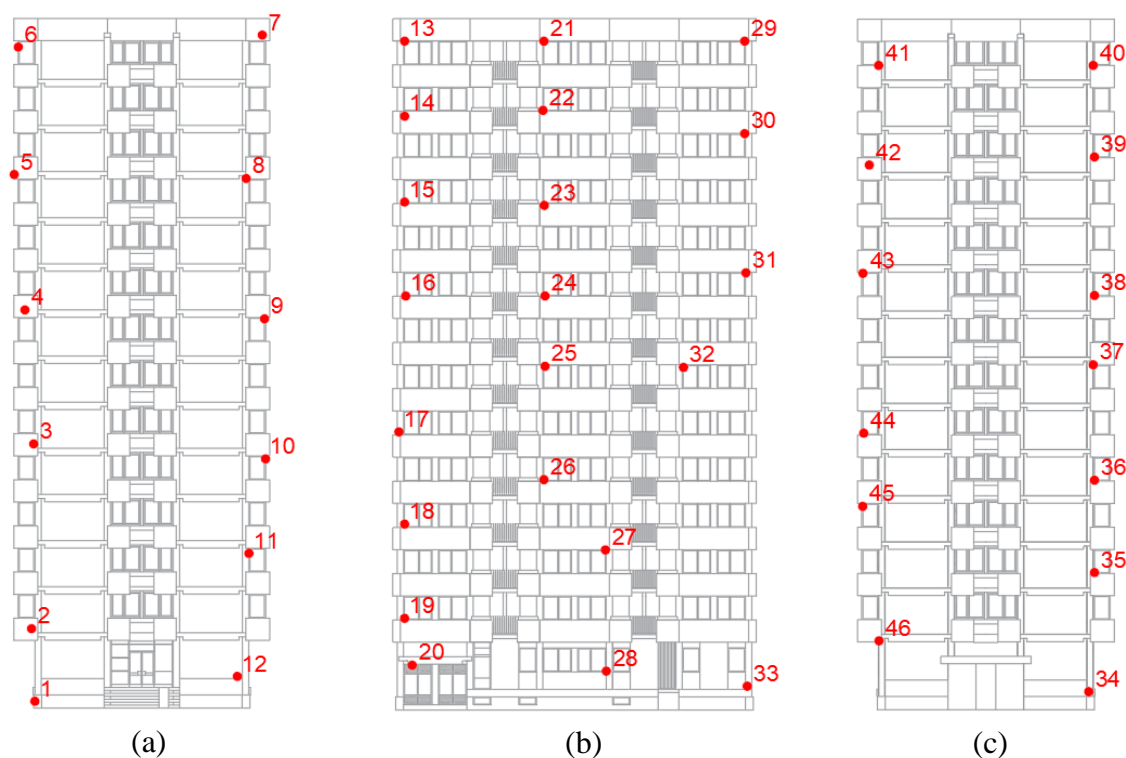
U cilju skraćenja vremena potrebnog za snimanje celokupne fasade, površina severozapadne fasade je snimljena beleženjem fotografija u intervalima 2 m x 2 m, što je rezultovalo sa preklapom od 78% u horizontalnom pravcu i 72% u vertikalnom pravcu.

U drugoj fazi je sprovedeno 4 vertikalna leta tokom kojih su snimljene ivice zgrade kamerom drona orijentisanom upravno na njih (putanje sa oznakama D1-D4).

Tokom vertikalne RGB misije prikupljeno je ukupno 2779 fotografija – 1055 fotografija južne, 1168 fotografija zapadne, 492 fotografije severne i 64 fotografije istočne fasade.

U cilju preciznog georeferenciranja prikupljenih fotografija fasada, primenom robotizovane totalne stanice *Trimble S5* (Tab. 5.4) izvršeno je snimanje orijentacionih tačaka na fasadi. Kao orijentacione tačke iskorišćeni su postojeći detalji na fasadi.

Ukupno je snimljeno 46 orijentacionih tačaka, raspoređenih na različitim visinskim nivoima fasade, od toga 12 na južnoj fasadi, 21 na zapadnoj i 13 na severnoj fasadi. Pozicije snimljenih tačaka su prikazane na Sl.5.5, dok su izmerene koordinate date u Prilogu 7.

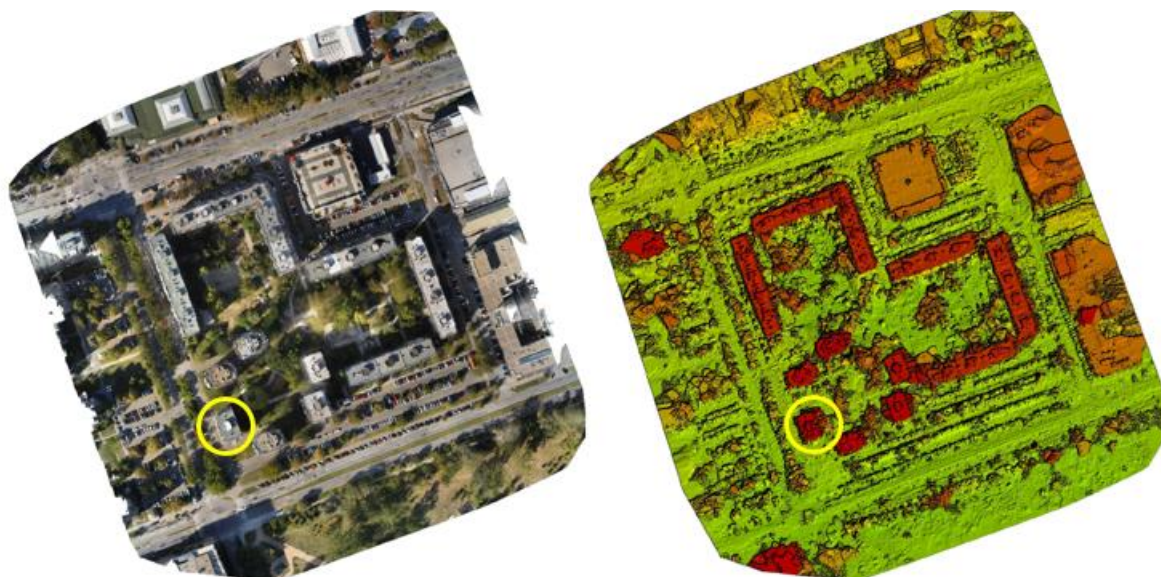


Sl.5.5 – Pozicije orijentacionih tačaka na fasadama, snimljenih totalnom stanicom Trimble S5: (a) južna fasada, (b) zapadna fasada i (c) severna fasada

5.4. Faza 4 - Generisanje ortomozaika stambenog bloka i ortofasada

U cilju generisanja digitalnih ortofasada, obrada prikupljenih fotografija je sprovedena u fotogrametrijskom programskom alatu *Pix4D*. U ovoj fazi, snimljene orijentacione tačke su iskorišćene za georeferenciranje prikupljenih fotografija, čime je značajno povećana tačnost izlaznih rezultata.

Horizontalna misija je rezultirala oblakom od 45.813.622 tačaka koji je poslužio za generisanje digitalnog modela površine stambenog bloka u kome je locirana zgrada obuhvaćena studijom slučaja i ortomozaika preciznosti 2,36 cm (Sl. 5.6).



Sl. 5.6 – Ortomozaik i digitalni model površine stambenog bloka u kome je locirana zgrada obuhvaćena studijom slučaja

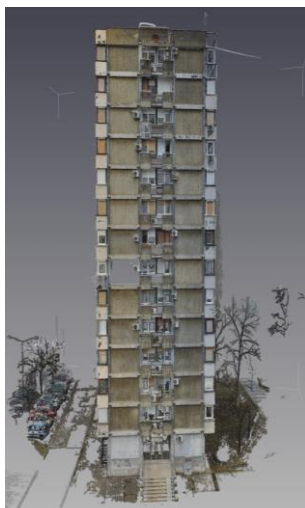
Generisani ortomozaik daje realističan prikaz stambenog bloka. Kosi pogledi na fasadne ravni zgrada su eliminisani usled čega su zgrade geometrijski pravilno definisane. Zgrade, a naročito kule, su jasno uočljive i na digitalnom modelu površine. Digitalni model površine daje jasan prikaz i drugih elemenata koji se izdižu nad terenom, kao što je visoko rastinje koje delimično zaklanja istočnu fasadu predmetne zgrade, a koje je na ortomozaiku teško identifikovati jer se nalazi u njenoj senci.

Obrada fotografija prikupljenih u okviru vertikalne misije je sprovedena posebno za svaku fasadu i rezultirala je georeferenciranim oblacima tačaka koji su poslužili za generisanje ortofasada (Sl. 5.7-Sl. 5.9), koje su zatim poslužile kao podloga za kreiranje geometrije fasada u programskom paketu *AutoCAD* (Sl.5.5).

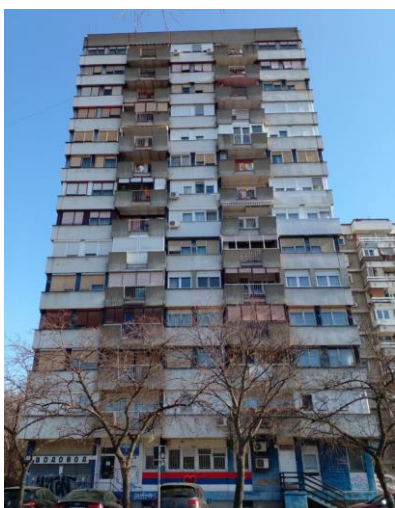
Rezultati dobijeni obradom fotografija u softverskom paketu *Pix4D* su prikazani u Tab. 5.7.

Tab. 5.7 – Rezultati procesuiranja fotografija fasada u fotogrametrijskom softverskom alatu *Pix4D*

Fasada	Broj procesuiranih fotografija	Broj tačaka u oblaku	GSD [mm]	Broj orijentacionih tačaka	Koren srednje kvadratne greške (RMSE) orijentacionih tačaka		
					X greška [mm]	Y greška [mm]	Z greška [mm]
J	1055	35.215.626	2,2	12	4	10	6
Z	1168	25.485.689	2,3	14	20	19	25
S	492	18.565.730	2,8	12	10	9	11



Sl. 5.7 – Jugoistočna fasada: digitalna fotografija, oblak tačaka (sa preko 35 miliona tačaka) i ortofasada (sa prosečnom rezolucijom od 2,2 mm)



Sl. 5.8 – Jugozapadna fasada: digitalna fotografija, oblak tačaka (sa preko 25 miliona tačaka) i ortofasada (sa prosečnom rezolucijom od 2,3 mm)



Sl. 5.9 – Severozapadna fasada: digitalna fotografija, oblak tačaka (sa preko 18 miliona tačaka) i ortofasada (sa prosečnom rezolucijom od 2,8 mm)

U cilju sagledavanja geometrijskog kvaliteta kreiranih ortofasada, analiziran je RMSE parametar (engl. Root Mean Square Error) orijentacionih tačaka, koji predstavlja koren srednje kvadratne greške koordinata ovih tačaka i odgovara razlici između koordinata određenih na terenu i koordinata izmerenih na ortofasadama.

Generisane ortofasade su geometrijski pravilno definisane. RMS greška po sve tri ose je manja od 1 cm za južnu fasadu, manja od 2,5 cm za zapadnu i manja od 1,1 cm za severnu fasadu (Tab. 5.7).

U cilju procene tačnosti generisanih ortofasada, analiziran je GSD parametar, pri čemu se očekuje da rezultujuće ortofasade, pod uslovom da su pravilno rekonstruisane i precizno georeferencirane, imaju tačnost 1-2 puta i 1-3 puta manju od GSD vrednosti u horizontalnom i vertikalnom pravcu respektivno (Pix4D guide).

Generisana južna, zapadna i severna ortofasada poseduju prosečnu rezoluciju od 2,2 mm, 2,3 mm i 2,8 mm respektivno (Tab. 5.7). Postignuta rezolucija generisanih ortofasada odgovara rezoluciji inicijalnih fotografija, određena u fazi planiranja leta, i teorijski omogućava manuelnu detekciju elemenata i oštećenja iznad cca. 2 mm. Na osnovu dobijenih GSD vrednosti može se smatrati da je tačnost generisanih ortofasada u horizontalnom pravcu u intervalu od cca. 2-5 mm, a u vertikalnom 2-9 mm.

Zahvaljujući postignutom geometrijskom kvalitetu generisanih ortofasada omogućena je njihova precizna vektorizacija koja je sprovedena u programskom paketu *AutoCAD* (Sl.5.5). Dobijeni crteži fasade su u narednim fazama iskorišćeni kao podloga za kreiranje mape oštećenja na fasadama.

Analizom uvećanih ortofasada zaključuje se da je većina detalja na samim fasadnim površinama realistično i jasno prikazana, dok je, za razliku od središnjih delova, uočen nešto slabiji kvalitet prikaza ivica fasada kao posledica manjeg broja preklapljenih slika u ovim zonama.

Na južnoj ortofasadi (Sl. 5.10) uočava se najmanje nepravilnosti koje se uglavnom manifestuju u vidu zanemarljivog prisustva senki koje prave osunčani parapeti na AB stubovima i platnima. Evidentan je visok kvalitet prikaza ivica fasadne površine, neznatno niži od kvaliteta ostalih delova fasade, a dosta bolji od kvaliteta prikaza ivica na ostalim ortofasadama, koji se pripisuje većem broju preklapljenih fotografija u ovim zonama kao posledica snimanja fasade kretanjem drona duž dodatne dve vertikalne putanje van ravni fasade.

Na zapadnoj ortofasadi (Sl.5.11) identifikovane su nepravilnosti koje se manifestuju u vidu izraženih senki na parapetnim elementima lođa, koje prave osunčani balkonski elementi, dok su na pojedinim balkonskim elementima identifikovane zamućene zone (blur efekat) što se smatra posledicom izlaska drona van predviđene putanje pod uticajem vetra, odnosno nemogućnosti njegove kontrole od strane operatera tokom snimanja. Kvalitet prikaza ivica je zadovoljavajući, ali evidentno niži od onog na južnoj ortofasadi.

Analizom severne ortofasade (Sl. 5.12) zaključuje se da duplo veći interval snimanja nije uticao na kvalitet rezultata fasadne površine, međutim uočava se nešto niži kvalitet prikaza ivica. Usled izostanka direktnog sunčevog dejstva, orijentacija fasade ima najpovoljniji uticaj

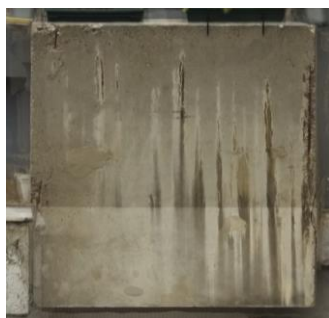
na krajnje rezultate – veći deo fasade je dobro osvetljen što olakšava detekciju prisutnih defekata i oštećenja. Nasuprot ovome, parapetni elementi duž severozapadne ivice fasade su zatamnjeni, što se smatra posledicom direktnih sunčevih zraka usmerenih ka kameri drona u toku snimanja, usled čega je detekcija defekata i oštećenja u datim zonama otežana.



(a)



(b)



(c)



(d)

Sl. 5.10 – Prikaz fasadnih elemenata na južnoj ortofasadi: (a) ivični nosač, (b) AB platno, (c) AB oграда balkona i (d) ivični parapetni element lođe (slika desno)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Sl.5.11 – Prikaz fasadnih elemenata na zapadnoj ortofasadi: (a,c,d) parapetni elementi lođe u srednjem i krajnjim poljima i (d, e) AB ograde balkona sa jasnim prikazom i sa uočenim nepravilnostima u vidu zamućenih zona



(a)



(b)



(c)



(d)

Sl. 5.12 – Prikaz fasadnih elemenata na severnoj ortofasadi: (a) ivični nosač, (b) AB platno, (c) AB ograda balkona i (d) ivični parapetni element lođe (slika desno)

Opšti zaključak analize sprovedene nad kreiranim georeferenciranim ortofasadama je da one, zahvaljujući postignutoj tačnosti i rezoluciji, pružaju mogućnost preciznog merenja arhitektonskih karakteristika na fasadi, kao i kreiranje mape degradacije fasade.

5.5. Faza 5 - Procena stanja fasada

5.5.1. Faza 5.1 - Procena trajnosti

5.5.1.1. Detaljan vizuelni pregled sa analizom registrovanih defekata i oštećenja

Za prikupljanje relevantnih informacija potrebnih za procenu postojećeg stanja primenjena je metoda vizuelnog pregleda.

Pregledom su obuhvaćeni sledeći elementi zgrade:

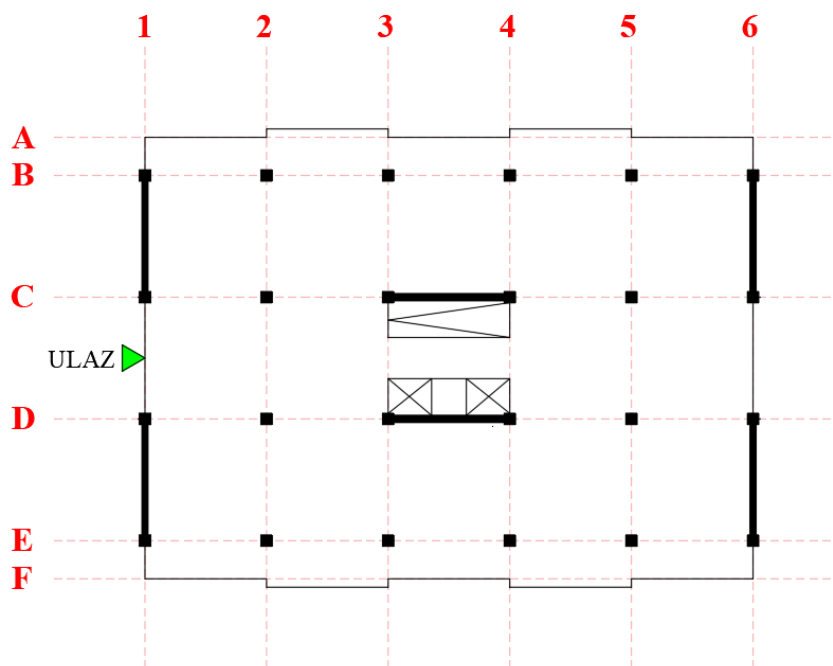
- spoljašnje površine fasadnih elemenata (sa fokusom na zidove)
- unutrašnji dostupni delovi konstrukcije koji pripadaju prostorijama pešačke komunikacije u zgradi

Detaljan vizuelni pregled je sproveden u dve faze:

- I. Prva faza je sprovedena na samom terenu i obuhvatila je pregled spoljašnjih površina fasadnih elemenata nižih etaža (oku dostupnih), kao i pregled površina u unutrašnjosti zgrade (koje pripadaju vetrobranu, ulaznom holu, stepenišničnom prostoru i hodnicima).
- II. U drugoj fazi defekti i oštećenja fasada identifikovani su manuelnom analizom generisanih georeferenciranih ortofasada, a zatim je nad geometrijom kreiranom u softverskom alatu AutoCAD sprovedeno njihovo mapiranje. U ovoj fazi je na montažnim fasadnim parapetima testiran i računarski kod za automatsku detekciju pukotina, kreiran u okviru doktorske disertacije.

Vizuelnim pregledom i premeravanjem dostupnih elemenata i rastera zaključeno je da je objekat izveden u skladu sa onim što je projektom predviđeno. Jedina uočena razlika odnosi se na zidove hodnika u prizemnom delu zgrade, gde je izveden zid drugačijeg sastava od projektovanog.

U nastavku je sprovedena analiza detektovanih defekata i oštećenja pregledanih elemenata, dok je u Prilogu 8 data mapa sa detaljnim prikazom položaja oštećenja i defektata prisutnih na spoljnim zidovima južne, zapadne i severne fasade. Na Sl. 5.13 prikazana je shema konstruktivnih elemenata zgrade sa usvojenim oznakama osa, koje su korišćene u analizi.



Sl. 5.13 – Shema konstruktivnih elemenata zgrade sa usvojenim oznakama osa

AB zidovi za ukrućenje

AB zidovi za ukrućenje su liveni na licu mesta - u prizemnim etažama u drvenoj oplati, u zonama spratova u čeličnoj oplati. Platna su sa spoljašnje strane izvedena sa kanelurama i u delu prizemlja su prebojena, u zoni suterena je izvedena sokla od veštačkog kamena, dok su na ostalim etažama površine zidova ostavljene u „natur“ betonu. Vizuelnim pregledom konstatovano je da je segment zida koji pripada VI spratu obnovljen sistemom kontaktne fasade i na ovom segmentu nisu evidentirani defekti i oštećenja.

Na pregledanim AB platnima registrovana su sledeća oštećenja:

- (1) Oštećenja fizičke prirode
 - Pukotine
 - Mrlje od vlage
 - Grafiti
 - Promene boje betona
- (2) Oštećenja hemijske prirode
 - Biološka korozija
 - Eflorescencija

- (3) Oštećenja mehaničke prirode
- Rupe usled probijanja betona
 - Lokalna mehanička oštećenja

Na pregledanim AB platnima registrovani su sledeći defekti i nepravilnosti:

- Rupičasta površina
- Lokalno nedovoljno zbijen beton
- Tragovi pričvršćivanja oplatnih ravni
- Geometrijska imperfekcija ravni zidova
- Neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja
- Neadekvatno povezani slojevi betona
- Lokalne promene boje betona

Identifikovana oštećenja fizičke prirode

Orijentisane pukotine su identifikovane u pojedinim segmentima AB zidova na obe kraće fasade (i južnoj i severnoj). Pukotine su locirane u segmentima zidova od VI do XIII sprata i ovaj tip oštećenja zauzima manje od 1% površine AB zidova.

Među identifikovanim pukotinama dominiraju vertikalne pukotine, dok su kose pukotine zastupljene u malom broju.

Vertikalne pukotine su uglavnom locirane u središnjim delovima zidova i prostiru se celom visinom ili većim delom visine datog segmenta zida. Mogućim uzrokom vertikalnih pukotina smatraju se unutrašnji naponi zatezanja u betonu koji su posledica sprečene horizontalne dilatacije segmenata zidova usled dugotrajnog hidrauličnog skupljanja. Skupljanje prilikom sušenja, uzrokovano gubitkom vlage, izaziva promenu zapremine AB zidova koja je sprečena ivičnim nosačima sa kojima su zidovi povezani. Na južnoj fasadi, pukotine su rezultat simultanog dejstva opisanog fenomena i temperaturnih naprezanja usled direktnog izlaganja sunčevoj radijaciji.

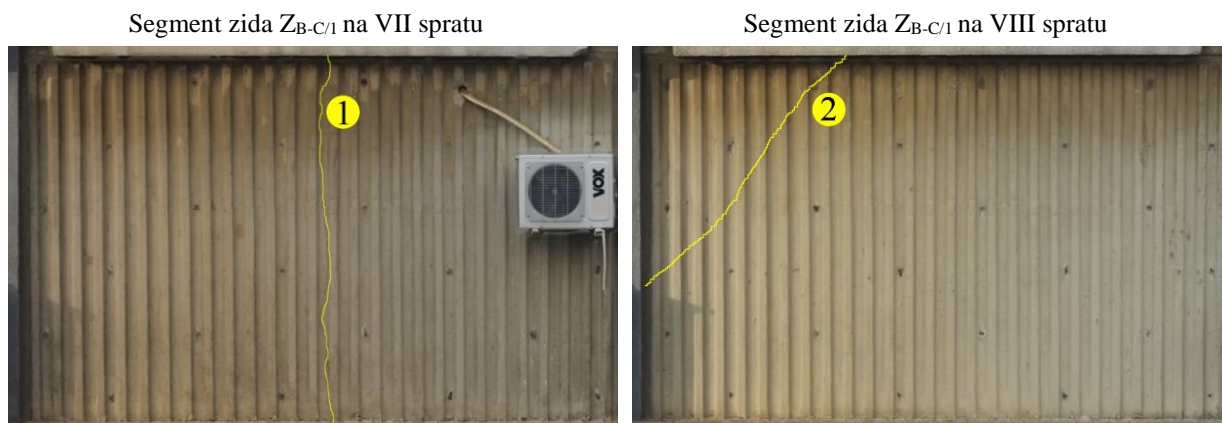
U grupi vertikalnih pukotina identifikovana je i serija kraćih pukotina, dužine do 1m, na poslednjem segmentu zida Z_{B-C/1} (na XIII spratu), u zoni veze sa krovnom pločom. Uzrok ovog tipa pukotina može biti korozija armature usled karbonizacije betona i/ili male debljine zaštitnog sloja betona na mestu pukotina.

Evidentirano je dva tipa kosih pukotina, različitog pravca pružanja, koje su uglavnom locirane u gornjim uglovima zidova, između AB stubova i gornjih ivičnih nosača, i posledica su istih fenomena koji su doveli do pojave dominantnih vertikalnih pukotina, pri čemu je kosi pravac pružanja rezultat sprečenih dilatacija i u horizontalnom i vertikalnom pravcu.

Na Sl. 5.14 je dat prikaz karakterističnih pukotina registrovanih na AB zidovima za ukrućenje. U Tab. 5.8 i Tab. 5.9 su dati osnovni podaci o registrovanim pukotinama.

Na osnovu orijentacije i položaja detektovanih pukotina, bilo je moguće utvrditi uzrok njihove pojave. Međutim, rezolucija analiziranih ortofasada od cca 2 mm se pokazala nedovoljnom za potrebe prikupljanja pouzdanih informacija o širini detektovanih pukotina. S obzirom da su vidljive golim okom, detektovane pukotine su sigurno šire od 0,3 mm a na osnovu pretpostavljenog uzroka smatra se da njihova širina ne prelazi 1 mm.

Snimanje fasade dronom sa manjih udaljenosti (1-2 m) bi omogućilo prevazilaženje ograničenja vezanog za rezoluciju analiziranih ortofasada, međutim, bliži let bi smanjio efikasnost procesa, jer bi zahtevao prikupljanje većeg broja fotografija. Pored ovoga, bliži let povećava mogućnost udara drona o površinu fasade. Kao alternativno rešenje predlaže se primena drona opremljenog kamerom i senzorima većeg kvaliteta.



Sl. 5.14 – Izgled karakterističnih pukotina na AB zidovima za ukrucenje

Tab. 5.8 – Osnovni podaci o registrovanim pukotinama na spoljašnjim površinama AB zidova za ukrucenje na južnoj fasadi

Oznaka	Pozicija (sprat)	Dužina [m]	Opis
AB zid za ukrucenje Z _{B-C/1}			
1	VII	2,35	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
2	VIII	1,9	Kosa pukotina u gornjem uglu zida uz osu B
3	X	1,8	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
4	XI	2,0	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
5	XII	1,8	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
6	XIII	0,6	Vertikalna pukotina u gornjem delu zida uz osu B
7	XIII	0,65	Vertikalna pukotina u gornjem delu zida uz osu B
8	XIII	0,4	Vertikalna pukotina u gornjoj središnjoj zoni zida
AB zid za ukrucenje Z _{D-E/1}			
9	VI	2	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
10	VII	1,4	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
11	VIII	2	Delimično zakošena pukotina u središnjem delu zida
12	X	2,2	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
13	XI	2	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
14	XII	1,8	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
15	XIII	0,9	Kosa pukotina u gornjem uglu zida uz osu E

Tab. 5.9 – Osnovni podaci o registrovanim pukotinama na spoljašnjim površinama AB zidova za ukrućenje na severnoj fasadi

Oznaka	Pozicija (sprat)	Dužina [m]	Opis
AB zid za ukrućenje Z _{B-C/6}			
1	VII	1,7	Delimično zakošena pukotina u središnjem delu zida
2	VIII	1,6	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
3	IX	2,1	Delimično zakošena pukotina u središnjem delu zida
4	X	2,2	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
5	XI	2,3	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
AB zid za ukrućenje Z _{D-E/6}			
6	VII	0,5	Vertikalna pukotina u gornjoj središnjoj zoni zida
7	X	1,7	Vertikalna pukotina u središnjem delu zida
8	XI	0,25	Kosa pukotina pukotina u u gornjem uglu zida uz osu D
9	XIII	0,9	Kosa pukotina pukotina u u gornjem uglu zida uz osu E

Kako je većina identifikovanih pukotina posledica unutrašnjih naprezanja u betonu možemo ih smatrati nekonstruktivnim uz zaključak da ne ugrožavaju sigurnost konstrukcije. Međutim, zahtevi u pogledu izgleda i trajnosti nisu zadovoljeni, s obzirom da je preporučena vrednost dozvoljene širine prslina spoljnih zidova stambenih zgrada izloženih cikličnom vlaženju i sušenju ograničena na 0,3 mm (SRPS EN 1992-1-1, 2015). Prisustvo pukotina utiče na vodonepropusnost površine AB zidova usled čega je omogućen prodor vode i agresivnih materija iz okoline. Posledično, vremenom može doći do korozije armature, usled čega trajnost konstrukcije može biti ugrožena, a samim tim i njena sigurnost, te je potrebno sprovoditi redovni vizuelni pregled u cilju monitoringa.

Mrlje od vlage su identifikovane u gornjim i donjim zonama zidova (Sl. 5.15), na spoju sa horizontalnim ivičnim nosačima i zauzimaju oko 14% površine zidova. U odnosu na horizontalni ivični element, AB zidovi su uvučeni usled čega su manje izloženi kvašenju. Međutim, u donjim zonama kišnica dospeva na zid indirektno kroz prskanje kiše koja pada na gornju površinu ivičnog nosača. U gornjim zonama mrlje od vlage su posledica podlivanja kiša sa gornjeg ivičnog nosača. Identifikovane mrlje su karakteristične za kišni period i nakon ovog perioda obično nestanu sa fasade.

Grafiti su identifikovani na zidovima suterena i prizemlja (Sl. 5.16) i manifestuju se u vidu neautorizovanih slika i crteža, apliciranih na zidove primenom različitih vrsta boja i markera i posledica su vandalizma. Grafiti na fasadi se smatraju oštećenjem jer mogu biti veoma štetni, s obzirom na poroznost materijala za oblaganje, dok ih je pojedinim slučajevima nemoguće potpuno ukloniti (Brito et al., 2020), a takođe ometaj detekciju oštećenja. Indirektan uticaj na pojavu prljavštine ima i nesprovođenje radova na održavanju i čišćenju fasadnih površina.

Promene boje se na zidovima manifestuju u vidu mrlja koje utiču na promenu originalne boje betona i koje su posledica neadekvatno izvedenih popravki defekata na površini betona i/ili posledica curenja boje prilikom bojenja ivičnih nosača. Na kraćim fasadama promene boje su detektovane lokalno, u gornjim zonama zidova, neposredno ispod ivičnih nosača (Sl. 5.17). Na severnoj fasadi u pojedinim segmentima zidova promene boje su identifikovane na većoj površini (Sl. 5.18). Detektovane mrlje nemaju uticaj na trajnost, već samo na estetski izgled fasade.



Sl. 5.15 – Mrlje od vlage identifikovane u gornjim i donjim zonama zidova, na spoju sa horizontalnim ivičnim nosačima (segment zida Z_{D-E/1} na IX spratu)



Sl. 5.16 – Grafiti identifikovani na AB zidovima suterena i prizemlja (segment zida Z_{B-C/1})



Sl. 5.17 – Lokalne promene boje zidova neposredno ispod ivičnog nosača (segment zida Z_{B-C/1} na VIII spratu)



Sl. 5.18 – Promene boje zidova na severnoj fasadi (segment zida Z_{D-E/6} na II spratu)

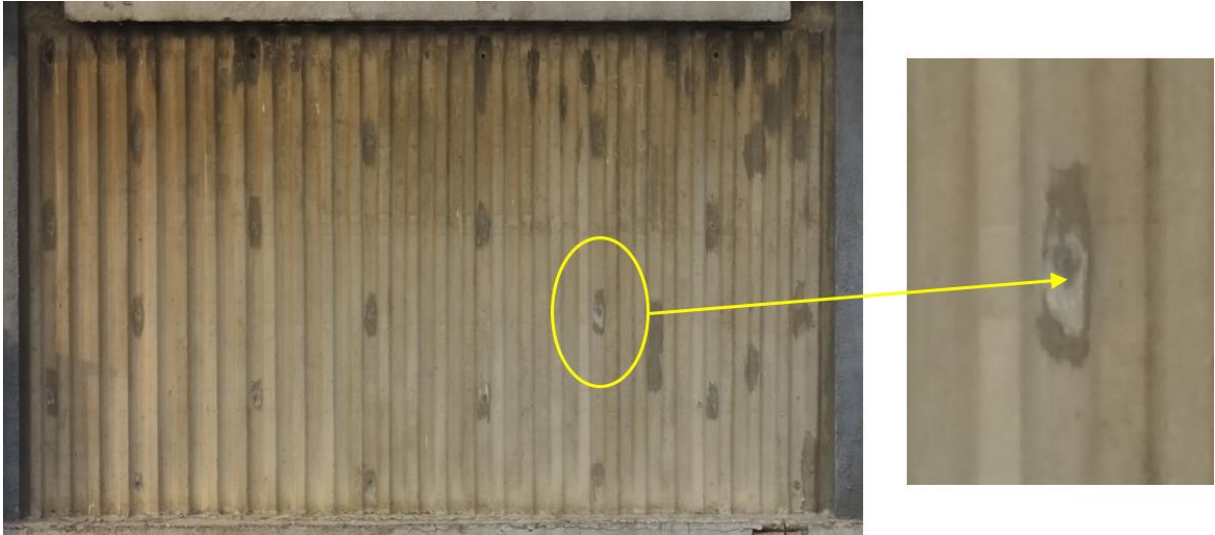
Identifikovana oštećenja hemijske prirode

Biološka korozija identifikovana na zidovima se manifestuje u vidu zelenih mrlja i rezultat je prisustva lišajeva i mahovine. Biološka korozija je identifikovana u zonama kontakta zidova sa tlom (Sl. 5.19) i rezultat je prisustva vlage, odnosno ciklusa naizmeničnog vlaženja i sušenja kojima su zidovi izloženi. Odsustvo održavanja i čišćenja fasadnih površina, predstavljaju indirektnu uzroke ove pojave.



Sl. 5.19 – Biološka korozija identifikovana u zonama kontakta zidova sa tlom (segment zida Z_{D-E/1} u suterenu)

Eflorescencija ili „iscvetavanje“ se na površini zidova manifestuje u vidu belih mrlja koje predstavljaju kristalizovane naslage soli. Oštećenje je uzrokovano migracijom vode koja sa sobom nosi rastvorljive soli i njenim isparavanjem i zauzima manje od 1% ukupne površine AB zidova. Oštećenje je karakteristično je za zone pričvršćivanja oplatnih ravni (Sl. 5.20). Neadekvatno izvedeni detalji (prazan prostor koji ostaje nakon vađenja metalnog distancera) i dejstvo vetra su identifikovani kao indirektni uzroci ovog oštećenja.

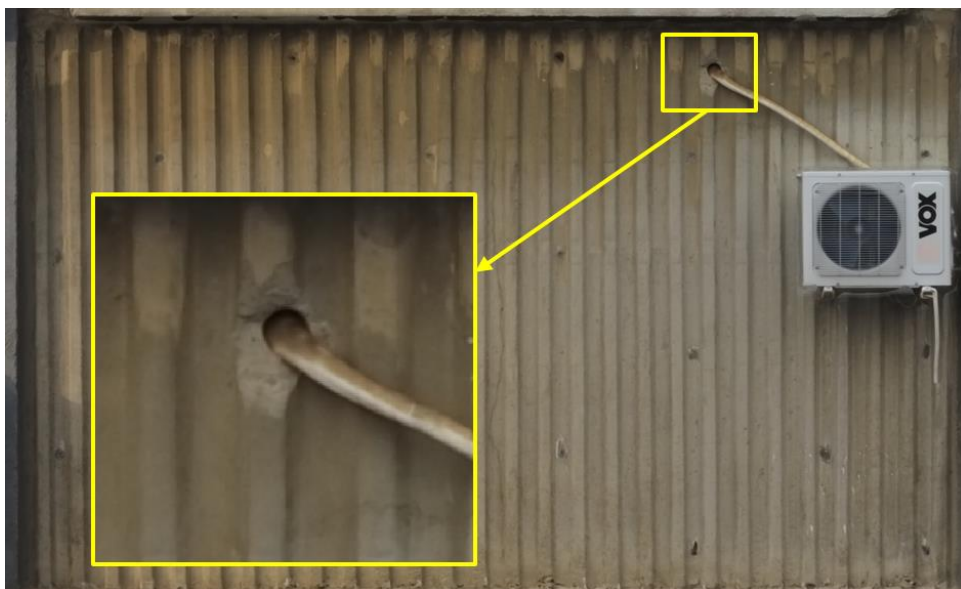


Sl. 5.20 – Eflorescencija identifikovana u zonama pričvršćivanja oplatnih ravni zidova (segment zida Z_{B-C/1} na V spratu)

Identifikovana oštećenja mehaničke prirode

Od oštećenja mehaničke prirode identifikovane su rupe usled probijanja betona i lokalna mehanička oštećenja betona. Oštećenja mehaničke prirode zauzimaju manje od 1% ukupne površine zidova.

Rupe identifikovane na pojedinim segmentima zidova (Sl. 5.21) su posledica probijanja elementa za potrebe vođenja instalacija rashladnih uređaja. U ovim zonama detektovano je i lokalno oštećenje okolnog betona.



Sl. 5.21 – Rupe usled probijanja betona za potrebe vođenja instalacija rashladnih uređaja (segment zida Z_{B-C/1} na VII spratu)

Lokalna mehanička oštećenja betona detektovana su i u segmentu zida u prizemlju na južnoj fasadi (Sl. 5.22), međutim uzrok ovog oštećenja nije utrđen.



Sl. 5.22 – Lokalna mehanička oštećenja betona (segment zida Z_{B-C/1} u prizemlju)

Identifikovani defekti

Rupičasta površina je identifikovana na svim segmentima zidova (Sl. 5.23) i posledica je mehurića zarobljenog vazduha uz oplatu prilikom ugradnje betona. Defekt ima uniforman karakter celom površinom zidova.

Lokalno nedovoljno zbijen beton je identifikovan na svim segmentima zidova i manifestuju se u vidu zona u kojima je beton porozniji. Defekt je karakterističan za donje zone segmenata zidova (Sl. 5.23) kao posledica otežanog zbijanja betona u donjim delovima tankih vertikalnih elemenata i izraženiji je na segmentima zidova na severnoj fasadi. Dati defekt utiče na lokalnu redukciju zaštitnog sloja betona i identifikovan je na oko 5% ukupne površine AB zidova.



Sl. 5.23 – Defekt rupičaste površine identifikovan na celoj površini zidova i lokalno nedovoljno zbijen beton u donjim zonama zidova (segment zida Z_{D-E/1} na X spratu)

Tragovi pričvršćivanja oplatnih ravni su identifikovanim u svim segmentima AB zidova i posledica su primene neodgovarajućih materijala za završnu obradu. Analizom identifikovanih tragova, uočava se ponavljajući šablon koji uključuje 24 pozicije pričvršćivanja, pri čemu su šupljine popunjavane na različite načine, a u određenim segmentima zidova su i prikrivene primenom različitih premaza, uglavnom jasno vidljivih na površini zidova (Sl. 5.24). U pojedinim slučajevima šupljine su ostale nepopunjene. Defekt zauzima manje od 1% ukupne površine AB zidova i uglavnom je praćen i pojavom eflorescencije.



Sl. 5.24 – Tragovi pričvršćivanja oplatnih ravni identifikovani na AB zidovima

Tragovi pričvršćivanja su posledica potrebe međusobnog povezivanja oplatnih ploča i smatraju se defektima kada se njihov oblik razlikuje od projektovanog ili kada se u zoni pričvršćivanja detektuje lokalno oštećenje betona ili male šupljine, što može dovesti do gubitka finih sastojaka betona tokom izgradnje (Brito et al., 2020). Prazan prostor koji ostaje nakon vađenja metalnog distancera uz određene modifikacije može ostati vidljiv na površini betonskog elementa. Alternativno, prostor se tamponira specijalnim priborom ili popunjava adekvatnim malterima i zaptivačima i naknadno se može prikriti premazivanjem.

Geometrijska imperfekcija je identifikovana na oko 20% ukupne površine AB zidova na južnoj fasadi (Sl. 5.25). Defekt se manifestuje kao horizontalni tragovi oplata na mestima pričvršćivanja oplatnih ploča i posledica je deformacije čeličnog lima koji je korišćen za oplatnu ravan. Defekt utiče na smanjenje zaštitnog sloja betona u datim zonama.

Neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja je identifikovan na AB zidovima na liniji veze suterena sa prizemljem (Sl. 5.25).

Neadekvatno povezani slojevi betona su identifikovani na 20% segmenata AB zidova na južnoj fasadi i na 60% na severnoj fasadi. Defekt je najčešće prisutan na polovini ili trećinama visine segmenata zidova i ne zauzima više od 1% ukupne površine zidova.. Pozicije na kojima su defekti identifikovani na zidu ukazuju da je, prilikom ugradnje betona, beton sipan u oplatu

najčešće iz dva ili tri puta (sloja). Na jednom segmentu zida na ovom mestu je identifikovana horizontalna krivudava pukotina (Sl. 5.26).



Sl. 5.25 – Geometrijska imperfekcija identifikovana na AB zidovima južne fasade (obeležena žutom bojom) i neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja segmenata zidova u suterenu i prizemlju (obeleženo crvenom bojom)



Sl. 5.26 – Neadekvatno povezani slojevi betona identifikovani na AB zidovima severne fasade; horizontalna pukotina identifikovana na segmentu zida $Z_{D-E/6}$ na IX spratu na mestu ovog defekta

Lokalne promene boje betona su identifikovane na zidovima i kao defekti koji su posledica nečistoće oplatnih ravni i izbora neadekvatnog sredstva za sprečavanje/smanjenje athezije između betona i oplatne ravni (Sl. 5.27).



Sl. 5.27 – Lokalne promene boje zidova usled nečistoće oplatnih ravni i izbora neadekvatnog sredstva za sprečavanje/smanjenje athezije između betona i oplatne ravni (segment zida Z_{B-C/1} na XIII spratu)

Montažni parapeti

Fasadni montažni parapeti su definisani kao samostalno-stojeći višeslojni betonski panovi vezani za konstrukciju svojim donjim delom, dok se na gornji deo oslanja fasadna stolarija. U konstruktivnom pogledu, to su nenosivi elementi vezani svaki posebno za konstrukciju.

Fasadni parapetni elementi su sastavljeni iz tri osnovna sloja:

- Spoljni beton
- TI sloj
- Unutrašnji beton

Unutrašnji sloj predstavlja noseći deo kojim se element oslanja na konzolnu tavanicu. Spoljni sloj betona nošen je od strane unutrašnjeg na taj način što su ova dva sloja kontaktno monolitno spojena na dva mesta „čepovima“ betona na mestu gde se nalazi ankerna čaura za montažu elementa.

Za naleganje prozora na parapet ugrađen je metalni flah po celoj dužini parapeta.

Parapet je vezan za konzolnu tavanicu pomoću veznih čeličnih „papuča“ i čeličnih šrafova (veza je ostvarena na svakih 60 cm).

Vertikalni spoj 2 elementa međusobno je ostvaren primenom „suvog“ postupka bez naknadnog betoniranja, pri čemu je prodor vode u spojnici sprečen zaptivanjem spojnice trajno-elastičnim dvokomponentnim kitom. Kao pozadina koja sprečava prodor kita u spojnici, prilikom nanošenja, upotrebljena je sunderasta traka koja je utisnuta u spojnici pre nanošenja kita. Iza zaptivne spojnice, kao dekompresioni amortizer spojnice, postavljen je specijalni dilatirajući plastični profil po celoj visini spojnice. Profil je sastavljen iz tvrde i meke plastike a oblik mu je prilagođen uslovima temperaturnih uticaja. Profil je postavljen odozgo, posle montaže dva susedna elementa, kroz plastične „vođice“ ubetonirane u bočne strane elemenata. Srednji deo profila, sastavljen od meke plastike, služi da eliminiše eventulane greške u proizvodnji ili montaži elemenata.

Unutrašnji deo spojnice, prema prostoriji, ispunjen je termoizolacionim materijalom a završni deo spojnice je zatvoren cementnim malterom.

Na gornjem delu elementa vertikalni spoj je zaštićen od prodora vode sa trakom bitumenizirane aluminijumske folije („albifol“) zalpeljene preko spoja u širini 10cm.

Na pregledanim parapetnim zidovima registrovano je tri grupe oštećenja **završnog sloja – dekorativnog tankoslojnog maltera** na bazi polimernih veziva:

- (1) Mrlje
 - Mrlje od prljavštine
 - Mrlje boje rđe
- (2) Prsline i pukotine
 - Mrežaste prsline
 - Orijentisane prsline i pukotine
 - Prsline i pukotine proizvoljnog pravca
- (3) Gubitak adhezije
 - Ljuskanje
 - Odvajanje od podloge

Na parapetnim elementima uglavnom nisu prisutna oštećenja **spoljašnjeg sloja armiranog betona**, izuzev u pojedinim slučajevima gde su na parapetima registrovana sledeća oštećenja:

- Pukotine
- Odvajanje i otpadanje površinskog sloja betona
- Lokalna fizičko-mehanička oštećenja betona

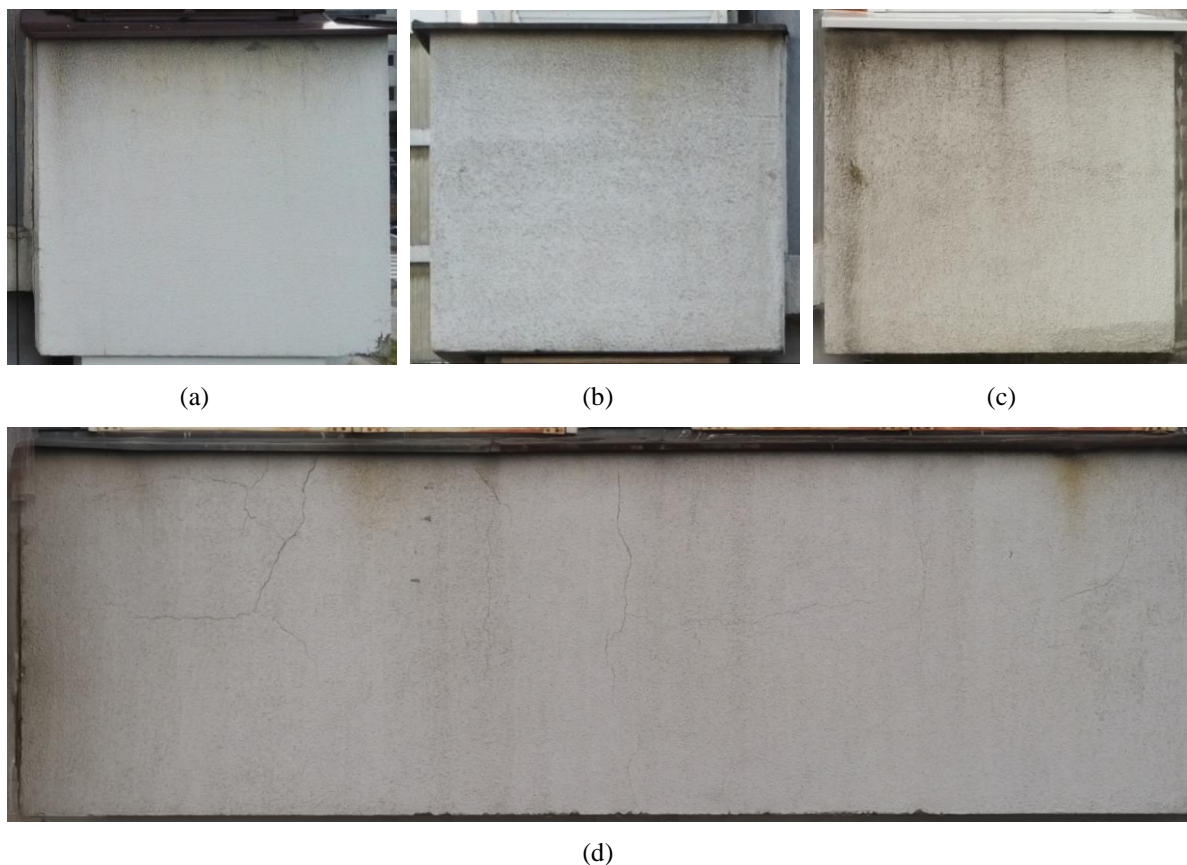
Identifikacija oštećenja na **spojevima i vezama parapetnih elemenata** putem analize ortofasada nije bila moguća. Vizuelnim pregledom koji je sproveden na licu mesta sa tla uočene su mrlje od prodora atmosferilija kroz spojnice.

Identifikovana oštećenja završnog sloja

Mrlje predstavljaju oštećenja estetske prirode i na pregledanim parapetima manifestuju u vidu mrlja od prljavštine i rđe.

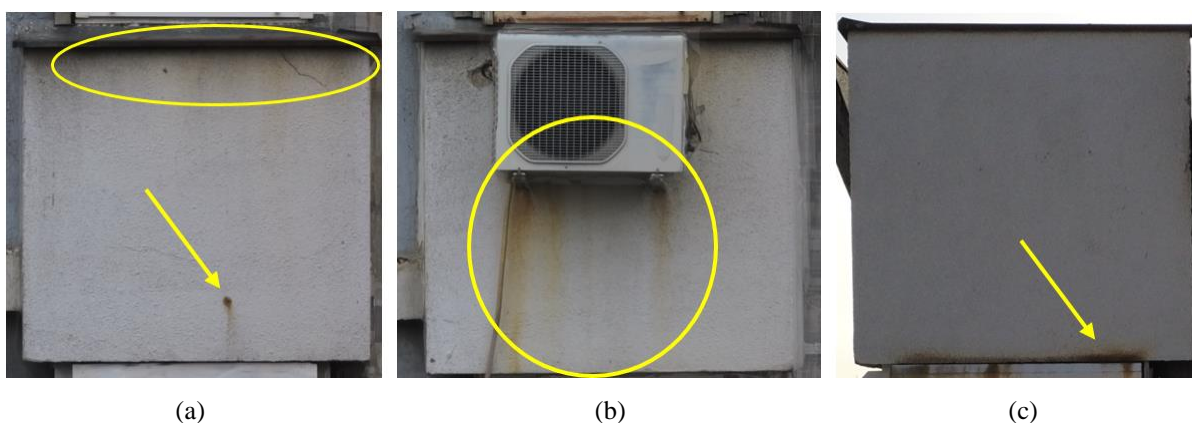
Mrlje od prljavštine su dominantan tip ove grupe oštećenja, evidentiran na svim montažnim parapetima (Sl. 5.28). Mrlje od prljavštine su uglavnom rezultat nataloženih čestica prašine, čađi i toksičnih čestica koje su dospele na fasadu pod dejstvom atmosferskih padavina i vetra. Povećanoj stopi akumulacije prljavštine doprinosi i tekstura primenjenog završno-dekorativnog maltera koja utiče na otežan procesa „pranja“ fasade posredstvom kapi kiše.

Na svim parapetima evidentna je promena u opštoj boji površine. Tamne mrlje sa potencijalnim prisustvom vlage i mikroorganizama su identifikovane u gornjim zonama parapeta, ispod okapnice gde kiša ne dopire, usled čega je onemogućeno pranje obloge kišnicom (Sl. 5.28a). Na parapetima dužih fasada mrlje od prljavštine su uglavnom zastupljene u vidu tragova slivanja kiše koju obloga ne može da apsorbuje i koja se slobodno sliva niz parapet povlačeći nataloženu prljavštinu (Sl. 5.28d).



Sl. 5.28 – Identifikovane mrlje od prljavštine na parapetima: (a) parapet $P_{A-B/6,VI}$ - lokalno prisustvo mrlja od prljavštine ispod (; (b) parapet $P_{E-F/6,VIII}$ - promene u opštoj boji površine; (c) parapet $P_{E-F/1,I}$ - tamne mrlje od prljavštine; (d) parapet $P_{1-2/A,VIII}$ – mrlje od prljavštine u vidu tragova slivanja kiše;

Mrlje boje rđe su identifikovane na 30% parapetnih elemenata. Identifikovane mrlje (Sl. 5.29) imaju samo lokalni karakter i uglavnom su posledica korozije metalnih elemenata na fasadi (noseće konstrukcije rashladnih uređaja, okapnica i kutija za roletne).



Sl. 5.29 – Identifikovane mrlje boje rđe: (a) parapet $P_{E-F/1,IX}$ – korozija okapnice i armature ugrađene u beton; (b) parapet $P_{E-F/1,XI}$ - korozija noseće metalne konstrukcije rashladnog uređaja; (c) parapet $P_{E-F/6}$ na krovu – korozija metalne kutije za roletnu;

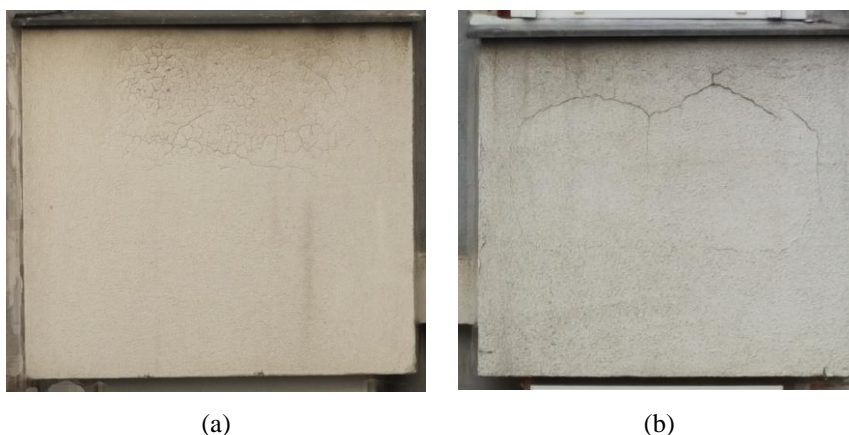
Mrlje koje su posledica korozije armature ugrađene u beton su detektovane na 4 parapetna elementa (3% od ukupnog broja). Prisustvo ovog tipa mrlja ukazuje na prisustvo drugih

ozbiljnijih oštećenja do kojih može doći usled povećanja zapremine betona u zoni korodirane šipke armature. Na jednom parapetu, proces korozije armature je uznapredovao te su mrlje od korozije praćene pukotinama, odvajanjem i otpadanjem zaštitnog sloja betona (Sl. 5.36).

Prsline i pukotine su detektovane na 80% parapeta. Identifikovane prsline i pukotine mogu biti posledica sprečene difuzije vodene pare, koja se nagomilava u substratu, tj. betonu i vrši pritisak na završni premaz, koji postepeno počinje da se odvaja od substrata, puca i ljuška se. Drugi razlog može da bude i nekompatibilnost materijala, odnosno različiti koeficijenti linearnog termičkog izduženja usled čega se završni premaz manje skuplja od substrata. Potencijalni uzrok može biti i starenje materijala.

Na osnovu analize ortofasada u pojedinim slučajevima je nejasno da li su detektovane pukotine preslikane sa betonske podloge, te se u cilju eliminisanja uzroka njihovog nastanka predlaže uklanjanje malterskog sloja.

Na kraćim fasadama prsline i pukotine su identifikovane na 60% parapeta. Dominiraju mrežaste prsline, sa udelom od 70%, uglavnom detektovane u gornjim zonama parapeta (Sl. 5.30a). Ostale pukotine su pukotine proizvoljnog pravca pružanja (Sl. 5.30b).



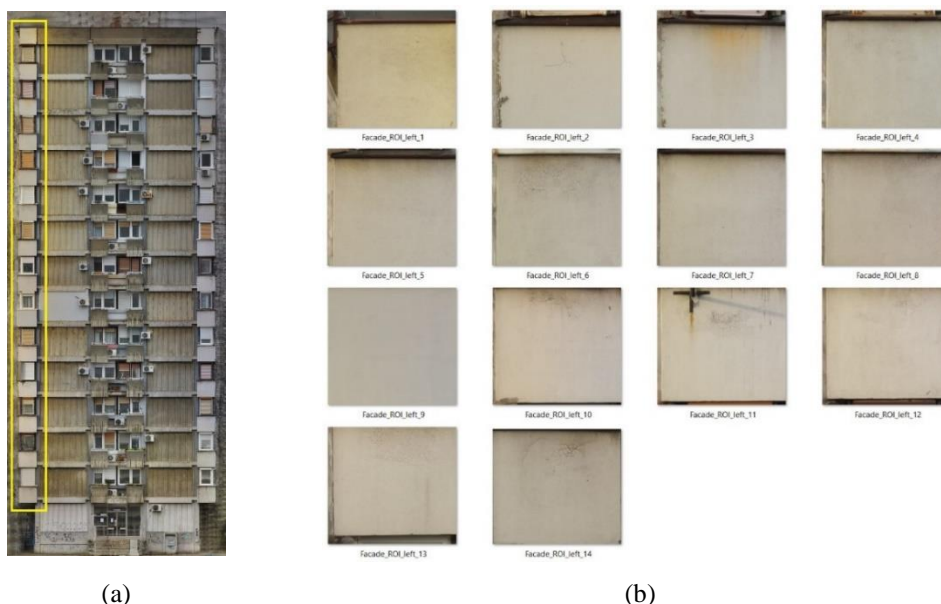
Sl. 5.30 – Tipovi identifikovanih prslina i pukotina na parapetnim elementima na kraćim fasadama: (a) zatvorena mreža međusobno povezanih prslina u gornjim zonama parapeta (parapet $P_{A-B/I,II}$); (b) pukotine proizvoljnog pravca i nepoznatog uzroka (parapet $P_{E-F/I,II}$);

Na dužim fasadama prsline i pukotine su identifikovane na svim parapetima. Dominiraju orijentisane prsline i pukotine, kao i pukotine proizvoljnog pravca. Ova vrsta oštećenja se uglavnom prostire celom površinom parapeta (Sl. 5.31).



Sl. 5.31 – Izgled karakterističnih prslina i pukotina identifikovanih na parapetnim elementima dužih fasada (parapet $P_{5-6/A,V}$)

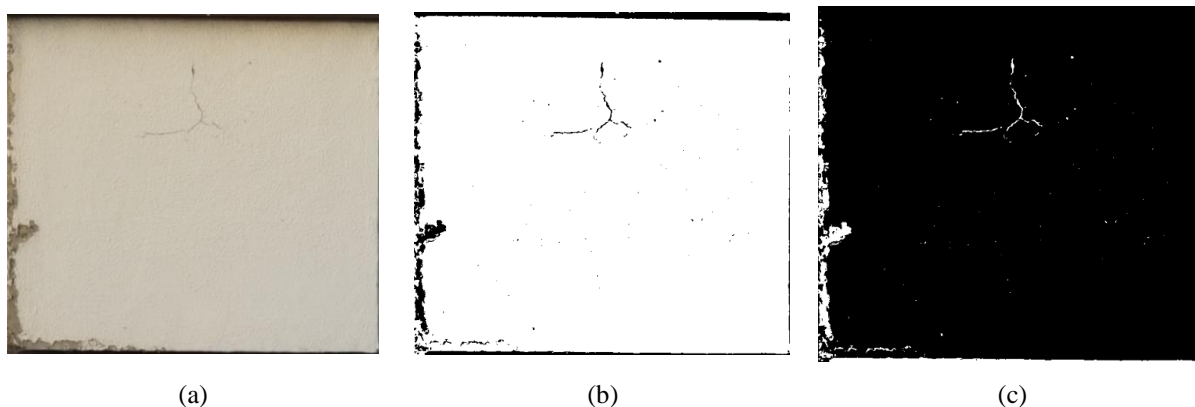
U cilju provere predloženog računarskog koda za automatsku detekciju pukotina analizirani su parapetni elementi jedne vertikale na južnoj fasadi. Sa ortofasadne je izdvojeno 14 pojedinačnih blokova koji su sačuvani u posebnom direktorijumu (Sl. 5.32). Broj datoteka odgovara broju blokova pregledanih na izabranoj vertikali.



Sl. 5.32 – Prvi korak detekcije pukotina - ekstrakcija fasadnih elemenata sa ortofasade: (a) fasadni elementi odabrani za analizu; (b) izdvojeni pojedinačni blokove predstavljeni u formi rastera u strukturi direktorijuma

Rezultati detekcije pukotina prikazani su na Sl. 5.33. Nakon ekstrakcije fasadnih elemenata, za svaki pojedinačni element je izvršena analiza piksela, izračunavanje praga a zatim segmentacija. Kao rezultat, dobijen je novi set rastera za svaki posmatrani blok. Na svakom pojedinačnom rasteru, potencijalna pukotina je odvojena od pozadine na osnovu razlike u intenzitetu piksela pojedinačnih regiona (Sl. 5.33b). Poslednji korak detekcije pukotine uključivao je inverziju bitmapa, što je omogućilo jasnu sliku pukotine (Sl. 5.33c).

Nakon detekcije pukotine, koordinate pojedinih tačaka mogu se koristiti za određivanje informacija o lokaciji pukotine u izabranom koordinatnom sistemu i geometriji prsline.



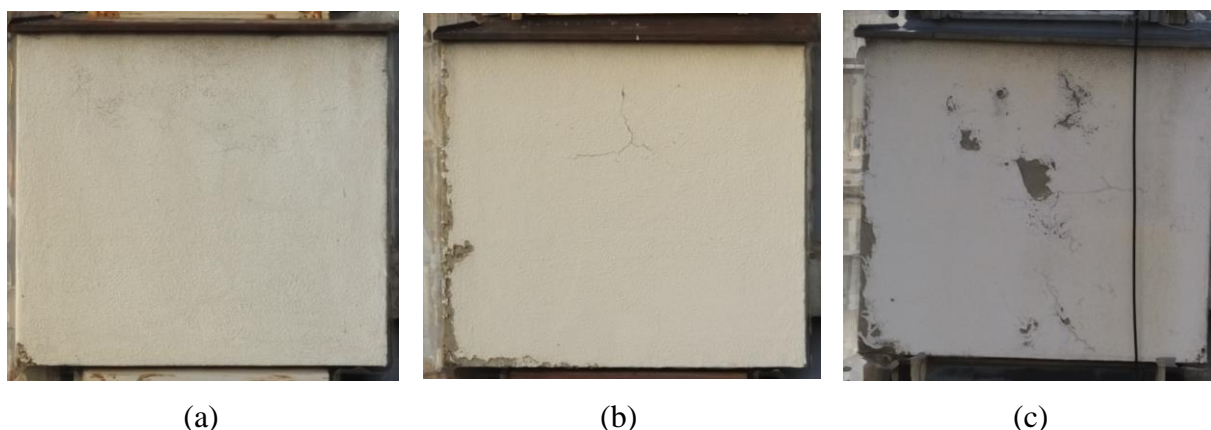
Sl. 5.33 – Faze transformacije rastera: (a) raster sa modelom jednog bloka; (b) raster kreiran korišćenjem funkcije cv2.adaptiveThreshold; (c) rezultat detekcije - jasno identifikovana pukotina.

Gubitak adhezije se na pregledanim parapetima manifestuje u vidu ljuškanja i odvajanje maltera od podloge (površine betona).

Ljuškanje i odvajanje maltera od podloge je identifikovano na oko 40% parapeta i uglavnom ima lokalni karakter i posledica je pucanja maltera i atmosferskih uticaja.

Na kraćim fasadama odvajanje maltera je najčešće detektovano u zonama uglova i ivica parapeta na višim etažama (Sl. 5.34), gde je evidentno i oštećenje spoljnog betonskog sloja parapeta. Na severnoj fasadi, gde su oštećenja intenzivnija usled dužeg zadržavanja vlage, ljuškanje i odvajanje maltera je evidentirano i na parapetima nižih etaža.

Na dužim fasadama oštećenje uglavnom ima lokalno površinski karakter (Sl. 5.35).



Sl. 5.34 – Lokalni gubitak adhezije završnog dekorativnog maltera na parapetnim elementima kraćih fasada: (a) u zonama uglova (parapet $P_{A-B/1,XI}$), (b) duž ivica prapeta (parapet $P_{A-B/1,XIII}$) i (c) na površini parapeta (parapet $P_{E-F/6,XI}$);

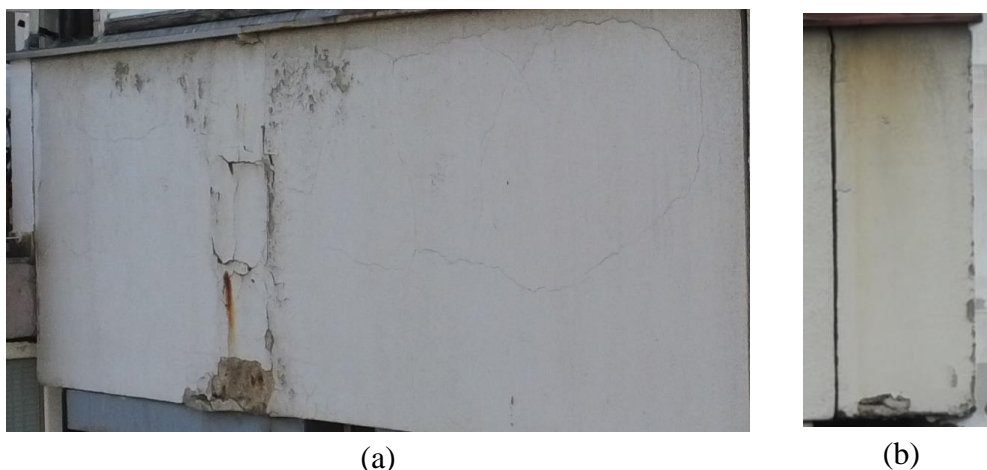


Sl. 5.35 – Ljuškanje i odvajanje završnog dekorativnog maltera u gornjim zonama parapetnih elementa dužih fasada (parapet $P_{5-6/A,VIII}$)

Identifikovana oštećenja spoljašnjeg sloja armiranog betona

Pucanje, odvajanje i otpadanje površinskog sloja betona usled korozije armature identifikovano je na jednom parapetnom elementu na istočnoj fasadi i na jednom na južnoj fasadi (Sl. 5.36).

Položaj, orijentacija i širina pukotina na jednom od parapeta na zapadnoj fasadi takođe ukazuju na koroziju armature (Sl. 5.38).

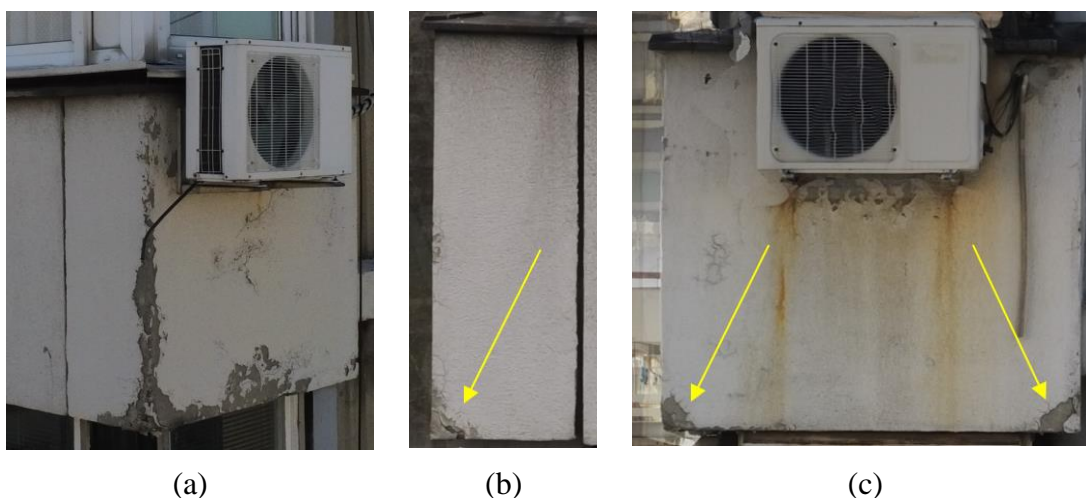


Sl. 5.36 – Pucanje, odvajanje i otpadanje maltera i betona: (a) parapet $P_{5-6/F,XII}$ na istočnoj fasadi - vidljiva korodirala armatura i (b) parapet $P_{A-B/1,XII}$ na južnoj fasadi



Sl. 5.37 – Pukotine koje su se preslikale sa betona na malter (parapet $P_{5-6/F,XIII}$ na zapadnoj fasadi)

Lokalna fizičko-mehanička oštećenja betona su identifikovana na 30% ugaonih parapeta. Ovaj tip oštećenja je karakterističan za ivične zone ugaonih parapeta i posledica je mehaničkih uticaja i/ili izloženosti atmoferским uticajima sa dve strane (Sl. 5.38).



Sl. 5.38 – Lokalna fizičko-mehanička oštećenja betona: (a) parapet $P_{E-F/6,XIII}$, (b) parapet $P_{A-B/6,II}$ i (c) parapet $P_{E-F/6,X}$

Lokalna mehanička oštećenja su identifikovana i na površini dva parapeta na istočnoj fasadi.

Identifikovana oštećenja na spojevima i vezama parapeta

Pored oštećenja završnog sloja i spoljašnjeg sloja betona, na parapetima su identifikovane i mrlje od prodora atmosferilija kroz spojnice (Sl. 5.39).



Sl. 5.39 – Mrlje od prodora atmosferilija kroz spojnice: (a) parapet $P_{A-B/1,I}$ i (b) parapet $P_{A-B/1,II}$

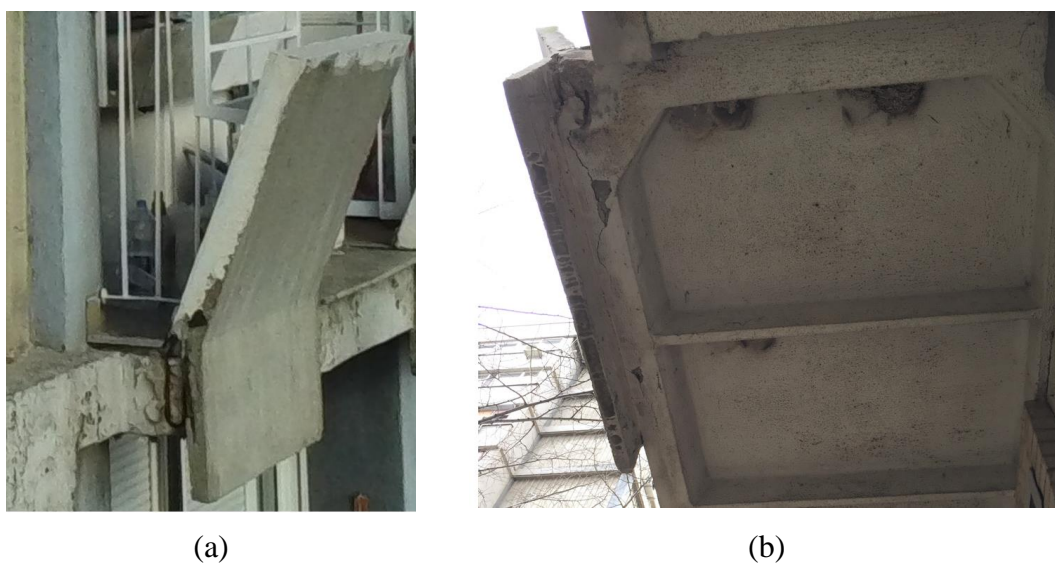
AB ograde

Balkonske montažne ograde definisane su kao samostalno-stojeći jednoslojni AB prefabrikovani elementi, vezani svojim donjim delom za konstrukciju uz pomoć ankernih kotvi.

Na pregledanim montažnim ogradama registrovani su sledeći defekti/oštećenja:

- Oštećenja na vezi sa konstrukcijom
- Pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature
- Mali zaštitni sloj betona
- Biološka korozija
- Mrlje od prljavštine (slivanja kiše)
- Lokalno nedovoljno zbijen beton

Oštećenja na vezi sa konstrukcijom se manifestuju u vidu pukotina, odvajanja i otpadanja betona i izloženih anker kotvi (Sl. 5.49).



Sl. 5.40 – Oštećenja na vezi montažnih ograda sa konstrukcijom: (a) ograda $O_{C/1, XII}$ na južnoj fasadi - otpao beton i izložene anker kotve i (b) ograda $O_{3/F, I}$ na istočnoj fasadi – pukotine i vidljiva anker kotva

Oštećenja u vidu pucanja, odvajanja i otpadanja betona usled korozije armature i mrlja od slivanja kiše, kao i defekti mali zaštitni sloj betona i lokalno nedovoljno zbijen beton su identifikovani na većini ograda, na svim fasadama. Za severnu fasadu je pored ovih defekata i oštećenja, karakteristična i biološka korozija (Sl. 5.41).

Ograda O_{C/1,III} na južnoj fasadi



Ograda O_{D/6,III} na severnoj fasadi



Sl. 5.41 – Oštećenja identifikovana na montažnim AB ogradama: mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature, mrlje od slivanja kiše, biološka korozija lokalno nedovoljno zbijen beton

AB ivične grede

Na AB ivičnim gredama registrovani su sledeći defekti/oštećenja (Sl. 5.42 i Sl. 5.43):

- Mrlje od prljavštine
- Ljuskanje završnog premaza
- Biološka korozija
- Mali zaštitni sloj betona
- Pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature

Ivična greda G_{B-C/1} između V i VI sprata



Ivična greda G_{B-C/1} između XI i XII sprata



Sl. 5.42 – Oštećenja identifikovana na ivičnim gredama na južnoj fasadi: mrlje od prljavštine, ljuskanje završnog premaza, mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature

Ivična greda G_{B-C/6} između VII i VIII sprata



Ivična greda G_{B-C/6} između III i IV



Sl. 5.43 – Oštećenja identifikovana na ivičnim gredama na severnoj fasadi: mrlje od prljavštine, biološka korozija, ljuskanje završnog premaza, mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona usled korozije armature

Ljuskanje završnog premaza je identifikovano na većini ivičnih nosača. Oštećenje može biti uzrokovano ili sprečenom difuzijom vodene pare, koja se nagomilava u substratu, tj betonu i vrši pritisak na završni premaz, koji postepeno počinje da se odvaja od substrata, puca i ljuska se. Drugi razlog može da bude i različiti koeficijenti linearnog termičkog izduženja, kada se završni premaz manje skuplja od substrata. Potencijalni uzrok može biti i starenje materijala.

Kao i kod montažnih ograda, intenzitet identifikovanih oštećenja kod ivičnih nosača je posledica njihove izloženosti atmosferskim uticajima sa više strana.

Konzolne tavanice

Na konzolnim tavanicama registrovani su sledeći defekti/oštećenja (Sl. 5.44 i Sl. 5.45):

- Mrlje od prljavštine
- Ljuskanje boje/završnog premaza
- Biološka korozija
- Mali zaštitni sloj betona
- Pucanje, odvajanje i otpadanje završnog premaza i/ili betona usled korozije armature

T_{C-D/1} između XII i XIII sprata



T_{C-D/1} između XI i XII sprata



T_{C-D/1} između V i VI sprata



T_{2-3/A} između III i IV sprata



Sl. 5.44 – Oštećenja na čelima konzolnih tavanica: mrlje od prljavštine, biološka korozija, ljuskanje završnog premaza, mali zaštitni sloj betona, pucanje, odvajanje i otpadanje betona



(a)



(b)

Sl. 5.45 – Oštećenja na donjoj površini konzolnih tavanica: (a) tavanica $T_{C-D/6}$ između I i II sprata na severnoj fasadi – ljuskanje boje i (b) tavanice $T_{4-5/F}$ između III i IV sprata na istočnoj fasadi - pucanje, odvajanje i otpadanje završnog premaza

Na kraćim fasadama kasetirane konzolne tavanice su izvedene sa plafonskom konstrukcijom, dok su na dužim fasadama rebra samo obojena disperzivnom bojom. Usled starosti i geometrije koju karakterišu tanki elementi sa malom debljinom zaštitnog sloja betona, konzolne tavanice na dužim fasadama su takođe posebno osetljivi elementi u kontekstu oštećenja.

AB stubovi

Na stubovima su detektovana samo oštećenja estetske prirode. Na kontaktu zgrade sa tlom izvedena je sokla od veštačkog kamena i identifikovano je pucanje i odvajanje sokle od stubova (Sl. 5.46).



Sl. 5.46 – Pucanje i odvajanje sokle od veštačkog kamena u zoni stubova na kontaktu zgrade sa tlom na južnoj fasadi

Elementi krovne atike

Na elementima krovne atike izvedenim u natur betonu identifikovani su lokalni defekti u vidu nedovoljno zbijenog betona i malog zaštitnog sloja betona.



Sl. 5.47 – Lokalno nedovoljno zbijen beton i mali zaštitni sloja betona na elementima krovne atike

Stolarija

Spoljašnjim vizuelnim pregledom ustanovljeno je da je fasadna stolarija izmenjena u okviru 21 stana, dok je zastakljeno četiri balkona. Originalna stolarija je drvena i u lošem stanju usled čega više ne obezbeđuje dobru zaptivenost. Međuprozorski elementi su izvedeni od ploča na bazi azbest-cementa.



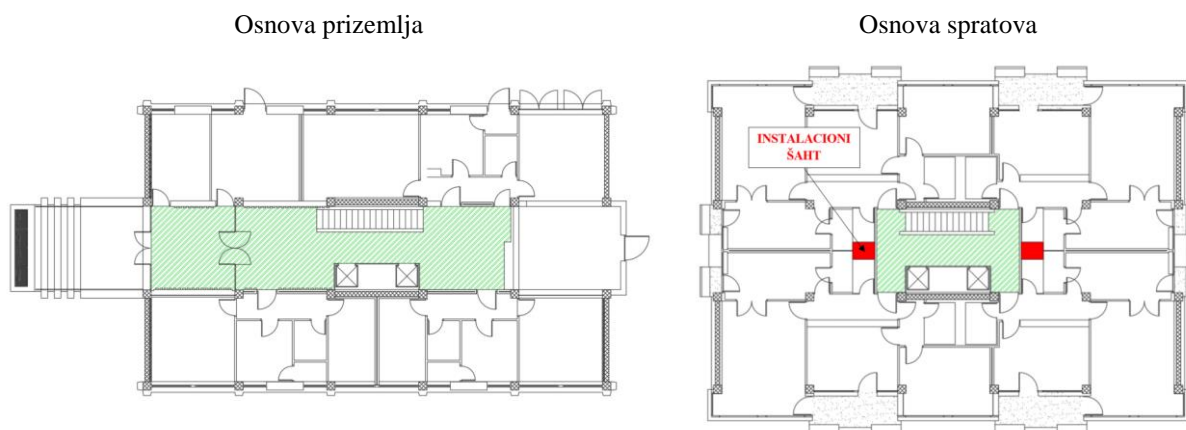
Sl. 5.48 – Dotrajala stolarija i međuprozorski stubići sa azbestnim pločama

Elementi konstrukcije unutar zgrade

Vizuelnim pregledom su obuhvaćeni dostupni delovi zidova, AB stepenište i ravan krov. Stanje međuspratnih konstrukcija sa donje strane nije se moglo utvrditi zbog ugrađenih spuštenih plafona. Unutrašnji delovi zgrade koji su bili dostupni za vizuelni pregled su označeni na osnovi prizemlja i spratova (Sl. 5.49).

Na AB stepeništu nisu registrovana oštećenja već samo defekt rupičaste površine.

Na gipsanim zidovima koji odvajaju kupatilske prostorije stanova od hodnika identifikovane su pukotine, tragovi curenja vode, kao i ljuštenje i otpadanje disperzivne boje kojom su zidovi prebojeni (Sl. 5.50 - Sl. 5.52).



Sl. 5.49 – Shematski prikaz unutrašnjih delova zgrade obuhvaćenih vizuelnim pregledom (crvenom bojom su označeni instalacioni šahitovi gde su smeštene kanalizacione vertikale)

Pukotine su registrovane na zidovima I, V, VIII, IX, XI i XII sprata na mestima spajanja gipsanih ploča. Širina pukotina kreće se u opsegu 0,3-1,25 mm. Oštećenja su najintenzivnija na zidu VIII sprata (Sl. 5.51). Uzrok pukotina su mehanički uticaju.

Tragovi curenja vode, kao i ljuštenje i otpadanje disperzivne boje kojom su zidovi prebojeni je posledica oštećenih kanizacionih vertikalnih cevovoda smeštenih u instalacionim šahovima, koji pored osnovne funkcije imaju i funkciju odvođenja kišnice sa krova zgrade.

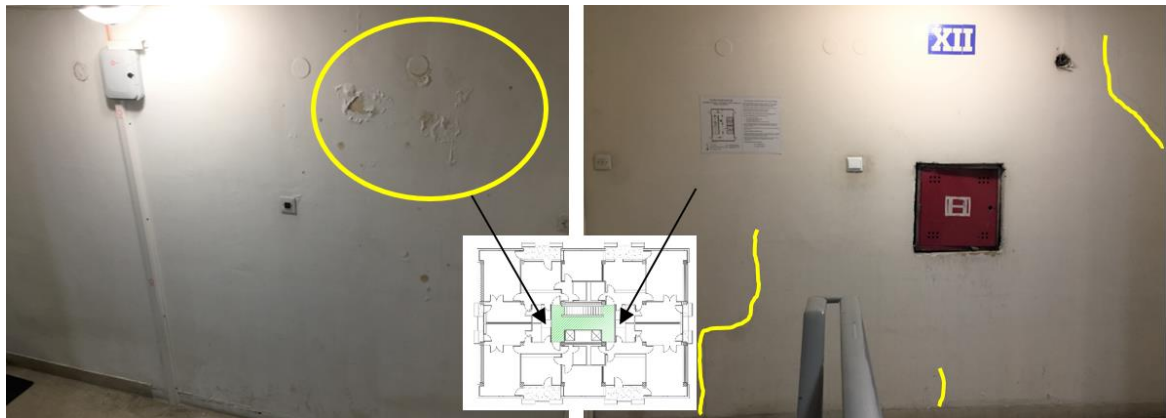


Sl. 5.50 – Pukotina širine 0,4-0,75 mm ns gipsanom zidu na I spratu i drvena vrata koja odvajaju instalacioni šahit od hodnika

Na poslednjoj etaži, na kasetiranoj tavanici iznad stepenišnog prostora identifikovano je pucanje, odvajanje i otpadanje površinskog sloja betona usled korozije armature i tragovi procurivanja vode kroz ploču (Sl. 5.53). Pukotine su uglavnom locirane na ploči u blizini rebara. Pukotine sa tragovima procurivanja vode su identifikovane i na zidovima (Sl. 5.53).



Sl. 5.51 – Pukotine širine 0,5-1,25mm i tragovi curenja vode na gipsanom zidu na VIII spratu



Sl. 5.52 – Pukotine širine 0,3-0,5mm i ljuštenje i otpadanje disperzivne boje na XII spratu



Sl. 5.53 – Oštećenja na elementima poslednje etaže, iznad stepenišnog prostora: (a) pucanje, odvajanje i otpadanje površinskog sloja betona usled korozije armature i tragovi curenja vode na kasetiranoj tavanici; (b) pukotine i tragovi curenja na zidu

5.5.1.2. Kvantifikacija stanja degradacije spoljnih zidova

Kvantifikacija ukupne degradacije spoljnih zidova je sprovedena određivanjem numeričkog indeksa *ozbiljnost degradacije*, na osnovu nivoa degradacije fasada, ozbiljnosti detektovanih defekata i oštećenja i troškova njihove popravke.

AB zidovi za ukrućenje

U cilju određivanja globalnog nivoa degradacije AB zidova za ukrućenje, primenom CAD alata je nad kreiranim mapama degradacije južne i severne fasade za svaki pojedinačni defekt i oštećenje određena površina koju zauzima (A_n).

Nivo degradacije, odnosno faktor množenja (k_n) su određeni na osnovu procentualnog učešća defekta i oštećenja u ukupnoj površini zida, prema Tab. 4.11.

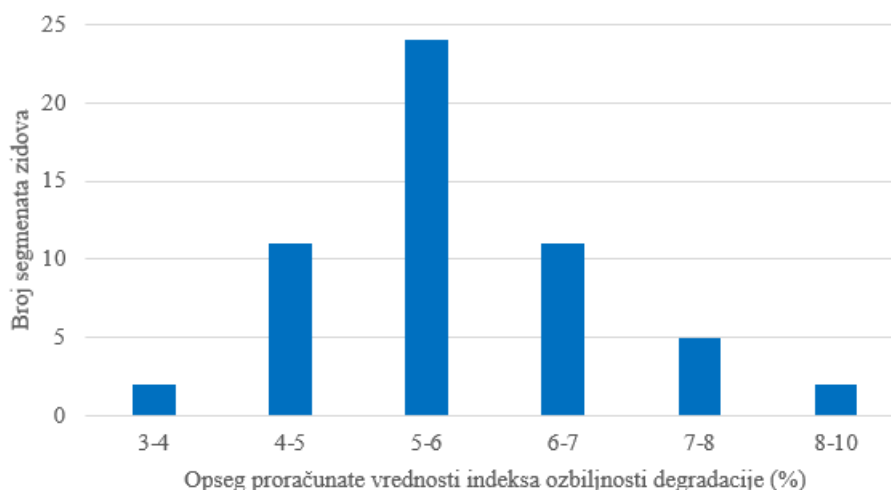
Težinski koeficijenti su dodeljeni svakom defektu i oštećenja na osnovu mogućnosti sanacije, prema Tab. 4.11.

U poslednjem koraku, izvršen je proračun vrednosti ozbiljnosti degradacije, nakon čega je, primenom Tab. 4.11, definisano globalno stanje degradacije zidova.

Globalni nivo degradacije AB zidova za ukrućenje je određen za celokupnu fasadu, ali i individualno za svaku vertikalnu i segment zida, odnosno etažu (Tab. 5.10-Tab. 5.13).

Na osnovu proračunatih vrednosti ozbiljnosti degradacije, zaključuje se da je globalno stanje degradacije AB zidova na obe kraće fasade DOBRO ($1\% < S_w \leq 10\%$). Za zidove na južnoj fasadi, ozbiljnost degradacije iznosi 6%, a za zidove na severnoj fasadi 5,2%.

Na Dij. 5.1 je prikazana raspodela proračunate vrednosti ozbiljnosti degradacije za segmente (etaže) AB zidova za ukrućenje. Vrednost ozbiljnosti degradacije za najveći broj segmenata zidova (44%) se nalazi u intervalu 5-6%. Najmanji broj segmenata zidova karakteriše vrednost u intervalima 3%-4% i 8%-10%.



Dij. 5.1 – Raspodela proračunate vrednosti ozbiljnosti degradacije za segmente (etaže) AB zidova za ukrućenje

U Tab. 5.14 je dat primer određivanja nivoa degradacije za jedan segment zida (zid Z_{B-C/1} na VII spratu).

Tab. 5.10 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{B-C/1}

Grupa defekata i oštećenja	Defekt/oštećenje	Nivo degradacije segmenta zida (sprat)													
		S+P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
OŠTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Orijentisane pukotine	A	A	A	A	A	A	NP	C	C	A	C	C	C	C
	Mrlje od vlage	B	B	B	B	B	B	NP	B	B	B	B	B	B	B
OŠTEĆENJA HEMIJSKE PRIRODE	Eflorescencija	B	B	B	B	B	B	NP	B	B	B	B	B	B	B
	Biološka korozija	+	A	A	A	A	A	NP	A	A	A	A	A	A	A
OŠTEĆENJA MEHANIČKE PRIRODE	Rupe usled probijanja	A	C	A	A	C	A	NP	C	A	C	C	C	A	A
	Lokalna mehanička oštećenja	B	B	A	A	B	A	NP	B	A	B	B	B	A	A
DEFEKTI	Rupičasta površina	D	D	D	D	D	D	NP	D	D	D	D	D	D	D
	Lokalno nedovoljno zbijen beton	A	C	C	C	C	C	NP	C	C	C	C	C	C	C
	Tragovi pričvršćivanja oplata	C	C	C	C	C	C	NP	C	C	C	C	C	C	C
	Geometrijska imperfekcija	B	B	B	B	B	B	NP	B	B	B	B	B	B	B
	Neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja	B	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	Neadekvatno povezani slojevi betona	A	A	A	A	A	A	NP	C	A	A	A	C	A	A
OZBILJNOST DEGRADACIJE (%)	3,51	6,81	6,83	6,02	6,17	5,59	NP	5,82	5,60	5,78	5,78	5,81	6,65	9,44	
6,00 → globalno stanje degradacije: DOBRO															

*samo u nivou sokle koja je izvedena u veštačkom kamenu

Tab. 5.11 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{D-E/1}

Grupa defekata i oštećenja	Defekt/oštećenje	Nivo degradacije segmenta zida (sprat)													
		S+P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
OŠTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Orijentisane pukotine	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C	C	C
	Mrlje od vlage	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OŠTEĆENJA HEMIJSKE PRIRODE	Eflorescencija	B	B	B	B	A	A	B	B	A	A	A	B	A	A
	Biološka korozija	+	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OŠTEĆENJA MEHANIČKE PRIRODE	Rupe usled probijanja	C	A	C	A	C	C	A	C	A	C	A	A	A	C
	Lokalna mehanička oštećenja	B	A	B	A	B	B	A	B	A	B	A	A	A	B
DEFEKTI	Rupičasta površina	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Lokalno nedovoljno zbijen beton	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Tragovi pričvršćivanja oplata	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Geometrijska imperfekcija	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja	B	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	Neadekvatno povezani slojevi betona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	A
OZBILJNOST DEGRADACIJE (%)	4,07	6,57	6,64	6,24	5,97	6,61	5,60	5,74	5,59	5,94	7,37	6,12	5,93	5,60	
5,98 → globalno stanje degradacije: DOBRO															

*samo u nivou sokle koja je izvedena u veštačkom kamenu

Tab. 5.12 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{B-C/6}

Grupa defekata i oštećenja	Defekt/oštećenje	Nivo degradacije segmenta zida (sprat)														
		S+P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	
OŠTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Orijentisane pukotine	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	C	A	A
	Mrlje od vlage	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OŠTEĆENJA HEMIJSKE PRIRODE	Eflorescencija	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Biološka korozija	+*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OŠTEĆENJA MEHANIČKE PRIRODE	Rupe usled probijanja betona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	C
	Lokalna mehanička oštećenja	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B
DEFEKTI	Rupičasta površina	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Lokalno nedovoljno zbijen beton	D	D	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	D
	Tragovi pričvršćivanja oplata	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Geometrijska imperfekcija	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Neadekvatno povezani slojevi betona	A	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	A	A	A	A
OZBILJNOST DEGRADACIJE (%)	6,33	10,00	5,76	5,51	7,76	7,30	4,67	5,13	5,09	5,22	5,08	5,18	5,13	7,24		
5,65 → globalno stanje degradacije: DOBRO																

*samo u nivou sokle koja je izvedena u veštačkom kamenu

Tab. 5.13 – Stanje degradacije AB zida za ukrućenje Z_{D-E/6}

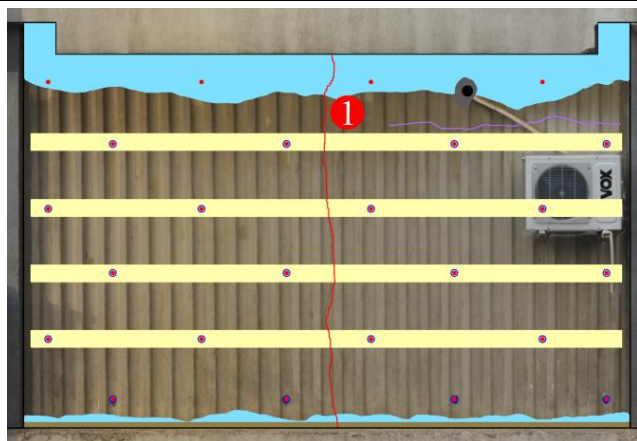
Grupa defekata i oštećenja	Defekt/oštećenje	Nivo degradacije segmenta zida (sprat)													
		S+P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
OŠTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Orijentisane pukotine	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C	A	C
	Mrlje od vlage	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OŠTEĆENJA HEMIJSKE PRIRODE	Eflorescencija	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Biološka korozija	+*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OŠTEĆENJA MEHANIČKE PRIRODE	Rupe usled probijanja betona	C	A	C	C	A	A	C	A	A	C	A	C	C	C
	Lokalna mehanička oštećenja	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
DEFEKTI	Rupičasta površina	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Lokalno nedovoljno zbijen beton	A	C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Tragovi pričvršćivanja oplata	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Geometrijska imperfekcija	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Neadekvatno povezani slojevi betona	C	C	A	C	C	C	C	A	C	C	A	A	A	A
OZBILJNOST DEGRADACIJE (%)	3,09	4,52	4,65	5,35	7,00	5,46	4,57	5,31	4,52	4,72	4,52	4,57	4,80	4,80	
4,74 → globalno stanje degradacije: DOBRO															

*samo u nivou sokle koja je izvedena u veštačkom kamenu

Tab. 5.14 – Primer proračuna ozbiljnosti degradacije za segment AB zida (zid Z_{B-C/1} na VII spratu)

Grupa defekata i oštećenja	Defekt/oštećenje	A _n (m ²)	A _n (%)	Nivo degradacije	k _n (-)	k _{a,n} (-)	A _n × k _n × k _{a,n} (m ²)
OŠTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE, A _{ofp}	Orijentisane pukotine	0,002	0,022	C	2	1	0,004
	Mrlje od vlage	1,290	14,237	B	1	0,15	0,194
OŠTEĆENJA HEMIJSKE PRIRODE, A _{ohp}	Eflorescencija	0,020	0,221	B	1	0,2	0,004
OŠTEĆENJA MEHANIČKE PRIRODE, A _{omp}	Rupe usled probijanja betona	0,003	0,033	C	2	5	0,030
	Lokalna mehanička oštećenja	0,018	0,199	B	1	2	0,036
DEFEKTI, A _{def}	Rupičasta površina	4,530	50,000	D	3	0,1	1,359
	Lokalno nedovoljno zbijen beton	0,127	1,402	C	2	0,3	0,076
	Tragovi pričvršćivanja oplata	0,012	0,132	C	2	0,1	0,002
	Geometrijska imperfekcija	1,948	21,499	C	2	0,1	0,390
	Neadekvatno povezani slojevi betona	0,022	0,243	C	2	0,3	0,013

Izgled zida sa shemom defekata i oštećenja



Proračun ozbiljnosti degradacije

$$S_w = \frac{\sum(A_{ofp} \times k_n \times k_{a,n}) + \sum(A_{ohp} \times k_n \times k_{a,n}) + \sum(A_{omp} \times k_n \times k_{a,n}) + \sum(A_{def} \times k_n \times k_{a,n})}{A \times k_{max}}$$

$$S_w = \frac{(0,004 + 0,194) + 0,004 + (0,030 + 0,036) + (1,359 + 0,076 + 0,002 + 0,390 + 0,013)}{9,061 \times 4} \times 100$$

$$S_w = \frac{2,107}{36,244} \times 100 = 5,82 \%$$

Montažni parapeti

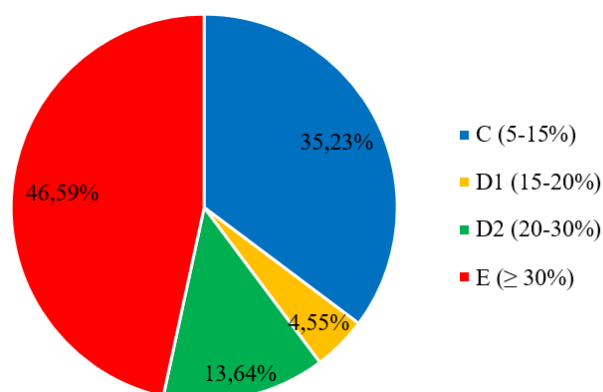
Za određivanje globalnog nivoa degradacije parapetnih zidova, primenjena je ista metodologija kao za zidove za ukrućenje, pri čemu je nivo stanja degradacije završno-dekorativne tankoslojne malterske obloge parapeta određen prema Tab. 4.13, a težinski koeficijenti su identifikovanim oštećenjima dodeljeni na osnovu Tab. 4.12.

Globalni nivo degradacije je određen individualno za svaki parapet (Tab. 5.15-Tab. 5.17), za celu vertikalu i celokupnu fasadu. Crvenom bojom su obeleženi parapeti čija je malterska obloga dostigla kraj svog radnog veka.

Na većini parapetnih elemenata uglavnom nisu prisutna oštećenja spoljašnjeg sloja armiranog betona usled čega ih karakteriše stanje degradacije A (bez vidljive degradacije, $S_w \leq 1\%$). Na pojedinim parapetima su identifikovana lokalna oštećenja betona (uglovi ili ivične zone) i ove parapeti su dobrog stanja degradacije – B ($1\% < S_w \leq 10\%$). Intenzivnija degradacija spoljnog sloja betona je identifikovana samo na jednom parapetnom elementu (P_{5-6/F,XII}), na istočnoj fasadi, gde je, pored trajnosti, narušena i stabilnost ovog elementa, usled pucanja, odvajanja i otpadanja površinskog sloja betona (kao posledica korozije armature).

Kvanitifikacijom oštećenja malterske obloge na parapetima južne fasade je određena NEZNATNA degradacija ($S_w=19,32\%$), na parapetima severne fasade UMERENA degradacija ($S_w=14,10\%$), a na parapetima zapadne fasade OPŠTA degradacija ($S_w=42,35\%$),

Na Dij. 5.2 je prikazano učešće parapetnih zidova južne, severne i zapadne fasade prema stanju degradacije malterske obloge. Na oko 35% parapeta maltersku oblogu karakteriše neznatna degradacije (stanje C), na 18% umerena degradacija (stanje D) i na 47% opšta degradacija (stanje E). Na 60% parapeta malterska obloga je dostigla kraj svog upotrebnog veka (stanja D2 i E, $S_w > 20\%$).



Dij. 5.2 – Učešće parapetnih zidova prema stanju degradacije malterske obloge

Tab. 5.15 – Stanje degradacije parapetnih zidova na južnoj fasadi

Ozbiljnost degradacije (%)	Sprat												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Parapeti P _{A-B/1}													
Malter	25,78	30,61	12,21	20,85	11,15	NP	10,73	8,89	24,19	9,65	12,03	13,98	9,43
15,79 → globalno stanje degradacije: UMERENA DEGRADACIJA													
Beton	0,20	0,00	0,10	0,00	0,10	NP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	2,55	0,61
0,34 → globalno stanje degradacije: BEZ VIDLJIVE DEGRADACIJE													
Parapeti P _{E-F/1}													
Malter	18,54	15,66	10,20	9,87	10,65	9,07	18,68	23,39	11,86	7,50	10,15	8,28	9,03
12,53 → globalno stanje degradacije: NEZNATNA DEGRADACIJA													
Beton	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74	0,00	0,00	2,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30 → globalno stanje degradacije: BEZ VIDLJIVE DEGRADACIJE													

Tab. 5.16 – Stanje degradacije parapetnih zidova na severnoj fasadi

Ozbiljnost degradacije (%)	Sprat												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Parapeti P _{A-B/6}													
Malter	32,04	26,92	31,60	31,82	30,35	11,90	7,18	7,14	8,83	23,13	16,21	10,73	47,68
21,96 → globalno stanje degradacije: UMERENA DEGRADACIJA													
Beton	0,00	1,63	0,71	0	1,43	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	2,96	11,03
0,97 → globalno stanje degradacije: BEZ VIDLJIVE DEGRADACIJE													
Parapeti P _{E-F/6}													

Malter	11,36	9,71	7,14	7,86	7,14	12,25	7,14	22,61	7,14	23,63	22,55	42,62	35,55
	16,70 → globalno stanje degradacije: UMERENA DEGRADACIJA												
Beton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,84	12,36	10,52	8,68
	3,16 → globalno stanje degradacije: DOBRO												

Tab. 5.17 – Stanje degradacije parapetnih zidova na zapadnoj fasadi

Ozbiljnost degradacije (%)	Sprat												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
	Parapeti P _{1-2/A}												
Malter	28,33	60,46	50,84	42,22	45,35	NP	52,33	43,78	58,91	45,99	43,72	48,41	48,21
	47,38 → globalno stanje degradacije: OPŠTA DEGRADACIJA												
Beton	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	NP	0,00	0,00	1,41	0,00	2,12	0,00	0,00
	0,31 → globalno stanje degradacije: BEZ VIDLJIVE DEGRADACIJE												
	Parapeti P _{3-4/A}												
Malter	41,80	32,62	42,49	45,08	31,33	NP	32,17	53,39	36,50	36,03	34,09	26,55	10,05
	35,11 → globalno stanje degradacije: OPŠTA DEGRADACIJA												
Beton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NP	0,46	1,20	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00
	0,26 → globalno stanje degradacije: BEZ VIDLJIVE DEGRADACIJE												
	Parapeti P _{5-6/A}												
Malter	58,72	27,40	49,74	51,79	51,98	56,90	52,27	46,05	35,00	32,84	30,69	42,50	41,37
	44,41 → globalno stanje degradacije: OPŠTA DEGRADACIJA												
Beton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,46
	0,27 → globalno stanje degradacije: BEZ VIDLJIVE DEGRADACIJE												

5.5.2. Faza 5.2 - Procena energetskih performansi

U cilju procene energetskih performansi zgrade i utvrđivanja ispunjenosti uslova energetske efikasnosti izrađen je Elaborat energetske efikasnosti. Numerička dokumentacija je data u Prilogu 9.

5.5.2.1. Faktor oblika zgrade i udeo transparentnih površina

Osnovni podaci o visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi sa oznakom NF-26, uključujući faktor oblika i udeo transparentnih površina, su prikazani u Tab. 5.18. Zgradu karakteriše povoljan faktor oblika, nešto veći od uobičajenog za visoke zgrade. Udeo transparentnih površina u ukupnoj površini fasade dostiže čak 45%.

Tab. 5.18 – Podaci o zgradi NF-26

Podaci o zgradi	
Neto površina grejanog dela zgrade A_N [m ²]	3507,37
Površina termičkog omotača (spoljašnje dimenzije) A [m ²]	4976,98
Bruto zapremina grejanog dela zgrade obuhvaćena termičkim omotačem V_e [m ³]	10834,54
Neto zapremina grejanog dela zgrade V_N [m ³]	8821,71
Faktor oblika $f_0=A/V_e$ [m ⁻¹]	0,46
Površina transparentnih površina [m ²]	1246,55
Udeo transparentnih površina [%]	45

5.5.2.2. Klimatski podaci i položaj zgrade

Kako se objekat nalazi u Novom Sadu, korišćeni su klimatski podaci za Novi Sad (Tab. 5.19), kao i podaci za broj stepen dana (Tab. 5.19).

Tab. 5.19 – Klimatski podaci i položaj zgrade

Klimatski podaci	
Lokacija	Novi Sad
Broj stepen dana grejanja HDD	2679
Broj dana grejne sezone HD	181
Srednja temperatura grejnog perioda $\Theta_{H,mn}$ [°C]	5,20
Unutrašnja projektna temperatura za zimski period $\Theta_{H,u}$ [°C]	20
Uticaj vetra	
Položaj (izloženost vetru)	Otvoren
Broj fasada izloženih vetru	Više od jedne fasade

Tab. 5.20 – Broj stepen dana za grejanje po mesecima u Novom Sadu

HDD	Mesec						
	Oktobar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
2679	108	396	565	622	487	393	108

Zgrada je slobodnostojeća tako da su joj sve fasade slobodne i izložene dominantnim vetrovima (otvoren položaj). Zgrada je svojom dužom osom orijentisana u pravcu sever-jug.

Analizom senke je utvrđeno da susedni objekat delimično sprečava insolaciju južne i istočne fasade, dok je istočna fasada tokom letnjeg perioda u nižim etažama zaštićena listopadnim drvećem od Sunčevog zračenja. Sve četiri fasade su umereno zasenčene kao posledica sopstvenih senki koje prave balkoni i lođe.

5.5.2.3. Uslovi komfora

Uslovi termičkog komfora u zgradi se ostvaruju putem daljinskog sistema grejanja u zimskom periodu i lokalnih klimatizacionih uređaja u letnjem periodu. U toku letnjeg perioda, roletne obezbeđuju zaštitu transparentnih površina na zgradi. Termički komfor je delimično obezbeđen i putem termoizolacije u sklopu zidova termičkog omotača zgrade.

Vazdušni komfor u zgradi je obezbeđen prirodnom ventilacijom preko otvora na fasadi (prozora i vrata). S obzirom na period izgradnje, pretpostavljeno je da je zaptivenost zgrade loša na osnovu čega je za otvoren položaj zgrade usvojeno 1,2 izmena vazduha po času.

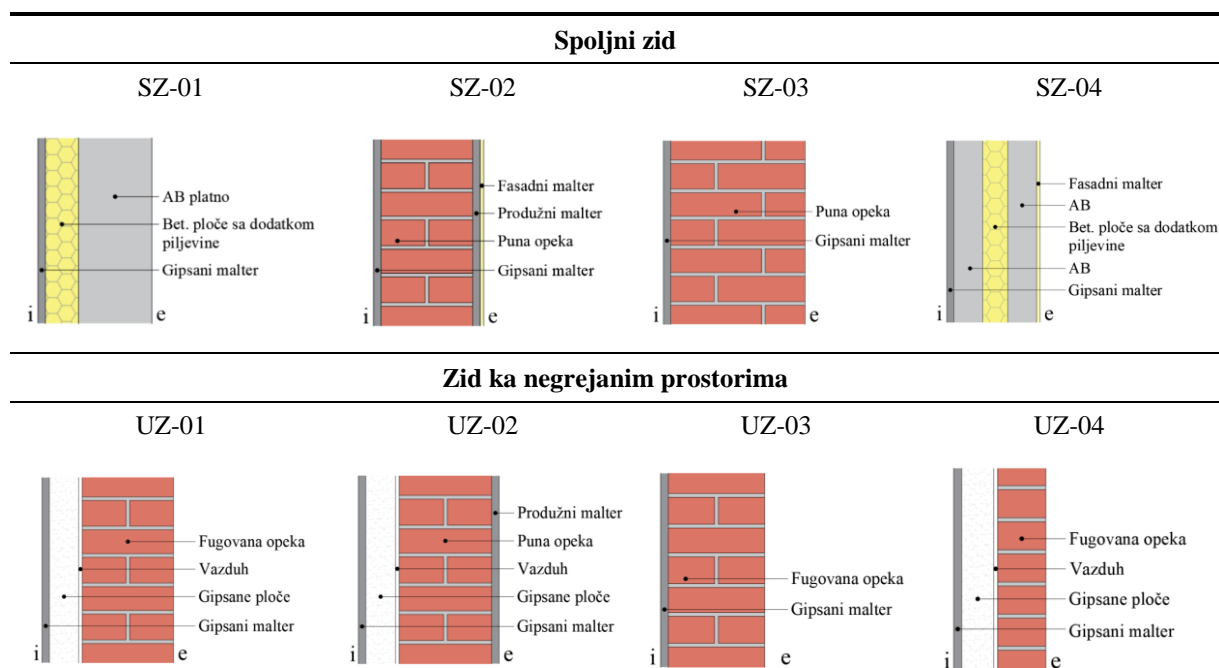
Svetlosni komfor je obezbeđen putem prirodnog osvetljenja - dnevne sunčeve svetlosti koja dospeva u zgradu kroz odgovarajući broj otvora na fasadi, kao i putem veštačkog osvetljenja.

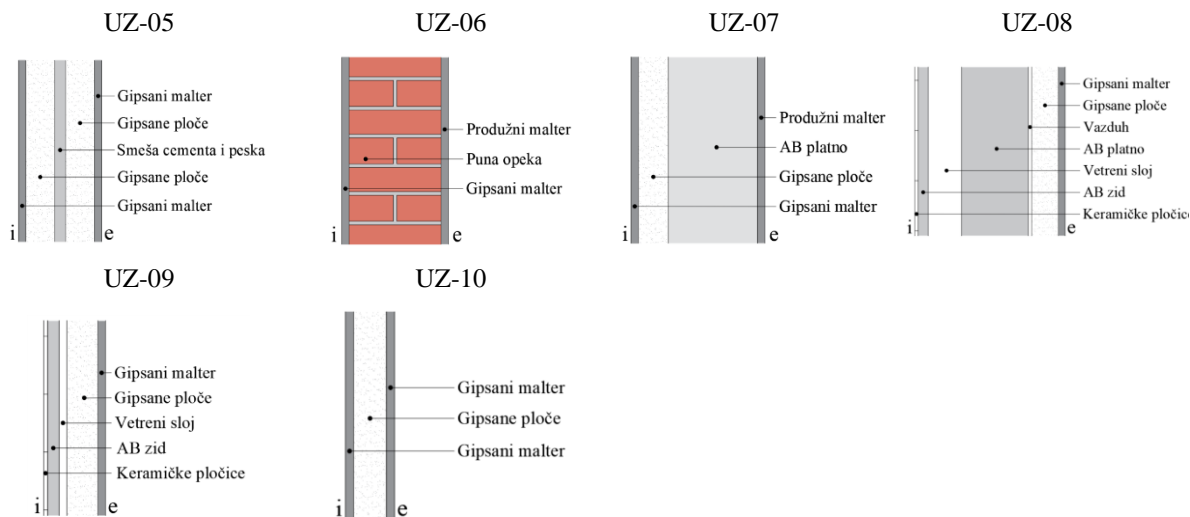
Zvučni komfor je delimično obezbeđen primenom zidova odgovarajuće debljine i strukture, kao i pravilnom organizacijom prostora, ali narušen usled loše zaptivenosti fasadne stolarije.

5.5.2.4. Struktura termičkog omotača

U strukturi termičkog omotača predmetne zgrade identifikovano je 28 sklopova elemenata, čiji je pregled dat u Tab. 5.21-Tab. 5.23.

Tab. 5.21 – Sklopovi zidova u strukturi termičkog omotača zgrade NF-26

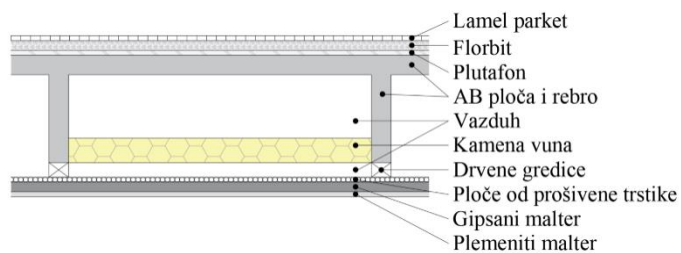




Tab. 5.22 – Sklopovi horizontalnih elemenata u strukturi termičkog omotača zgrade NF-26

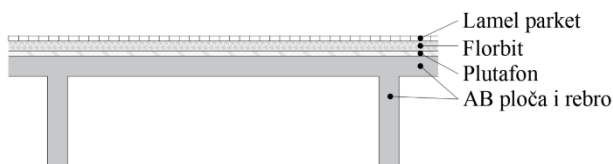
Meduspratna konstrukcija iznad otvorenog prolaza

MK-01

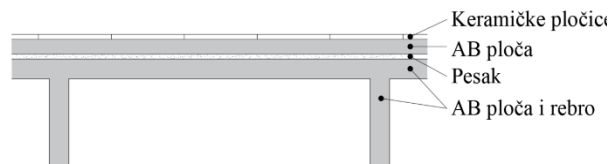


Meduspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora

MK-02



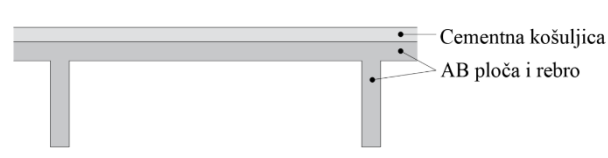
MK-03



MK-04

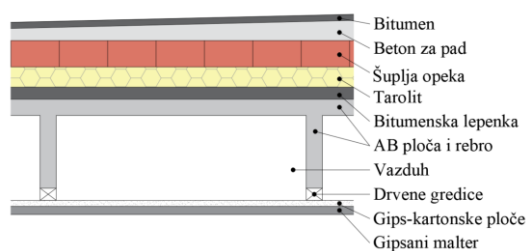


MK-05

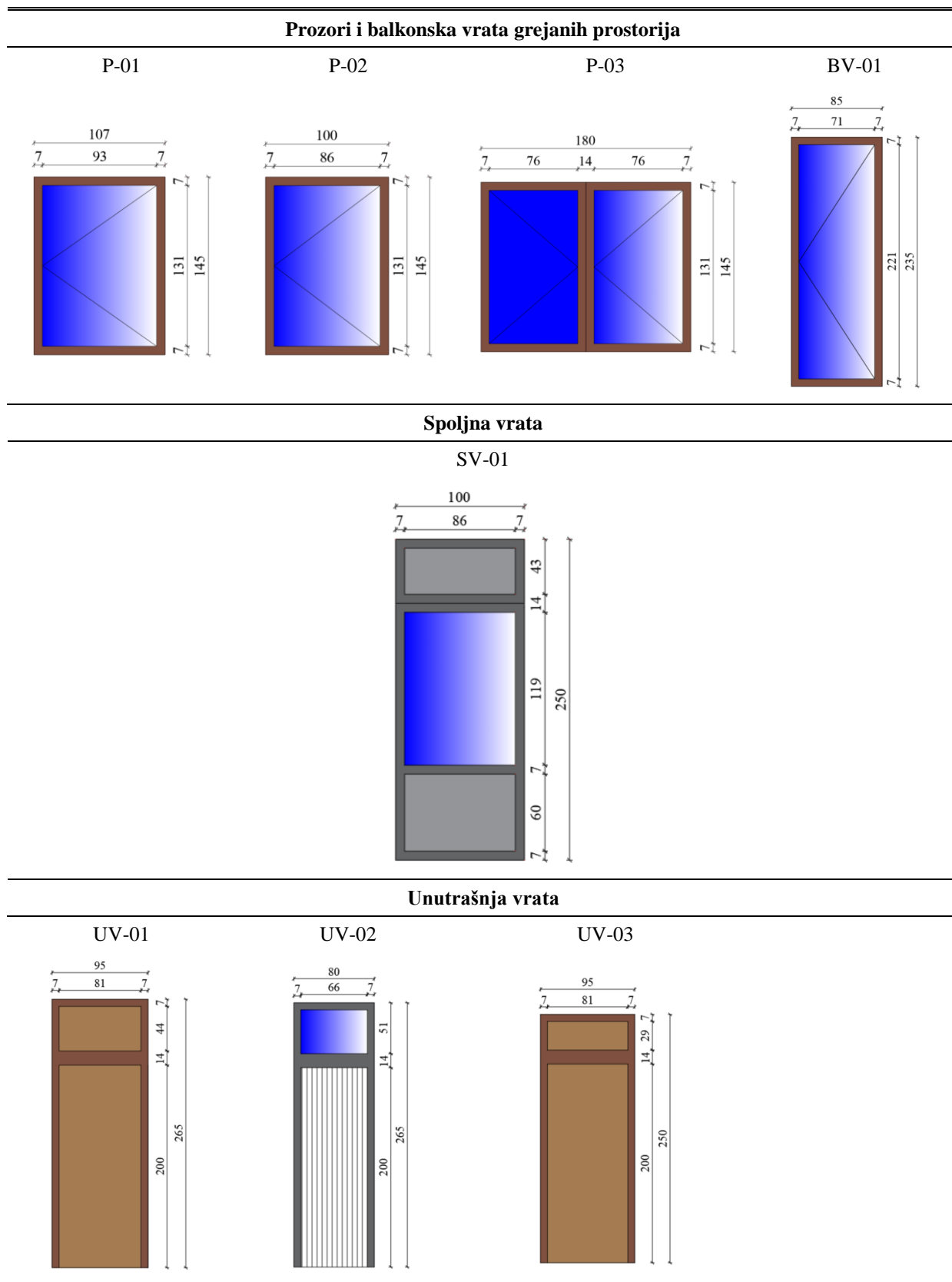


Ravan krov iznad grejanog prostora

RK-01



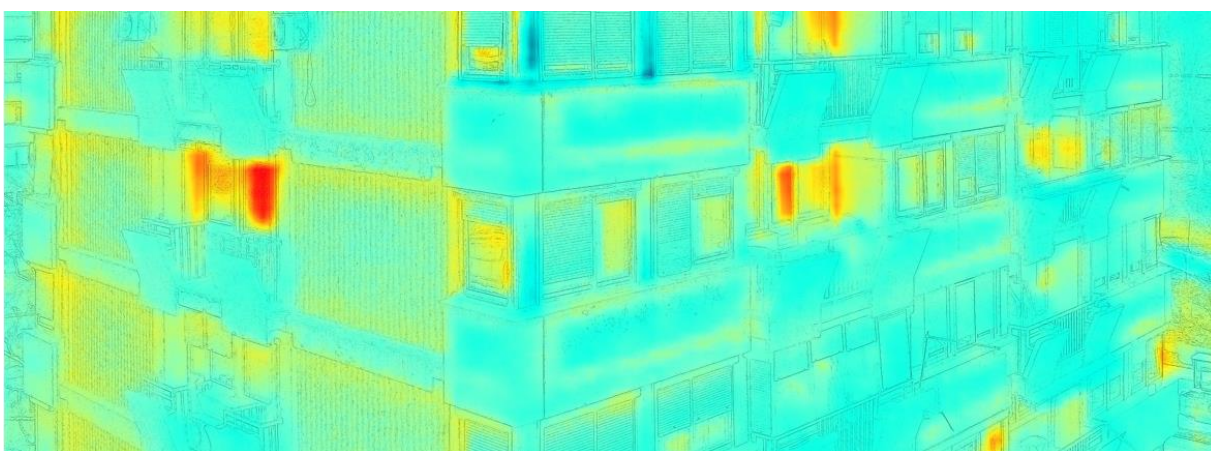
Tab. 5.23 – Sklopovi transparentnih elemenata i unutrašnjih vrata u strukturi termičkog omotača zgrade NF-26



5.5.2.5. Identifikacija mesta toplotnih gubitaka kroz termički omotač

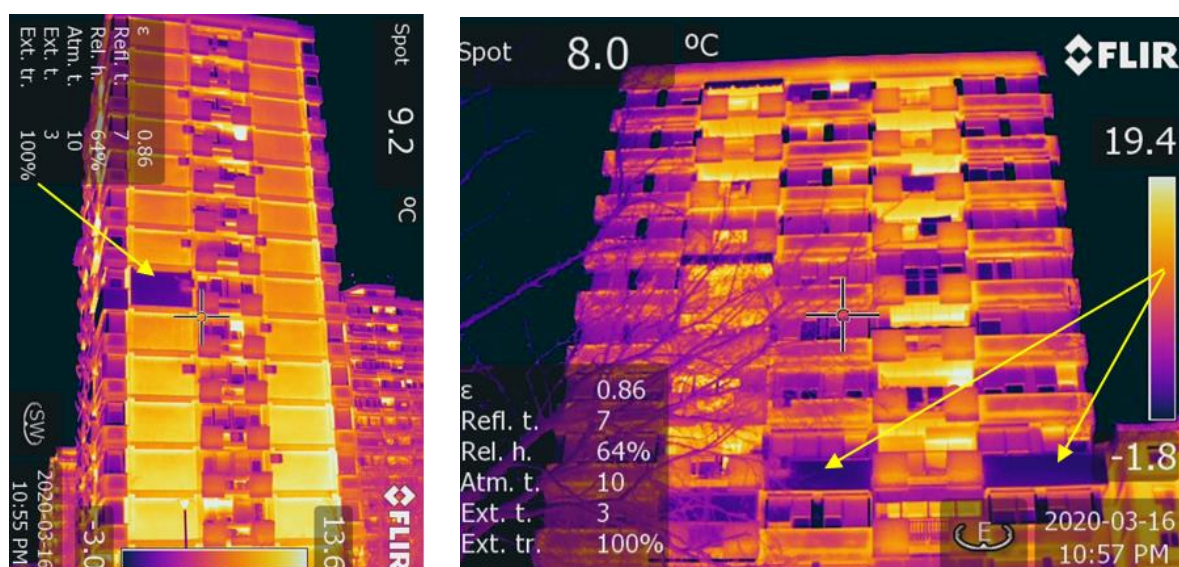
U cilju identifikacije mesta toplotnih gubitaka kroz termički omotač zgrade, analizirane su termovizijske fotografije prikupljene dronom u okviru vertikalne IR misije, kao i termovizijske fotografije snimljene sa tla FLIR termovizijskom kamerom.

Analizom fotografija (Sl. 5.54 i Sl. 5.55) uočavaju se značajni toplotni gubici kroz AB zidove na kraćim fasadama, naročito u zonama ivičnih nosača i AB stubova. Toplotni gubici su veći kroz AB zidove nego kroz parapetne sendvič zidove. Na parapetnim zidovima gubici su evidentni u ivičnim zonama, na vezi nosećeg i spoljašnjeg sloja betona gde nema izolacionog sloja, kao i na spoju sa međuspratnom kosntrukcijom i prozorima. U zonama originalne stolarije takođe su identifikovani toplotni gubici, naročito oko prozora (na spoju sa drugim elementima) i u zoni kutije za roletnu.



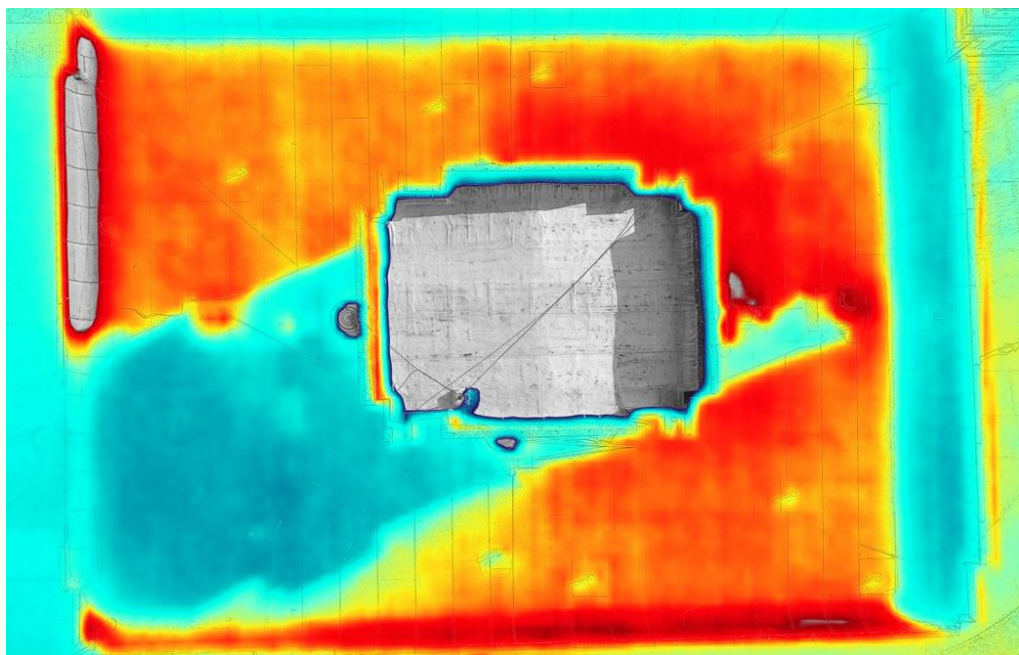
Sl. 5.54 – Fotografija fasade snimljena termovizijskim dronom: primetni toplotni gubici kroz AB zidove, u zonama ivičnih nosača i stuba, u zoni međuspratne konstrukcije, na parapetima na vezi nosećeg i spoljašnjeg sloja betona i u zonama originalnih prozora

Na termogramima (Sl. 5.55) se jasno uočavaju nakanadno izolovani zidovi na VI spratu.



Sl. 5.55 – Fotografije fasade snimljene FLIR kamerom sa tla: jasno se uočavaju nakanadno izolovani AB zid i parapeti na VI spratu (elementi prikazani tamnijom bojom)

Na termogramu krova (Sl. 5.56) tamnije zone mogu biti indikator prisustva vlage.



Sl. 5.56 – Fotografija krova snimljena termovizijskim dronom: tamnije zone na fotografiji mogu biti indikator vlage

5.5.2.6. Pregled koeficijenta prolaza toplote kroz termički omotač zgrade

Pregled proračunate vrednosti koeficijenta prolaza toplote za identifikovane elemente termičkog omotača, uz konstataciju da li je uslov zadovoljen, je datu u Tab. 5.24.

Tab. 5.24 – Pregled pozicija termičkog omotača zgrade NF-26 i proračunatih koeficijenta prolaza toplote

Položaj	Oznaka	U [W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]	Ispunjeno
Spoljni zid	SZ-01	1,49	0,40	NE
	SZ-02	1,77	0,40	NE
	SZ-03	1,43	0,40	NE
	SZ-04	1,26	0,40	NE
Zid prema negrejanim prostorima	UZ-01	1,13	0,55	NE
	UZ-02	1,10	0,55	NE
	UZ-03	1,62	0,55	NE
	UZ-04	1,50	0,55	NE
	UZ-05	1,76	0,55	NE
	UZ-06	1,56	0,55	NE
	UZ-07	1,84	0,55	NE
	UZ-08	3,49	0,55	NE
	UZ-09	3,49	0,55	NE
	UZ-10	2,32	0,55	NE

Međuspratna konstrukcija iznad otvorenog prolaza	MK-01	0,47	0,30	NE
	MK-02	1,29	0,40	NE
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	MK-03	2,44	0,40	NE
	MK-04	2,46	0,40	NE
	MK-05	2,56	0,40	NE
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,68	0,20	NE
Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	3,50	1,50	NE
	P-02	3,50	1,50	NE
	P-03	3,50	1,50	NE
	BV-01	5,00	1,50	NE
Spoljna vrata	SV-01	4,36	1,60	NE
Unutrašnja vrata	UV-01	2,70	-	-
	UV-02	6,84	-	-
	UV-03	2,70	-	-

5.5.2.7. Podaci o termotehničkim sistemima

Sistem grejanja

U objektu je zastupljen daljinski sistem grejanja. Stanovi u zgradi imaju radijatorsko grejanje. Radijatori su liveni i svojim dimenzijama i položajem odgovaraju visinama parapeta. Cevi su čelične, razvedene etažno i priključene na radijatore. Grejni fluid je topla voda koja se cevnom mrežom dovodi do grejnih tela. Sistem za grejanje je povezan na sistem grejanja gradske toplane. Mreža u zgradi je podeljena na dva sistema: donja polovina kule (S+6 spratova) ima sistem 90/70 °C i priključena je na ventilsku podstanicu; gornja polovina kule (od VII do XIII sprata) ima sistem 80/60°C i priključena je na protivstrujni aparat. Ventilaska podstanica i podstanica sa protivstrujnim aparatom su postavljene u suterenu. Od podstanice se računaju po dva ogranka/dva za donju polovinu kule a dva za gornju polovinu. Razvodna i povratna mreža se vode po plafonu prizemlja i izolovane su šljakinom vunom.

Sistem ventilacije

Ventilacija na objektu je prirodna. Vršni se preko transparentnih površina i putem ventilacionih otvora u kupatilima i ostavama.

Sistem klimatizacije

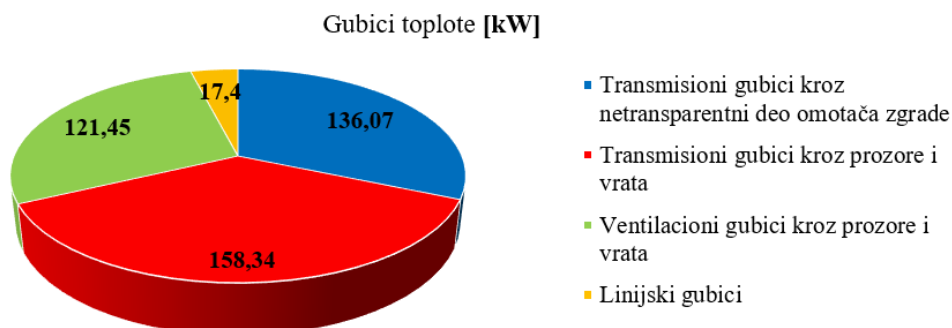
Objekat je delimično opremljen lokalnim klimatizacionim uređajima čije su spoljne jedinice postavljene na fasadi objekta. Kondenzat iz unutrašnjih jedinica se pomoću plastičnih cevi odvodi na balkone.

Sistem za pripremu sanitarne tople vode

U objektu su prisutni lokalni sistemi za pripremu sanitarne tople vode (bojleri).

5.5.2.8. Gubici toplote

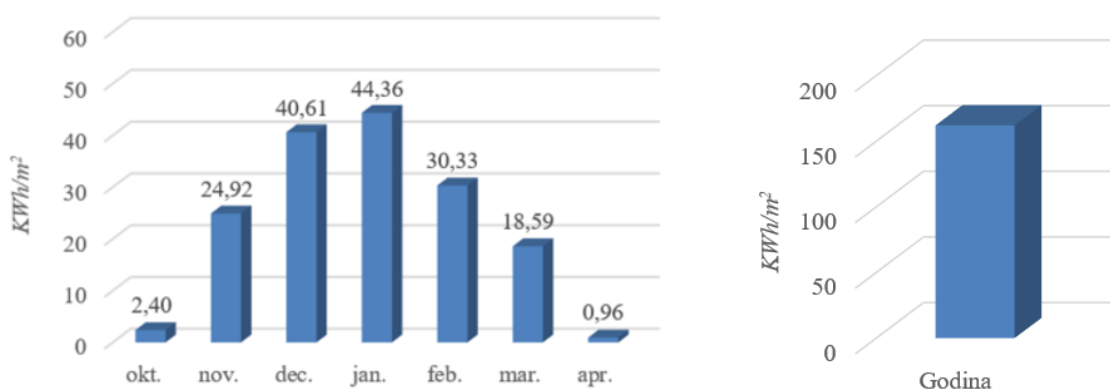
Raspodela proračunatih gubitaka toplote prikazana je na Dij. 5.3. Najveće učešće u ukupnim gubicima imaju transmisioni gubici kroz prozore i vrata (36,5%), a zatim transmisioni gubici kroz netransparentni deo omotača zgrade (31,4%).



Dij. 5.3 – Raspodela gubitaka toplote (kW) za zgradu NF-26

5.5.2.9. Godišnja potrebna finalna energija za grejanje

Elaboratom energetske efikasnosti određena je specifična godišnja potrebna energija za grejanje od 162,17 kWh/m²a (Dij. 5.4), na osnovu čega zgradu karakteriše F energetski razred (Tab. 5.25).



Dij. 5.4 – Dijagrami potrebne toplote za grejanje za zgradu NF-26 po mesecima i za godinu

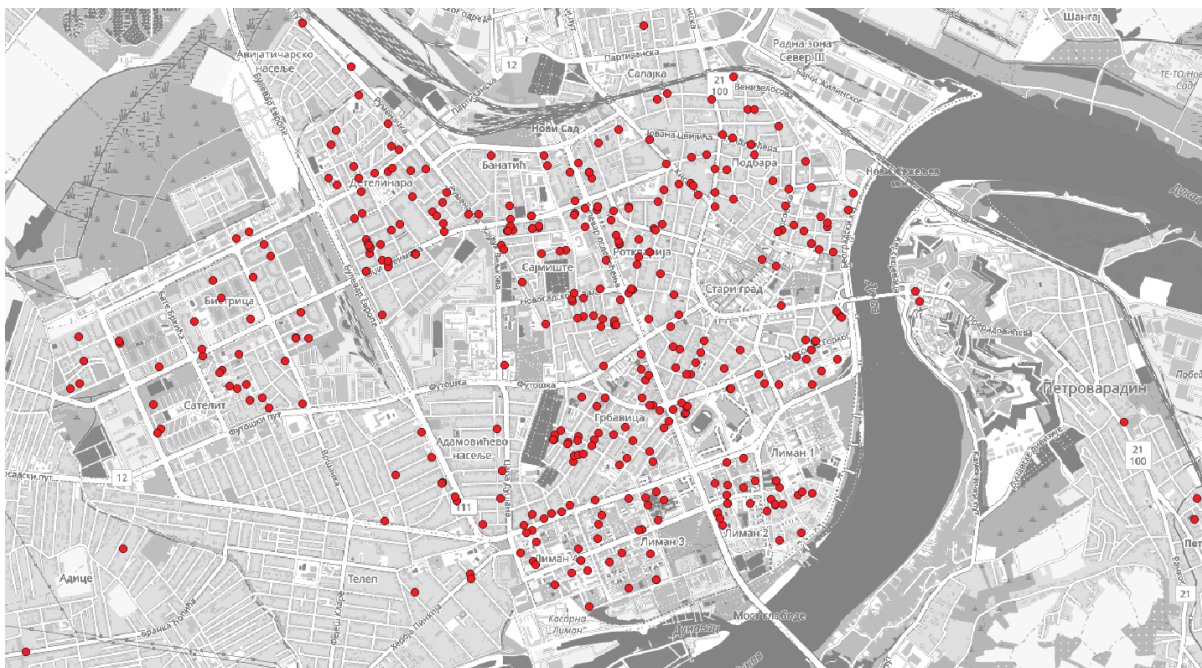
Tab. 5.25 – Godišnja potrebna energija i energetski razred zgrade NF-26

Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 10
A	≤ 25	≤ 18
B	≤ 50	≤ 35
C	≤ 100	≤ 70
D	≤ 150	≤ 105
E	≤ 200	≤ 140
F	≤ 250	≤ 175
G	> 250	> 175

5.5.3. Faza 5.3 - Procena bezbednosti od požara

5.5.3.1. Prostorno-vremenska analiza distribucije požara u stambenim zgradama

Prva aktivnost je obuhvatila prikupljanje podataka o požarima koji su evidentirani od strane VSJ Novi Sad u periodu 2011-2013. godine. Prikupljeni podaci su zatim integrisani u besplatan geografski informacioni sistem otvorenog koda *QGIS* tako što su na mapi grada Novog Sada georeferencirane sve stambene zgrade na kojima su evidentirani požari u analiziranom vremenskom periodu (Sl. 5.57), sa pratećim opisnim informacijama.



Sl. 5.57 – Mapa hazarda požara u stambenim zgradama u Novom Sadu u periodu 2011-2013. godine - prostorna distribucija na mapi grada (softverski alat *QGIS*)

Svakoј zgradi su dodeljeni sledeći atributi (Sl. 5.58):

- identifikaciona oznaka požara
- adresa na kojoj je locirana zgrada u kojoj se dogodio požar
- gradska četvrt u kojoj je locirana zgrada u kojoj se dogodio požar
- datum izbijanja požara
- godišnje doba tokom koga se dogodio požar
- dan u nedelji tokom koga se dogodio požar
- deo dana tokom koga se dogodio požar
- lokacija požara u zgradi
- lokacija požara u stanu
- broj lica povređenih u požaru
- broj evakuisanih lica
- broj poginulih u požaru
- vrsta opreme kojom je požar ugašen
- količina sredstava utrošenih za gašenje

Rezultat sprovedenih aktivnosti je mapa hazarda požara i formirana digitalna baza podataka koja je, integracijom podataka koji su proizašli kao rezultat sprovedenih istraživanja, u daljim fazama nadograđena u višeslojnu georeferenciranu interaktivnu bazu.

id	Ulica	Broj	Četvrt	Datum	God. doba	Dan	Doba dana	Etaža	Prostorija	Povređeno	Poginulo	Spaseno	Oprema	Sredstva
25	Maksima Gorkog	2	Stari grad	05/01/2011	zima	sreda	noć	sprat (3)	kuhinja	0	0	0	požar ugašen pre dolaska VSJ	-
140	Maksima Gorkog	36	Stari grad	28/01/2021	zima	petak	prepodne	podrum	-	1	0	1	mala oprema	-
36	Bul. oslobođenja	9	Rotkvarija	07/01/2021	zima	petak	poslepodne	prizemlje	hodnik	0	0	0	mala oprema	-
94	Bul. oslobođenja	35	Rotkvarija	18/01/2021	zima	utorak	poslepodne	sprat (9)	kuhinja	0	0	0	mala oprema	-
144	Dim. Avramovića	4	Rotkvarija	28/01/2011	zima	petak	poslepodne	prizemlje	hodnik	0	0	0	požar ugašen pre dolaska VSJ	-
60	Kosovska	7	Podbara	12/01/2011	zima	sreda	noć	sprat (2)	kuhinja	0	0	0	požar ugašen pre dolaska VSJ	-
26	Bul. cara Lazara	37	Liman 3	06/01/2021	zima	četvrtak	prepodne	prizemlje	hodnik	0	0	0	voda - jedan mlaz	0,3 m3
111	Dr Ivana Ribara	7	Liman 2	22/01/2011	zima	subota	noć	sprat (1)	hodnik	0	0	0	mala oprema	-
147	Ijermontova	4	Grbavica	30/01/2011	zima	nedelja	noć	prizemlje	kuh. i d. bor.	1	0	0	voda - jedan mlaz	2 m3

Sl. 5.58 – Prikaz dela opisnih informacija za evidentirane požare (atributna tabela, QGIS)

Za potrebe prostorno-vremenske analize požara, u narednom koraku u okviru osnovnog sloja su prema interesnim atributima pretraženi objekti, a zatim selektovani i sačuvani u nove slojeve. Na ovaj način je iznad osnovnog sloja kreirano 22 različita sloja koji definišu određene aspekte svakog požarnog događaja, raspoređenih u vremenske ili prostorne grupe.

Grupu vremenskih slojeva čine četiri podgrupe koje se odnose na vreme kada se požar dogodio:

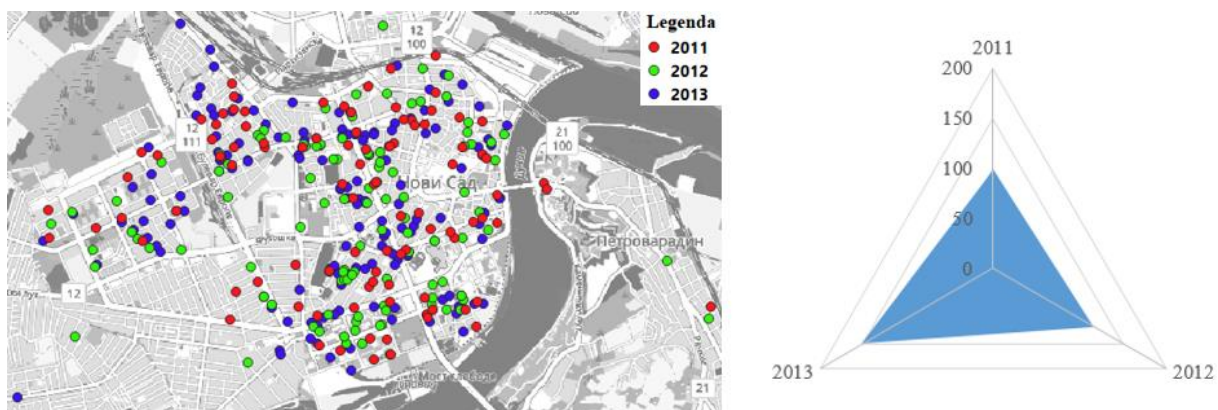
- podgrupa godina (tri sloja za 2011, 2012 i 2013. godinu)
- podgrupa godišnje doba (četiri sloja za proleće, leto, jesen i zimu)
- podgrupa dan u nedelji (dva sloja za radni dan i vikend)
- podgrupa doba dana (tri sloja za noć, jutro i popodne)

Grupu prostornih slojeva čine dve podgrupe koje se odnose na lokaciju požara:

- podgrupa lokacija požara u zgradi (pet slojeva za podrum, prizemlje, sprat, krov i lift)
- podgrupa lokacija požara u stanu (pet slojeva za hodnik, kuhinja, dnevni boravak, kupatilo i terasu).

Tokom tri godine (2011-2013) u Novom Sadu je zabeleženo 2939 požara, od čega 366 požara (12,4%) u višespratnim stambenim zgradama (Tab. 5.26).

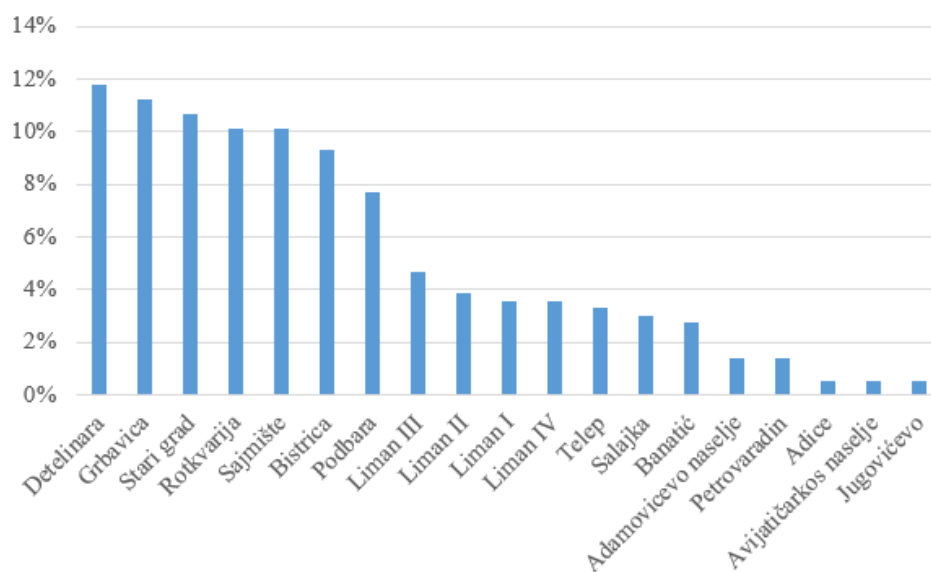
U analiziranom vremenskom periodu evidentan je porast broja požara u stambenim zgradama iz godine u godinu (Sl. 5.59).



Sl. 5.59 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu po godinama, 2011-2013

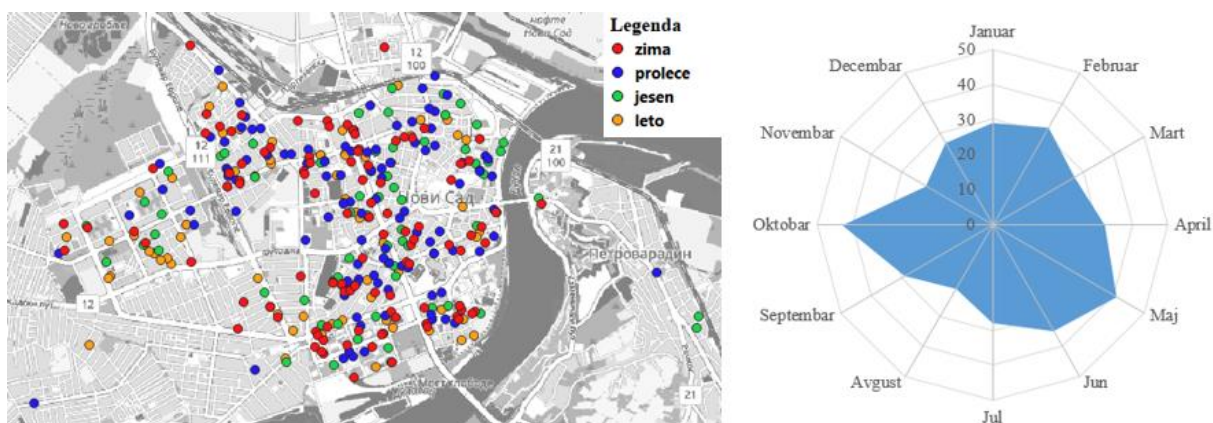
Broj požara koji se dogodio 2012. godine je porastao u odnosu na broj požara u 2011. godini za 17%, dok je u 2013. godini zabeležen porast od 30% i 52% u odnosu na 2012. i 2011. godinu, respektivno.

Rasprostranjenost požara na području grada Novog Sada (Dij. 5.5) je uglavnom komplementarna sa gustinom naseljenosti, ali i sa starošću objekata. Najveći broj požara evidentiran je na Detelinari (112%), Grbavici (11%), u Starom gradu (11%), Rotkvariji (10%) i u gradskoj četvrti Sajmište (10%). Najmanji broj požara dogodio se u Adamovićevoj naselju, Petrovaradinu, Adicama, Avijatičarskom naselju i Jugovićevo.



Dij. 5.5 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu po gradskim četvrtima, 2011-2013

Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu godišnjeg doba/meseca u godini tokom koga se požar dogodio je prikazana na Sl. 5.60.

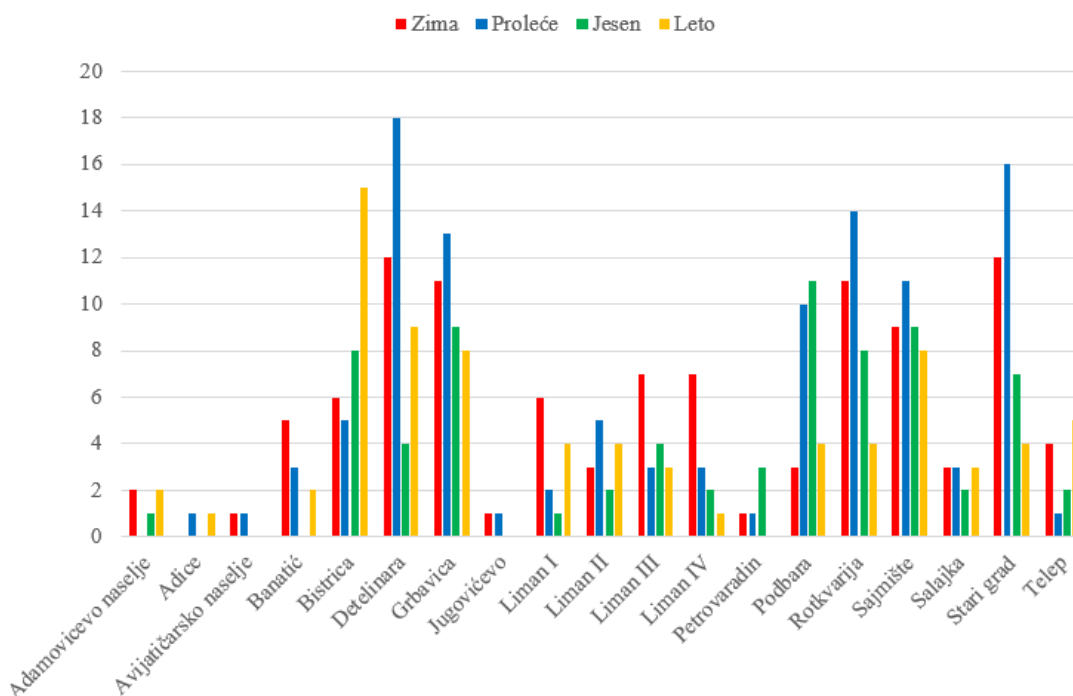


Sl. 5.60 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu godišnjeg doba/meseca u godini tokom koga se požar dogodio, 2011-2013

Najveći broj požara je zabeležen u oktobru (11,7%) i maju (11,2%), a zatim u junu (9,6%) i aprilu (8,7%). Kao potencijalni uzročnici požara u ovim mesecima identifikovana su grejna tela kojima se stambene prostorije dogrevaju u periodu neposredno pre početka i nakon završetka grejne sezone u Novom Sadu. Najmanji broj požara se dogodio u novembru (6%) i

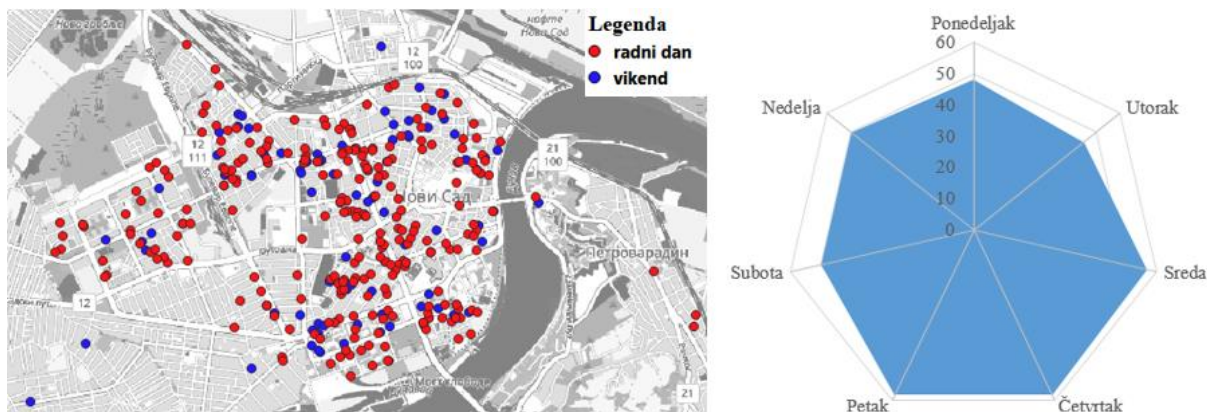
avgustu (5,7%). U kontekstu godišnjeg doba tokom koga se dogodio požar, najveći broj požara u stambenim zgradama je zabeležen u proleće (28%), kao i u zimskom periodu (26%). Osim starih i neodržavanih električnih instalacija koje predstavljaju pretnju tokom cele godine, u zimskim mesecima dodatnu pretnju predstavljaju sijalice za jelku, neispravne grejalice, fenjeri bez nadzora, ukrasne sveće ili sušenje odeće na radiatorima (Laban et al., 2020a). Požari tokom jeseni zauzimaju 24%, dok se najmanji broj požara u stambenim zgradama dogodio u letnjem periodu (22%), kada su češći požari na otvorenom.

U gradskim četvrtima Detelinara, Grbavica, Rotkvarija, Sajmište i Stari grad nad ostalim požarima dominiraju požari koji su se dogodili u proleće i zimu, odnosno u vreme ili neposredno nakon grejne sezone. U gradskoj četvrti Bistrica dominiraju požari koji su se dogodili tokom letnjeg perioda. Na Podbari, najviše požara se dogodilo na jesen i u proleće. U ukupnom broju požara koji su se dogodili na Limanima najveći udeo imaju požari koji su se dogodili u toku zime (Dij. 5.6).



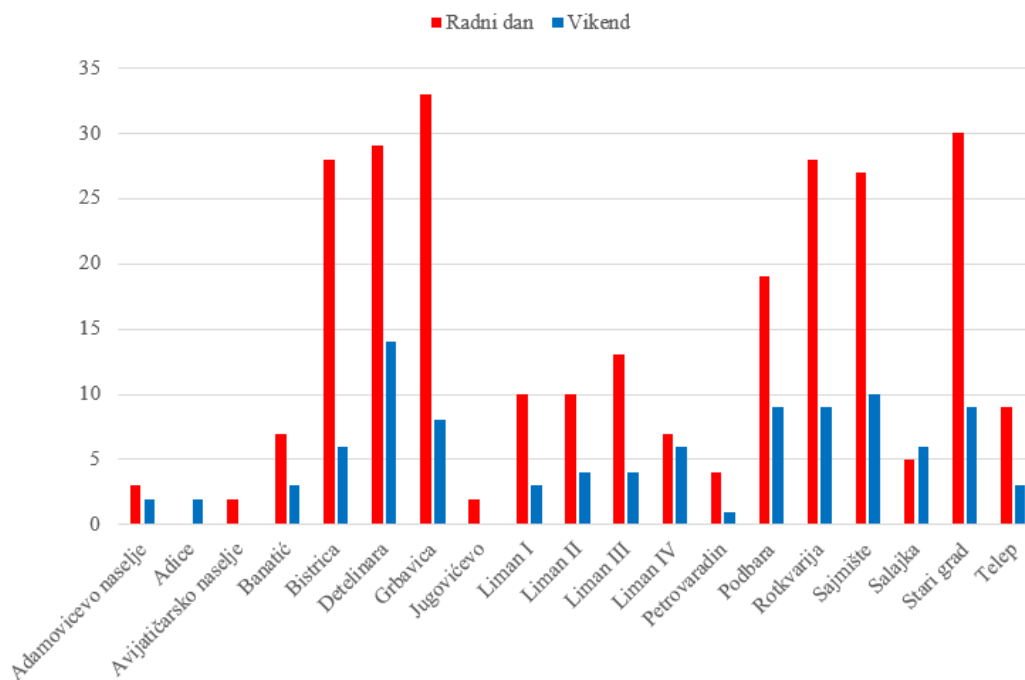
Dij. 5.6 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu godišnjeg doba tokom koga se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima

Sl. 5.61 prikazuje distribuciju požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu dana u nedelji tokom koga se požar dogodio. U razmatranom vremenskom periodu, požari u stambenim zgradama su se češće dešavali radnim danima (73%), od ponedeljka do petka, dok je najveći broj požara karakterističan za sredu, četvrtak i petak. Uzrok požara radnim danima može se vezati za nepažnju stanara kao posledica umora i iscrpljenosti od svakodnevnih obaveza sa tendencijom kulminacije krajem radne nedelje. Subotom i nedeljom su stanari odmorniji, pa samim tim i pažljiviji, i zato se vikendom događa manje požara (27%).



Sl. 5.61 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu dana u nedelji tokom koga se požar dogodio, 2011-2013

U skoro svim gradskim četvrtima se veći broj požara dogodio radnim danima, a manji tokom vikenda (Dij. 5.7). Izuzetak su Adice, gde se dogodilo ukupno dva požara, i to u danima vikenda.

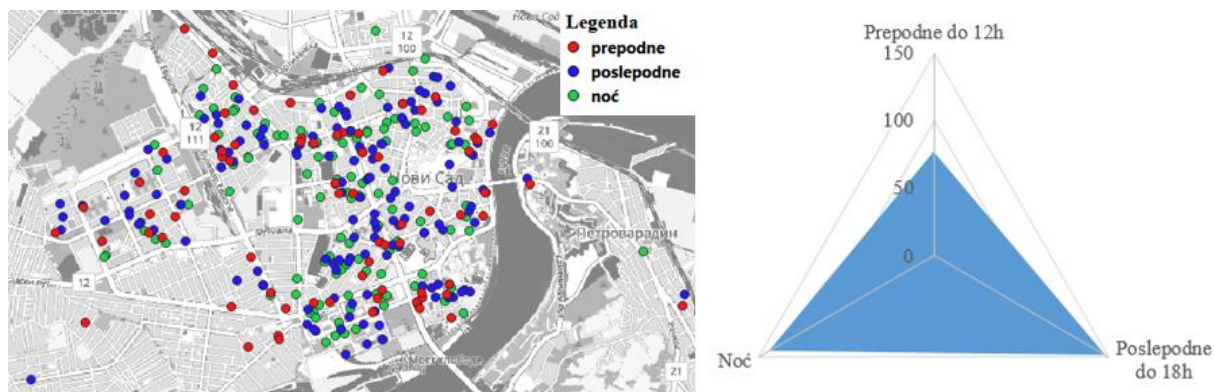


Dij. 5.7 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu dana u nedelji tokom koga se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima

Sl. 5.62 prikazuje distribuciju požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu dela dana tokom koga se požar dogodio.

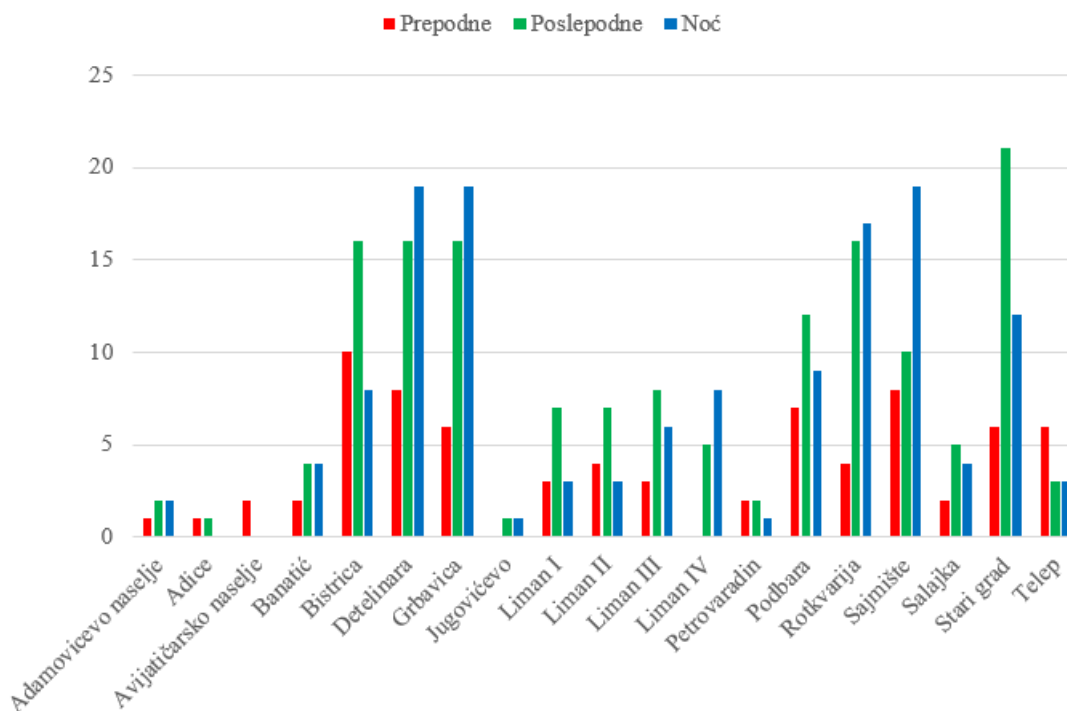
Najmanji broj požara se dogodio u prepodnevnom časovima (21%), kada stanari uglavnom obavljaju svakodnevne obaveze van zgrade, te je i manji rizik nastanka požara. Požari koji se događaju u poslepodnevnim satima i noću zauzimaju skoro podjednako učešće u ukupnom broju požara (40% i 39%, respektivno). Posebnu opasnost predstavljaju požari koji se događaju noću i koji mogu dugo tinjati i razviti se neprimetno kao posledica toga što stanari spavaju. Uobičajeni uzroci požara noću su grejna tela nedovoljno udaljena od nameštaja ili drugih zapaljivih materija, kao i nemarno odlaganje opušaka cigareta (Draganić, Šupić,

Bondžić, Laban & Goločevac, 2016). U 2006. godini u EU cigarete su izazvale 12.900 požara koji su rezultirali sa 650 smrtnih slučajeva, 2.400 povređenih i 48 miliona evra materijalne štete (World Health Organisation [WHO], 2011).



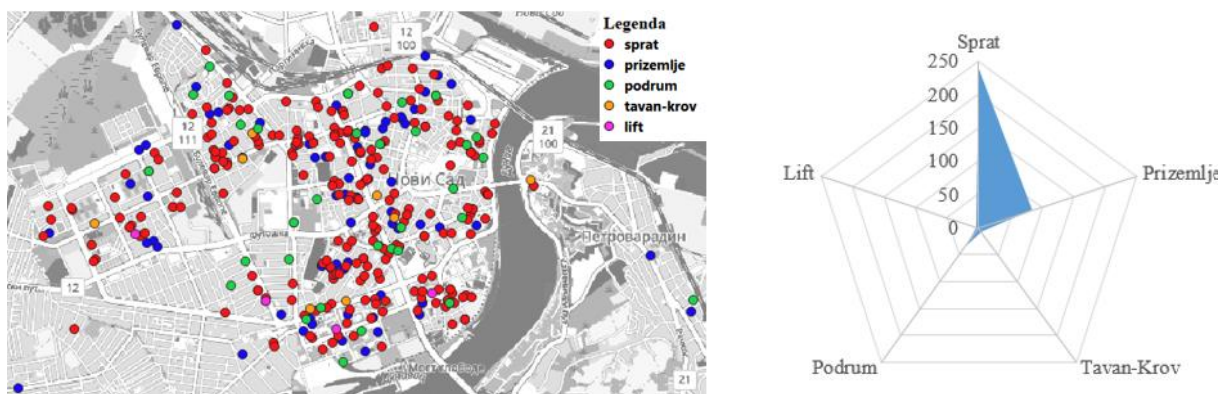
Sl. 5.62 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu delu danu tokom koga se požar dogodio, 2011-2013

U Starom gradu, na Bistrici, Podbari, Limanima I, II i III, kao i na Salajci nad ostalim požarima dominiraju požari koji su se dogodili u poslepodnevnim časovima. Na Detelinari, Grbavici, Sajmištu i Limanu IV učestaliji su požari koji su se dogodili u toku noći. Veći broj požara u toku prepodneva zabeležen je jedino na Telepu (Dij. 5.8).



Dij. 5.8 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu delu danu tokom koga se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima

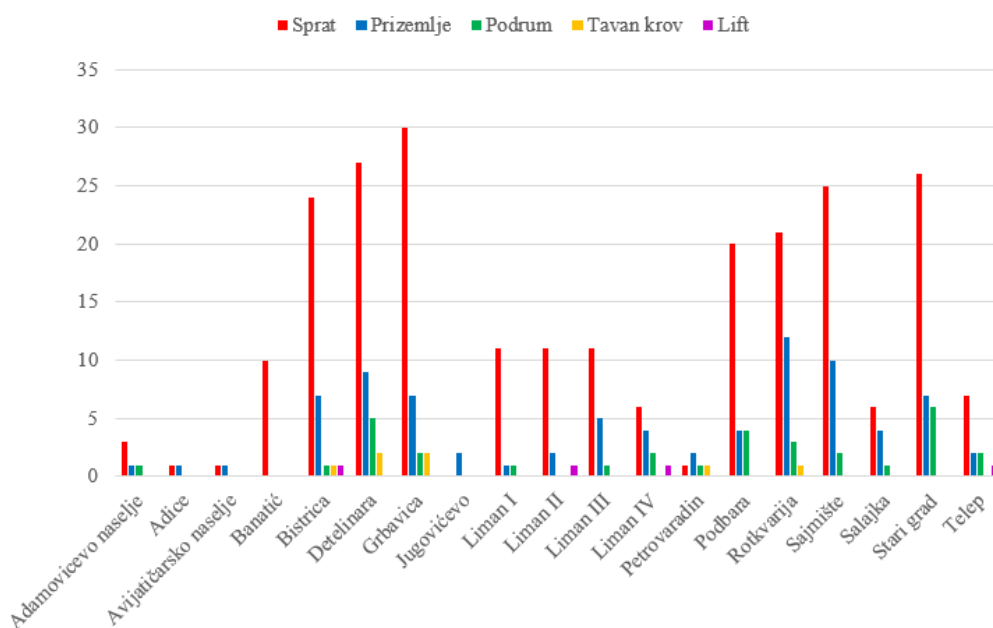
Sl. 5.63 prikazuje distribuciju požara u stambenim zgradama na osnovu mesta u zgradi gde se dogodio požar.



Sl. 5.63 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu na osnovu mesta u zgradi gde se dogodio požar, 2011-2013

Najveći broj požara je izbio na spratovima (65%) i u prizemlju (23%), dok je prilično mali broj požara nastao u podrumu (9%), na krovu (2%) ili liftu (1%). Broj zabeleženih požara na spratovima je skoro tri puta veći od broja požara u prizemlju. Jedan od razloga povećanog broja požara u prizemlju su električne instalacije (neispravni razvodni ormani) ili namerno paljenje papira, kartona ili reklamnog materijala u poštanskim sandučićima. Iako se požari u podrumima retko dešavaju, oni predstavljaju posebnu opasnost usled otežane evakuacije stanara i gašenja požara. U okviru podrumskih prostorija se uglavnom nalaze ostave stanara u koje se odlažu stare i nepotrebne stvari, uglavnom zapaljive i gorive, usled čega podrum, u odonosu na ostale delove zgrade, karakteriše visoko požarno opterećenje. Dodatno, usled male površine otvora, u podrumskim prostorijama tokom požara dolazi do zadržavanja produkata sagorevanja i dima. Mali broj požara na krovu posledica je toga što veliki broj zgrada ima ravan krov, bez tavanskog prostora.

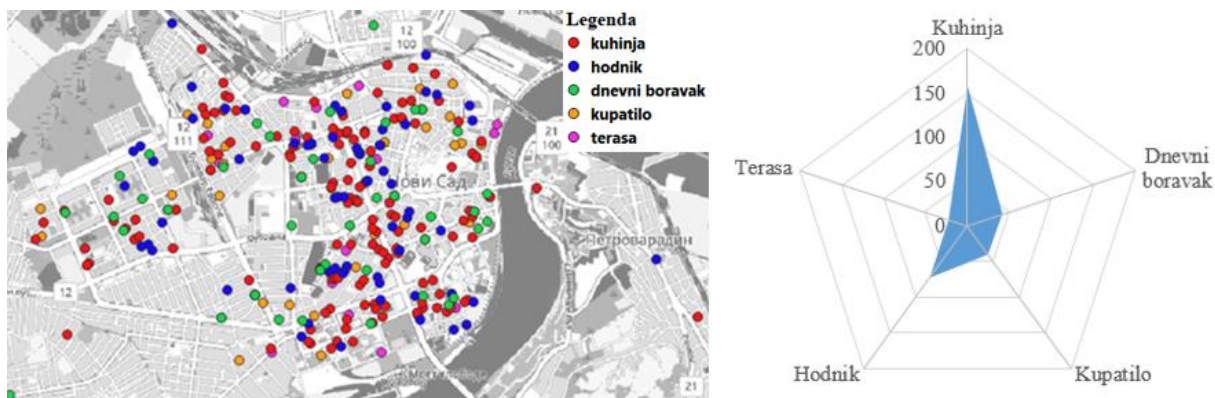
Na Dij. 5.9 je dat uporedni prikaz distribucije požara po gradskim četvrtima, na osnovu mesta u zgradi gde se dogodio požar.



Dij. 5.9 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu mesta u zgradi gde se dogodio požar - uporedni prikaz po gradskim četvrtima

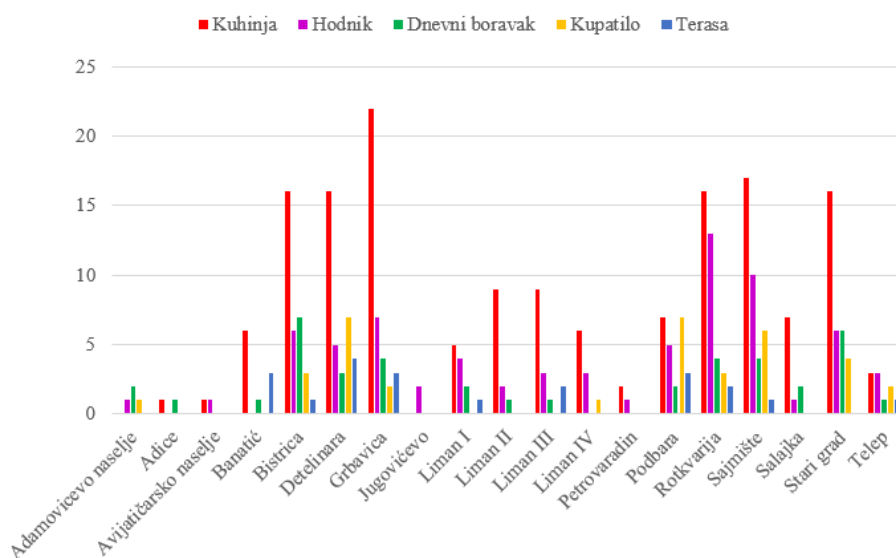
U skoro svim gradskim četvrtima najučestaliji su požari na spratu. Izuzetak su Petrovaradin - gde se najveći broj požara dogodio u prizemlju, Avijatičarsko naselje i Adice - gde je zabeležen podjednak broj požara na spratu i u prizemlju i Jugovićevo - gde su se požari događali samo u prizemlju. U Banatiću su se požari događali isključivo na spratovima. Požari na tavanu ili krovu su se događali na Bistrici, Detelinari, Grbavici, Petrovaradinu i Rotkvariji. Požar u liftu je evidentiran u zgradama na Bistrici, Limanima II i IV i na Telepu (Dij. 5.9).

Na osnovu mesta u stanu (Sl. 5.64), požari se najčešće dešavaju u kuhinji (43%). Potencijalni uzrok jesu kućni aparati za pripremanje hrane ili zaboravljeno jelo na šporetu. Broj požara koji su se dogodili u kuhinji je više od dva puta veći od broja požara u hodnicima, koji su drugi po učestalosti u ukupnom broju požara (20%). Uzrok požara u hodnicima može biti neadekvatno održavanje i rukovanje razvodnom tablom i električnim osiguračima koji su najčešće postavljeni u ovim prostorijama. U ukupnom broju požara, požari u dnevnim sobama zauzimaju 11,5%, a požari u kupatilima 11%. Najmanji broj požara dogodio se na terasi (6%).



Sl. 5.64 – Distribucija požara u stanovima u Novom Sadu na osnovu mesta u stanu gde se požar dogodio, 2011-2013

Na Dij. 5.10 je dat uporedni prikaz distribucije požara po gradskim četvrtima, na osnovu mesta u stanu gde se dogodio požar.



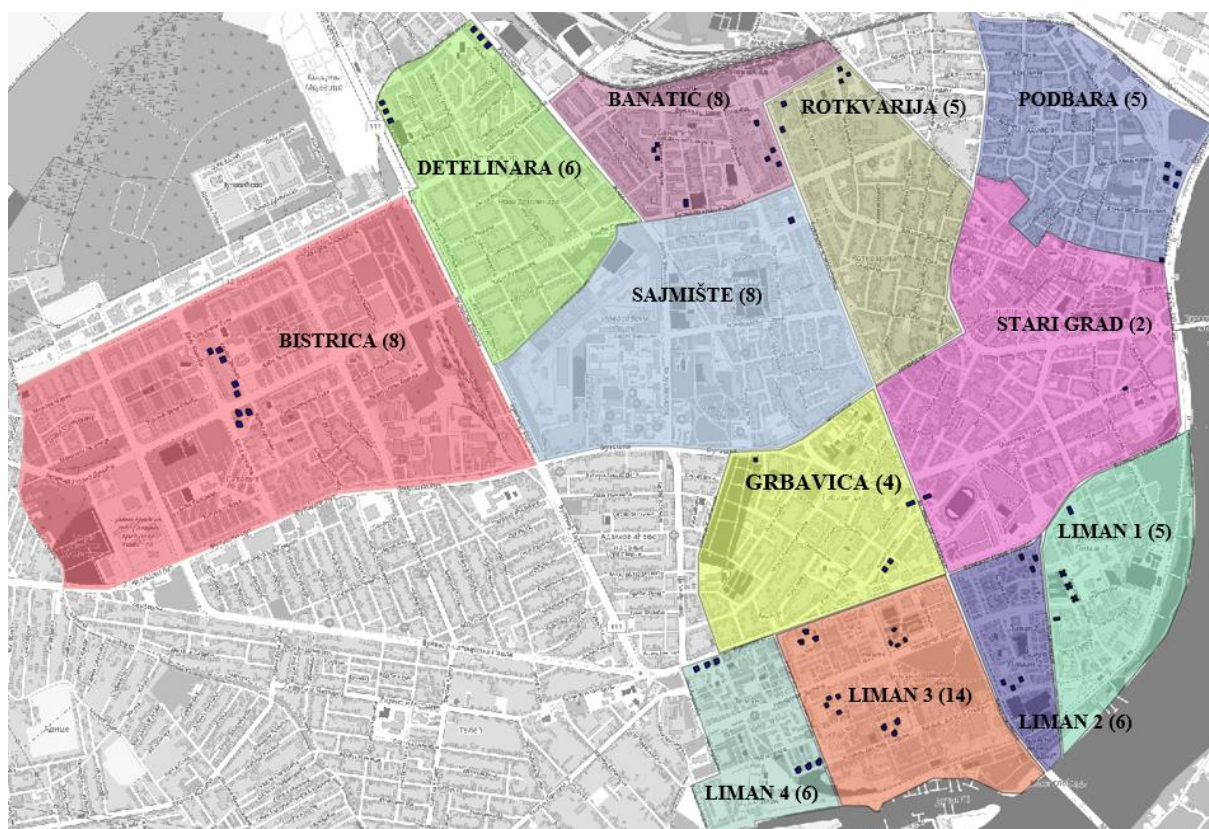
Dij. 5.10 – Distribucija požara u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) na osnovu mesta u stanu gde se požar dogodio - uporedni prikaz po gradskim četvrtima

U skoro svim gradskim četvrtima požari u kuhinji su najučestaliji. Izuzetak su Adamovićevo naselje - gde je najviše požara nastalo u dnevnom boravku, Adice - gde požari u kuhinji i dnevnom boravku imaju podjednako učešće, Avijatičarsko naselje - gde požari u kuhinji i hodniku imaju podjednako učešće i Jugovićevo - gde su zabeleženi samo požari koji su se dogodili u hodniku. U gradskim četvrtima Rotkvarija i Sajmište pored požara u kuhinjama, značajno učešće u ukupnom broju požara imaju požari koji su se dogodili u hodniku stambene jedinice (Dij. 5.10).

Podaci dobijeni na osnovu prikupljenih i obrađenih statističkih podataka o požarima u Novom Sadu, za period od tri godina (2011-2013), ukazuju da se najveći broj požara u stambenim objektima dogodio u gradskim četvrtima Detelinara, Grbavica, Stari grad, Rotkvarija, Sajmište i Bistrica, u stambenim jedinicama na spratovima, u prostorijama kuhinje i hodnika. Najveći broj požara dogodio se u toku i neposredno pre i nakon grejne sezone, u toku radnog dana kada se stanari vrate sa posla ili noću kada spavaju. Ljudski nemar i neispravne/neispitane električne instalacije predstavljaju dva osnovna uzroka požara u stambenim zgradama (Laban et al., 2020b). Požari koji nastaju noću usled zapaljenja nameštaja upaljačima, cigaretama ili grejnim aparatima predstavljaju mnogo veći rizik od smrti od požara uređaja za pripremanje hrane.

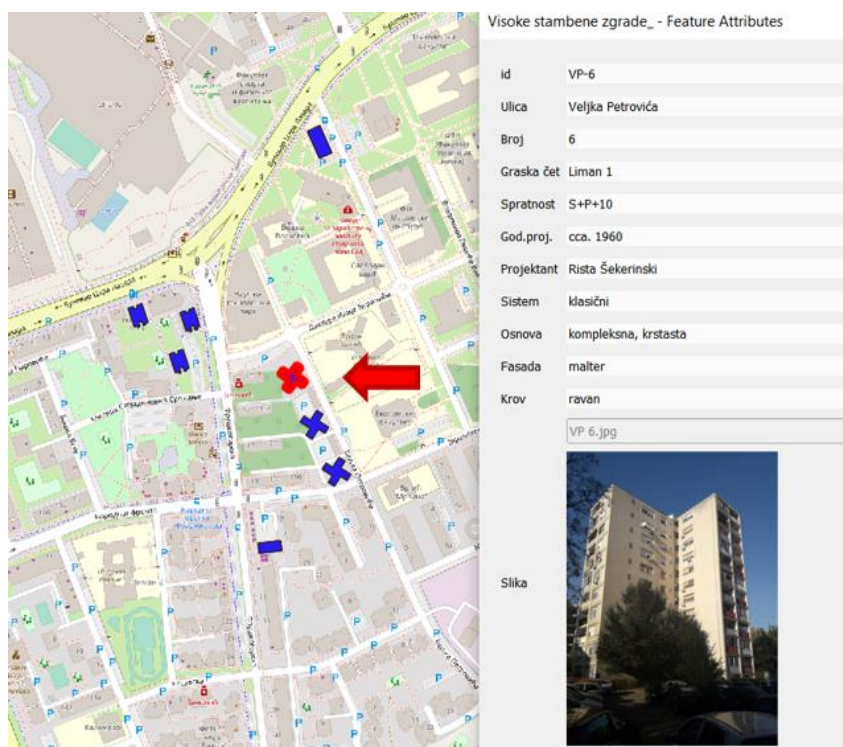
5.5.3.2. Mapiranje i analiza rizika od požara visokih slobodnostojećih stambenih zgrada

Predmetne zgrade su georeferencirane na mapi grada primenom *QGIS* alata (Sl. 5.65).



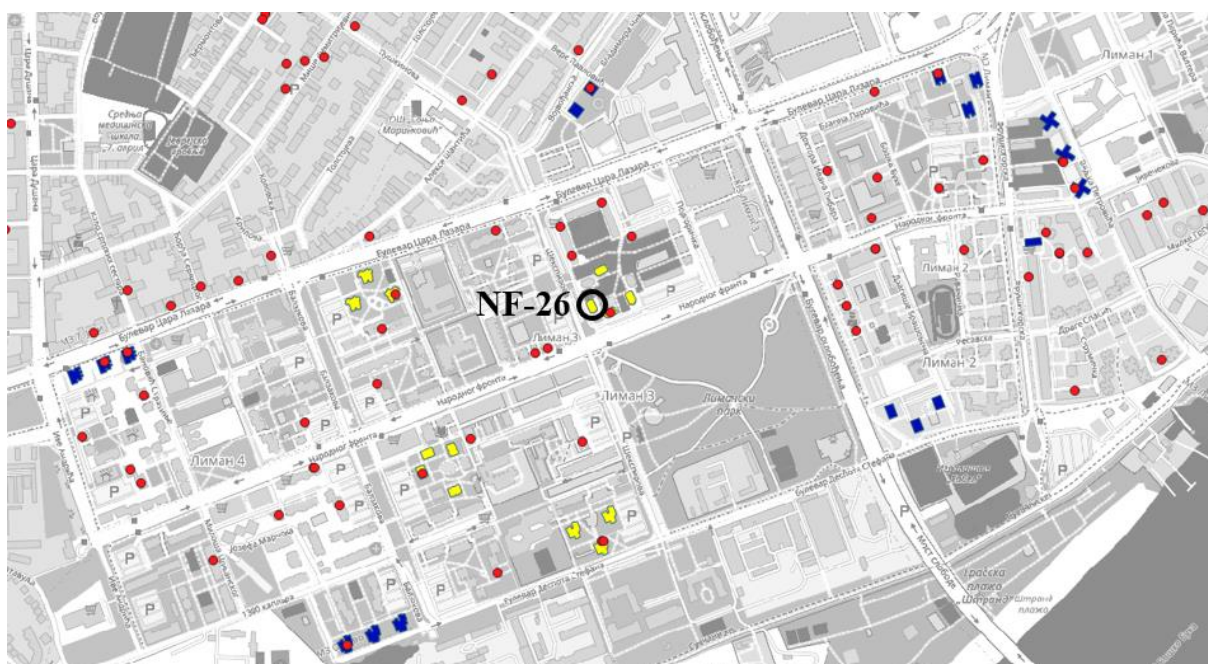
Sl. 5.65 – Visoke slobodnostojeće stambene zgrade izgrađene u periodu 1961-1990 na mapi grada Novog Sada (softverski alat *QGIS* - zgrade su prikazane plavim poligonima)

Georeferenciranim objektima na mapi grada su dodeljeni pripadajući atributi (Sl. 5.66) evidentirani u inicijalnoj fazi istraživanja (Poglavlje 4.1.).



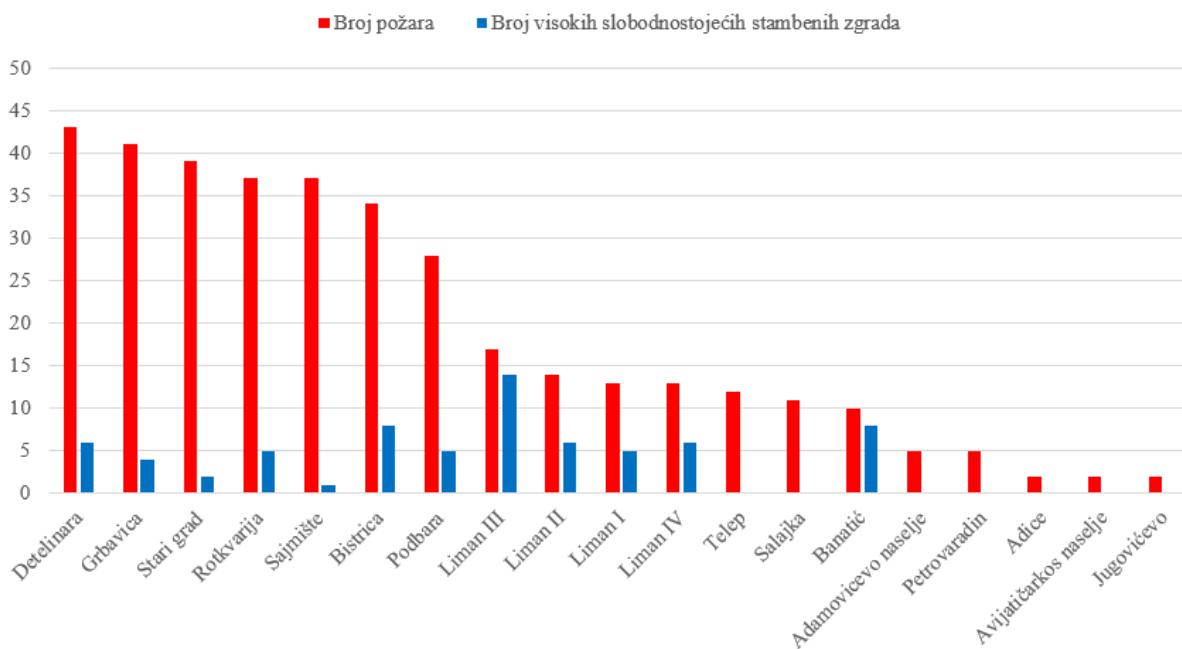
Sl. 5.66 – Prikaz osnovnog sloja višeslojne georeferencirane interaktivne baze podataka – izgled zgrade i informacije o zgradi u ulici Veljka Petrovića (VP-6), prikupljene u inicijalnoj fazi istraživanja

U cilju generisanja Mape rizika od požara visokih slobodnostojećih stambenih zgrada sprovedeno je preklapanje mape hazarda i mape zgrada (Sl. 5.67).



Sl. 5.67 – Prikaz dela Mape rizika od požara za visoke slobodnostojeće stambene zgrade u Novom Sadu (Limani i deo Grbavice) sa obeleženom zgradom koja je predmet studije slučaja

Mapa rizika od požara ukazuje na visok rizik visokih slobodnostojećih stambenih zgrada od požara. Predmetne zgrade su locirane u gradskim četvrtima gde je identifikovan najveći broj požara. Na Limanu 3, gde se nalazi i zgrada NF-26, evidentiran je najveći broj visokih slobodnostojećih stambenih zgrada (Dij. 5.11), objekti na Limanu 3 obeleženi žutom bojom) tako da je ovo područje posebno ugroženo.



Dij. 5.11 – Broj visokih slobodnostojećih stambenih zgrada i broj požara koji su se dogodili u stambenim zgradama u Novom Sadu (2011-2013) – uporedni prikaz po gradskim četvrtima

Analizom Mape rizika moguće je identifikovati i požare koji su se dogodili na predmetnim objektima – u periodu od tri godine na 19 visokih slobodnostojećim stambenim zgradama (27%) dogodio se 21 požar, od kojih je na Limanu 3 identifikovano 5 požara na 4 zgrade. Jedna od 4 zgrade nalazi se u neposrednoj blizini analizirane zgrade NF-26.

Tab. 5.26 – Broj požara evidentirani od strane VSJ u Novom Sadu u periodu 2011-2013. godine

Broj požara evidentirani od strane VSJ u Novom Sadu u periodu 2011-2013. godine												
Mesec	2011			2012			2013			Ukupno 2011-2013		
	Stambene zgrade	Ostali požari	Ukupno požara	Stambene zgrade	Ostali požari	Ukupno požara	Stambene zgrade	Ostali požari	Ukupno požara	Stambene zgrade	Ostali požari	Ukupno požara
Januar	9	63	72	11	79	90	9	52	61	29	194	223
Februar	9	42	51	10	44	54	13	38	51	32	124	156
Mart	13	76	89	5	218	223	9	47	56	27	341	368
April	5	61	66	14	61	75	13	38	51	32	160	192
Maj	10	46	56	12	48	60	19	35	54	41	129	170
Jun	12	49	61	11	57	68	12	26	38	35	132	167
Jul	10	87	97	6	124	130	12	78	90	28	289	317
Avgust	4	113	117	4	125	129	13	86	99	21	324	345
Septembar	6	107	113	10	117	127	13	33	46	29	257	286
Oktobar	9	104	113	16	62	78	18	64	82	43	230	273
Novembar	4	75	79	7	59	66	11	52	63	22	186	208
Decembar	8	65	73	10	49	59	9	93	102	27	207	234
UKUPNO	99	888	987	116	1043	1159	151	642	793	366	2573	2939

5.5.3.3. Kontrola kvaliteta performansi bezbednosti od požara zgrade

Kontrola kvaliteta performansi bezbednosti od požara predmetne zgrade je sprovedena primenom kvalitativne ček-liste, kreirane u okviru doktorske disertacije (Prilog 6), opisane u Poglavlju 4.3.5.3.

Rezultati sprovedene kontrole kvaliteta su dati u nastavku.

Pristup za vatrogasna vozila

Predmetni objekat zadovoljava manje od polovine postavljenih zahteva (Tab. 5.27) kao posledica toga što u vreme izgradnje objekta nisu bili posebno definisani zahtevi za pristupne puteve, kao ni za visoke objekte (propis za pristupne puteve datira iz 1995. godine, dok je prvi propis za visoke objekte donet 1984. godine).

Tab. 5.27 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za visoku slobodnostojeću stambenu zgradu NF-26 u kontekstu pristupa za vatrogasna vozila

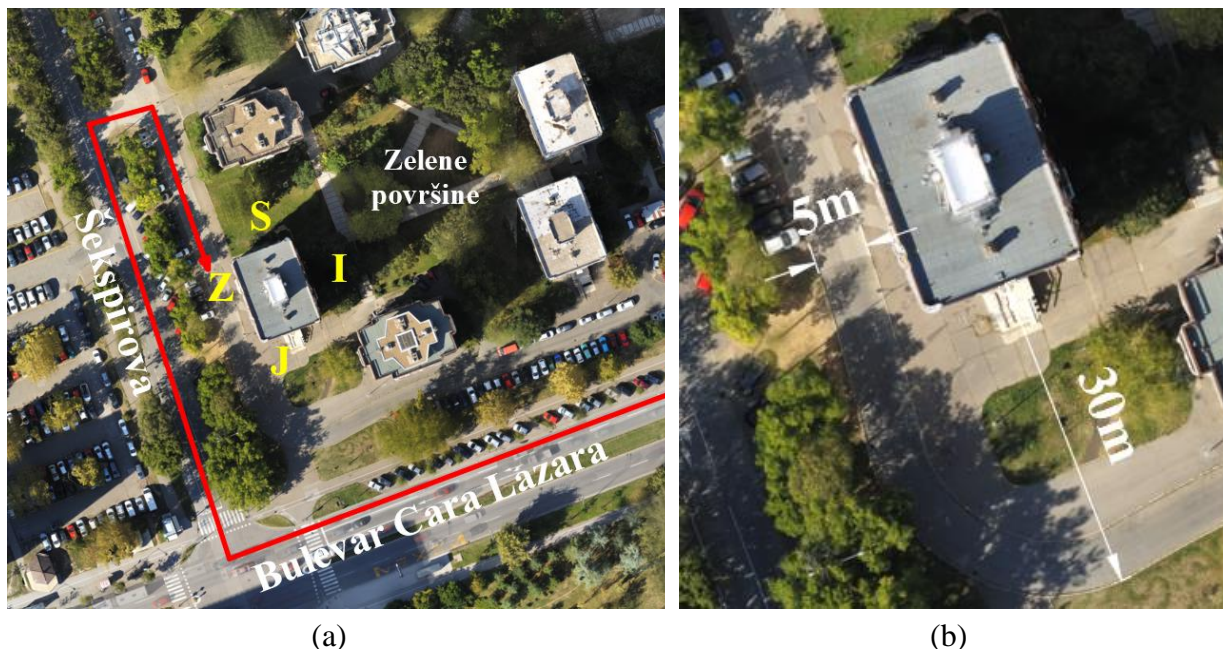
Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade	Ispunjenost kriterijuma
DEO 1: PRISTUP ZA VATROGASNA VOZILA	
Prilaz objektu	
Moguć prilaz objektu sa najmanje dve fasadne strane sa otvorima	NE
Karakteristike pristupnog puta	
Pristup i kretanje vatrogasnog vozila uvek moguće kretanjem unapred	NE
Pristupni putevi slobodni (u smislu parkiranja i zaustavljanja drugih vozila) i bez prepreka koje ometaju intervenciju VSJ	DA
Kolovoz nosivosti najmanje 130 kN osovinskog pritiska	DA
Širina kolovoza za dvosmerno kretanje vozila $\geq 6,0$ m	NE (5 m)
Nagib rampe ako kolovoz leđi $< 6\%$	DA
Karakteristike platoa	
Pristup i kretanje vatrogasnog vozila uvek moguće kretanjem unapred	NE
Plato slobodan (u smislu parkiranja i zaustavljanja drugih vozila) i bez prepreka koje ometaju intervenciju VSJ	DA
Moguće korišćenje automehaničkih lestava u svim položajima (lestve dopiru do poslednje stambene etaže objekta, pri čemu je ugao nagiba u granicama $\alpha = 60^\circ$ do 75°)	NE
Kolovoz nosivosti najmanje 130 kN osovinskog pritiska	DA
širina platoa $B \geq 5,5$ m	NE
Dimenzije platoa dužina platoa $L \geq 15,0$ m	(B=5m)
nagib platoa $\leq 3^\circ$	
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	
	5/11

Vatrogasna brigada Novi Sad je od predmetnog objekta udaljena oko 3 km. Prema podacima VSJ i merenja vremena tokom vatrogasne vežbe, koja je organizovana na predmetnom objektu 2016. godine, potrebno je oko 10 minuta od momenta dojava o nastanku požara da brigada stigne. Primarni i alternativni put pristizanja VSJ-e su prikazani na Sl. 5.68.



Sl. 5.68 – Primarni (1) i alternativni put (2) pristizanja VSJ

Predmetnom objektu je moguće neposredno prići samo sa jedne fasadne strane sa otvorima (zapadne strane). Pristupni put sa zapadne strane bi mogao da posluži i za intervenciju na severnoj i južnoj fasadi objekta. Najudaljenija tačka kolovoza na južnoj strani objekta je udaljena više od 25 m od gabarita objekta na osnovu čega se ovaj deo puta ne može tretirati kao pristupni put. Pristup objektu sa istočne fasadne strane je praktično onemogućen usled zelenih površina unutar stambenog bloka (Sl. 5.69).

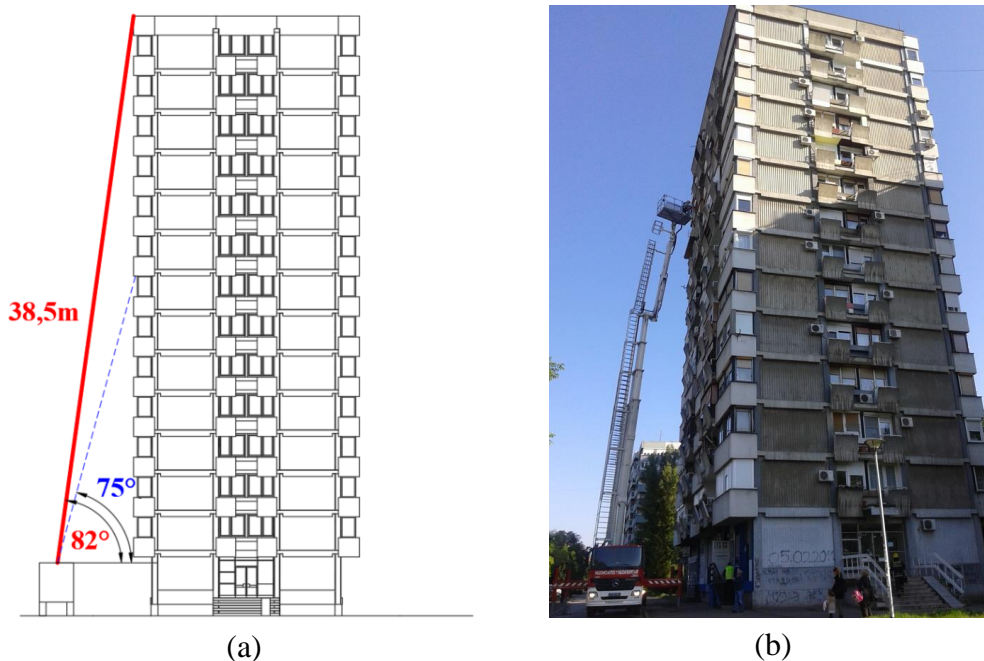


Sl. 5.69 – Pristupni put predmetnom objektu: (a) vozila VSJ u slučaju požara primarnim putem pristižu do objekta ulicom Bulevar cara Lazara pa zatim iz Šekspirove pristupaju objektu; (b) širina pristupnog puta na zapadnoj strani zgrade (5m) i udaljenost najudaljenije tačke kolovoza na južnoj strani zgrade (30m);

Pristupni put i plato su slobodni u smislu parkiranja i zaustavljanja drugih vozila i bez prepreka koje ometaju intervenciju VSJ, dok pristup i kretanje vatrogasnog vozila isključivo

kretanjem unapred nisu obezbeđeni jer ne postoji kolovoz oko celog objekta. Širina kolovoza za dvosmerno kretanje, koja iznosi 5m, ne odgovara postavljenom zahtevu ($\geq 6,0$ m, Sl. 5.69b).

Pristupni put predmetnom objektu na zapadnoj strani ima ulogu i platoa za intervenciju VSJ i on zadovoljava kriterijume minimalne dužine i nagiba, dok širina ne odgovara postavljenim uslovima ($\geq 5,5$ m). Dodatno, sa ove pozicije nije moguće korišćenje automehaničkih lestava u svim položajima, odnosno pri preporučenom nagibu ($\alpha = 60^\circ$ do 75°) automehaničke lestve je teorijski moguće podići samo do 7. sprata objekta (Sl. 5.70a). I pored navedenih ograničenja u pogledu karakteristika platoa za intervenciju, prilikom vežbe VSJ pokazalo se da je korišćenje automehaničkih lestvi moguće, zahvaljujući maloj visinskoj razlici trotoara uz zapadnu fasadu objekta koja dozvoljava postavljanje stabilizatora, a takođe se pokazalo da je lestve moguće postaviti pod uglom većim od preporučenog i na taj način sprovesti intervenciju na većoj visini (u ovom slučaju to je bio 11. sprat, Sl. 5.70b). Intervencija primenom automehaničkih lestvi smatra se vremenski zahtevnom jer zahteva postavljanje vozila na adekvatnu poziciju, stabilizaciju vozila, podizanje lestvi i spašavanje na visini, usled čega je efikasna samo u slučaju spasavanja direktno ugroženih osoba (koje se zateknu u stanu u kome je izbio požar).



Sl. 5.70 – Intervencija VSJ primenom automehaničkih lestvi: (a) kriterijum koji se odnosi na mogućnost primene lestvi teorijski nije zadovoljen usled toga što je nagib lestvi pri podizanju do krova zgrade izvan preporučenih granica ($\alpha > 75^\circ$); (b) uspešno sprovedena vežba spašavanja stanara sa 11. sprata;

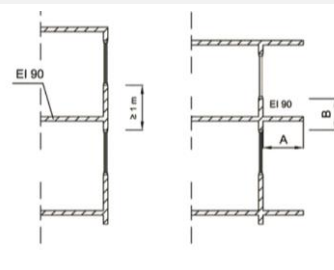
Na osnovu postojećeg stanja pristupa za vatrogasna vozila može se zaključiti da je pristup i intervenisanje svim vozilima VSJ (uključujući vozilo sa automehaničkim lestvama) moguće sa zapadne strane objekta, dok je na ostalim fasadnim stranama moguće intervenisanje isključivo navalnim i tehničkim vozilima, uz određena ograničenja. U kontekstu dimenzija, plato ispred zgrade na južnoj fasadi bi takođe mogao da posluži za intervenciju vozilom sa automehaničkim lestava, ali je nosivost samog terena na ovom mestu upitna te bi u slučaju

realne intervencije ova odluka, kao i svaka druga odluka koja nije u skladu sa postavljenim zahtevima, bila na rukovodiocu intervencije.

Građevinske mere za sprečavanje prenosa požara u objektu

Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za predmetnu zgradu u kontekstu građevinskih mera za sprečavanje prenosa požara u objektu je prikazana u Tab. 5.28.

Tab. 5.28 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za visoku slobodnostojeću stambenu zgradu NF-26 u kontekstu građevinskih mera za sprečavanje prenosa požara u objektu

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade		Ispunjenost kriterijuma
DEO 2: GRAĐEVINSKE MERE ZA SPREČAVANJE PRENOSA POŽARA U OBJEKTU		
Podela objekta na požarne sektore		
Objekat je podeljen na požarne sektore.		NE
Udaljenost od susednih objekata		
Najmanje rastojanje između otvora na naspramnim zidovima visokog objekta i susednog objekta <math>< \frac{1}{2}</math> visine višeg objekta (ili 8 m uz ispunjenje uslova koji se odnose na pristupne puteve i plato)		NE
Fasada objekta		
Na fasadi između otvora na dve susedne etaže postoji vertikalni građevinski element (prekidno rastojanje) otpornosti prema požaru 1,5 h (EI 90) širine ≥ 1 m ili 1,4 m (zbir vertikalnih i horizontalnih delova) ukoliko su na fasadi prisutni konzolni elementi		DA
		
Sastav spoljnih zidova		
Minimalna klasa reakcije na požar	sistem spoljnog zida: A2-s1,d0 spoljni sloj/završni sloj/prefabrikovani paneli: A2-s1,d0 toplotno-izolacioni sloj: A1	DA
Ukupno ispunjenih zahteva:		2/4

Jedan od najvećih nedostataka predmetnog objekta jeste taj što objekat nije podeljen na požarne sektore, usled čega bi se u slučaju požara vatra i dim nesmetano širili od mesta nastanka ka ostalim delovima objekta.

Uslov koji se odnosi na udaljenost predmetne zgrade od susednih objekata takođe nije zadovoljen jer je rastojanje između otvora na naspramnim zidovima predmetnog objekta i susednog objekta na jugoistočnoj strani manje od $\frac{1}{2}$ visine predmetnog objekta (susedni objekat je udaljen 11,0 m).

U kontekstu oblikovanja fasade i materijalizacije spoljnih zidova zgrade, zgrada zadovoljava postavljene kriterijume. Spoljni zidovi su izvedeni od negorivih građevinskih materijala (armiranog betona sa betonskim pločama sa piljevinom ili od opeke), kao i ostali netransparentni fasadni elementi (AB stubovi, AB ivični nosači i AB ograde balkona), koji zahvaljujući svojim dimenzijama i otpornosti na požar, između otvora na dve susedne etaže

imaju ulogu prekidnog rastojanja. Međutim, pored načina oblikovanja i materijalizacije fasade, širenje požara i ponašanje plamena koji „izađe“ kroz otvor na fasadi zavisi i od drugih faktora, kao što je brzina strujanja vazduha, na šta je ukazao požar koji se dogodio 2020. godine na na Limanu II na zgradi građenoj po istom projektu, spratnosti S+P+14+Pk, gde se požar preneo putem fasade sa 13. sprata do krova zgrade. Na osnovu ovoga može se zaključiti da ispunjenje postavljenih zahteva nije dovoljno da se spreči prenos požara putem fasade na više spratove (Sl. 5.71).



Sl. 5.71 – Požar na visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi BO-155 (S+P+14+Pk) na Limanu II: požar je izbio na 13. spratu i putem fasade se proširio na 14. sprat i potkrovlje i krov (Portal 021, 2020)

Otpornost na požar nosećih i nenosećih konstrukcija

Kvalitativnom procenom nije bilo moguće proveriti ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za predmetnu zgradu u kontekstu otpornosti na požar nosećih i nenosećih konstrukcija.

Noseći elementi građevinske konstrukcije su AB montažni stubovi kvadratnog preseka 38/38 i AB montažne kasetirane tavanice ukupne visine 22 cm (AB ploča 4,0 cm + AB rebra visine 18 cm i debljine 4 cm). Montažne međuspratne tavanice pokrivaju polje između četiri stuba i sa njima su spojene prednaprežanjem na trenje, a međuprostor je nakon montaže popunjen sitnozrnim betonom.

U kontekstu ranjivosti na požar, stubove odlikuje povoljan oblik poprečnog preseka (kvadratni), dok beton i armatura (zaštićena okolnim betonom) imaju zadovoljavajuće požarne performanse. Za centrično opterećene stubove datih dimenzija izloženih požaru sa svih strana, može se očekivati otpornost na požar veća od 3 h (Cvetkovska, 2019), usled čega se smatra da stubovi zadovoljavaju postavljene kriterijume otpornosti na požar (≥ 2 h).

Usled male debljine elemenata i složenog oblika (veoma tanka AB rebra u oba pravca i tanka AB ploča), tavanice su posebno osetljive na požar. U slučaju požara, može se očekivati da dođe do deformacije armature i pojave velikih ugiba i pukotina, i posledično smanjenja nosivosti, ali ne i obrušavanja međuspratne konstrukcije. Na osnovu navedenog, zahtevana

otpornost na požar međuspratne konstrukcije u trajanju od 2h se može smatrati postignutom, naročito u prostoru stambenih jedinica gde je izvedena sa plafonom od gips-kartonskih ploča postavljenih na drvenoj potkonstrukciji i omalterisana, i na taj način dodatno zaštićena od direktne izloženosti požaru. Unutar pratećih stambenih prostorija i prostorije tehničke namene u prizemlju i podrumskih prostorija, međuspratna konstrukcija je samo obojena poludisperzivnom bojom i u ovim delovima zgrade je potrebno posebno obraditi pažnju na sprovođenje preventivnih mera zaštite od požara.

Osetljiva mesta u međuspratnoj konstrukciji mogu biti i nepropisno izvedeni prodori instalacija.

Spojevi između tavanica i stubova se takođe smatraju posebno osetljivim na dejstvo požara usled loših performansi kablova za prednaprezanje u uslovima povišenih temperatura (tokom zagrevanja čvrstoća čelika za prednaprezanje se smanjuje za više od 50% pri temperaturi od oko 400°C). U slučaju požara može se očekivati da usled visoke temperature dođe do deformacije kablova unutar rigli, ali kako se radi o atheziono prednapregnutoj konstrukciji, to ne bi trebalo da ugrozi stabilnost celine.

Na osnovu posledica požara koji se 2020. godine dogodio u Beogradu na zgradi izvedenoj u IMS sistemu, zaključuje se da je opravdano kriterijume otpornosti nosećih elemenata građevinske konstrukcije smatrati zadovoljenim. U pomenutom požaru noseći stubovi i ploče su oštećeni, ali nije došlo do njihovog obrušavanja (Sl. 5.72).



Sl. 5.72 – Noseći elementi IMS konstrukcije zgrade u ulici Milutina Milankovića 110 oštećeni u požaru koji se dogodio 2020. godine (Milovanović, 2020)

Zgrada je izvedena sa ravnim krovom konstruisanim kao kasetirana tavanica preko koje su postavljeni sledeći slojevi: bitumenska lepenka, tarolit, šuplja opeka, beton za pad i bitumen kao završni sloj. Iako pojedini slojevi krovnog pokrivača ne ispunjavaju zahtev u pogledu klase reakcije na požar može se smatrati da krovni pokrivač ispunjava postavljene kriterijume jer je krovna konstrukcija objekta požarno izdvojena od ostalog dela objekta međuspratnom konstrukcijom otpornom prema požaru 2 h a takođe je obezbeđeno i vertikalno prekidno rastojanje.

Pregradni zidovi između dva stana i pregradni zidovi koji odvajaju stan od svih ostalih prostora su izvedeni od punih gipsanih ploča ili opeke izolovane betonskim pločama od piljevine te kao takve zadovoljavaju postavljene kriterijume.

Ulazna vrata stambenih jedinica su izvedena od punog drveta i nalaze se na međusobnom rastojanju većem od 1,0 m na osnovu čega se smatra da takođe zadovoljavaju kriterijume.

Evakuacioni putevi

U kontekstu perormansi evakuacionih puteva, predmetni objekat zadovoljava manje od polovine postavljenih zahteva (Tab. 5.29).

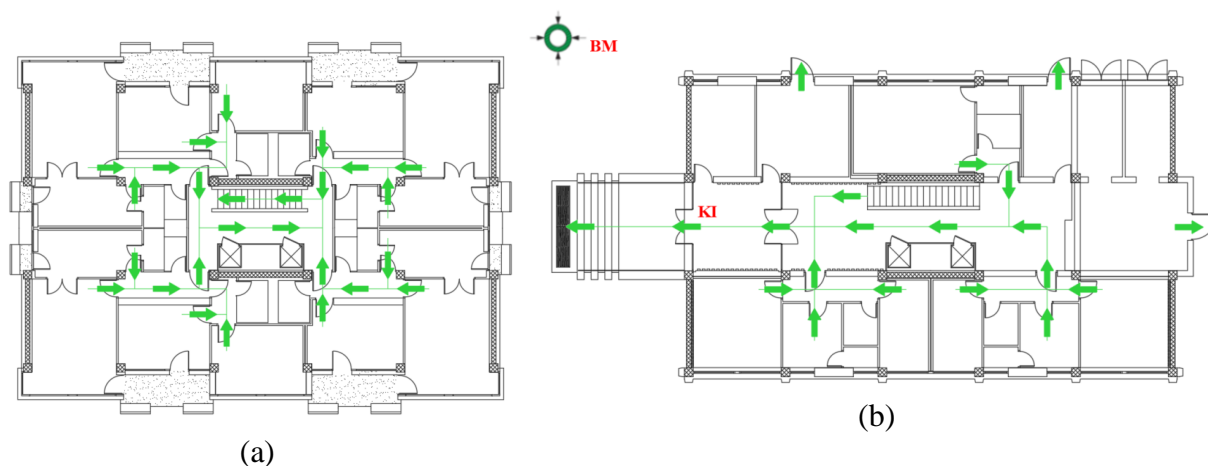
Tab. 5.29 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara evakuacionih puteva visoke slobodnostojeće stambene zgrade NF-26

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade	Ispunjenost kriterijuma
DEO 4: EVAKUACIONI PUTEVI	
Koridor evakuacije	
<i>U objektu postoji koridor evakuacije</i>	NE
Sigurnosna stepeništa	
<i>U objektu postoji sigurnosno stepenište</i>	NE
Veza podruma i gornjih etaža	
<i>Podzemna etaža nije povezana sa gornjim etažama zajedničkim stepeništem ili postoji zajedničko stepenište ali je funkcionalna veza podruma i stepeništa ostvarena preko pretprostora</i>	NE
Evakuacioni izlazi	
<i>Na svim evakuacionim izlazima postoje zaokretna vrata, koja se otvaraju u smeru evakuacije</i>	DA
<i>Izlazi i prilazi izlazima pristupačni</i>	DA*
<i>Put do izlaznih vrata vodi kroz prostoriju koja se ne zaključava</i>	DA
<i>Prilazni putevi krajnjim izlazima nisu ugroženi požarom</i>	NE
<i>Svi krajnji izlazi iz objekta vode u bezbedan prostor - neposredno na ulicu</i>	DA
<i>Visina krajnjeg izlaz iz objekta $\geq 2,30$ m</i>	NE (2,2 m)
<i>Ispred ulaznih vrata postoji ravan pešački plato dimenzija najmanje 1,50 x 1,50 m</i>	DA (3,8 x 3,2 m)
<i>Svetla širina jednokrlnih vrata na evakuacionom putu $\geq 0,9$ m i $\leq 1,20$ m</i>	DA (0,9 m)
<i>Širina krila dvokrlnih vrata na evakuacionom putu $\geq 0,70$ m i $\leq 1,20$ m</i>	DA (0,75 m)
<i>Dubina vetrobranskog prostora $\geq 2,4$m</i>	DA
<i>Pod vetrobrana je u nivou ulaznog hola, odnosno stepenišnog prostora zgrada</i>	DA
<i>Sve staklene pregrade (izlazna vrata) su od nelomljivog stakla i obezbeđene fizičkom zaprekom na visini od 90 cm i označene na visini od 140 do 160 cm</i>	NE
<i>Svaka podzemna etaža ima najmanje dva izlaza, od kojih jedan vodi direktno u spoljni prostor</i>	NE
<i>Izlaz iz podrumskih prostorija nije udaljen od krajnjeg izlaza iz objekta više od 20 m</i>	DA
Evakuacioni put	
<i>Minimalna korisna širina evakuacionog puta $\geq 1,25$ m</i>	NE
Oznake i osvetljenost evakuacionih puteva	
<i>Svi izlazi iz objekta u slučaju požara su označeni uočljivim znakovima</i>	NE
<i>Svi izlazi iz objekta su obeleženi znakovi adekvatne namene</i>	NE

Svi smerovi evakuacije iz objekta u slučaju požara su označeni uočljivim znakovima	NE
Svi smerovi evakuacije iz objekta su obeleženi znakovi adekvatne namene	NE
Sva vrata, prolazi, stepeništa koja ne služe za evakuaciju su označena znakom koji ukazuje na stvarnu namenu vrata, prolaza, stepeništa	NE
U objektu postoji sigurnosna rasveta evakuacionih puteva	NE
Elementi pristupačnosti za savladavanje visinskih razlika - prilazi do objekta	
Rampe za pešake i korisnike invalidskih kolica	
Nagib rampe $\leq 8,3\%$ (1:12) za kratka rastojanja (do 6m)	NE (52%)
Ukupna dužina rampe ≤ 15 m	DA (2,7m)
Čista širina rampe za jednosmeran prolaz ≥ 90 cm	NE (60 cm)
Rampa sa spoljnih strana zaštićena ivičnjacima visine 5 cm, širine 5 - 10 cm i opremljena dvovisinskim rukohvatima podesnog oblika za prihvatanje na visini od 70 cm, odnosno 90 cm	NE
Površina rampe je čvrsta, ravna i otporna na klizanje	NE
Spoljno stepenište	
Širina stepenišnog kraka ≥ 120 cm	DA (2,9 m)
Širina gazišta ≥ 33 cm	DA (33cm)
Visina stepenika ≤ 15 cm	DA (15cm)
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	14/32

Pored nepostojanja požarnih sektora, još jedan od najvećih nedostataka predmetnog objekta jeste to što u objektu ne postoji koridor evakuacije, a samim tim ni sigurnosno stepenište koje je deo koridora evakuacije.

U slučaju potrebe za evakuacijom, stanari se evakušu od polaznog mesta do prvog izlaza – iz stana, zatim hodnikom do glavnog stepeništa, stepeništem do prizemlja, a zatim kroz hol i vetrobranski prostor do krajnjeg izlaza iz zgrade i preko platoa i pristupnog stepeništa do bezbednog mesta (BM) koje se nalazi na adekvatnoj udaljenosti od zgrade (Sl. 5.73).



Sl. 5.73 – Prikaz puta evakuacije iz predmetne zgrade: (a) smer evakuacije sa spratova; (b) smer evakuacije iz prizemlja, preko krajnjeg izlaza (KI) do bezbednog mesta (BM);

Osobe koje se u slučaju požara zateknu u suterenu su posebno ugrožene, jer suteran nema zaseban izlaz i povezan je sa gornjim etažama zajedničkim stepeništem, usled čega se evakuacija sprovodi putem glavnog izlaza u prizemlju.

Evakuacioni izlazi zadovoljavaju većinu postavljenih zahteva (10/14). Na svim evakuacionim izlazima (izuzev prvog izlaza) postoje zaokretna vrata, koja se otvaraju u smeru evakuacije. Širina svih vrata na evakuacionom putu odgovara postavljenim uslovima. Put do izlaznih vrata vodi kroz ulazni hol i vetrobranski prostor koji se ne zaključava. Dimenzije vetrobranskog prostora su u skladu sa postavljenim kriterijumima, dok je visina krajnjeg izlaza manja od propisane. Izlaz i prilaz izlazu je uglavnom pristupačan, pri čemu saksijsko cveće u ulaznom holu i vetrobranskom prostoru može predstavljati prepreku prilikom evakuacije (Sl. 5.74a). Poštanski sandučići u ulaznom holu (Sl. 5.74b) mogu biti potencijalni izvor požara kao posledica vandalizma (namernog paljenja), usled čega se prilazni put krajnjem izlazu može smatrati ugroženim u kontekstu požara. Krajnji izlaz iz objekta vodi u bezbedan prostor - neposredno na ulicu. Izlazna vrata su od nelomljivog stakla i obezbeđena su fizičkom zaprekom na visini od 90 cm, međutim nisu označena na visini od 140 do 160 cm, kako je zahtevano. Ispred izlaza postoji ravan pešački plato i pristupno stepenište odgovarajućih dimenzija. Nagib i širina rampe za pešake i korisnike invalidskih kolica su takvi da je njena primena onemogućena (Sl. 5.75).

Evakuacioni putevi ne zadovoljavaju nijedan od postavljenih kriterijuma u kontekstu njihovog obeležavanja i osvetljenosti. U objektu ne postoji sigurnosna rasveta evakuacionih puteva kao ni oznake koje upućuju na smer evakuacije. Pojedina vrata nemaju nikakvu oznaku koja ukazuje na njihovu stvarnu namenu.

Širina stepenišnog kraka iznosi 1,10 m, a najmanja širina hodnika 1,20 m (Sl. 5.76a) na osnovu čega širina evakuacionog puta takođe ne odgovara zahtevanim uslovima. Na pojedinim etažama u hodnicima i stepenišnom prostoru su prisutne prepreke u vidu saksijskog cveća (Sl. 5.76c) koje dodatno sužavaju put evakuacije i posledično mogu ometati evakuaciju.



(a)



(b)

Sl. 5.74 – Ulazni hol i vetrobranski prostor: (a) saksijsko cveće u ulaznom holu i vetrobranskom prostoru koje može predstavljati prepreku prilikom evakuacije; (b) poštanski sandučići u ulaznom holu mogu biti potencijalni izvor požara kao posledica vandalizma (namernog paljenja);



Sl. 5.75 – Pristupno stepenište i rampa



Sl. 5.76 – Evakuacioni putevi: (a) nedovoljna širina glavnog stepeništa i hodnika; (b) prepreke u vidu saksijskog cveća; (c) prepreke u vidu nameštaja;

Na osnovu rezultata sprovedene analize zaključuje se da, usled nepostojanja koridora evakuacije i sigurnosnog stepeništa, u slučaju izbijanja požara, evakuacija iz objekta bi se odvijala u nesigurnim i nebezbednim uslovima jer bi se osobe zatečene u požaru prilikom evakuacije kretale komunikacionim prostorijama u kojima nije sprečen prodor plamena i dima iz prostorija za boravak i drugih prostorija ugroženih požarom. Otežanim uslovima evakuacije doprinose i neosvetljeni i neobeleženi putevi evakuacije, kao i nedovoljna širina puta evakuacije što bi tokom evakuacije dovelo do stvaranja uskih grla i gomilanja ljudi.

Liftovi

Liftovi u objektu zadovoljavaju manje od 15% postavljenih zahteva zaštite od požara (Tab. 5.30).

U objektu postoje dva lifta koji su pristupačni sa evakuacionog puta (Sl. 5.77). Konstrukcija lifta je montažna čelična zastakljena armiranim staklom. Pogon lifta je postavljen u voznom oknu, a orman komande za upravljanje (kontrolno upravljačka tabla) je postavljen na najvišoj etaži objekta.

Tab. 5.30 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara liftova visoke slobodnostojeće stambene zgrade NF-26

<i>Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 5: LIFTOVI</i>	<i>Ispunjenost kriterijuma</i>
<i>Pristupačnost liftova</i>	
<i>Liftovi pristupačni iz provetravanog pretprostora lifta/pretprostora koji dele lift i sigurnosno stepenište</i>	NE
<i>Konstrukcija objekta koja nosi liftovsku konstrukciju</i>	
<i>Konstrukcija objekta koja nosi liftovsku konstrukciju otporna prema požaru najmanje 1,5 h (REI 90) izvedena od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</i>	NE
<i>Zidovi okna za lift otporni prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) izvedeni od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</i>	NE
<i>Liftovska konstrukcija</i>	
<i>Kabina lifta i vrata voznog okna lifta od negorivog materijala</i>	NE
<i>Vrata voznog okna se zatvaraju automatski</i>	NE
<i>Mehanizam lifta</i>	
<i>Lift opremljen uređajima koji omogućavaju da se u slučaju požara kabina automatski dovede u prizemlje i da se, posle izlaska lica lift automatski isključi iz rada.</i>	NE
<i>Pogon lifta</i>	
<i>Pogon lifta smešten u posebnu prostoriju (mašinska prostorija) ili postavljen u voznom oknu, a orman komande za upravljanje (kontrolno upravljačka tabla) je postavljen na najvišoj etaži objekta</i>	DA
<i>Ukupno ispunjenih kriterijuma:</i>	<i>1/7</i>

Konstrukcija i zidovi okna za lift ne zadovoljavaju postavljene zahteve otpornosti prema požaru. Liftovi nisu opremljeni uređajima koji omogućavaju da se u slučaju požara kabina automatski dovede u prizemlje i da se, posle izlaska lica, lift automatski isključi iz rada.



Sl. 5.77 – Liftovi

Sistemi ventilacije i/ili klimatizacije i grejanja

Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara sistema ventilacije i/ili klimatizacije i grejanja u predmetnoj zgradi su prikazani u Tab. 5.31.

U objektu postoji sistem za grejanje koji zadovoljava postavljene kriterijume jer je podstanica za toplu vodu smeštena u posebnu prostoriju.

Kriterijumi nsvedeni u ček-listi koji se odnose na sisteme ventilacije i klimatizacije, kao i na bezbednosne sisteme za odvođenje dima i toplote i sisteme za natpritisak nisu relevantni jer ovi sistemi ne postoje u predmetnom objektu.

Tab. 5.31 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara sistema ventilacije i/ili klimatizacije i grejanja u visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi NF-26

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 6: SISTEMI VENTILACIJE I/ILI KLIMATIZACIJE I GREJANJA	Ispunjenost kriterijuma
Podstanica za toplu vodu	
Podstanica za toplu vodu u objektu smeštena u posebnu prostoriju	DA
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	1/1

Električne instalacije

Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara električnih instalacija u predmetnoj zgradi su prikazani u Tab. 5.33.

Tab. 5.32 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara električnih instalacija u visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi NF-26

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 7: ELEKTRIČNE INSTALACIJE	Ispunjenost kriterijuma
Elektroenergetsko postrojenje niskog napona sa suvim transformatorima	
Prostorija za smeštaj elektroenergetskog postrojenja niskog napona izdvojena u posebni požarni sektor	NE
Rezervni i sigurnosni izvori za napajanje	
U objektu postoji rezervni izvor snabdevanja električnom energijom	NE
Rasklopni blokovi i druge table sa elementima električnih instalacija	
Električna instalacija u objektu napravljena tako da se iz prizemlja ili spolja može brzo isključiti	DA
Rasklopni blokovi i druge table sa elementima električnih instalacija izgrađeni od negorivog materijala karakteristike reakcije na požar klase "A1"	DA
Glavni rasklopni blokovi i druge glavne table sa elementima električnih instalacija nalaze se u prostorijama koje su od ostalih prostorija u objektu odvojene zidovima i vratima otpornim prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenim od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0 OPCIONO: rasklopni blokovi i druge table sa elementima električnih instalacija koji napajaju delove etaže objekta ili pojedine prostorije postavljeni u nišama na evakuacionom putu koje su od evakuacionog puta odvojene pregradom otpornom prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenim od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0	NE
U instalacionim kanalima električnih instalacija nisu prisutne druge instalacije, uređaji i oprema	DA
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	3/6

Električna instalacija u objektu napravljena tako da se iz prizemlja može brzo isključiti, međutim glavni rasklopni blokovi i druge glavne table sa elementima električnih instalacija su postavljeni u niši u ulaznom holu prizemlja i od evakuacionog puta su odvojene pregradom koja ne poseduje zahtevanu otpornost prema požaru i čiji sastav ne ispunjava uslove propisanih karakteristika reakcije na požar (Sl. 5.78).

U instalacionim kanalima električnih instalacija nisu prisutne druge instalacije, uređaji i oprema.

U objektu ne postoji rezervni izvor snabdevanja električnom energijom.

U objektu u posebnoj prostoriji u prizemlju postoji elektroenergetsko postrojenje niskog napona sa suvim transformatorima, koje nije izdvojeno u posebni požarni sektor.



Sl. 5.78 – Glavni razvodni ormar u ulaznom holu i prostorija trafostanice u prizemlju zgrade

Posebni sistemi i mere

U kontekstu performansi posebnih sistema i mera u predmetnoj zgradi je ispunjeno je manje od polovine kriterijuma (Tab. 5.33).

U objektu ne postoji sistem za otkrivanje i dojavu požara.

U objektu ne postoji ni stacionarni sistem za gašenje požara (na osnovu požarnog rizika određenog metodom EUROALARM preporučuje se postojanje ovog sistema).

Objekat je obezbeđen unutrašnjom hidrantskom mrežom, dok spoljni hidranti nisu identifikovani u okruženju objekta. Unutrašnja hidrantska mreža je izvedena tako da je neposrednim gašenjem moguće obuhvatiti svaku prostoriju objekta. Hidrantski ormari su postavljeni na na svakom parnom spratu u hodniku objekta i lako su uočljivi i ne ometaju evakuaciju. Ventil unutrašnjeg hidranta u hidrantskom ormaru je postavljen na adekvatnoj visini od poda, međutim unutar hidrantskih ormara nedostaje pripadajuća oprema (Sl. 5.79) usled čega se hidranti mogu smatrati nedostupnim, a takođe je evidentno odsustvo obavezne kontrole instalacija hidrantske mreže.

Tab. 5.33 – Ispunjenost kriterijuma bezbednosti od požara za visoku slobodnostojeću stambenu zgradu NF-26 u kontekstu posebnih sistema i mera

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 8: POSEBNI SISTEMI I MERE	Ispunjenost kriterijuma
Sistem za otkrivanje i dojavu požara	
U objektu je ugrađen sistem za otkrivanje i dojavu požara	NE
Stacionarni sistem za gašenje požara	
U objektu postoji stacionarni sistem za gašenje požara (ukoliko je prethodno, metodom EUROALARM, utvrđena potreba za postojanje ovog sistema)	NE*
Hidrantska mreža	
Objekat obezbeđen spoljnom hidrantskom mrežom	NE
Objekat obezbeđen unutrašnjom hidrantskom mrežom na čijim cevovodima su postavljeni unutrašnji hidranti sa pripadajućom opremom smešteni u hidrantske ormare	NE*
Unutrašnja hidrantska mreža izvedena tako da je neposrednim gašenjem moguće obuhvatiti svaku prostoriju objekta (adekvatno rastojanje zidnih hidranata u zavisnosti od dužine vatrogasnog creva - 15 m, 20m ili 30m + 5m dužina mlaza)	DA*
Hidrantski ormari postavljeni na adekvatnim mestima koja su lako uočljiva i ne ometaju evakuaciju (u hodnicima objekta, prolazima, stepenišnim prostorima i/ili evakuacionim putevima, u neposrednoj blizini ulaznih vrata prostorija koje mogu biti ugrožene požarom)	DA*
Ventil unutrašnjeg hidranta u hidrantskom ormaru postavljen na visini 1,5 m od poda	DA
Hidranti stalno dostupni, a prostor oko hidranta je slobodan	NE
Instalacija hidrantske mreže se kontroliše na svakih šest meseci od strane ovlašćenog pravnog lica (postoji adekvatna dokumentacija o poslednjoj sprovedenoj kontroli)	NE
Aparati za početno gašenje požara	
U objektu se nalazi odgovarajući broj aparata za početno gašenje požara	NE
Najveća udaljenost između mesta na kojem je smešten aparat za početno gašenje požara i mesta na kojem se može zateći osoba u slučaju požara ≤ 20 m	NE
Aparati za početno gašenje požara postavljeni na vidnim i pristupačnim mestima, na podu ili okačeni na zid tako da je ručka aparata na visini do 1,5 m od poda	DA
Aparati za početno gašenje požara se kontroliše na svakih šest meseci od strane ovlašćenog pravnog lica (postoji adekvatna dokumentacija o poslednjoj sprovedenoj kontroli)	DA
Pravila zaštite od požara	
Objekat poseduje Pravila zaštite od požara (Plan evakuacije i Uputstvo za postupanje)	DA
Grafički deo Plana evakuacije istaknut na vidljivom mestu na svakoj etaži objekta i pruža adekvatne informacije	DA
Uputstva za postupanje u slučaju požara istaknuta na vidljivom mestu i pruža adekvatne informacije	DA
Vežbe evakuacije i vežbe upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu	
Skupština stanara najmanje jednom u pet godina organizuje i učestvuje u vežbi evakuacije	NE
Skupština stanara najmanje jednom u pet godina organizuje i učestvuje u vežbi upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu	NE
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	8/18



Sl. 5.79 – Hidrantski ormari sa nepotpunom opremom

U objektu na svakom neparnom spratu postoje aparati za gašenje početnog požara prahom (tip S-6). S obzirom da najveća udaljenost između mesta na kojem je smešten aparat za početno gašenje požara i mesta na kojem se može zateći osoba u slučaju požara prevazilazi postavljeni uslov, broj aparata se smatra nedovoljnim. Aparati su postavljeni na vidnim i pristupačim mestima - okačeni na zid tako da je ručka aparata na odgovarajućoj visini od poda (Sl. 5.80). Aparati su zaključani tako da bi u slučaju požara bilo potrebno razbiti staklo. Aparati se kontrolišu na svakih šest meseci od strane ovlašćenog pravnog lica.

Objekat poseduje Pravila zaštite od požara koja uključuju Plan evakuacije i Uputstvo za postupanje u slučaju požara. Grafički deo Plana evakuacije je istaknut na vidljivom mestu na svakoj etaži objekta i pruža adekvatne informacije. Uputstva za postupanje u slučaju požara je istaknuto u okviru grafičkog dela Plana evakuacije i pruža adekvatne informacije (Sl. 5.80).

VSJ redovno sprovodi na visokim objektima vežbe evakuacije, međutim u većini slučajeva je odziv stanara slab (stanari uglavnom ne učestvuju u ovim vežbama). Vežbe upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu se ne organizuju.



Sl. 5.80 – Aparat za početno gašenje požara i Plan evakuacije

5.5.3.4. Procena rizika od požara u pogledu zahteva za ugradnjom sistema za zaštitu od požara

Procena rizika od požara je sprovedena primenom polukvantitativne metode EUROALARM, opisane u poglavlju 4.3.5.3. Rezultati procene su dati u nastavku

Požarno opterećenje zgrade

Usvojena je prosečna vrednost specifičnog požarnog opterećenja od 702 MJ/m^2 , proizašla iz studija o veličini požarnog opterećenja u stambenim zgradama (Džolev et al., 2020), opisana u metodologiji.

Požarni rizik konstrukcije zgrade

Koeficijent požarnog opterećenja sadržaja objekta

Kada se za specifično požarno opterećenje stambenih jedinica usvoji vrednost od 702 MJ/m^2 , iz Tab. 4.14 se za koeficijent požarnog opterećenja sadržaja objekta usvaja vrednost $Po=1,4$.

Koeficijent sagorljivosti sadržaja u objektu

Za stambene objekte usvaja se III klasa opasnosti od požara (zapaljive materije) na osnovu čega se iz Tab. 4.15 za koeficijent sagorljivost usvaja vrednost $C=1,2$.

Koeficijent požarnog opterećenja materijala ugrađenih u konstrukciju objekta

Kako je specifično požarno opterećenje stambenih jedinica 702 MJ/m^2 , iz Tab. 4.16 se za koeficijent požarnog opterećenja materijala ugrađenih u konstrukciju objekta usvaja vrednost $Pk=0,2$.

Koeficijent veličine i položaja požarnog sektora

Predmetna zgrada nie podeljena na požarne sektore usled čega se može posmatrati kao jedan požarni sektor. Na osnovu karakteristika zgrade, za koeficijent veličine i položaja požarnog sektora usvaja se vrednost $B=1,6$ (Tab. 4.17). Bruto razvijena građevinska površina zgrade iznosi $4612,7 \text{ m}^2$. Objekat se sastoji od 15 etaža, od kojih se jedna nalazi u suterenu.

Koeficijent kašnjenja početka intervencije

Teritorijalna profesionalna vatrogasna jedinica je udaljena oko 3 km od analiziranog objekta, a procenjeno vreme pristizanja je oko 10 minuta, na osnovu čega se iz Tab. 4.18 usvaja koeficijent kašnjenja početka gašenja $L=1,1$.

Koeficijent širine požarnog sektora

Analizirana stambena zgrada ima širinu manju od 20m i predstavlja jedan požarni sektor na osnovu čega se iz Tab. 4.19 usvaja koeficijent širine požarnog sektora $S=1,0$.

Koeficijent otpornosti na požar noseće konstrukcije zgrade

U cilju određivanja koeficijenta otpornosti na požar noseće konstrukcije zgrade, za međuspratnu konstrukciju (za koju kvalitativnom procenom nije bilo moguće odrediti otpornost na požar) je sprovedena numerička analiza prenosa toplote primenom računarskog softvera FIRE (Prilog 10). Na osnovu generisanih temperatura u preseku, nakon 2 sata izloženosti dejstvu standardnog požara ISO 834 sa donje strane, za međuspratnu tavanicu zaštićenu plafonskom konstrukcijom izvedenom od gips-kartonskih ploča, zaključeno je da

njena otpornosti na požar iznosi minimum 120 minuta, na osnovu čega se koeficijentu otpornosti na požar noseće konstrukcije objekta dodeljuje vrednost $W=1,8$ (Tab. 4.20). U podrumskim prostorijama, gde tavanica nema plafonsku konstrukciju, usled direktne izloženosti dejstvu požaru, procenjena otpornost na požar iznosi manje od 30 minuta, i ovde se mogu očekivati lokalna oštećenja koja neće uticati na stabilnost i nosivost zgrade.

Koeficijent smanjenja požarnog rizika

Kao posledica porasta požarnog opterećenja i niskih performansi materijala i proizvoda po kriterijumu reakcije na požar usled primene novih proizvoda u opremanju stambenih zgrada, sa visokim sadržajem organskih sintetičkih materijala i vezivnih sredstava (Draganić, Laban & Milanko, 2016), u objektu se očekuje brz i intenzivan razvoj požara. Sprovedeno je nekoliko eksperimenata kako bi se uporedio uticaj promene požarnog opterećenja u stambenim objektima. Ovi eksperimenti pokazuju da je nekada za potpun razvoj požara u dnevnom boravku od trenutka izbijanja bilo potrebno 30 minuta, a danas ovo vreme iznosi manje od 5 minuta (Kerber, 2012). Na osnovu navedenog, ne preporučuje se redukcija požarnog rizika objekta te se za koeficijent smanjenja požarnog rizika usvaja vrednost $Ri=1,0$ (Tab. 4.21).

Za razmatrani objekat primenom odgovarajućih koeficijenata dobijeno je da požarni rizik objekta iznosi $Ro=3,3$.

$$Ro = \frac{[Po \cdot C + Pk] \cdot B \cdot L \cdot S}{W \cdot Ri} = \frac{[1,4 \cdot 1,2 + 0,2] \cdot 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0}{1,8 \cdot 1,0} = 1,8$$

Požarni rizik sadržaja zgrade

Koeficijent opasnosti po ljude

U objektu se očekuje S obzirom da je u pitanju visoki stambeni objekat gde je prisutan veliki broj ljudi, uključujući nepokretna ili slabo pokretna lica (kao što su bolesnici, deca, starci) i u kome ne postoji sigurnosno stepenište, smatra da postoji opasnost za ljude i očekuje se otežana evakuacija usled brzog razvoja požara i jakog zadimljenja. Posledično, iz Tab. 4.22 se usvaja koeficijent opasnosti po ljude $H=3,0$.

Koeficijent rizika imovine

Sadržina predmetne zgrade ima određenu vrednost i sklona je uništenju, pa koeficijent rizika imovine ima vrednost $D=2,0$ (Tab. 4.23).

Koeficijent delovanja dima

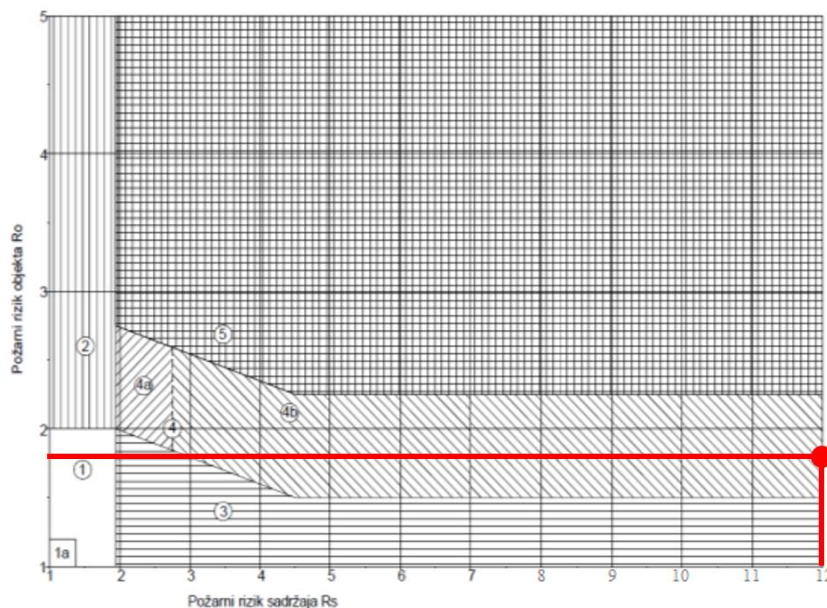
Pretpostavlja se da se u zgradi više od 30% ukupne mase svih gorivih materijala sastoji od materija koje stvaraju dim ili izlučuju otrovne produkte sagorevanja usled čega se za koeficijent delovanja dima usvaja se vrednost $F=2,0$ (Tab. 4.24).

Na osnovu usvojenih koeficijenata, izračunava se požarni rizik sadržaja objekta. Požarni rizik za sadržaj objekta iznosi $Rs=12,0$.

$$Rs = H \cdot D \cdot F = 3,0 \cdot 2,0 \cdot 2,0 = 12,0$$

Proračunska tačka požarnog rizika za posmatrani stambeni objekat nalazi se u polju 4b (Dij. 5.12) na osnovu čega se može zaključiti da je u zgradi neophodna ugradnja stacionarnog

sistema za automatsku dojavu požara, a preporučuje se i ugradnja stacionarnog sistema za automatsko gašenje požara.



Dij. 5.12 – Dijagram odluke na osnovu požarnog rizika visoke slobodnostojeće stambene zgrade NF-26

5.5.3.5. Kvanitifikacija rizika od požara

Za grupu zgrada izgrađenih po istom projektu, klasifikovanih u tip B2, podtip B2-h, kojoj pripada i predmetna zgrada NF-26, metodom stabla događaja su formulisani mogući požarni scenariji (Sl. 5.81) (Laban et al., 2020b).

Prema statističkim podacima analiziranim u prethodnom poglavlju, tokom tri godine u Novom Sadu se dogodilo 366 požara u stambenim zgradama, od čega se najveći broj požara dogodio u kuhinjama (43%), kao posledica zaboravljenog jela ili neispravnog kućnog aparata.

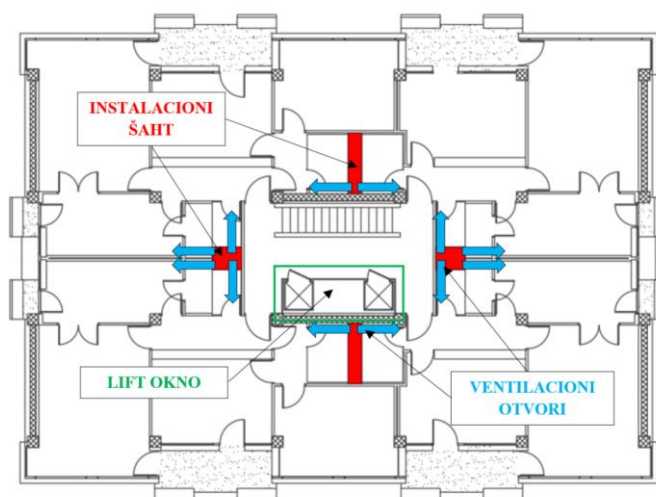
Shodno navedenim podacima, pretpostavljeni izvor paljenja u požarnom scenariju je zaboravljeno jelo na šporetu ili neispravan kućni aparat, dok u stanu nema nikoga. Početna vrednost verovatnoće pretpostavljenog hazarda požara iznosi 43%.

Rezultati ankete prethodno sprovedene među stanarima visokih stambenih objekata u cilju analize požarne bezbednosti stambenih zgrada (Milanko, 2006), ukazuju na to da 10% stanara smatra da su dobro informisani o preventivnim merama i postupku evakuacije, ali samo 5% stanara smatra da su obučeni za postupanje u slučaju požara. Čak 80% anketiranih smatraju da nisu ni pripremljeni ni obučeni za postupak u slučaju požara. Rezultati pokazuju da u slučaju požara niko od anketiranih stanara ne bi koristio lift, dok bi 90% stanara koristilo sigurnosno stepenište ukoliko bi ono postojalo u zgradi. Dodatno, svega 25% anketiranih je obratilo pažnju na puteve evakuacije i oznake u njihovim zgradama, dok 65% smatra da će vatrogasci stići na vreme da ih spasu.

U daljem toku požarnog scenarija dolazi do potpunog razvoja požara, jer u stambenoj jedinici u kojoj je došlo do izbijanja požara nema nikoga ko bi ugasio požar u početnoj fazi, a ne postoji ni stacionarni sistem za gašenje požara. Zidni hidranti u zgradi su nekompletni tako da nisu uključeni u požarni scenario.

Zgrada nije podeljena na požarne i dimne sektore, usled čega dolazi do širenja vatre i dima na susedne stanove i glavno stepenište. Identifikovana su najmanje tri načina širenje vatre i dima:

- kroz četiri vertikalna instalaciona šahta, od kojih svaki putem ventilacionih kanala i otvora u kupatilima i ostavama povezuje po vertikali polovinu stanova u zgradi; šahtovi su od stepeništa odvojeni samo drvenom pločom ili gipsanim zidom (Sl. 5.82 i Sl. 5.83);
- kroz drvena ulazna vrata stanova ka stepeništu;
- kroz lift okno koje je od stepenišnog prostora odvojeno samo staklenom pregradom debljine 4 mm;



Sl. 5.82 – Položaj instalacionih šahtova, ventilacionih otvora i lift okna u stambenoj zgradi NF-26

Širenje požara je takođe moguće preko zidova susednih stanova i fasade zgrade, ali bi za to verovatno trebalo više vremena, nego za prethodno navedene načine.

Scenario predviđa da će se u prvoj fazi dim širiti kroz ventilacione i instalacione kanale u druge stanove u zgradi. Vremenom, neko će primetiti dim ili vatru, alarmirati ostale stanare i pozvati VSJ-u. U zgradi ne postoji sistem za alarmiranje, te se jedinom načinu alarmiranja stanara (od strane drugih stanara) dodeljuje verovatnoća uspeha od 35%. Čak i kad u predmetnim zgradama postoji sistem za alarmiranje u vidu ručnih javljača, oni se uglavnom smatraju nepouzdanim usled toga što su instalirani pre mnogo godina i često se dešava da je jedan broj demontiran, a ispravnost ostalih nije proveravana.

Nakon uzbunjivanja stanara, stanari imaju opciju da se evakušu ili da ostanu u svojim stanovima i čekaju da pristigne vatrogasna jedinica i spasi ih. S obzirom da u zgradi ne postoji sigurnosno stepenište, jedini put evakuacije je glavno stepenište pozicionirano u centralnom delu zgrade.

U daljem toku scenarija, dim nastavlja da se širi velikom brzinom kroz drvena ulazna vrata stanova i ispunjava stepenišni prostor penjući se ka gornjim etažama, kao i lift okno. U objektu ne postoji sigurnosna rasveta evakuacionih puteva te se u slučaju zadimljavanja stepeništa očekuje otežana evakuacija stanara. Evakuacija dima iz stepenišnog prostora je moguća samo na poslednjoj etaži, kroz izlazna vrata koja vode na ravan krov (Sl. 5.83), međutim vrata su zaključana i iz tog razloga nisu predviđena kao otvor za dim u požarnom scenariju. Liftovi u zgradi nisu opremljeni uređajima koji omogućavaju da se u slučaju požara kabina automatski dovede u prizemlje i da se automatski isključi iz rada, pa postoji i mogućnost da će neko pokušati da se evakuiše liftom.



Sl. 5.83 – Izlazna vrata koja vode na ravan krov i instalacioni šahtovi

Scenario predviđa da će stanari koji su učestvovali u vežbi i procesu edukacije (10%) brzo i uspešno evakuisati nakon alarmiranja. Na osnovu rezultata anketa, u okviru požarnog scenarija pretpostavlja se da će 25% stanara pokušati evakuaciju glavnim stepeništem (zakasnela evakuacija), dok se 65% stanara neće evakuisati, već će čekati u svojim stanovima da ih spasi VSJ (nema evakuacije).

Od momenta dojave, vatrogasnoj jedinici je potrebno do 10 minuta da stigne do objekta, pri čemu su moguća dva slučaja:

- 1) VSJ stiže na vreme da izvrši ventilaciju stepeništa i spase stanare koji su kasno započeli evakuaciju stepeništem ispunjenim dimom;
- 2) VSJ stiže na vreme da ograniči razvoj požara i ugasi požar, ali prekasno da spase stanare koji su kasno započeli evakuaciju;

Primarni zadatak VSJ je spašavanje ljudskih života i ograničavanje širenja požara a, zatim, gašenje požara. Dim može takođe da uspori intervenciju i oteža operacije spašavanja. Po pristizanju, VSJ otvara vrata koja vode na krov i aktivira mobilnu opremu za nadpritisnu prinudnu ventilaciju i ova aktivnost predstavlja požarnu barijeru koja ima za cilj olakšavanje evakuacije ljudi.

Rezultati sprovedene kvantitativne procene rizika od požara stambene zgrade NF-26, primenom metode stabla događaja, su dati u Tab. 5.34. U slučaju požara, najveću verovatnoću da prežive imaju stanari koji ostanu u svojim stanovima i sačekaju vatrogasnu brigadu da ih spasi (scenario B). Najmanju verovatnoću da prežive imaju stanari koji kasno započnu evakuaciju, putem stepeništa ispunjenog produktima sagorevanja (scenario C i G). Dobijeni kombinovani preostali faktor rizika je 0,89958, odnosno preostali rizik po ljudske živote je

smanjen na 89,96% od početne vrednosti. Na osnovu ovoga, primenjene mere zaštite se u slučaju požara smatraju nedovoljnim da snize rizik na prihvatljiv nivo.

Tab. 5.34 – Procena verovatnoće, posledica i preostale vrednosti rizika za različite požarne scenarije u visokoj stambenoj zgradi NF-26

Požarni scenario	Verovatnoća scenarija	Preostali faktor verovatnoće	Preostali faktor posledice	Preostali faktor rizika
A	0,02925	1,00	1,00	0,02925
B	0,55575	1,00	0,90	0,50018
C	0,21375	1,00	1,00	0,21375
D	0,01125	1,00	0,10	0,00112
E	0,09000	1,00	0,90	0,08100
F	0,01000	0,90	0,81	0,00729
G	0,02375	0,90	0,90	0,01924
H	0,00125	0,90	0,09	0,00010
I	0,00325	0,90	0,90	0,00263
J	0,06475	0,90	0,81	0,04502
	1,00			0,89958

5.6. Faza 6 - Predlog mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja fasada

Na osnovu procenjenog stanja s aspekta trajnosti, energetske efikasnosti i bezbednosti od požara, predložene su mere i rešenja za unapređenje stanja, i to u okviru dva moguća scenarija:

- (1) očuvanja identiteta građevine u potpunosti i
- (2) delimičnog očuvanja identiteta građevine.

U okviru prvog scenarija, ključne mere koje se predlažu su energetska sanacija spoljnih zidova sa unutrašnje strane, sanacija svih identifikovanih defekata i oštećenja na fasadama i ugradnja automatskog sistema za gašenje požara.

U drugom scenariju, predlaže se energetska sanacija spoljnih zidova sa spoljašnje strane, u sistemu kontaktne (tople) ili ventilisane (hladne) fasade, delimična/neophodna sanacija oštećenja i defekata, ugradnja automatskog sistema za detekciju i dojavu požara, kao i izgradnja dva sigurnosna stepeništa.

U oba scenarija za energetska obnovu su odabrani materijali u skladu sa zahtevima bezbednosti od požara visokih zgrada.

Predložene mere su grupisane i analizirane prema nivou implementacije.

5.6.1. Mere koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača

Za unapređenje energetske efikasnosti, trajnosti i bezbednosti od požara fasada analizirane zgrade predlaže se sprovođenje sledećih intervencija na fasadi:

- neophodne intervencije sanacije detektovanih defekata i oštećenja,
- zamena montažnih AB ograda balkona,
- zamena fasadne stolarije i
- postavljanje negorive toplotne izolacije na spoljne zidove.

Izuzev navedenih mera, predlažu se i dodatne mere na elementima termičkog omotača, u cilju obezbeđenja jednakih uslova komfora svim stanarima:

- zamena unutrašnjih gipsanih zidova koji odvajaju kupatilske prostorije stanova od hodnika i
- postavljanje negorive toplotne izolacije na međuspratnu konstrukciju iznad negrejanog prostora (sa donje strane).

Navedene mere su sistematizovane prema elementu fasade ili termičkog omotača na kojem ih je potrebno sprovesti (Tab. 5.35).

Tab. 5.35 – Pregled predloženih mera za unapređenje postojećeg stanja koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača

Element fasade/termičkog omotača	Predlog mera za unapređenje postojećeg stanja
AB zidovi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ uklanjanje klima uređaja i zapunjavanje rupa od instalacija; ➤ čišćenje površinskih nečistoća; ➤ sanacija pukotina* ➤ sanacija tragova pričvršćivanja oplatnih ploča* ➤ sanacija defekata*
Montažni parapeti	<ul style="list-style-type: none"> ➤ uklanjanje završne obloge ➤ sanacija oštećenog betona i korodirale armature ➤ sanacija aktivnih pukotina (sanacija pasivnih pukotina*) ➤ sanacija spojnica
AB ivične grede i konzolne tavanice	<ul style="list-style-type: none"> ➤ uklanjanje završne obloge ➤ sanacija korodirale armature i malog zaštitnog sloja betona ➤ sanacija pukotina
AB stubovi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ sanacija pukotina u delu sokle od veštačkog kamena
AB montažne ograde	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zamena ograda
Fasadna stolarija	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zamena
Ravan krov	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zamena slojeva krova
MK iznad negrejanog prostora	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ugradnja plafonske konstrukcije sa kamenom vunom
Spoljni zidovi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ postavljanje negorive toplotne izolacije
Unutrašnji zidovi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zamena unutrašnjih gipsanih zidova

* intervencija sanacije se sprovodi samo u slučaju da se dodatan sloj TI postavlja sa unutrašnje strane zida

5.6.1.1. Neophodne intervencije sanacije detektovanih defekata i oštećenja

Spoljni zidovi

Intervencije sanacije na spoljnim zidovima su uslovljene položajem dodatnog TI sloja. Ukoliko se dodatan sloj TI postavlja sa spoljne strane zidova, potrebno je pripremiti podlogu (površinu zida) za naknadne intervencije. Ukoliko se dodatan sloj TI postavlja sa unutrašnje strane zidova potrebno je sprečiti dalju degradaciju zidova izazvanu prisutnim defektima i oštećenjima na spoljašnjoj strani, i na taj način produžiti njihovu upotrebljivost i trajnost.

Ukoliko se obnova AB zidova (pozicija SZ-01) sprovodi postavljanjem dodatnog sloja TI sa spoljne strane, predlaže se:

- uklanjanje klima uređaja i zapunjavanje rupa od instalacija klima uređaja;
- čišćenje površinskih nečistoća;

Pre sanacije AB zidova, potrebno je ukloniti sve klima uređaje koji su montirani na njih, a zatim izvršiti zapunjavanje rupa od instalacija klima uređaja klasičnim reparaturnim malterom. Nakon uklanjanja, klima uređaji se mogu izmestiti na balkone stambenih jedinica.

Čišćenje površinskih nečistoća se odnosi na uklanjanje mrlja od vlage, prljavštine, grafita, biološke korozije i eflorescencije. Mogu se primeniti postupci peskiranja i/ili struganja sa odgovarajućim četkama, pri čemu je površine gde je identifikovana biološka korozija potrebno tretirati fungicidnim sredstvima kako bi se sprečio ponovni razvoj. Pre početka čišćenja potrebno je preduzeti određene preventivne mere za zaštitu zgrade i ljudi (npr. planirati sistem za prikupljanje otpada koji nastaje tokom čišćenja, fasadu zgrade pokriti zaštitnom mrežom i dr.).

Ukoliko se obnova AB zidova sprovodi postavljanjem dodatnog sloja TI sa unutrašnje strane, izuzev prethodno navedenih intervencija, predlaže se i:

- sanacija pukotina;
- sanacija tragova pričvršćivanja oplatnih ploča;
- nanošenje dekorativno-zaštitnog premaza;

Sanacija identifikovanih pukotina se sprovodi nekom od metoda injektiranja ili zasecanja i zapunjavanja, a sanacija tragova pričvršćivanja oplatnih ploča utiskivanjem betonskih čepova u prazan prostor. Radi ujednačavanja boje i zaustavljanja daljeg procesa karbonatizacije betona, nakon sanacije se predlaže nanošenje zaštitno-dekorativnog premaza (u boji prirodnog betona) na površinu zidova.

Na montažnim parapetima (pozicija SZ-04) predlažu se sledeće intervencije:

- uklanjanje završne obloge;
- vizueli pregled izložene površine betona parapeta i spojnica;
- sanacija korodirale armature;
- sanacija oštećenog betona;
- sanacija pukotina;
- sanacija spojnica;
- nanošenje završno-dekorativnog maltera;

Ukoliko se obnova parapeta sprovodi postavljanjem dodatnog sloja TI sa unutrašnje strane, sprovode se sve navedene intervencije, a u slučaju postavljanja TI sa spoljne strane od navedenih intervencija sanacije može da izostane sanacija pasivnih pukotina.

Usled opšte degradacije završne obloge montažnih parapeta predlaže se njeno kompletno uklanjanje (npr. peskiranjem i klasičnim struganjem četkama).

Nakon uklanjanja završne obloge, potrebno je pristupiti dijagnostici stanja betonskih površina parapeta, kao i međusobnim spojevima. Na osnovu procenjenog stanja, sprovode se neophodne intervencije sanacije.

Na parapetima gde je identifikovano pucanje, odvajanje i otpadanje betona, ručnim štemovanjem je potrebno ukloniti oštećene (labave) delove betona, očistiti šipke armature zahvaćene korozijom (npr. pomoću žičanih četki), a zatim ih zaštititi od korozije (premazati antikorozijskim premazom) i izvršiti reprofilaciju poprečnog preseka.

Na parapetima na mestima lokalnih fizičko-mehaničkih oštećenja betona potrebno je uklanjanje oštećenog betona ručnim štemovanjem i izvođenje novog završnog sloja betona (reprofilacija).

Ukoliko se na predmetnoj zgradi dodatan sloj TI postavlja sa spoljne strane zidova u sistemu ventilisane fasade, intervencije sanacije identifikovanih defekata i oštećenja nisu neophodne, ali se preporučuju u slučaju AB zidova.

AB ivične grede i konzolne tavanice

Sanacija defekata i oštećenja identifikovanih na AB ivičnim gredama i konzolnim tavanicama se sprovodi na isti način kao kod spoljnih zidova. Dodatno, usled identifikovane male debljine zaštitnog sloja betona, potrebno je proveriti njegovo stanje u kontekstu karbonatizacije i izvesti novi zaštitni sloj.

AB stubovi

Nepohodne intervencije sanacije fasadnih AB stubova se odnose na sanaciju pukotina u delu sokle od veštačkog kamena.

Unutrašnji zidovi

Predlaže se zamena gipsanih ploča od kojih su izvedeni zidovi koji odvajaju kupatilske prostorije stanova od hodnika.

Na poslednjoj etaži, na zidu gde su identifikovane pukotine sa tragovima procurivanja potrebno je ukloniti završni sloj zida, izvršiti vizuelni pregled i na osnovu procenjenog stanja, sprovesti neophodne intervencije sanacije.

5.6.1.2. Zamena montažnih AB ograda balkona

Usled intenziteta oštećenja identifikovanih na AB montažnim ogradama, neophodne intervencije sanacije podrazumevaju zamenu ovih elemenata.

U okviru predložene mere potrebno je sprovesti sledeće korake:

- odabir novog tipa ograde,
- demontažu postojećih AB ograda i
- izvođenje novih ograda.

5.6.1.3. Zamena fasadne stolarije

U okviru predložene mere zamene fasadne stolarije potrebno je sprovesti sledeće korake:

- odabir novih prozora, balkonskih vrata i međuprozorskih elemenata
- demontažu postojećih prozora, balkonskih vrata i međuprozorskih elemenata
- ugradnju novih prozora, balkonskih vrata i međuprozorskih elemenata

Prilikom odabira novih prozora, balkonskih vrata i međuprozorskih elemenata vodilo se računa da njihove dimenzije odgovaraju dimenzijama postojeće stolarije, kako bi se očuvao postojeći koncept oblikovanja fasada.

Na osnovu analize tipova stolarije dostupnih na tržištu, i modelom postavljenih zahteva performansi, za zamenu fasadne stolarije predlažu se prozori i balkonska vrata sa aluminijumskim okvirom (sa termičkim prekidom) i dvostrukim, niskoemisionim staklopaketom ispunjenim ksenonom (4-12-4 mm). Aluminijum je odabran jer je nezapaljiv i ima visoku tačku topljenja, a takođe ne emituje toksična isparenja u slučaju požara (Lemmon, Cowie and Weritz, 2020).

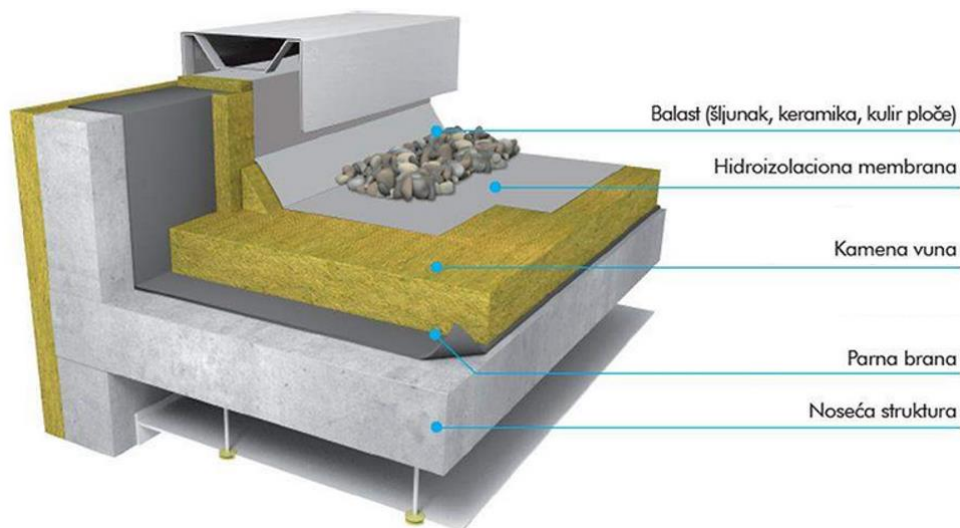
Kao novi međuprozorski elementi odabrani su negorivi sendvič paneli sa ispunom od kamene vune. Prilikom uklanjanja i odlaganja postojećih međuprozorskih stubića izvedenih od ploča na bazi azbest-cementa, potrebno je poštovati pravila postupanja sa otpadom koji sadrži azbest (Pravilnik o postupanju sa otpadom koji sadrži azbest, 2010).

5.6.1.4. Zamena sistema ravnog krova

Vizuelnim pregledom ravnog krova i analizom termovizijskih fotografija utvrđeno je nezadovoljavajuće stanje završnog hidroizolacionog sloja, čime je ugrožena trajnost i ostalih slojeva, kao i komfor stanara na poslednjem spratu, usled čega se predlaže njihova zamena, kroz sledeće aktivnosti:

- uklanjanje svih slojeva ravnog krova do kasetirane tavanice
- vizuelni pregled gornje površine kasetirane tavanice sa identifikacijom defekata i oštećenja
- sprovođenje dodatnih metoda dijagnoze postojećeg stanja kasetirane tavanice (ukoliko postoji potreba za tim)
- sprovođenje neophodnih intervencija sanacije kasetirane tavanice
- izbor negorivog termoizolacionog sistema
- izvođenje odabranog termoizolacionog sistema

Za zamenu postojećeg sistema ravnog krova predlaže se sistem neprohodnog slananog ravnog krova sa termičkom izolacijom od kamene mineralne vune (Sl. 5.84).



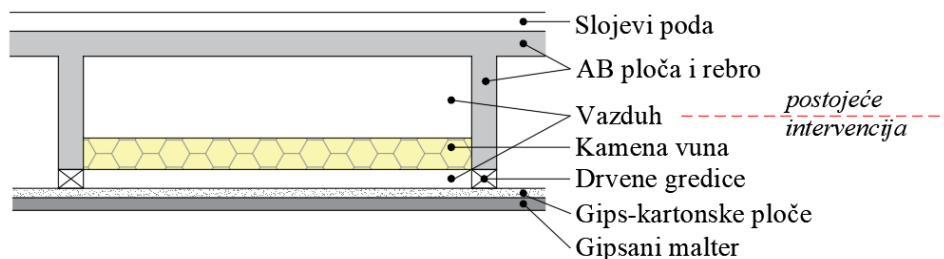
Sl. 5.84 – Sistem slaganog krova sa kamenom vunom (Knauf Insulation)

5.6.1.5. Postavljanje negorive toplotne izolacije na međuspratnu konstrukciju iznad negrejanog prostora

Za unapređenje termičkih performansi međuspratne konstrukcije iznad negrejanog prostora predlaže se ugradnja plafonske konstrukcije sa kamenom vunom (Sl. 5.85).

Mera zahteva sprovođenje sledećih koraka:

- vizuelni pregled donje površine tavanice sa identifikacijom defekata i oštećenja,
- sprovođenje neophodnih intervencija sanacije kasetirane tavanice,
- ugradnja plafonske konstrukcije sa kamenom vunom.



Sl. 5.85 – Predlog rešenja plafonske konstrukcije termički neizolovane kasetirane tavanice iznad negrejanog prostora

Primenom ovog rešenja bi se takođe unapredile požarne performanse međuspratne tavanice.

5.6.1.6. Postavljanje negorive toplotne izolacije na spoljne zidove

Kako su sprovedena istraživanja posebno fokusirana na spoljne zidove, za njihovu obnovu se predlažu tri varijantna rešenja koja uključuju postavljanje negorive toplotne izolacije:

- a) sa spoljašnje strane u jednom od sledećih sistema:
 - (1) sistemu kontaktne fasade (ETICS) - $R_{1-ETICS}$
 - (2) sistemu ventilisane fasade - R_{2-SVF} ili
- b) sa unutrašnje strane, u sistemu tzv. zidne obloge – R_{3-US}

Za kanelirane AB zidove razmatrane su sve tri varijante, dok su za ostale zidove (montažne parapete i zidove od opeke) razmatrana rešenja R_{1-ETICS} i R_{3-US}.

Na osnovu analize performansi negorivih termoizolacionih materijala za obnovu fasada (poglavlje 3.3) i procenjenih troškova (Draganić, Dražić, Malešev, Laban & Bukvić, 2021), za sva rešenja kao optimalni termoizolacioni materijal predlaže se kamena vuna, koja ujedno predstavlja i najčešće korišćen negorivi termoizolacioni materijal u sistemima 1 i 2.

Postavljanje toplotne izolacije sa spoljašnje strane zidova

Sistem kontaktne fasade (ETICS)

Karakteristike proizvoda u sastavu predloženog ETICS sistema (Sl. 5.86) moraju ispunjavati zahteve definisane evropskim standardom EN 13500 (2003).

Ugradnja proizvoda se sprovodi prema priručniku za ugrađivanje proizvođača sistema.

Prvi korak predstavlja pripremu podloge (postojeće spoljašnje površine zida) koja u slučaju analiziranih zidova podrazumeva sprovođenje neophodnih intervencija sanacije oštećenja spoljnih zidova, opisanih na početku poglavlja. Nakon adekvatne pripreme podloge, vrši se ugradnja ploča kamene vune. Ploče kamene vune se pričvršćuju za podlogu uz pomoć lepka i mehaničkih sredstava. Preko izolacije se nanosi I sloj lepka, postavlja se staklena mrežica i II sloj lepka, a zatim dodatni završni zaštitni sloj.



Sl. 5.86 – Kontaktna fasada: komponente sistema sa kamenom mineralnom vunom (Knauf Insulation)

Na kaneliranim AB zidovima predlaže se izvođenje diskontinualnog sistema - od etaže do etaže, na svakom segmentu zida, između ivičnih nosača. Predlaže se postavljanje ploča u dva sloja – u zonama uvučenih delova kanelura, u cilju njihovog „popunjavanja“ i izravnjanja površine zida, i preko cele površine zida u zahtevanoj debljini. Potrebno je voditi računa da se mehaničko fiksiranje TI ploča izvrši na mestima kanelura, a ne njihove ispune. Alternativa (investiciono zahtevnija) za popunjavanje kanelura može biti mikroarmirana fasadna masa za izravnavanje, oplemenjena polimernim vezivima, s izuzetno niskim modulom elastičnosti.

Kako bi se očuvao originalni izgled zidova, predlažu se različite varijante završne obloge:

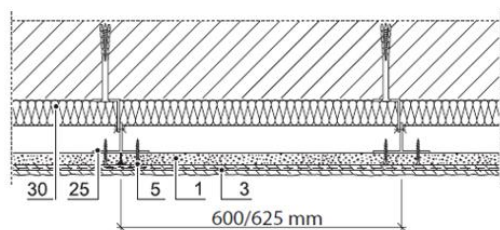
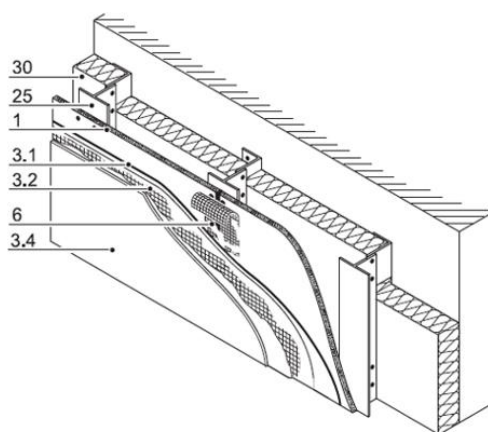
- za AB zidove (pozicija SZ-01) – u vidu kanelura (Sl. 5.87);
- za zidove od opeke (SZ-02 i SZ-03) – prskani fasadni malter;
- za montažne parapete (pozicija SZ-04) - prskani fasadni malter;



Sl. 5.87 – Model realnih razmera sistema kontaktne fasade sa prikazom mogućnosti izrade kanelura (Knauf Insulation)

Sistem ventilisane fasade

U ovoj varijanti predlaže se sistem ventilisane fasade sa termoizolacijom od kamene vune (Sl. 5.88).



- 1 Vlaknasto-cementna ploča
- 3 Sistem završne obrade
- 3.1 Malter za lepljenje i armiranje
- 3.2 Mreža za armiranje – spoljašnja
- 3.3 Podloga – spoljna
- 3.4 Završni malter
- 5 Sredstvo za učvršćivanje
- 6 Masa za ispunu fuga i bandaž traka
- 11 Profil za malter
- 15 Završni profil
- 25 Metalni fasadni profil
- 30 Toplotna izolacija sa paropropusno-vodonepropusnom folijom

Sl. 5.88 – Predloženi sistem ventilisane fasade (Knauf)

Na AB zidovima predlaže se izvođenje diskontinualnog sistema - od etaže do etaže, na svakom segmentu zida, između ivičnih nosača. Za ove zidove predlaže se primena otvorene ventilisane fasade – sa otvorenim spojnicama između cementnih ploča, koje omogućavaju spoljašnjem vazduhu da uđe i izađe iz šupljine duž celog zida. Preporučuje se posebna obrada ovih spojeva zbog sprečavanja prodora atmosferalija i ulaska insekata i štetočina u provetravani međuprostor.

Pored tvrdih ploča kamene vune, sistem se sastoji od aluminijumske potkonstrukcije, paropropusne-vodonepropusne folije i vodootpornih, nezapaljivih vlaknasto-cementnih ploča izrađenih od portland cementa i agregata od ekspandirane gline, obostrano ojačanih mrežom od staklenih vlakana.

Na postojeći zid, uz pomoć mehaničkih pričvršćivača, prvo se postavlja odgovarajuća aluminijumska potkonstrukcija, odabrana na osnovu rezultata analize opterećenja. Između nosača potkonstrukcije postavljaju se ploče kamene vune i učvršćuju za podlogu mehaničkim tiplama. Na AB zidovima je potrebno voditi računa da se konstrukcija i TI ploče pričvrste za zid na mestima kanelura, a ne njihove ispune. Preko izolacije se zatim postavlja paropropusna-vodonepropusna folija. Između izolacije i završnog sloja se ostavlja sloj za cirkulaciju vazduha minimalne širine 2 cm (ETAG 034-1, 2012). U poslednjem koraku cementne ploče se pričvršćuju za potkonstrukciju i nanosi se završni dekorativni sloj. Na montažnim parapetima završni sloj se izvodi u vidu prskanog fasadnog maltera, dok se u okviru završnog sloja AB zidova predlaže iscrtavanje kanelura.

Postavljanje toplotne izolacije sa unutrašnje strane zidova

Predloženo rešenje tzv. zidne obloge je prikazano na Sl. 5.89.

Sistem se sastoji od metalne potkonstrukcije, ploča kamene vune, parne brane i gips ploča.

Na postojeći zid se prvo postavlja metalna potkonstrukcija i prostor između profila se popunjava pločama kamene vune. Preko kamene vune se postavlja parna brana, kako bi se sprečio nagli prodor vodene pare u izolacioni sloj i kondenzacija. Preko parne brane postavljaju se gips-kartonske ploče koje se obrađuju u skladu sa pravilima definisanim za ovaj tip zidnih obloga (bandažiranje, gletovanje, bojenje) (Knauf Insulation, 2020).



Sl. 5.89 – Predloženo rešenje za postavljanje toplotne izolacije sa unutrašnje strane spoljnih zidova (Knauf Insulation, 2020)

5.6.2. Mere koje se implementiraju na nivou cele zgrade

Predložene mere koje se implementiraju na nivou cele zgrade se odnose na mere bezbednosti od požara i njihov pregled je dat u Tab. 5.36.

Tab. 5.36 – Pregled predloženih mera za unapređenje postojećeg stanja koje se implementiraju na nivou cele zgrade

Predložene tehničke mere zaštite od požara	
Građevinske mere	<ul style="list-style-type: none">➤ zamena gorive pregrade u niši u hodniku prizemlja➤ rekonstrukcija spoljne rampe za pešake i korisnike invalidskih kolica➤ izgradnja sigurnosnog stepeništa
Posebni sistemi	<ul style="list-style-type: none">➤ sanacija unutrašnje hidrantske instalacije➤ opremanje zgrade dodatnim aparatima za gašenje požara➤ ugradnja automatskog sistema za otkrivanje, dojavu/gašenje požara
Elektroinstalacije i uređaji	<ul style="list-style-type: none">➤ ugrađivanje sigurnosne rasvete na evakuacionim putevima
Mašinske instalacije	<ul style="list-style-type: none">➤ ugradnja klapni za zaštitu od požara u ventilacione šahtove➤ modernizacija sistema za upravljanje liftovima
Predložene organizacione mere zaštite od požara	
<ul style="list-style-type: none">➤ označavanje svih izlaza iz objekta, smerova evakuacije, vrata, prolaza i stepeništa uočljivim znakovima adekvatne namene;➤ edukacija i informisanje stanara kroz vatrogasne vežbe, organizovane najmanje jednom u pet godina;➤ organizovanje i učestvovanje stanara u vežbi upotrebe opreme za gašenje požara u objektu najmanje jednom u pet godina;	

5.6.2.1. Tehničke mere zaštite od požara

Građevinske mere zaštite od požara

U okviru građevinskih mera zaštite od požara na analiziranoj zgradi se predlaže implementacija sledećih mera:

- zamena gorive pregrade u niši u hodniku prizemlja;
- rekonstrukcija spoljne rampe za pešake i korisnike invalidskih kolica;
- izgradnja sigurnosnog stepeništa;

Gorivu pregradu koja odvaja rasklopne blokove i druge table sa elementima električnih instalacija, postavljene u niši u prizemlju je potrebno zameniti pregradom otpornom prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenom od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0.

Rampu za pešake i korisnike invalidskih kolica na ulazu u zgradu je potrebno rekonstruisati tako da zadovoljava propisane uslove kvaliteta evakuacionih puteva (Prilog 6, deo 4).

Sigurnosno stepenište je stepenište koje je deo koridora evakuacije, a koje mora biti obezbeđeno od požara, odnosno prodora vatre i dima i mora biti dostupno iz svakog požarnog sektora evakuacionim putem koji nije ugrožen požarom (Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara, 2018). Propisani minimalni tehnički zahtevi u kontekstu bezbednosti od požara za sigurnosno stepenište su dati u Prilogu 6 (deo 10).

S obzirom da je analizirana zgrada viša od 40 m, potrebno je izgraditi dva sigurnosna stepeništa, pri čemu jedno stepeništa mora ispunjavati uslove za potrebe intervencije gašenja požara i spasavanja. Konceptijski, na analiziranom objektu sigurnosno stepenište je moguće izvesti samo sa spoljašnje strane zgrade i to tako da bude pristupačno iz evakuacionog puta na svakom spratu, postavljeno na minimalnoj udaljenosti od 1,5 m od otvora na fasadi objekta ili ozidano prema tom otvoru. Potrebno je da svi elementi stepeništa, uključujući obloge, budu izvedeni od negorivog materijala karakteristike reakcije na požar klase A1, a kvalitet, dimenzije i oblik moraju da obezbede sigurnu upotrebu u svim vremenskim uslovima. Spiralno stepenište ili stepenište u vidu penjalica nije dozvoljeno. Minimalna širina stepeništa je 80 cm, sa uglom nagiba do 45°. Potrebna visina zaštitne ograde otvorenog stepeništa je 120 cm. Na ulazu u stepenište vrata moraju biti zaokretna i moraju se otvarati u smeru evakuacije na način da se ne ometa kretanje lica sa gornjih spratova. U prostoru sigurnosnog stepeništa ne sme biti elemenata nameštaja ili drugih predmeta. Put evakuacije od polaznog mesta do stepeništa ne sme biti duži od 40 m, dok put evakuacije od prvog izlaza iz prostorije do stepeništa kroz hodnik sa mogućnošću evakuacije na dve strane ne sme biti duži od 30 m, odnosno kroz slepi hodnik duži od 15 m.

Mere zaštite od požara na posebnim sistemima

U okviru mera zaštite od požara na posebnim sistemima predlažu se sledeće mere:

- sanacija unutrašnje hidrantske instalacije;
- opremanje zgrade dodatnim aparatima za gašenje požara;
- ugradnja automatskog sistema za otkrivanje, dojavu i gašenje požara;

Pregledom zgrade ustanovljeno je da je hidrantska oprema nekompletna, usled čega se predlaže provera ispravnosti hidrantske instalacije, popravka i stavljanje u funkcionalno stanje (kompletiranje opreme), a zatim periodične provere ispravnosti i redovno održavanje.

Predlaže se postavljanje aparata za gašenje požara unutar svake stambene jedinice ili na svaki parni sprat (gde nedostaju).

Na osnovu procene rizika od požara u predmetnoj zgradi, sprovedenoj primenom polukvantitativne metode Gustav Purt (Poglavlje 5.5.3.4.), zaključeno je da je u zgradi neophodna ugradnja stacionarnog sistema za automatsku dojavu požara, a preporučuje se i ugradnja stacionarnog sistema za automatsko gašenje požara.

Mere zaštite od požara na elektroinstalacijama i uređajima

Na elektroinstalacijama i uređajima u analiziranoj zgradi predlaže se ugrađivanje sigurnosne rasvete na evakuacionim putevima.

Mere zaštite od požara na mašinskim instalacijama

Na mašinskim instalacijama u analiziranoj zgradi predlaže se:

- ugradnja klapni za zaštitu od požara u ventilacione šahtove
- modernizacija sistema za upravljanje liftovima

Na mestima na kojima prolaze ventilacioni kanali kroz tavanice predlaže se ugradnja klapni otpornih prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) koje se automatski zatvaraju pri pojavi dima ili povećane toplote.

Na liftovima se predlažu intervencije kojima će se omogućiti da se u slučaju požara kabina automatski dovede u prizemlje i da se, posle izlaska lica lift automatski isključuje iz rada.

5.6.2.2. Organizacione mere zaštite od požara

Od organizacionih mera stanarima se predlaže:

- označavanje svih izlaza iz objekta, smerova evakuacije, vrata, prolaza i stepeništa uočljivim znakovima adekvatne namene;
- edukacija i informisanje kroz vatrogasne vežbe, najmanje jednom u pet godina;
- organizovanje i učestvovanje u vežbi upotrebe opreme za gašenje požara u objektu najmanje jednom u pet godina;

5.7. Faza 7 - Evaluacija predloženih mera i rešenja obnove

5.7.1. Evaluacija mera koje se implementiraju na nivou fasade/termičkog omotača

5.7.1.1. I nivo unapređenja energetske performansi

Kao I mogući nivo unapređenja energetske performansi u analizi su razmatrane sledeće intervencije:

- zamene prozora i vrata,
- zamene sistema ravnog krova i
- toplotna izolacija međuspratne konstrukcije iznad negrejanog prostora.

Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za fasadnu stolariju pre i posle zamene su prikazane u Tab. 5.37.

Tab. 5.37 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za prozore i bakonska vrata u sklopu termičkog omotača zgrade NF-26 pre i posle zamene

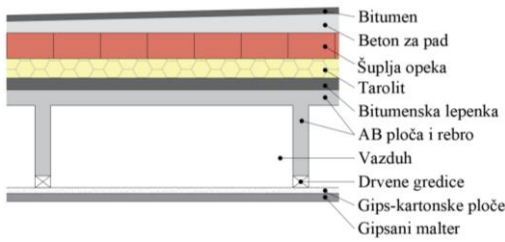
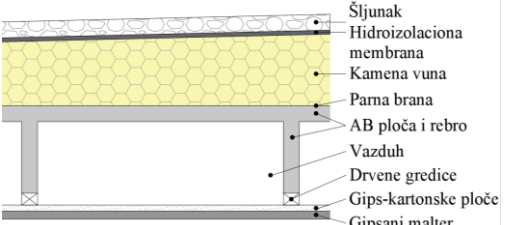
Oznaka	U_{pre} [W/(m ² K)]	U_{posle} [W/(m ² K)]	U_{max} [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
P-01	3,50	1,48	1,50	DA
P-02	3,50	1,50	1,50	DA
P-03	3,50	1,54	1,50	DA*
BV-01	5,00	1,51	1,50	DA*

Za postizanje zadovoljavajućeg koeficijenta prolaza toplote predloženog sistema ravnog krova, proračunom je utvrđeno da je potrebno ugraditi sloj kamene vune minimalne debljine 18 cm. Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za sistem ravnog krova pre i posle zamene su prikazane u Tab. 5.38.

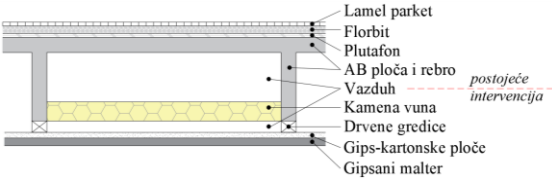
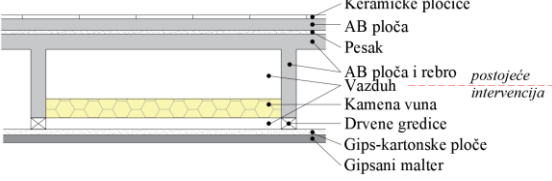
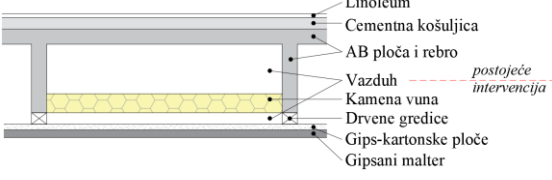
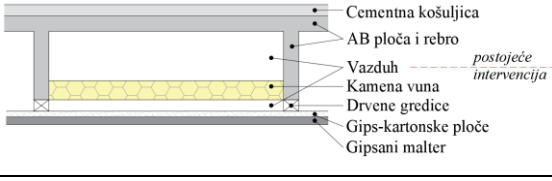
Za postizanje zadovoljavajućeg koeficijenta prolaza toplote međuspratne konstrukcije iznad negrejanog prostora, proračunom je utvrđeno da je, primenom predloženog rešenja (Sl. 5.85),

potrebno ugraditi sloj kamene vune minimalne debljine 12 cm. Vrednosti koeficijenta prolaza toplote pre i nakon ugradnje toplotne izolacije su date u Tab. 5.39.

Tab. 5.38 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za ravan krov iznad negrejanog prostora zgrade NF-26 pre i posle zamene

RK-01	Skica sklopa	U		Ispunjeno DA / NE
		[W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]	
Originalno rešenje		0,68	0,20	NE
Predloženo rešenje		0,19		DA

Tab. 5.39 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za međuspratnu konstrukciju iznad negrejanog prostora zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje toplotne izolacije

Oznaka	Skica unapređenog sklopa	U [W/(m ² K)]			Ispunjeno DA / NE
		U _{pre}	U _{posle}	U _{max}	
MK-02		1,29	0,33	0,40	DA
MK-03		2,44	0,42	0,40	DA*
MK-04		2,46	0,42	0,40	DA*
MK-05		2,56	0,43	0,40	DA*

Implementacijom mera I nivoa postiže se smanjenje energetskog razreda zgrade sa F na D (sniženje za dva razreda), sa vrednošću specifične godišnje potrebne energija za grejanje od 82,42 kWh/m²a (Tab. 5.43). Implementacija date mere utiče na smanjenje potrebne energije za grejanje za 49%, dok se ukupni gubici smanjuju za 40%.

U slučaju obnove analizirane zgrade, primena datog seta mera omogućava zadovoljenje zahteva da energetski razred mora biti poboljšan najmanje za jedan razred.

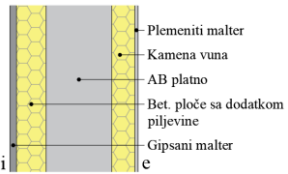
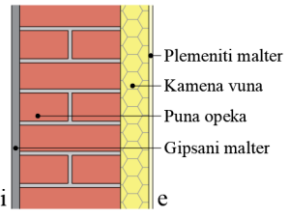
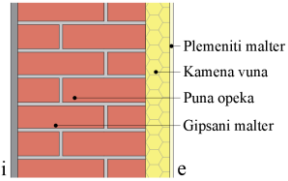
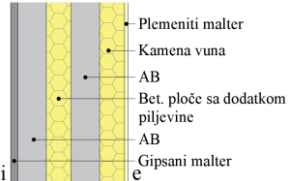
5.7.1.2. II nivo unapređenja energetskih performansi

Kao II mogući nivo unapređenja energetskih performansi razmatrane su sledeće intervencije:

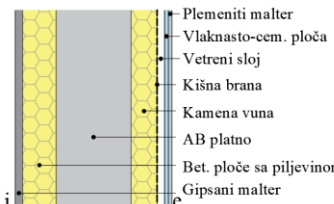
- intervencije I nivoa unapređenja
- postavljanja negorive toplotne izolacije na spoljne zidove;

Proračunom je utvrđeno da je na svim zidovima potrebno ugraditi sloj kamene vune minimalne debljine 7 cm, kako bi se postigao zahtevani nivo termičkih performansi. Vrednosti koeficijenta prolaza toplote pre i nakon ugradnje toplotne izolacije su date u Tab. 5.40-Tab. 5.42.

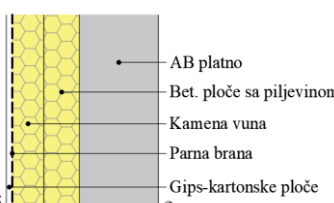

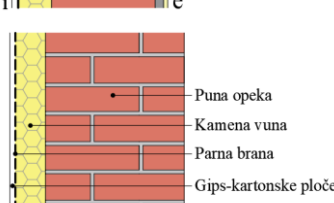
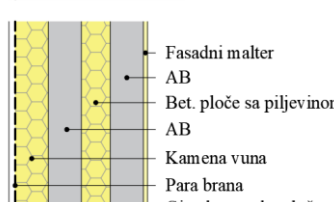
Tab. 5.40 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za spoljne zidove zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje toplotne izolacije od kamene vune, sa spoljne strane (ETICS)

Oznaka	Skica unapređenog sklopa	U _{pre} [W/(m ² K)]	U _{posle} [W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
SZ-01		1,49	0,38		DA
SZ-02		1,77	0,40	0,40	DA
SZ-03		1,43	0,38		DA
SZ-04		1,26	0,36		DA

Tab. 5.41 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za spoljne zidove zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje dodatnog sloja toplotne izolacije od kamene vune, sa spoljne strane (sistem ventilisane fasade)

Oznaka	Skica unapređenog sklopa	U_{pre} [W/(m ² K)]	U_{posle} [W/(m ² K)]	U_{max} [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
SZ-01		1,49	0,36	0,40	DA

Tab. 5.42 – Vrednosti koeficijenta prolaza toplote za spoljne zidove zgrade NF-26 pre i nakon ugradnje dodatnog sloja toplotne izolacije (kamene vune), sa unutrašnje strane

Oznaka	Skica unapređenog sklopa	U_{pre} [W/(m ² K)]	U_{posle} [W/(m ² K)]	U_{max} [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
SZ-01		1,49	0,35		DA
SZ-02		1,77	0,37	0,40	DA
SZ-03		1,43	0,35		DA
SZ-04		1,26	0,34		DA

Implementacijom mera II nivoa postiže se smanjenje energetskog razreda zgrade sa F na C (sniženje za tri razreda), sa vrednošću specifične godišnje potrebne energije za grejanje od 55,14 kWh/m²a (Tab. 5.43). Implementacija date mere utiče na smanjenje potrebne energije za grejanje za 66%, dok se ukupni gubici smanjuju za 53%.

Tab. 5.43 – Vrednosti toplotnih gubitaka, dobitaka, energije i specifične godišnje energije potrebne za grejanje i energetskog razreda stambene zgrade NF-26 pre sprovođenja intervencija i nakon I i II nivoa unapređenja energetskih performansi

Nivo unapređenja	Transmisioni gubici [kWh]	Ventilacioni gubici [kWh]	Solarni dobiti [kWh]	Dobici od ljudi [kWh]	Dobici od uređaja [kWh]	Energija potrebna za grejanje [kWh]	Spec. god. energija potrebna za grejanje [kWh/m ² -a]	Energetski razred
Projektovano stanje	576038,58	224607,36	184369,81	13712,56	52178,68	568802,62	162,17	F
I nivo	387356,61	93577,47	129861,01	13712,56	52178,68	289096,87	82,42	D
II nivo	282795,24	93577,47	120800,59	13712,56	52178,68	193414,71	55,14	C

U slučaju obnove analizirane zgrade, primena datog seta mera omogućava zadovoljenje zahteva da energetski razred mora biti poboljšan najmanje za jedan razred, a takođe postignuta vrednost godišnje potrebne finalne energije za grejanje je u rangu maksimalno dozvoljene, koja odgovara energetskom razredu C.

5.7.1.3. Evaluacija predloženih rešenja za obnovu spoljnih zidova

U cilju evaluacije predloženih rešenja fasadnih sistema za obnovu spoljnih zidova predmetne zgrade razmatrani su sledeći aspekti njihove implementacije:

- ekonomski
- tehnički
- socijalni
- trajnosni

U okviru ekonomskog aspekta analizirana je orijentaciona cena predloženih sistema (u €/m²), potreba za sanacijom oštećenja i defekata na postojećem zidu i nivo podložnosti vandalizmu. Cena sistema je procenjena na osnovu troškova materijala i njegove ugradnje, uključujući troškove skele. Na ukupnu cenu implementacije predloženih rešenja utiče i obim neophodnih sanacija. Nivo podložnosti udarima (kao posledica vandalizma ili leda) je takođe razmatran u okviru ekonomskog aspekta, jer je u slučaju oštećenja izazvanih udarom neophodno sanirati sistem kako bi on i dalje vršio svoju funkciju. U okviru tehničkog aspekta analizirana je složenost izvođenja konstruktivnog rešenja. Socijalni aspekt je obuhvatio razmatranje uticaja implementacije rešenja na komfor stanara, okolinu i očuvanje identiteta građevine. U cilju validacije trajnosnih performansi analizirana je mogućnosti kondenzacije vodene pare u sistemu i nivo zaštite koju predložena rešenja pružaju zidu i izolaciji od atmosferskih uticaja.

U Tab. 5.44 je prikazana komparativna analiza predloženih rešenja obnove spoljnih zidova u kontekstu razmatranih aspekata i parametara.

Tab. 5.44 – Komparativna analiza predloženih rešenja obnove spoljnih zidova u kontekstu razmatranih aspekata i parametara

Aspekt	Parametar	Rešenje		
		R1-ETICS	R2-SVF	R3-US
Ekonomski	Orijentaciona cena sistema	40 €/m ²	80 €/m ²	20 €/m ²
	Potreba za sanacijom oštećenja i defekata na postojećem zidu	Potrebna delimična sanacija	Nije potrebna sanacija	Potrebna sanacija svih defekata i oštećenja
	Nivo podložnosti udarima	Visok	Prosečan	Nije podložan
Tehnički	Složenost izvođenja konstruktivnog rešenja	Srednje-nizak nivo	Srednji-visok nivo	Jednostavna ugradnja
Socijalni	Uticao na komfor stanara	Ne ometa korisnike i ne utiče na smanjenje korisne površine unutrašnjeg prostora	Ne ometa korisnike Ne utiče na smanjenje korisne površine unutrašnjeg prostora	Ometa korisnike i utiče na smanjenje korisne površine unutrašnjeg prostora
	Uticao na okolinu	Zahteva primenu skele i zauzimanje javnog prostora tokom instalacije	Zahteva primenu skele i zauzimanje javnog prostora tokom instalacije	Ne zahteva primenu skele i nema uticaja na okolinu
	Očuvanje identiteta građevine	Delimično – visok nivo očuvanja	Delimično – srednji nivo očuvanja	U potpunosti
Trajnosni	Kondenzacija vodene pare u sistemu	Nema	Nema	Dolazi do kondenzacije
	Zaštita zida	Zaštita od smrzavanja i stvaranja prslina; Zaštita od penetracije kiše; Zidovi su zaštićeni od toplotnog naprezanja pri osunčanju;	Zaštita zida od smrzavanja i stvaranja prslina; Zaštita zida od penetracije kiše; Zidovi su zaštićeni od toplotnog naprezanja pri osunčanju;	Rizik od pojave prslina usled temperaturnih varijacija sa spoljne strane zida; Moguća degradacija sa spoljne strane zida usled hlađenja i povećane vlažnosti u zidu; Zidovi su izloženi toplotnom naprezanju usled osunčavanja;
	Zaštita izolacije	Nema zaštite	Izolacija zaštićena	Izolacija zaštićena

Sa ekonomskog aspekta, rešenje 3 (R_{3-US}) može izgledati kao najodrživije rešenje, usled najniže cene. Međutim, implementacija ovog rešenja uslovljava sanaciju svih identifikovanih defekata i oštećenja na zidovima, kao i nanošenje završne obloge preko cele površine saniranih zidova, što u velikoj meri može uticati na povećanje ukupnih troškova. U odnosu na rešenje 3, rešenje 1 (R_{1-ETICS}) karakterišu nešto viši troškovi materijala i ugradnje, ali implementacija ovog rešenja zahteva samo delimičnu sanaciju oštećenja i defekata na zidovima. Najmanje održivo rešenje u kontekstu cene sistema je sistem venitilisane fasade (R_{2-SVF}), jer za razliku od ostala dva rešenja zahteva ugradnju fasadne obloge (vlaknasto-cementne ploče), što značajno utiče na povećanje troškova materijala i ugradnje. Međutim, u slučaju primene ovog rešenja, nije neophodno prethodno sanirati postojeće zidove, tako da i ovo rešenje može biti isplativa opcija. Posmatrajući parametar podložnosti udarima, sistem 3 je najpovoljnije rešenje, jer nema rizika od udara dok se alternativa 2 nameće kao najmanje povoljno rešenje. Čak i manja mehanička oštećenja na završnom sloju ETICS-a olakšavaju prodor vode u strukturu zida i dovode do akumulacije vlage, usled čega se ubrzava proces njegove degradacije i smanjuje efikasnost izolacije, što utiče na povećanje ukupnih troškova datog rešenja usled potrebe za čestim popravkama.

Sa tehničkog aspekta, rešenje 3 ima prednost u odnosu na ostala dva sistema, usled jednostavnijeg izvođenja, dok najviši stepen složenosti ugradnje karakteriše sistem 2.

Sa socijalne tačke gledišta, implementacija rešenja 1 i 2 ne ometa korisnike i ne utiče na smanjenje korisne površine unutrašnjeg prostora, međutim zahteva konsenzus vlasnika stanova, postavljanje skele i utiče na delimičnu promenu izgleda fasade. Rešenje 3 se može primeniti na bilo koji sklop zida, nema uticaja na okolinu, ne zahteva primenu skele i identitet građevine je u potpunosti očuvan. Dodatno, za izvođenje radova nije neophodan konsenzus vlasnika stanova. Negativne strane rešenja su smanjenje korisne površine unutrašnjeg prostora i ometanje korisnika, koji tokom građevinskih radova moraju da napuste stan i pomere nameštaj da bi omogućili pristup zidovima.

Sa trajnosnog aspekta, najodrživije rešenje je rešenje 2, pružajući zaštitu zidu od smrzavanja i stvaranja prslina, penetracije kiše i toplotnog naprezanja pri osunčanju. Dodatno, ne dolazi do kondenzacije vodene pare u sistemu i izolacija je zaštićena od astmosferskih uticaja što utiče na očuvanje njene efikasnosti. Najmanje održivo rešenje je rešenje 3 usled pojave kondenzacije vodene pare u sklopu i velikog rizika od degradacije sa spoljne strane zida usled temperaturnih varijacija i povećane vlažnosti u zidu.

Na osnovu sprovedene analize zaključeno je da izbor najpovoljnijeg sistema (rešenja) predstavlja višestruki problem optimizacije koji prvenstveno zahteva odabir relevantnih kriterijuma evaluacije, a zatim dodeljivanje težinskih faktora.

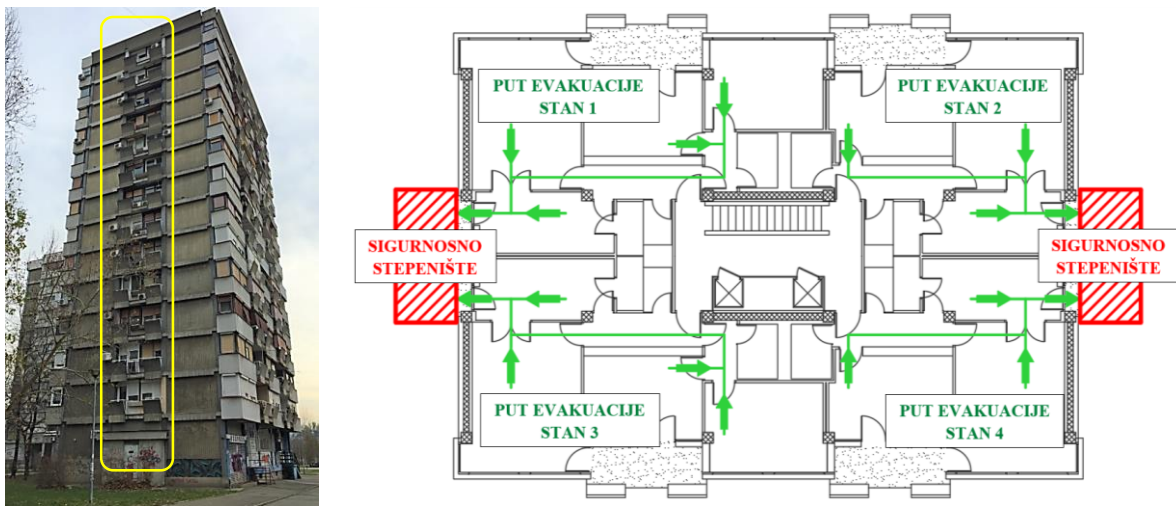
5.7.2. Evaluacija mera koje se implementiraju na nivou cele zgrade

U cilju vrednovanja predloženih mera izgradnje sigurnosnih stepeništa i ugradnje automatskog sistema za otkrivanje, dojavu i gašenje požara, metodom stabla događaja je sprovedena kvantifikacija preostalog rizika od požara u oba slučaja. Rezultati su dati u nastavku.

Kvantifikacija rizika od požara u zgradi nakon ugradnje sigurnosnih stepeništa

Za sve visoke zgrade, ključna mera za očuvanje života ljudi u slučaju požara je izgradnja sigurnosnog stepeništa i pravovremeno uzbunjivanje korisnika u slučaju požara (Laban et al., 2020b).

Na grupi visokih zgrada, koje su u okviru sprovedenih istraživanja klasifikovani u tipološku grupu B2, analizirana je naknadna ugradnja dva spoljašnja sigurnosna stepeništa (Laban et al., 2020b). Predloženi položaji za predmetnu zgradu su prikazani na Sl. 5.90.



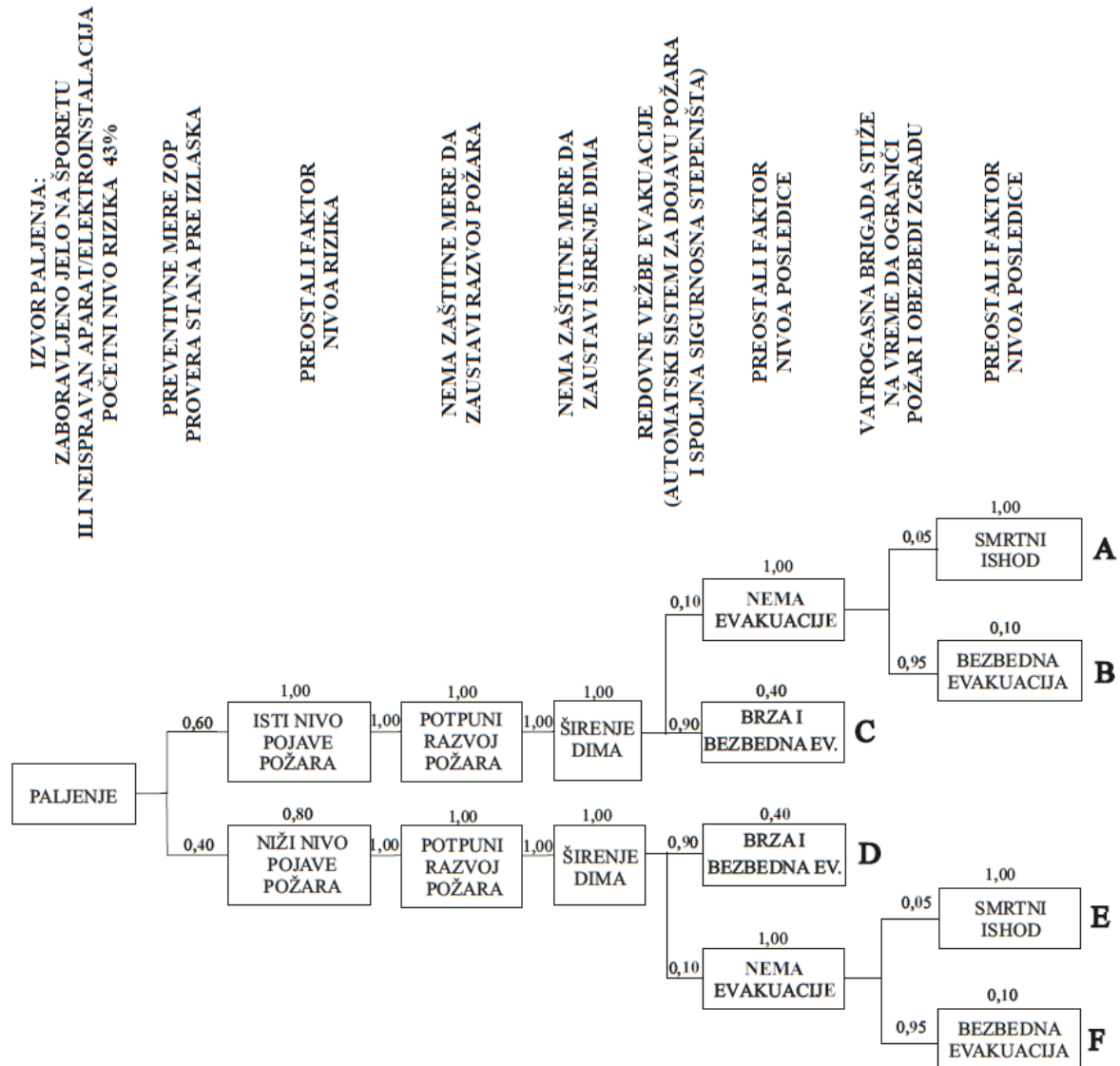
Sl. 5.90 – Predloženi položaji sigurnosnog stepeništa i putevi evakuacije iz stanova na spratovima

Na predmetnoj zgradi ugradnja stepeništa se predlaže na kraćim fasadama, u centralnom polju (Sl. 5.90). Na ovaj način pristup stepeništu je omogućen stanarima iz svih stanova na spratovima, sa manjih balkona kroz kuhinje. Stepenište se može tehnički rešiti prema konceptu koji su dali Milanko, Laban i Folić (2009) za ovu grupu zgrada.

Stablo mogućih požarnih scenarija (Sl. 5.91) je formulisano na osnovu predloženih mera zaštite od požara koje obuhvataju:

- (1) proveru stana pre izlaska,
- (2) ugradnju automatskog sistema za dojavu požara na osnovu detekcije dima u kuhinjama
- (3) redovne vežbe evakuacije (uključivanje požarnog alarma, ruta evakuacije požarnim stepenicama i edukacija stanara).

Kao i u inicijalnom stablu događaja (Poglavlje 5.5.3.5.), pretpostavljeni izvor paljenja u požarnom scenariju je zaboravljeno jelo na šporetu ili neispravan kućni aparat, dok u stanu nema nikoga. Početna vrednost verovatnoće pretpostavljenog hazarda požara iznosi 43%.



Sl. 5.91 – Stablo događaja za predmetnu zgradu nakon ugradnje sigurnosnog stepeništa

Iako je čak 80% anketiranih stanara svesno da nisu ni pripremljeni ni obučeni za postupak u slučaju požara, pretpostavlja se da bi najmanje 50% njih (40% stanara) učestvovalo u vežbama evakuacije i edukaciji i primenilo preventivnu meru – proveru stana, posebno kuhinje, pre izlaska iz stana. Verovatnoća uspeha preventivne mere je 0,4, a verovatnoća neuspeha je 0,6. Takođe se pretpostavlja da je multiplikator preostale verovatnoće za nizak nivo pojave požara 0,8 (primenjena mera će smanjiti broj požara za 20%).

Sledeći događaji su isti kao i u inicijalnom stablu događaja: Vrata stana su zaključana. U stanu nema nikoga da ugasi početni požar. Ne postoje sprinkleri koji bi sprečili razvoj požara. Mogućnosti širenja dima i vatre su takođe iste: dim se širi kroz ventilacione i instalacione šahtove u druge stanove u zgradi.

Automatski sistem za dojavu požara se aktivira i VSJ je alarmirana. Zahvaljujući postojanju sigurnosnog stepeništa i redovnim vežbama evakuacije, stanari uspevaju da se brzo i bezbedno evakušu. Nema potrebe da se više koristi glavno stepenište, jer se svakom

sigurnosnom stepeništu pristupa iz dva susedna stana, tako da svi stanari mogu bezbedno da se evakušu iz zgrade. Pretpostavljena verovatnoća uspešne evakuacije je 0,9 na osnovu izjava 90% stanara koji bi koristili sigurnosno stepenište ukoliko bi ono postojalo u objektu. Preostali faktor nivoa posledice je u ovom slučaju 0,4, usled pretpostavke da bi 40% stanara učestvovalo u edukaciji i vežbama. Određen broj stanara bi ostao u stanu (npr. usled bolesti, invaliditeta ili nekog drugog razloga) i čekao da dođe vatrogasna brigada da ih spase.

Po dolasku VSJ, razvoj scenarija požara se može odvijati na jedna od dva načina:

- 1) VSJ stiže na vreme da ograniči i ugasi požar i evakuše stanare koji su ostali u stanovima;
- 2) VSJ ne stiže na vreme da ograniči i ugasi požar i evakuše stanare koji su ostali u stanovima – cela zgrada je izgorela.

Rezultati kvantitativne procene rizika od požara za različite scenarije požara u predmetnoj stambenoj zgradi sa ugrađenim sigurnosnim stepeništem, , na osnovu metode stabla događaja, su prikazani u Tab. 5.45.

Tab. 5.45 – Procena verovatnoće, posledica i preostale vrednosti rizika za različite požarne scenarije u visokoj stambenoj zgradi NF-26 nakon ugradnje sigurnosnog stepeništa

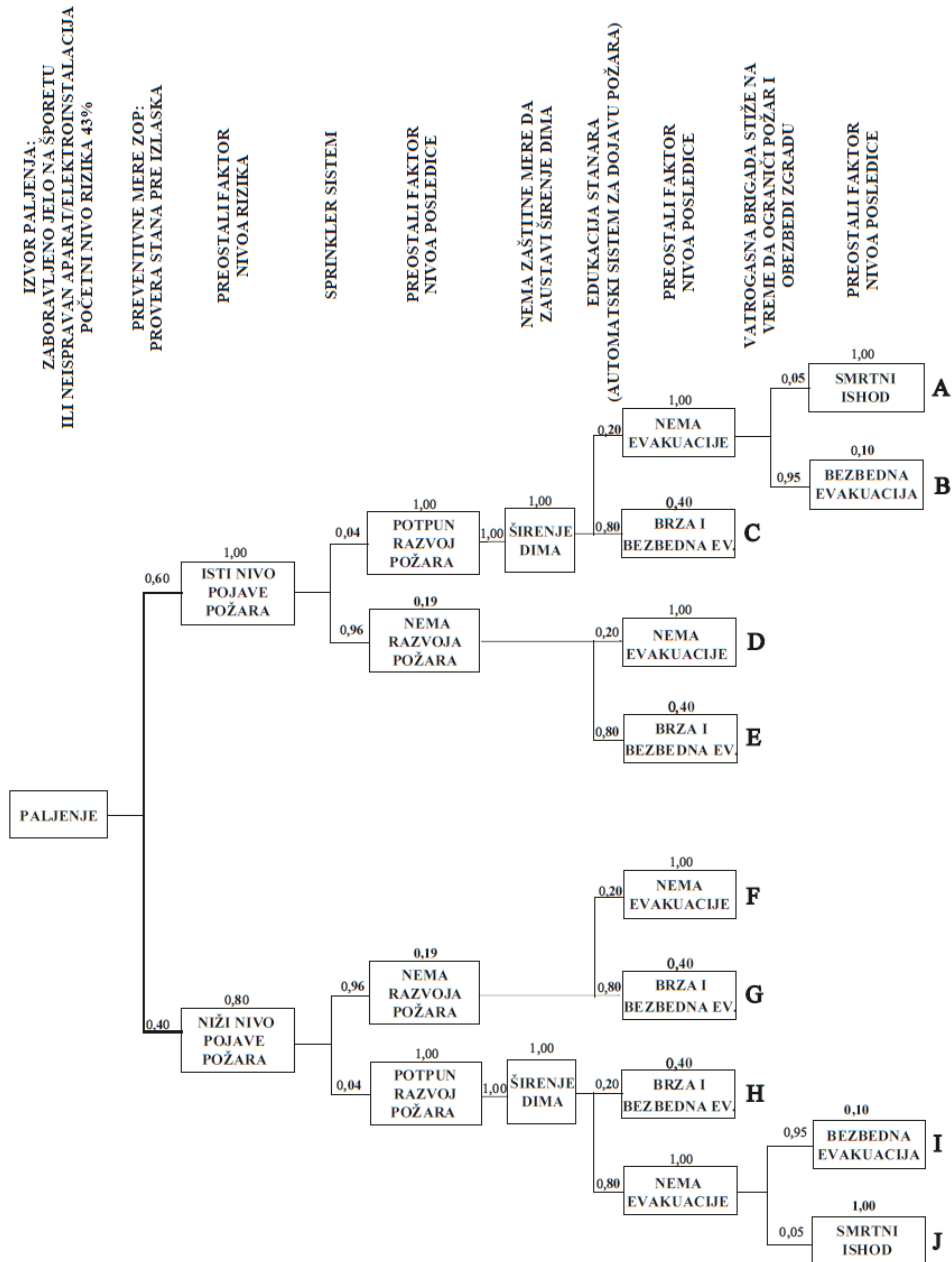
Požarni scenario	Verovatnoća scenarija	Preostali faktor verovatnoće	Preostali faktor posledice	Preostali faktor rizika
A	0,003	1,00	1,00	0,0030
B	0,057	1,00	0,10	0,0057
C	0,540	1,00	0,40	0,2160
D	0,360	0,80	0,40	0,1152
E	0,002	0,80	1,00	0,0016
F	0,038	0,80	0,10	0,0030
	1,00			0,3445

Scenario C je najverovatniji: u slučaju požara, najveću verovatnoću da prežive imaju stanari koji učestvuju u redovnim vežbama evakuacije, nauče da odmah reaguju na požarni alarm i za evakuaciju koriste sigurnosno stepenište. Najmanju verovatnoću da prežive imaju stanari koji ostanu u stanovima, a vatrogasci ne dođu na vreme da ograniče požar, obezbede zgradu i spasu ih (Scenario A). Dobijeni kombinovani preostali faktor rizika je 0,3445; što znači da je preostali rizik po ljudske živote smanjen na 34,45% od početne vrednosti.

Kvantifikacija rizika od požara nakon ugradnje automatskog sistema za otkrivanje, dojavu i gašenje požara u zgradi

Stablo mogućih požarnih scenarija (Sl. 5.92) je formulisano na osnovu predloženih mera zaštite od požara koje obuhvataju:

- (1) proveru stana pre izlaska,
- (2) ugradnju automatskog sistema za otkrivanje, dojavu požara (na osnovu detekcije dima u kuhinjama) i gašenje požara (sprinkler jedinice u kuhinjama stanova) i
- (3) redovne vežbe evakuacije (edukacija o ponašanju ljudi u slučaju požara).



Sl. 5.92 – Stablo događaja za predmetnu zgradu nakon ugradnje automatskog sistema za otkrivanje, dojavu i gašenje požara

Scenario požara započinje na isti način kao i prethodni scenariji, s tim da u stanu u kome je započeo požar postoje sprinkleri koji bi sprečili razvoj požara.

Dim stiže do detektora dima, detektor se aktivira. Temperatura pri plafonu dostiže 165°C i dolazi do aktiviranja sprinklera iznad požara. Verovatnoća uspeha primenjene mere (sprinkler sistema) je 0,96, a verovatnoća neuspeha je 0,04. Preostali faktor nivoa posledice je u ovom slučaju 0,19 (posledica ugradnje sprinkler sistema je smanjenje smrtnosti po požaru na 19% njegove inherentne vrednosti). Vrednosti su usvojene na osnovu statističkih podataka objavljenih od strane NFPA (Yung, 2008).

Automatski sistem za dojavu požara se aktivira i VSJ je alarmirana.

U slučaju uspešnog aktiviranja sprinklera, za manje od dva minuta požar je pod kontrolom ili je već ugašen. U slučaju neuspešne aktivacije sprinklera ili neuspešne kontrole požara, dolazi do potpunog razvoja požara i širenja dima kroz ventilacione i instalacione šahtove u druge stanove u zgradi. Pretpostavljena verovatnoća uspešne evakuacije je 0,8, što odgovara prosečnoj verovatnoći uspeha alarmiranja stanara od strane požarnog alarma (Yung, 2008). Preostali faktor nivoa posledice je u ovom slučaju 0,4, usled pretpostavke da bi 40% stanara učestvovalo u edukaciji i vežbama. Određen broj stanara bi ostao u stanu i čekao da dođe vatrogasna brigada da ih spase.

Po dolasku VSJ, razvoj scenarija požara se može odvijati na jedna od sledećih načina:

- 1) VSJ stiže na mesto požara, sagleda situaciju i zatvara dovod vode u sprinklersku instalaciju, kako bi se umanjila oštećenja izazvana vodom.
- 2) VSJ stiže na vreme da ugasi požar i evakuiše stanare koji su ostali u stanovima;
- 3) VSJ ne stiže na vreme da ograniči i ugasi požar i evakuiše stanare koji su ostali u stanovima – cela zgrada je izgorela.

Rezultati kvantitativne procene rizika od požara za različite scenarije požara u predmetnoj stambenoj zgradi sa ugrađenim sigurnosnim stepeništem, na osnovu metode stabla događaja, su prikazani u Tab. 5.34.

Tab. 5.46 – Procena verovatnoće, posledica i preostale vrednosti rizika za različite požarne scenarije u visokoj stambenoj zgradi NF-26 sa ugrađenim automatskim sistemom za otkrivanje, dojavu i gašenje požara

Požarni scenario	Verovatnoća scenarija	Preostali faktor verovatnoće	Preostali faktor posledice	Preostali faktor rizika
A	0,0024	1	1	0,0024
B	0,0046	1	0,1	0,0005
C	0,0192	1	0,4	0,0077
D	0,1152	1	0,19	0,0219
E	0,4608	1	0,076	0,0350
F	0,0768	0,8	0,19	0,0117
G	0,3072	0,8	0,076	0,0187
H	0,0032	0,8	1	0,0026
I	0,0122	0,8	0,4	0,0039
J	0,0064	0,8	0,1	0,00057
	1,00			0,1048

Najverovatniji scenariji su oni u kojima se predviđa uspešna aktivacija sprinkler sistema i gašenje požara (Scenario D, E, F i G). Smrtni ishod je moguć u slučaju neuspeha sprinkler instalacije za one stanare koji ostanu u stanovima, a vatrogasci ne dođu na vreme da ograniče požar, obezbede zgradu i spasu ih (Scenario A i J). Dobijeni kombinovani preostali faktor rizika je 0,104, što znači da je preostali rizik po ljudske živote smanjen na 10,48 % od početne vrednosti.

5.8. Faza 8 - Donošenje odluke o obnovi fasada

Na osnovu evaluacije i prioritarnosti predloženih mera donosi se odluka o obnovi analizirane zgrade. Predlaže se fazna realizacija obnove kroz hitne, kratkoročne i dugoročne intervencije.

Intervencije koje zahtevaju hitno sprovođenje:

- zamena montažnih AB ograda;
- sanacija montažnih parapeta na kojim je detektovano otpadanje betona;
- ugradnja automatskog sistema za otkrivanje i dojavu požara;
- ugradnja natpritisne ventilacije u stepenišnom prostoru;
- opremanje zgrade dodatnim aparatima za gašenje požara i obuka stanara za korišćenje;
- ugradnja sigurnosne rasvete na evakuacionim putevima;
- označavanje svih izlaza iz objekta, smerova evakuacije, vrata, prolaza i stepeništa uočljivim znakovima adekvatne namene;
- uklanjanje svih predmeta iz ulaznog hola i vetrobranskog prostora koji mogu ometati evakuaciju;

Intervencije koje je potrebno sprovesti u kratkom roku:

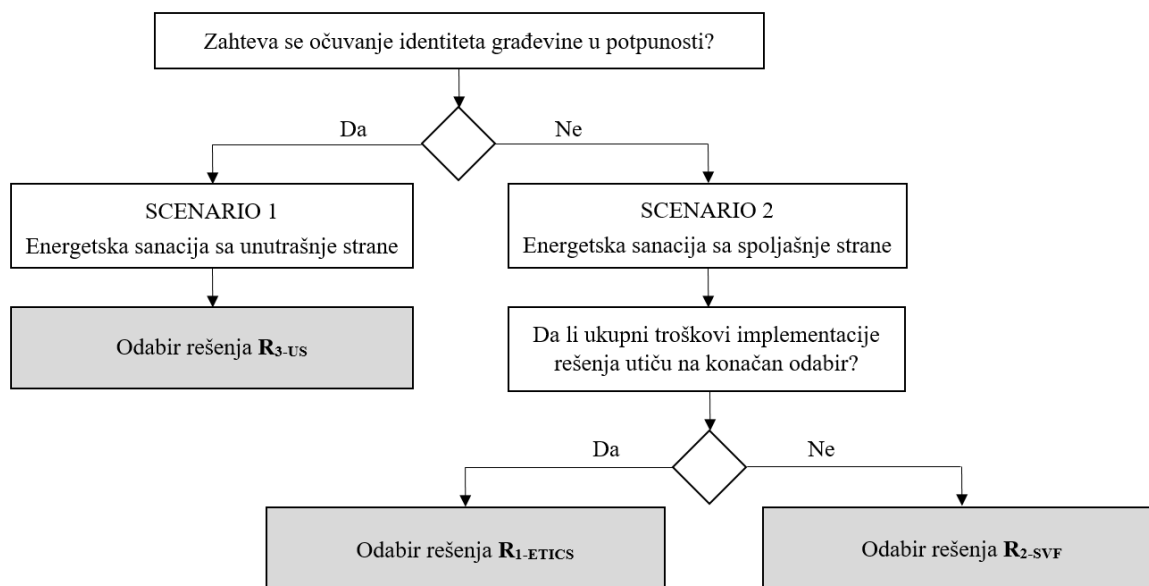
- zamena gipsanih zidova u sastavu termičkog omotača;
- uklanjanje završne obloge na parapetima i procena stanja spoljašnjeg betona i spojeva; sprovođenje neophodnih intervencija sanacije;
- zamena stolarije;
- zamena sistema ravnog krova;
- toplotna izolacija međuspratnih konstrukcija iznad negrejanog prostora;
- ugradnja klapni za zaštitu od požara u ventilacione šahtove
- modernizacija sistema za upravljanje liftovima
- sanacija unutrašnje hidrantske instalacije
- zamena gorive pregrade u niši u hodniku prizemlja
- edukacija i informisanje stanara kroz organizovane vatrogasne vežbe, najmanje jednom u pet godina;
- organizovanje i učestvovanje stanara u vežbi upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu najmanje jednom u pet godina;

Intervencije koje je potrebno sprovesti na duži rok:

- energetska sanacija spoljnih zidova uključujući neophodne intervencije sanacije defekata i oštećenja na zidovima;
- sanacija defekata i oštećenja na spoljnim zidovima, konzolnim tavanicama i ivičnim gredama;
- rekonstrukcija rampe za pešake i korisnike invalidskih kolica na ulazu u zgradu;
- planiranje i izgradnja sigurnosnog stepeništa da bude pristupačno iz svakog stana;
- ugradnja automatskog sistema za gašenje požara u zgradama - ugradnja sprinkler jedinica na mestima visokog rizika

Odabir jednog od predloženih rešenja za obnovu spoljnih zidova predmetne zgrade zavisi od predviđenog scenarija obnove i potpomognut je dijagramom toka (Sl. 5.93).

Ukoliko je prilikom obnove zahtevano da se identitet građevine očuva u potpunosti, bira se rešenje 3, odnosno energetska sanacija spoljnih zidova se sprovodi sa unutrašnje strane. Ukoliko je dozvoljena delimična promena izgleda spoljnih zidova, energetska sanacija sa spoljašnje strane ima prednost u odnosu na energetska sanaciju sa unutrašnje strane i bira se jedno od dva predložena rešenja. Ukoliko najmanja cena definiše konačan odabir, bira se rešenje 1 – ETICS, u suprotnom bira se rešenje 2 – sistem ventilisane fasade, kao rešenje koje pruža bolje trajnosne performanse.



Sl. 5.93 – Dijagram toka: donošenje odluke o implementaciji rešenja obnove spoljnih zidova zgrade NF-26

5.9. Generisanje Dosijea zgrade

U poslednjoj fazi sprovedenih istraživanja svi prikupljeni podaci i dobijeni rezultati su objedinjeni i organizovani direktorijumski, a zatim povezani sa GIS bazom podataka, koja je kreirana u okviru doktorske disertacije. Na ovaj način je osnovna baza podataka transformisana u višeslojnu georeferenciranu interaktivnu bazu.

Ovako koncipirana baza podataka omogućava generisanja *Dosijea* analizirane zgrade koji sadrži podatke i informacije potrebne za detaljnu analizu stvarnog stanja i planiranje i projektovanje njene obnove (Sl. 5.94).

OSNOVNI PODACI O ZGRADI

OPIS PROJEKTA
 Naziv projekta: ...
 Datum projekta: ...

POSREDOVANJE
 Naziv posrednika: ...
 Datum projekta: ...

POSREDOVANJE
 Naziv posrednika: ...
 Datum projekta: ...

POSREDOVANJE
 Naziv posrednika: ...
 Datum projekta: ...

POSREDOVANJE
 Naziv posrednika: ...
 Datum projekta: ...

POSREDOVANJE
 Naziv posrednika: ...
 Datum projekta: ...

KOORDINATE I POZICIE ORIJENTACIONIH TAČAKA IZMJERENI TOČKAMA IZMJERENIA IZMIRENIA 95

Redni broj	Koordinate			Prinos opterećenosti tačke na bazi
	X (m)	Y (m)	Z (m)	
1	1049198.812	101112137.62	87.265	
2	1049198.812	101112137.62	87.265	
3	1049198.812	101112137.62	87.265	
4	1049198.812	101112137.62	87.265	
5	1049198.812	101112137.62	87.265	
6	1049198.812	101112137.62	87.265	
7	1049198.812	101112137.62	87.265	
8	1049198.812	101112137.62	87.265	
9	1049198.812	101112137.62	87.265	
10	1049198.812	101112137.62	87.265	
11	1049198.812	101112137.62	87.265	
12	1049198.812	101112137.62	87.265	
13	1049198.812	101112137.62	87.265	
14	1049198.812	101112137.62	87.265	
15	1049198.812	101112137.62	87.265	
16	1049198.812	101112137.62	87.265	
17	1049198.812	101112137.62	87.265	
18	1049198.812	101112137.62	87.265	
19	1049198.812	101112137.62	87.265	
20	1049198.812	101112137.62	87.265	
21	1049198.812	101112137.62	87.265	
22	1049198.812	101112137.62	87.265	
23	1049198.812	101112137.62	87.265	
24	1049198.812	101112137.62	87.265	
25	1049198.812	101112137.62	87.265	
26	1049198.812	101112137.62	87.265	
27	1049198.812	101112137.62	87.265	
28	1049198.812	101112137.62	87.265	
29	1049198.812	101112137.62	87.265	
30	1049198.812	101112137.62	87.265	

Fotografije dron

Share View

➔ Baza podataka ➔ Fotografije dron

Search fotografije dron

LABORAT ENERGIJSKE EFIKASNOSTI ZGRADA NF-26

Zbiranje podataka o zgradama u različitim područjima i dostupnost podataka za analizu.

Tablica 1: Osnovni podaci o zgradama

Redni broj	Adresa	Godina izgradnje	Godina renoviranja	Godina projekta
1

Tablica 2: Karakteristike zgrade

Parametar	Broj katova	Ukupna površina (m ²)
1

Tablica 3: Energetski podaci

Parametar	Ukupna potrošnja energije (kWh/m ² ·god)
1	...

MAPA DEGRADACIJE UNUTARNJE JUŽNA FASADA

R: 1:80 | R: 1:80



Browser

- Prostorna analiza
- Višeslojna analiza
- Mapa hazarda požara
 - 2011
 - 2012
 - Zgrada NF-26
 - Visoke stambene zgrade
 - OpenStreetMap

Zgrada NF-26 - Feature Attributes

Oznaka: ...

Tip: Zgrada

Opis podaci: Osnovni podaci o zgradama.pdf

Plan: Plan stanova i pregleda zgrade.pdf

Slike dron: Fotografije dron

Olože: Orijentacione tačke.pdf

Otnosi: Orijevaci

FTI: Procena energijske performansi

Procena EE: Procena energetske performansi

Procen BOP: Procena berbevodnosti od požara

Mere: Produženje mreže i rešenja za snabdevanje stana

Obratiti: Odgovori na pitanja

IDENTIFIKOVANI DEFETTI I OŠTEĆENJA NA AB IZOVJETA

Identifikovani defekti i oštećenja

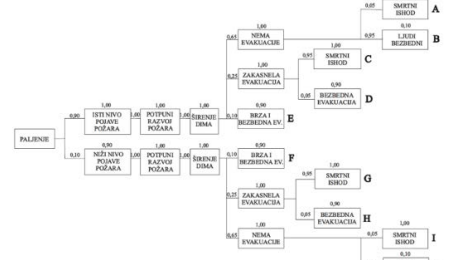
Defekti i oštećenja

Defekti i oštećenja

Grupa defekata i oštećenja	Defekti i oštećenja	Nivo degradacije (segmenti zida cijevi)																
		S+P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Oslabljenje podloge	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Mleč od vlage	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Likvotracija	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Rizikoza tvorjenja	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Veštački izlazi za ventilaciju	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Nepravilno izlazi za ventilaciju	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Razlika površina	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Čvrstoća beton	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Krugasti priručnici	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Nepravilno izlazi za ventilaciju	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Nepravilno izlazi za ventilaciju	D	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Nepravilno izlazi za ventilaciju	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Nepravilno izlazi za ventilaciju	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OSTEĆENJA FIZIČKE PRIRODE	Nepravilno izlazi za ventilaciju	3,51	6,41	6,33	6,62	6,17	5,39	NP	5,82	3,63	1,78	5,78	5,81	6,65	9,4			

OPŠTINJE DEGRADACIJE (%)

6,00 – globalna staza degradacije: DGRBO



Evakuacioni hodnik od vestija u stambenoj zgradi DEU-FI, POREBNI SISTEMI I MERE

Evakuacioni hodnik od vestija u stambenoj zgradi DEU-FI, POREBNI SISTEMI I MERE

Evakuacioni hodnik od vestija u stambenoj zgradi DEU-FI, POREBNI SISTEMI I MERE

Opis	Ispravno	Ispravno
...	NE	NE
...	NE	NE
...	DA	DA
...	DA	DA
...	NE	NE
...	NE	NE
...	NE	NE

Sl. 5.94 – Prikaz Dosijea zgrade u okviru kreirane višeslojne georeferencirane interaktivne baze podataka

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu definisanog problema i analize aktuelnog stanja u oblasti, identifikovana je potreba za istraživanjem sprovedenim u doktorskoj disertaciji, čiji je cilj bio razvoj i formiranje strateškog modela planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada s aspekta energetske efikasnosti, trajnosti i bezbednosti od požara.

Prema predloženom modelu, proces obnove zgrada se sastoji iz osam faza čija realizacija zahteva multidisciplinarni pristup kroz kombinovanu primenu metoda, tehnologija i digitalnih alata koji se često primenjuju u savremenoj nauci i inženjerskoj praksi.

Model omogućuje procenu stvarnog stanja fasada, formulisanje zahteva obnove, predlog i evaluaciju mera i rešenja za unapređenje postojećeg stanja, selekciju odgovarajućih tehničkih rešenja za realizaciju obnove, određivanje prioriteta intervencija i donošenje konačne odluke o obnovi.

Upotrebom predloženog modela omogućuje se:

- metodološki pristup unapređenju stanja postojećih zgrada u pravcu održivog izgrađenog okruženja, a da se pri tom zadrže nasleđene vrednosti i prednosti postojećih zgrada,
- detekcija, lociranje i geometrijska karakterizacija pukotina na fasadama zgrada primenom novokreiranog poluautomatizovanog digitalnog alata,
- procena rizika od požara, primenom novokreirane metodologije, jedinstvene na našim prostorima i u skladu sa najnovijim trendovima u oblasti analize rizika,
- dostupnost podataka i informacija za detaljnu analizu stvarnog stanja i planiranje i projektovanje obnove postojećih zgrada, putem Dosijea zgrade, koji predstavlja jedan od izlaznih rezultata modela,
- formiranje okvira za dalji razvoj modela za različite nivoe obnove od pojedinačnih zgrada do kompletnih blokova zgrada i naselja u celini.

Provera i validacija predloženog modela je sprovedena na visokoj slobodnostojećoj stambenoj zgradi sa oznakom NF-26, koja je reprezentativni predstavnik zgrada sa montažnim fasadnim parapetima. Primena predloženog modela je omogućila uspešno, efikasno, objektivno i bezbedno sprovođenje procene trajnosti predmetne zgrade.

Zahvaljujući postignutoj tačnosti i rezoluciji, generisane ortofasade su zadovoljile zahteve studije slučaja, omogućavajući u daljim fazama istraživanja precizno merenje arhitektonskih karakteristika na fasadi, kreiranje detaljne mape oštećenja i defekata spoljnih zidova i kvantifikaciju globalnog stanja degradacije. Rezultati sprovedene kvalitativne procene trajnosti pokazuju da je trajnost montažnih AB ogradna, ivičnih greda i konzolnih tavanica narušena. Izuzev trajnosti, ugrožena je i stabilnost montažnih AB ogradna, usled čega ovi elementi predstavljaju neposrednu opasnost za prolaznike. Rezultati kvantitativne procene trajnosti pokazuju da je stanje spoljnih zidova dobro ili bez vidljive degradacije, izuzev malterske obloge parapeta, koja je u većini slučajeva dostigla kraj svog upotrebnog veka.

Rezultati procene energetske performansi pokazuju da zgradu karakteriše povoljan faktor oblika, nešto veći od uobičajenog za visoke zgrade, dok udeo transparentnih površina u ukupnoj površini fasade dostiže čak 45%. Nijedan sklop elemenata identifikovan u strukturi termičkog omotača ne zadovoljava postavljen kriterijum koji se odnosi na maksimalnu vrednost koeficijent prolaza toplote. Najveće učešće u ukupnim gubicima imaju transmisioni gubici kroz prozore i vrata, a zatim transmisioni gubici kroz netransparentni deo omotača zgrade. Na osnovu proračunate specifične godišnje potrebna energije za grejanje zgrada je svrstana u energetske razred F. Analizom termovizijskih fotografija, jasno se uočavaju termički mostovi u zonama ivičnih nosača i stubova na AB zidovima i u ivičnim zonama parapetnih zidova i fasadne stolarije.

Primenom predložene novoformirane metodologije, uspešno je sprovedena procena bezbednosti od požara analizirane zgrade. Rezultati sprovedene prostorno-vremenske analize distribucije požara ukazuju da se najveći broj požara u stambenim zgradama dogodio u gradskim četvrtima Detelinara, Grbavica, Stari grad, Rotkvarija, Sajmište i Bistrica, u kuhinjama i predsobljima stambenih jedinica. Najveći broj požara dogodio se u toku i neposredno pre i nakon grejne sezone, u toku radnog dana kada se stanari vrata sa posla ili noću kada spavaju. Ljudski nemar i neispravne/neispitane električne instalacije su identifikovani kao dva osnovna uzroka požara. Mapa rizika od požara ukazuje na visok rizik predmetnih zgrada od požara, koje su locirane u gradskim četvrtima gde je identifikovan najveći broj požara. Rezultati sprovedene kvalitativne procene ukazuju da je požarna bezbednost analizirane zgrade na veoma niskom nivou: zgrada nije podeljena na požarne sektore, ne postoji sigurnosno stepenište i predmetnom objektu je u slučaju vatrogasne intervencije moguće neposredno prići samo sa jedne fasadne strane sa otvorima, što uz nedostatak osvetljenja i oznaka evakuacije značajno ugrožava bezbednost stanara u slučaju požara. Procenom rizika od požara u pogledu zahteva za ugradnjom sistema za gašenje požara zaključeno je da je u zgradi neophodna ugradnja sistema za automatsku dojavu požara, a preporučuje se i ugradnja sistema za automatsko gašenje požara. Rezultati kvantitativne procene pokazuju da su postojeće mere zaštite od požara implementirane u zgradi nedovoljne da snize rizik na prihvatljiv nivo. Na osnovu analiziranih mogućih scenarija, zaključuje se da u slučaju požara najveću verovatnoću da prežive imaju stanari koji ostanu u svojim stanovima i sačekaju vatrogasnu brigadu da ih spasi. Najmanju verovatnoću da prežive imaju stanari koji kasno započnu evakuaciju, putem stepeništa ispunjenog produktima sagorevanja.

Na osnovu procenjenog stanja s aspekta trajnosti, energetske efikasnosti i bezbednosti od požara, predložene su mere i rešenja za unapređenje stanja, i to u okviru dva moguća scenarija: (1) očuvanja identiteta građevine u potpunosti i (2) delimičnog očuvanja identiteta građevine. U okviru prvog scenarija, sprovodi se energetska sanacija spoljnih zidova sa unutrašnje strane, sanacija svih identifikovanih defekata i oštećenja na fasadama i ugradnja automatskog sistema za gašenje požara. U drugom scenariju, sprovodi se energetska sanacija spoljnih zidova sa spoljašnje strane, u sistemu kontaktne (tople) ili ventilisane (hladne) fasade, delimična/neophodna sanacija oštećenja i defekata, ugradnja automatskog sistema za detekciju i dojavu požara, kao i izgradnja dva sigurnosna stepeništa. U oba scenarija za

energetsku obnovu su odabrani materijali u skladu sa zahtevima bezbednosti od požara visokih zgrada.

Evaluacija predloženih mera i rešenja je sprovedena na dva nivoa. U okviru prvog nivoa energetske sanacije razmatrana je: zamena fasadne stolarije i sistema ravnog krova i toplotna izolacija međuspratne konstrukcije iznad negrejanog prostora. U okviru drugog nivoa, uz primenu mera prvog nivoa, razmatrana je i ugradnja dodatnog sloja termoizolacije na spoljne zidove. Rezultati evaluacije predloženih mera pokazuju da se implementacijom mera prvog nivoa postiže poboljšanje energetskog razreda zgrade sa F na D, dok se realizacijom mera drugog nivoa postiže energetski razred C.

U cilju vrednovanja predloženih mera zaštite od požara, metodom stabla događaja je sprovedena kvantifikacija preostalog rizika od požara. Rezultati pokazuju da se izgradnjom sigurnosnih stepeništa i ugradnjom automatskog sistema za detekciju i dojavu požara preostali rizik po ljudske živote smanjuje na 34,45% od početne vrednosti, a ugradnjom automatskog sistema za gašenje požara na 10,48 % .

Sinteza rezultata uporedne analize aktuelnih i zahtevanih performansi predmetnih zgrada, proizašlih na osnovu sprovedene studije slučaja, upućuje na neke od naglašenih potreba za unapređenjem:

- energetske efikasnosti, gde je neophodno zameniti fasadnu stolariju zbog velikog udela transparentnih površina u termičkom omotaču, čime se mogu ostvariti uštede i do 50% u odnosu na sadašnju potrošnju energije; dopunske uštede je moguće ostvariti aplikacijom termoizolacionog sloja na spoljašnje zidove – do 70%;
- požarne bezbednosti, gde je neophodno obezbediti pravovremenu i efikasnu evakuaciju iz zgrada u slučaju požara ugradnjom automatskih sistema za detekciju i dojavu požara i sigurnosnog stepeništa ili ugradnjom automatskog sistema za gašenje požara;
- trajnosti i stabilnosti montažnih betonskih fasadnih elemenata, primarno balkonskih ograda.

Utvrđeno je da nije preporučljivo odlaganje obnove fasada, ali je moguće radove planirati fazno, u skladu sa određivanjem prioriteta radova. Pri rangiranju prioriteta prednost treba da imaju radovi koji doprinose pouzdanosti konstrukcije i bezbednoj eksploataciji zgrada i kvalitetu komfora stanovanja, koje je neophodno uskladiti sa zahtevima energetske efikasnosti, trajnosti i ekonomičnosti. Arhitektonske vrednosti objekata treba da su sačuvane ili unapređene u svakom od alternativnih rešenja, a neophodno je i ostvariti povoljan uticaj na okruženje. Da bi se sačuvale novostvorene vrednosti postignute obnovom zgrada, potrebno je uspostaviti kontrolu kvaliteta: periodične preglede i redovno održavanje objekata. Izostanak ovih aktivnosti u dosadašnjem periodu eksploatacije, jedan je od osnovnih uzroka deterioracije i devastacije zgrada i naselja.

7. NAUČNI DOPRINOS, PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA I MOGUĆNOST PRIMENE U PRAKSI

Rezultati naučnog istraživanja u okviru ove disertacije su značajni za oblast savremenog graditeljstva u cilju razvoja modela obnove i revitalizacije postojećih stambenih zgrada i naselja.

Detaljnijom analizom dosadašnjih istraživanja u oblasti, zaključeno je da je ova naučna oblast nedovoljno istražena, naročito u kontekstu istovremene obnove s aspekta energetske efikasnosti, trajnosti i bezbednosti od požara, uz očuvanje identiteta građevina.

Naučni doprinos ove doktorske disertacije se prvenstveno vidi kroz ispunjenje postavljenih hipoteza:

- Kreiran je strateški model planiranja i projektovanja obnove betonskih fasada visokih slobodnostojećih stambenih zgrada koji ima značajnu ulogu kao podrška donosiocima odluka u procesu obnove stambenih zgrada i omogućava kompleksniju i realniju procenu stanja zgrada pre obnove i obezbeđuje precizniju evaluaciju budućih performansi zgrada u fazi planiranja i projektovanja njihove obnove.
- Kreirani model obezbeđuje sagledavanje mogućnosti za produženje životnog veka zgrade, ostvarenih ušteda u potrošnji energije za obezbeđenje osnovnih uslova komfora i unapređenja bezbednosti stanovanja i očuvanja ljudskih života u slučaju požara.
- Kreiran je poluautomatizovani digitalni alat za detekciju, lociranje i geometrijsku karakterizaciju pukotina na fasadama zgrada.
- Na osnovu Mape hazarda požara i performansi zgrada, kreirana je višestepena metodologija procene rizika od požara, jedinstvena na našim prostorima i u skladu sa najnovijim trendovima u oblasti analize rizika.

Poseban doprinos ovog istraživanja je primena savremenog pristupa proceni trajnosti fasada, zasnovanog na vizuelnom pregledu generisane georeferencirane ortofasade i kvantifikaciji globalnog stanja degradacije fasada primenom numeričkog modela degradacije. Georeferencirana ortofasada predstavlja visokokvalitetnu, geometrijski korigovanu, fotografiju celokupne fasade, realnih razmera, i primenjuje se za identifikaciju defekata i oštećenja, njihovo detaljno mapiranje i preciznu geometrijsku karakterizaciju, što dalje omogućava kvantifikaciju globalnog stanja degradacije fasada. U poređenju sa tradicionalnim pregledom, primenom predložene metode, vizuelni pregled zgrade se značajno pojednostavljuje, brži je, precizniji, ekonomičiji i bezbedniji za procenitelja. U okviru budućih istraživačkih pravaca, uspostavljeni dijagnostički model bi mogao da posluži za definisanje funkcije degradacije i izradu prognostičkog modela stanja fasade.

Model, u okviru kreiranog poluautomatizovanog digitalnog alata, sadrži računarski kod za automatsku inspekciju pukotina, koji koristi metode zasnovane na slikama otvorenog pristupa. Primenom koda se prevazilaze ograničenja vezana za manuelnu identifikaciju defekata i oštećenja i smanjuje mogućnost slučajne ljudske greške. Automatska detekcija pukotina na georeferenciranoj ortofasadi i njihova lokacija i geometrijska karakterizacija nisu ranije

istraživane. Zahvaljujući orijentacionim tačkama, primenom koda je moguće precizno lociranje pukotine, nakon čega je moguće odrediti i njene geometrijske parametre (dužinu, širinu, površinu), na osnovu koordinata njenih tačaka, primenom jednostavnih matematičkih operacija. Date informacije su ključne za mapiranje oštećenja i kvantifikaciju degradacije fasade. Kod se može primeniti na različite vrste fasadnih obloga i za detekciju različitih oštećenja, pod uslovom da se ona manifestuju promenom boje na ortofasadi. Budući razvoj metode automatske detekcije predviđen je u pravcu mašinskog učenja i uslovljen je proširenjem baze podataka.

Poseban doprinos predstavljaju i novokreirane *Mapa hazarda požara* i *Mapa rizika od požara*. Mapa hazarda požara je formirana primenom GIS alata transformacijom prikupljenih istorijskih podataka o požarima i koristi se za prostorno-vremensku analizu distribucije požara. Rezultati aktivnosti pružaju korisne uvide u vremenske i prostorne obrasce požarnih incidenata u stambenim zgradama, ukazujući na to u kojem delu dana/sedmice/godine ljudi treba da budu pažljiviji i da obrate više pažnje na bezbednost od požara u svojim domovima. Dodatno, rezultati omogućavaju identifikaciju gradskih područja sa najučestalijim požarima i date informacije mogu da posluže VSJ da organizuje edukativne vežbe u ciljanim urbanim područjima i zgradama. Mapa rizika od požara je formirana preklapanjem Mape hazarda i Mape predmetnih zgrada, u okviru koje su integrisani svi prikupljeni opisni podaci o zgradama. Na ovaj način je formirana digitalna višeslojna georeferencirana interaktivna baza podataka, koja ima potencijal za implementaciju u okviru Registra rizika od katastrofa čija je izrada predviđena za teritoriju RS Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama.

Jedan od izlaznih rezultata modela je i *Dosije zgrade* koja je predmet obnove. Dosije može da posluži kao osnova za kreiranje računarskog modela (računarske aplikacije/ekspertskeg sistema) koji omogućava operateru (inženjeru) brzu i istovremenu procenu trajnosti, energetskih performansi i bezbednosti od požara visokih stambenih zgrada, i ujedno daje predlog za unapređenje ovih performansi.

Predloženi model je univerzalan i primenljiv na različite vrste fasadnih obloga i pogodan za primenu u proceni stanja nepristupačnih fasada zgrada ili visokih zgrada i velikih konstrukcija svih vrsta. Zahvaljujući multidisciplinarnom pristupu problemima donošenja odluka, koji uključuje kombinovanu primenu tehnologija koje se često koriste u savremenoj inženjerskoj praksi i verifikovanih digitalnih alata, prvenstveno otvorenog pristupa, model bi se jednostavno i lako mogao uvesti u svakodnevnu inženjersku praksu obnove postojećih zgrada.

Imajući u vidu veličinu građevinskog opusa i njihovu društvenu vrednost, značaj obnove zgrada izgrađenih u posleratnom periodu je neupitan. Stoga bi evaluacija i konzervacija vrednih objekata moderne stambene arhitekture, gde sigurno pripadaju i pojedine istraživane visoke stambene zgrade, kroz izradu strategije očuvanja i dugoročnog održavanja, svakako trebalo da postane i deo naše savremene graditeljske teorije i prakse.

8. LITERATURA

- Aalborg Charter (1994). *Charter of European Cities and Towns Towards Sustainability*. Preuzeto sa <https://sustainablecities.eu/the-aalborg-charter/>
- Abu-Jdayil, B., Mourad, A.-H., Hittini, W., Hassan, M. & Hameedi, S. (2019). Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials*, 214, 709–735. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.102>
- Aditya, L., Mahlia, T.M.I., Rismanchi, B., Ng, H.M., Hasan, M.H., Metselaar, H.S.C., Murza, O. & Aditya, H.B. (2017). A review on insulation materials for energy conservation in buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1352–1365, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.034>
- AIJ (1993). The English edition of the principal guide for service life planning of buildings. Tokyo: Architectural Institute of Japan.
- Albatici, R., Gadotti, A., Baldessari, C., & Chiogna, M. (2016). A Decision Making Tool for a Comprehensive Evaluation of Building Retrofitting Actions at the Regional Scale. *Sustainability*, 8, 990. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su8100990>
- Alexander, D. (2002). *Principles of emergency planning and management*. King's Lynn, Terra Publishing citirano u Berry, R. (2009). A review of the use of GIS in hazard and disaster management, Division of Earth. Space and Environment & GIS Research Centre, University of Glamorgan.
- Aliyari, M., Droguett, E.L. & Ayele, Y.Z. (2021). UAV-Based Bridge Inspection via Transfer Learning. *Sustainability*, 13, 11359. <https://doi.org/10.3390/su132011359>
- Andeweg, M. T., Brunoro, S., & Verhoef, L. G. W. C. (Ed.) (2007). *COST C16 Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes, State of the Art, 2*. Amsterdam: Delft University Press, Research in Architectural Engineering Series.
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F. & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1–17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- Asgary, A., Ghaffari, A. & Levy J. (2010). Spatial and temporal analyses of structural fire incidents and their causes: A case of Toronto, Canada. *Fire Safety Journal*, 45, 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.10.002>
- Atanasiu, B. & Kenkmann, T. (2013). *Overview of the EU-27 building policies and programs: Factsheets on the nine Entranze target countries, Cross-analysis on Member-States' plans to develop their building regulations towards the nZEB standard*. Entranze Project report. Preuzeto sa <https://www.entranze.eu>
- Atelje za projektovanje „Plan“ (1963). *Tehnička dokumentacija, projekat E-264*. Novi Sad
- Atelje za projektovanje „Plan“ (1967). *Tehnička dokumentacija, projekat E-331*. Novi Sad
- Atelje za projektovanje „Plan“ (1968). *Tehnička dokumentacija, projekat E-382*. Novi Sad

- Atelje za projektovanje „Plan“ (1976). *Glavni arhitektonsko građevinski projekat - statički proračun za stambene kule P +14 (A1) na Novom Naselju u Novom Sadu, E-585*. Novi Sad.
- Ayele, Y.Z., Aliyari, M., Griffiths, D. & Droguett, E.L. (2020). Automatic Crack Segmentation for UAV-Assisted Bridge Inspection. *Energies*, 13, 6250. <https://doi.org/10.3390/en13236250>
- Badam. R. T. (2017). Tamweel Tower residents move back home - five years after fire. *The National*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.thenationalnews.com/uae/tamweel-tower-residents-move-back-home-five-years-after-fire-1.626428>
- Balaras, C., Dascalaki, E., Drousa, P. & Kontoyiannidis, S. (2002). *EPIQR – TOBUS – XENIOS – INVESTIMMO, European Methodologies & Software Tools for Building Refurbishment, Assessment of Energy Savings and IEQ*. 33rd Int. HVAC Congress, Belgrade, Serbia.
- Balaras, C.A., Drousa, K., Dascalaki, E. & Kontoyiannidis S. (2005). Deterioration of European apartment buildings, *Energy and Buildings*, 37, 515–527. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.010>
- Baldwin, D. & Leon, J.P (2020). Tower cladding in UAE fuels fire. *Gulf News*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://gulfnews.com/business/property/tower-cladding-in-uae-fuels-fire-1.1016836>
- Ballarini, I., Primo, E. & Corrado, V. (2018). On the limits of the quasi-steady-state method to predict the energy performance of low-energy buildings. *Thermal Science*, 22, 1117-1127. <https://doi.org/10.2298/TSCI170724133B>
- Banaszek, A., Zarnowski, A., Cellmer, A. & Banaszek, S. (2017). Application of New Technology Data Acquisition Using Aerial (UAV) Digital Images for the Needs of Urban Revitalization. 10th International Conference Environmental Engineering, Lithuania. <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.159>
- Banjac, M., Todorović, M., Kulić, F., Živković, B., Ristanović, M., Galić, R., Đukanović, D., Matejić, M. i Brdarević, LJ. (2017). *Priručnik za energetske menadžere za oblast energetike zgrada*. Beograd: Program Ujedinjenih nacija za razvoj, ISBN 978-86-7728-256-1.
- Banjad Pečur, I., Bobovec, B., Milovanović, B. & Bagarić, M. (2015). *From energy strategies through energy retrofitting to fire safety of buildings*. Proceedings of the International Conference Applications of Structural Fire Engineering, Dubrovnik, Croatia. <https://doi.org/10.14311/asfe.2015.068>
- BBC News (2017a). *Grenfell Tower block fire: In pictures*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.bbc.co.uk/news/uk-40272984>
- BBC News (2017b). *Grenfell Tower: What happened*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.bbc.com/news/uk-40301289>
- BBC News (2017c). *Dubai's Torch Tower catches fire for second time in two years*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-40822269>

- Berberan, A., Brito, J., Gaspar, P. L. (2016). *Methodologies for Service Life Prediction of Buildings With a Focus on Façade Claddings*, Green Energy and Technology, Springer International Publishing Switzerland, ISSN 1865-3529, ISSN 1865-3537 (electronic), ISBN 978-3-319-33288-8, ISBN 978-3-319-33290-1 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33290-1>
- Berberan, A., Portela, E.A. & Boavida, J. (2007) Assisted visual inspection of dams for structural safety control. *The International Journal on Hydropower and Dams*, 14. Preuzeto sa <https://www.academia.edu>
- Bergström, J. & Ericssäter, L. (2015). *Fire Safety Codes and Construction Products within the EU – An Evaluation of Harmonisation Fire Safety Engineering*. Sweden: Lund University. Preuzeto sa <https://lup.lub.lu.se>
- Bhowmick, S., Nagarajaiah, S. & Veeraraghavan, A. (2020). Vision and Deep Learning-Based Algorithms to Detect and Quantify Cracks on Concrete Surfaces from UAV Videos. *Sensors*, 20, 6299. <https://doi.org/10.3390/s20216299>
- Biro za projektovanje „Projekt 76“ (1980). *Glavni arhitektonsko-građevinski projekat za stambene kule S1, S2, S3 (P+14,15,16,17,18) na Limanu IV, E-222, 223, 224*. Novi Sad.
- Biro za projektovanje „Projekt 76“ (1982). *Glavni arhitektonsko-građevinski projekat za stambene zgrade S9, S10, S11 (P+12+Pk) na Novom naselju, E-275, 276 i 277*. Novi Sad.
- Biro za projektovanje i inženjering „Arkon“ (1973). *Glavni građevinski projekat Limana II - kule K-2 Novi Sad, br. 73-656*. Beograd
- Biro za projektovanje i inženjering „Arkon“ (1974). *Glavni izvođački projekat za stambenu zgradu S-2, Liman III, Blok 2 u Novom Sadu, 72-623*. Beograd.
- Bogdanović, V. i Kostić D. (2015). *Konstruktivni sklopovi zgrada*. Materijal sa predavanja, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu. Preuzeto sa <https://docplayer.gr/64676132-Predavanje-br-3-konstruktivni-sklopovi-zgrada.html>
- Bojan, A.-C., Popa, A.-G. & Puskas, A. (2017). Alternative Solution for Thermal Rehabilitation of Buildings with Polystyrene Panels. *Procedia Engineering*, 181, 712-717. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.454>
- Boström, L., Hofmann-Böllinghaus, A., Colwell, S., Chiva, R., Tóth, P., Moder, I., Sjöström, J., Anderson, J. & Lange, D. (2018). *Development of a European approach to assess the fire performance of facades*, Publications Office. Preuzeto 18. maja 2020, sa <https://data.europa.eu/doi/10.2873/954759>
- Brito, J., Pereira, C., Silvestre, J. D., & Flores-Colen, I. (2020). *Expert Knowledge-based Inspection Systems - Inspection, Diagnosis, and Repair of the Building Envelope*. Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42446-6>
- BS 7543 (1992). Guide to durability of buildings and building elements, products and components. London: British Standards Institution.
- Buildings Performance Institute Europe (BPIE) (2011). *Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings*.

- ISBN: 9789491143014. Preuzeto 05. novembra 2020, sa http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/EU-B-under-the-mic_executive-summary.pdf
- Buildings Performance Institute Europe (BPIE) (2014). *Energy performance certificates across the EU: A mapping of national approaches*. ISBN 9789491143106. Preuzeto 05. novembra 2020, sa <http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Energy-Performance-Certificates-EPC-across-the-EU.-A-mapping-of-national-approaches-2014.pdf>
- Buildings Performance Institute Europe (BPIE) (2015). *Indoor air quality, thermal comfort and daylight: Analysis of residential building regulations in eight EU Member States*, ISBN: 9789491143106. Preuzeto 05. novembra 2020, sa <https://www.bpie.eu/publication/indoor-air-quality-thermal-comfort-and-daylight-an-analysis-of-residential-building-regulations-in-8-member-states-2015/>
- Cagić, P. i Lojanica, M. (1980). Stambene zajednice Blok III i Liman III (B-2) u Novom Sadu i sistem za industrijsku proizvodnju stanova NS-71, *Stan i stanovanje, Izgradnja*, Novi Sad.
- Calantripio, A., Chiabrande, F., Rinaudo, F. & Tappati Lose, L. (2018). Use and evaluation of a short range small quadcopter and a portable imaging laser for built heritage 3D documentation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-1, 71–78. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-1-71-2018>
- Cancelliere, P., Setti, P., Sassi, S., Lucchini, A., Stefanazzi, A., Messa, S., Anselmi, E., Villotti, A., Madeddu, M. & Canzani, P. (2019). *A fire risk assessment method for reduced height buildings with ETIC façade systems*. Proceedings from 3rd International Symposium on Fire Safety of Facades, 155-162, Paris, France. Preuzeto sa <https://hal-cstb.archives-ouvertes.fr/hal-03388290/document>
- Cao, X., Dai, X. & Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy and Buildings*, 128, 198–213. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>
- Cariolet, J.-M., Vuillet, M. & Diab, Y. (2019). Mapping urban resilience to disasters – A review. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101746, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101746>
- Carrasco, M., Araya-Letelier, G., Velázquez, R. & Visconti, P. (2021). Image-Based Automated Width Measurement of Surface Cracking. *Sensors*, 21, 7534. <https://doi.org/10.3390/s21227534>
- Casini, M. (2019). Insulation Materials for the Building Sector: A Review and Comparative Analysis. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, 4, 121-132. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.10682-4>
- Celadyn, W. (2014). Durability of buildings and sustainable architecture. *Technical Transactions*, 7A(14), 17-26.

- Chen, K., Reichard, G., Xu, X., & Akanmu, A. (2021). Automated crack segmentation in close-range building façade inspection images using deep learning techniques. *Journal of Building Engineering*, 43, 102913. doi:10.1016/j.jobbe.2021.102913
- Cho, H.-C., Lee, D.H., Ju, H., Park, H.-C., Kim, H.-Y. & Kim, K.S. (2017). Fire Damage Assessment of Reinforced Concrete Structures Using Fuzzy Theory. *Applied Sciences*, 7, 518. <https://doi.org/10.3390/app7050518>
- Choi, D., Bell, W., Kim, D. & Kim, J. (2021). UAV-Driven Structural Crack Detection and Location Determination Using Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 21, 2650. <https://doi.org/10.3390/s21082650>
- Choi, J., Yeum, C.M., Dyke, S.J. & Jahanshahi, M.R. (2018). Computer-Aided Approach for Rapid Post-Event Visual Evaluation of a Building Façade. *Sensors*, 18, 3017. <https://doi.org/10.3390/s18093017>
- Commission Recommendation (EU) 2019/1019 of 7 June 2019 on building modernisation. Official Journal of the European Union, L 165/2019.
- Commission Recommendation (EU) 2019/786 of 8 May 2019 on building renovation. Official Journal of the European Union, L 127/19.
- Cvetkovska, M. (2019). *Fire safety engineering - from theory to practice*. Lecture within Teaching Mobility conducted under Erasmus + project Knowledge FOR Resilient soCiEty (K-FORCE). Preuzeto sa <http://www.kforce.gradjevinans.net>
- Ćirović, N., Đuričić M. & Avakumović J. (2017). *Energy efficiency on to examples of remote heating in Serbia*. Zbornik radova sa 10. međunarodnog naučnog skupa Nauka i visoko obrazovanje u funkciji održivog razvoja, str. 56-65, ISBN 978-86-83573-90-5, Mećavnik-Drvengrad, Užice.
- Dall’O, G. (2013). *Green Energy Audit of Buildings A Guide for a Sustainable Energy Audit of Buildings*. Green Energy and Technology, ISSN 1865-3537 (electronic), ISBN 978-1-4471-5064-0 (eBook). London: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5064-0>
- Daniotti, B. & Spagnolo, S. L. (2008). *Service Life Estimation using Reference Service Life Databases and Enhanced Factor Method*. DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components ISTANBUL, Turkey.
- Delmastro, C., Mutani, G. & Corgnati, S.P. (2016). A supporting method for selecting cost-optimal energy retrofit policies for residential buildings at the urban scale, *Energy Policy*, 99, 42–56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.051>
- Dias, I.S.; Flores-Colen, I.; Silva, A. Critical Analysis about Emerging Technologies for Building’s Façade Inspection. *Buildings*, 11, 53. <https://doi.org/10.3390/buildings11020053>
- Dias, W.P.S (2013). Factors Influencing the Service Life of Buildings. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 46, 1–7. <http://doi.org/10.4038/engineer.v46i4.6801>

- Dias, W.P.S. (2003). *Useful life of buildings*. University of Moratuwa, Moratuwa. Preuzeto sa <http://slaasmb.gov.lk/wp-content/uploads/2015/10/USEFUL-LIFE-OF-BUILDINGS.pdf>
- DIN 4701 (1947). Pravila proračuna potrebne toplote za grejanje zgrada.
- Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union, L 1/2003.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union, L 153/2010.
- Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union, L 156/2018.
- Draganić S., Laban M., Popov S. & Bukvić O. (2021). *Spatial-temporal analysis of fire hazard distribution Fires in apartment buildings in the city area of Novi Sad, Serbia*. Book of abstracts, Nordic Fire & Safety Days, Online conference.
- Draganić, S., Dražić, J., Malešev, M., Laban M. & Bukvić, O. (2021). *Energy Efficiency Improvement and Fire Safety of High-Rise Residential Buildings Facades*, Construction Materials for a Sustainable Future-COMS, 21-29, ISBN: 978-961-7125-01-6, Bled, Slovenia.
- Draganić, S., Laban, M. & Milanko, V. (2016). *Analysis of fire load in apartments*. State and trends of civil and environmental engineering E-GTZ, 3, 939 - 946, ISBN: 978-9958-628-18, Tuzla, Bosnia and Herzegovina.
- Draganić, S., Popov, S., Laban, M., Marković, M.Z., Lukić, I., Malešev, M. & Radonjanin, V. (2022). Orthofaçade-Based Assisted Inspection Method for Buildings. *Appl. Sci.*, 12, 5626. <https://doi.org/10.3390/app12115626>
- Draganić, S., Šupić, S., Bondžić, J., Laban, M. & Goločevac, R. (2016). *Fire events in residential facilities in Pljevlja*. 6th International Conference Civil Engineering – Science and Practice, 1655 - 1663, ISBN: 978-86-82707-30-1, Žabljak, Montenegro
- Droutsas, P. & Balaras, C. (2004). *Erbad—Investimmo European Residential Building Audits Database. ERBAD Handbook*. Report N° 02-095. Group Energy Conservation (GREC), Institute for Environmental Research & Sustainable Development (IERSD), National Observatory of Athens (NOA). Preuzeto sa <https://www.academia.edu>
- Džolev, I., Laban, M. & Draganić S. (2021) Survey based fire load assessment and impact analysis of fire load increment on fire development in contemporary dwellings. *Safety Science*, 135, 105094, 1-7. ISSN: 0925-7535, ISBN 0925-7535, Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105094>
- Đukić Ignjatović, N. (2016). *Optimizacija mera obnove stambenih zgrada u cilju poboljšanja energetske efikasnosti*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet.
- Đurić, V. (2020). Požar ugrozio statiku zgrade na Novom Beogradu, stanari zovu Grad u pomoć. *NI Beograd*, Preuzeto 28. decembra 2020, sa <http://rs.n1info.com>

- El-Haggar, S. M. (2007). Sustainability of Municipal Solid Waste Management. *Sustainable Industrial Design and Waste Management*, 149–196. <https://doi.org/10.1016/B978-012373623-9/50007-1>
- Ellenberg, A., Kotsos, A., Bartoli, I. & Pradhan, A. (2014). *Masonry Crack Detection Application of an Unmanned Aerial Vehicle*. International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Orlando, Florida. ASCE. <https://doi.org/10.1061/9780784413616.222>
- Emirates 24/7 (2012a). *Families in fire-ravaged Al Tayer building face homeless night out*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.emirates247.com/news/emirates/families-in-fire-ravaged-al-tayer-building-face-homeless-night-out-2012-04-28-1.456054>
- Emirates 24/7 (2012b). *Tenants allowed back in to view fire damage*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.emirates247.com/news/emirates/tenants-allowed-back-in-to-view-fire-damage-2012-04-29-1.456180>
- EN 13369 (2018). Common rules for precast concrete products. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 13500 (2003). Thermal insulation products for buildings - External thermal insulation composite systems (ETICS) based on mineral wool – Specification. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 13501-1 (2007). Fire classification of construction products and building elements-Part 1: Classification using data from reaction to fire tests. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 13670 (2009). Bruxelles: Execution of concrete structures. European Committee for Standardization (CEN).
- EN 16247-1(2012). Energy audits - Part 1: General requirements. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 16247-2 (2014). Energy audits Part 2: Buildings. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 1990 (2002). Eurocode - Basis of structural design. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 1991-1-2 (2002). Actions on Structures, General Actions, Actions on Structures Exposed to Fire. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 1992-1-1 (2004). Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 206 (2013) +A2 (2021) Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN ISO 13790 (2008). Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).
- EN ISO 52016-1 (2017). Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures. Bruxelles: European Committee for Standardization (CEN).

- Energy Community (2017) *Serbia's energy sector benchmark data*. Preuzeto 05. novembra 2020, sa <https://energy-community.org/implementation/Serbia.html>
- EPISCOPE (Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stock) and TABULA (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment) project. Preuzeto 12. juna 2017, sa <https://episcopes.eu/welcome/>
- Eschmann, C., Kuo, C.-M., Kuo, C.-H. & Boller, C. (2012). *Unmanned aircraft systems for remote building inspection and monitoring*. In Proceedings of the 6th European Workshop on Structural Health Monitoring, Dresden, Germany.
- ETAG 034-1 (2012). Guideline for European technical approval of kits for external wall claddings part I: ventilated cladding kits comprising cladding components and associated fixings, European Organisation for Technical Approvals (EOTA), Brussels, Belgium. Preuzeto sa <https://www.eota.eu/sites/default/files/uploads/ETAGs/etag-034-1-ec-version-april-2012.pdf>
- European Association for ETICS. *Typical system components*. Preuzeto 19. februara 2021, sa <https://www.ea-etics.eu/etics/about-etics/>
- European Commission (2006). *Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential*. Communication from the Commission COM(2006)545. Brussels. Preuzeto sa: <https://eur-lex.europa.eu>
- European Commission (2019). *Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU*. Preuzeto sa https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1.final_report.pdf
- European Commission (2020a). *EU Buildings Factsheets, Building stock characteristics*. Preuzeto 10. juna 2020, sa https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-factsheets_en
- European Commission (2020b). *In focus: Energy efficiency in buildings*. Preuzeto 10. juna 2020, sa https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_en
- European Communities (2009). *Energy performance certificates: EN 15217 Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for the energy certification of buildings*. Preuzeto sa <https://www.buildup.eu>
- European Parliament (2020). *Maximising the energy efficiency potential of the EU building stock*. Preuzeto sa https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0227_EN.pdf
- Exterior Facade Fire Evaluation & Comparison Tool (EFFECT™)*. Preuzeto sa <https://www.nfpa.org/exteriorwalls>
- Facade fire test (2014). Preuzeto 05. juna 2017, sa http://www.grad.unizg.hr/fft/facade_fire_test
- Federman, A., Shrestha, S., Quintero, M.S., Mezzino, D., Gregg, J., Kretz, S. & Ouimet, C. (2018). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Photogrammetry in the Conservation of

- Historic Places: Carleton Immersive Media Studio Case Studies. *Drones*, 2, 18. <https://doi.org/10.3390/drones2020018>
- Ferreira, C., Canhoto Neves, L., Silva, A., Brito, J. (2018). Stochastic Petri net-based modelling of the durability of renderings. *Autom. Constr.*, 87, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.007>
- Ferreira, J. , Duarte Pinheiro, M. & de Brito, J. (2013). Refurbishment decision support tools: A review from a Portuguese user's perspective. *Construction and Building Materials*, 49, 425–447. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.08.064>
- Ferreira, T.M., Vicente, R., Raimundo Mendes da Silva, J.A., Varum, H., Costa, A. & Maio, R. Urban fire risk: Evaluation and emergency planning. *Journal of Cultural Heritage*, 20, 739–745. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.01.011>
- Filip Šćekić. *Konstrukcije, materijali i tehnologije u scenskom dizajnu*. Akademija umetnosti, Univerzitet u Novom Sadu. Preuzeto sa <https://www.academia.edu>
- Fire Safe Europe (FSEU) (2017). *Facades and fire safety: how do countries compare?*. Preuzeto 10. septembra 2020, sa <https://firesafeurope.eu/facades-fire-safety-across-eu-countries/>
- Fire Safe Europe (FSEU) (2018). *A year of changes: Taking stock of the evolution of fire safety requirements in buildings throughout Europe*. Preuzeto 10. septembra 2020, sa <https://firesafeurope.eu>
- Fire Safe Europe (FSEU) (2020a). *Boosting sustainable buildings through fire safety*. Preuzeto 16. decembra 2020, sa <https://firesafeurope.eu/wp-content/uploads/2021/04/Sustainability-FSEU-Position-Paper-2020-FINAL.pdf>
- Fire Safe Europe (FSEU) (2020b). *Launch of FSEU's coalition for a Buildings Fire Safety Rating Scheme*. Preuzeto 16. decembra 2020, sa <https://firesafeurope.eu/launch-of-fseus-coalition-for-a-buildings-fire-safety-rating-scheme/>
- Fire Safe Europe (FSEU) (2020c). *Integrating fire safety for a deep and sustainable renovation wave*. Preuzeto 16. decembra 2020, sa <https://firesafeurope.eu/wp-content/uploads/2021/04/2020-08-24-Position-Paper-Integrating-fire-safety-for-a-deep-and-sustainable-Renovation-Wave-FINAL.pdf>
- Fire Safe Europe (FSEU) (2021). *Fire Safety: Know the facts*. Preuzeto 10. septembra 2020, sa <https://firesafeurope.eu/wp-content/uploads/2021/04/Fire-Safety-Know-the-facts-1.pdf>
- Flašar, A. (prevodilac) (1979). *Zvuk, toplota, vlaga: osnove, iskustva i praktična uputstva za visokogradnju*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Flores-Colen, I., Brito, J. & Pereira, C. (2017). Maintenance planning of facades in current buildings. *Construction and Building Materials*, 147, 790-802 <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.195>
- Foggia, G. di. (2018). Energy efficiency measures in buildings for achieving sustainable development goals. *Heliyon*, 4, e00953. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00953>

- Folic, R., Radonjanin, V. & Malešev, M. (2002). The assessment of the structure of Novi Sad Open University damaged in fire. *Construction and Building Materials Journal*, 16, 427 - 440. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(02\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(02)00045-4)
- Foliente G. (2000). Developments in performance-based building codes and standards. *Forest Products Journal*, 50(7), 12-21. Preuzeto sa <https://www.researchgate.net>
- Gaspar, P.L. & Brito J. (2011). Limit States and Service Life of Cement Renders on Façades. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000312](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000312)
- Gellert, R. (2010). Inorganic mineral materials for insulation in buildings. *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings*, 193–228. <https://doi.org/10.1533/9781845699277.2.193>
- Geoida. *Trimble R6 model*. Preuzeto 10. decembra 2021, sa <http://www.geoida.pl/attachment/r6m2.pdf>
- Gonçalves, M.C. & Correia, A. (2016). Risk Assessment of Urban Fire—Method for the Analysis and Management of Existing Buildings. In: Delgado, J. (ed.) *Sustainable Construction. Building Pathology and Rehabilitation*, 8. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0651-7_4
- Gonzalez-Cacere, s A., Rabani, M. & Wegertseder Martinez P.A (2019). *A systematic review of retrofitting tools for residential buildings*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 294, IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/294/1/012035>
- Graditelji *Novog Sada*. Preuzeto 15. novembra 2020, sa <https://graditeljins.wordpress.com/graditelji-info/dragisa-brasovan/>
- Građevinski kombinat „Beton“ (1970). *Glavni projekat centralnog grejanja - stambena kula S6 (P+13), Liman III, Novi Sad, E-1642*. Projektno tehnološki biro, Novi Sad.
- Građevinski kombinat „Beton“ (1971). *Glavni projekat - stambena kula S4 (P+13), Liman III, Novi Sad, E-1644*. Projektno tehnološki biro, Novi Sad.
- Grenfell Tower inquiry* (GTI) (2019). Phase 1 report overview, ISBN 978-1-5286-1620-1. Preuzeto sa <https://assets.grenfelltowerinquiry.org.uk>
- Hackitt, D. J. (2018). *Building a Safer Future: Independent Review of Building Regulations and Fire Safety*. Final Report, ISBN 978-1-5286-0293-8.
- Hajpál, M. (2012). Analysis of a tragic fire case in panel building of Miskolc, COST TU0904 (Integrated Fire Engineering and Response) meeting, Malta. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://lacoltulstrazii.files.wordpress.com/2012/10/analysis-of-a-tragic-fire-case-in-panel-building-miskolc-hungary.pdf>
- Häkkinen T. (Ed.) (2012). *Sustainable refurbishment of exterior walls and building facades, Final report, Part A – Methods and recommendations*. VTT Technical Research Centre of Finland, ISBN 978-951-38-7845-0, ISSN 2242-122X.
- Hallermann, N., Morgenthal, G. & Rodehorst V. (2015). *Unmanned Aerial Systems (UAS) – Case Studies of Vision Based Monitoring of Ageing Structures*. International

- Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), Berlin, Germany. Preuzeto sa https://www.ndt.net/article/ndtce2015/papers/169_hallermann_norman.pdf
- IAL Consultants (2018). *The European market for thermal insulation products*, Preuzeto 02. juna 2020, sa <https://www.gupta-verlag.com/news/industry/23659/ial-consultants-the-european-market-for-thermal-insulation-products>
- ISO 15686-1 (2011). Buildings and constructed assets—service life planning—Part 1: general principles and framework. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Istorijski arhiv grada Novog Sada*. Preuzeto 15. novembra 2020, sa <https://www.facebook.com/Historical.Archives.of.Novi.Sad>
- Jacobs, J. -P. (Ed.) (2007). *Comprehensive fire protection and safety with concrete*. Brussels: European Concrete Platform. Preuzeto sa <https://www.theconcreteinitiative.eu>
- Jaggs, M. & Palmer, J. (2000). Energy performance indoor environmental quality retrofit - a European diagnosis and decision making method for building refurbishment. *Energy and Buildings*, 31, 97–101. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00023-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00023-7)
- Jardim, A., Silva, A. & Brito, J. (2019). Application of the factor method to the service life prediction of architectural concrete. *Canadian Journal of Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0452>
- Jelčić Rukavina, M. Carević, M. & Banjad Pečur, I. (2017). *Zaštita pročelja zgrada od požara Priručnik za projektiranje i izvođenje*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet. Preuzeto sa <https://www.grad.unizg.hr>
- Jelenić, G. (1994). *Kako riješiti stambenu krizu*. Zagreb: AGM. ISBN: 953-174-009-7.
- Jeong, H., Jeong, B., Han, M. & Cho, D. (2021). Analysis of Fine Crack Images Using Image Processing Technique and High-Resolution Camera. *Applied Sciences*, 11, 9714. <https://doi.org/10.3390/app11209714>
- Jernberg, P., Sjöström, C., Lacasse, M.A., Brandt, E. & Siemes T. (2004) *Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components*. Joint CIB W80 / RILEM TC 140 – TSL Committee on Service Life of Building Materials and Components. Preuzeto sa <https://www.irbnet.de>
- Jevtić, D., Radosavljević, Ž., Živković, M., Miladinović, Ž. i Ačić M. (1974) *Priručnik o primeni Pravilnika za beton i armirani beton*. Beograd: Savez jugoslovenskih laboratorija za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija.
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Mihajlović Ristivojević, M., Krstić, A., Bogdanov, A., Ćosić, G., Đokić, L., Radivojević, A., Dimić, S. i Stanković, S. (2003). *Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture – faza I: Analiza strukture građevinskog fonda*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Ćuković Ignjatović, N. Đukanović, Lj. i Nedić, M. (2013b). *Nacionalna tipologadja stambenih zgrada Srbije*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, ISBN 978-86-7924-102-3, Beograd.

- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, S., Rajčić, A., Đukanović, LJ., Čuković Ignjatović, N. i Nedić, M. (2013a). *Atlas višeporodičnih zgrada Srbije*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Juan, Y.-K., Kim, J.H., Roper, K. & Castro-Lacouture, D. (2009). GA-based decision support system for housing condition assessment and refurbishment strategies. *Autom. Constr.*, *18*, 394e401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.006>
- Kadić, M. & Sekulović, D. (1985). *Zbirka saveznih propisa u oblasti zaštite od požara i eksplozije sa objašnjenjima za praktičnu primenu*. Beograd: Nova prosveta.
- Kauf. AQUAPANEL cementna ploča. Preuzeto sa <http://www.knauf.rs/wp-content/uploads/2017/01/Aquapanel-cement-board-outdoor.pdf>
- Kelly DJ (2007). *Design life of buildings—a scoping study*. Scottish Building Standards Agency. Preuzeto sa https://nanopdf.com/download/design-life-of-buildings-a-scoping-study_pdf
- Kerber. S. (2012). Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes. *Fire Technology*, *48*, 865-891. <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0249-2>
- Khoury, G. A. (2000). Effect of fire on concrete and concrete structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, *2*, 429d447. <https://doi.org/10.1002/pse.51>
- Kim, B. & Cho, S. (2020). Automated Multiple Concrete Damage Detection Using Instance Segmentation Deep Learning Model. *Applied Sciences*, *10*, 8008. <https://doi.org/10.3390/app10228008>
- Kim, B. & Cho, S. (2020). Automated Multiple Concrete Damage Detection Using Instance Segmentation Deep Learning Model. *Applied Sciences*, *10*, 8008. <https://doi.org/10.3390/app10228008>
- Kim, H. & Sim, S.-H. (2017). *Concrete crack assessment using unmanned aerial vehicle*. Proceedings of the 24th Australian Conference on the Mechanics of Structures and Materials. Hao, H. & Zhang., C. (Eds), Perth, Australia. London: Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-138-02993-4. <https://doi.org/10.1201/9781315226460>
- Kim, H., Lee, J., Ahn, E., Cho, S., Shin, M. & Sim, S.-H. (2017). Concrete Crack Identification Using a UAV Incorporating Hybrid Image Processing. *Sensors*, *17*, 2052. <https://doi.org/10.3390/s17092052>
- Kim, I.-H., Jeon, H., Baek, S.-C., Hong, W.-H. & Jung, H.-J. (2018). Application of Crack Identification Techniques for an Aging Concrete Bridge Inspection Using an Unmanned Aerial Vehicle. *Sensors*, *18*, 1881. <https://doi.org/10.3390/s18061881>
- Kim, J.J., Kim, A.-R. & Lee, S.-W (2020). Artificial Neural Network-Based Automated Crack Detection and Analysis for the Inspection of Concrete Structures. *Applied Sciences*, *10*, 8105. <https://doi.org/10.3390/app10228105>
- Knauf Insulation Srbija (2020). Sve što ste hteli da znate o izolaciji mineralnim vunama. Preuzeto 12. februara 2022, sa <https://www.knaufinsulation.rs/vesti/sve-sto-ste-hteli-da-znate-o-izolaciji-mineralnim-vunama>

- Knauf Insulation. Izolacija fasadnog zida – kontaktna fasada (ETICS). Preuzeto 12. februara 2022, sa <https://www.knaufinsulation.rs/kontaktna-fasada>
- Knowledge FOr Resilient soCiEty (K-FORCE) (2019). Glossary of Terms in Disaster Risk Management and Fire Safety. Erasmus + projekat. ISBN 978-86-6022-198-0. Preuzeto 12. juna 2020, sa http://www.kforce.gradjevinans.net/images/Fajlovi/glossary/K-Force_Glossary_online_edition.pdf
- Kolokotsa, D., Diakaki, C., Grigoroudis, E., Stavrakakis, G. & Kalaitzakis K. (2009). Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings. *Advances in building energy research*, 3, 121-163. ISSN 1751-2549 (Print), 1756-2201 (Online). <http://dx.doi.org/10.3763/aber.2009.0305>
- Komljenović, S., Stojanović, D. & Marković, S. (2017). Implementacija metode Gustav Purt u proceni rizika od požara u vojnim objektima. *Vojno delo* 2017, 69, 290-302. <https://doi.org/10.5937/vojdelo1705290K>
- Konstantinou T. (2014) *Facade Refurbishment Toolbox. Supporting the Design of Residential Energy Updates*. PhD thesis. Architecture and the Build environment, 9, ISBN 978-94-6186-337-9, ISSN 2212-3202. Preuzeto sa <https://repository.tudelft.nl>
- Kovačev N. (2020). Devojka povređena u požaru u stambenoj zgradi u Novom Sadu. *NI*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <https://rs.n1info.com/vesti/a682058-pozar-u-zgradi-u-novom-sadu/>
- Kozarov B. (2020). Potpuno izgoreo stan na trinaestom spratu na Bulevaru oslobođenja. *RTV*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa http://www.rtv.rs/sr_lat/vojvodina/novi-sad/novi-sad-potpuno-izgoreo-stan-na-trinaestom-spratu_1187381.html
- Kumar, D., Alam, M., Zou, P.X.W., Sanjayan, J.G. & Memon, R.A. (2020). Comparative analysis of building insulation material properties and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 110038., <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038>
- Laban M. & Milanko V. (2006). *Požarna bezbednost visokih stambenih zgrada u Novom Sadu*. Zbornik radova sa 10. međunarodne konferencije Zaštita od požara i eksplozije, Novi Sad.
- Laban, M. (2005) *Industrijska izgradnja višestambenih zgrada u Novom Sadu*. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Laban, M. (2012). *Unapređenje performansi omotača višespratnih montažnih i polumontažnih stambenih zgrada u Novom Sadu*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Laban, M. i Folić R. (2014). Energy Efficiency of Industrially Made Buildings Influenced by thermal properties of facades. *Thermal Science*, 18, 615-630. <https://doi.org/10.2298/TSCI120417147L>
- Laban, M., Cvetkovska, M., Trombeva Gavriloska, A., Draganić, S., Lazarevska, M. & Džolev, I. (2020a). Chimneys' influence on fire risk of solid wood structures in residential buildings in rural Balkan settlements. *Thermal Science*, 1-16. <https://doi.org/10.2298/TSCI190525138L>

- Laban, M., Draganić, S. & Bukvić, O. (2019). *Check-list for fire safety assessment of high-rise residential buildings*. 11. međunarodno naučno-stručno savetovanje Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja, 11, 409-416, ISBN 978-86-88897-12-9, Zlatibor. Izdavač: Savez građevinskih inženjera Srbije.
- Laban, M., Draganić, S., Džolev, I. (2020b). *Fire Risk Assessment and Fire Safety in Buildings, Disaster Risk Management in the Western Balkans: A comprehensive approach on technical and economic perspectives*, 78-87, ISBN 978-86-6022-269-7, Novi Sad: Faculty of Technical Sciences.
- Laban, M., Radonjanin, V., Malešev, M. & Radeka, M (2015). Svojstva građevinskih proizvoda i osnovni zahtevi zaštite fasada od požara pri energetske obnovi stambenih zgrada. *Tehnika*, 5, 759-766. <https://doi.org/10.5937/tehnika1505759L>
- Laban, M., Šupić, S., Draganić, S. & Medić, N. (2015). Dvofazno modelovanje bezbednosti od požara prema minimalnim tehničkim zahtevima i unapređenim zahtevima na primeru visokih stambenih zgrada, *Journal of the Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering*, 41 - 52, ISSN i ISBN: 2303-5145.
- Lahdensivu, J. (2012). *Durability Properties and Actual Deterioration of Finnish Concrete Facades and Balconies*. Tampere University of Technology, ISBN 978-952-15-2823-1 (PDF) , ISSN 1459-2045. Preuzeto sa <https://pdfs.semanticscholar.org>
- Lamont, S. & Ingolfsson, S. (2018). *High Rise Buildings with Combustible Exterior Wall Assemblies: Fire Risk Assessment Tool*. National Fire Protection Association. Preuzeto sa <https://www.nfpa.org/~media/8eb55d9e592e4bd4a999aff3d01bc7cf.pdf>
- Laustsen, J. (2008). *Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings*. International energy agency (IEA). Preuzeto sa <https://iea.blob.core.windows.net>
- Lemmon, A., Cowie, J. & Weritz, J. (2020). The non-combustibility of aluminum. *Building Safety Journal*. Preuzeto sa <https://www.iccsafe.org/building-safety-journal/bsj-technical/the-non-combustibility-of-aluminum/>
- Leon, J. P. (2016). Tamweel Tower finally restored four years after fire. *Going out*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://gulfnews.com/going-out/society/tamweel-tower-finally-restored-four-years-after-fire-1.1936508>
- Lill, I., Kanapeckiene, L., Tupenaite, L. & Naimaviciene, J. (2017). Selection of the insulation materials for refurbishment purposes. *Engineering structures and technologies*, 9, 104–115. <https://doi.org/10.3846/2029882X.2017.1339296>
- Livona d.o.o. *Parrot Anafi Thermal, Ultra kompaktni, potpuno integrisani dron sa termalnom kamerom*. Tehničke specifikacije. Preuzeto 10. decembra 2021, sa <http://www.livona.rs>
- Livona d.o.o. *Parrot Anafi Work, Ultra kompaktni 4K dron za sve primene*. Tehničke specifikacije. Preuzeto 10. decembra 2021, sa <http://www.livona.rs>
- Livona d.o.o. *Trimble S5 totalna stanica, List sa podacima*. Preuzeto 10. decembra 2021, sa <http://www.livona.rs>

- Loga, T., Diefenbach, N., Stein, B., Dascalaki, E., Balaras, C.-A., Drousa, K., Kontoyiannidis, S., Šijanec, Zavrl M., Rakušček, A., Corrado, V., Corgnati, S., Ballarini, I., Roarty, C., Hanratty, M., Sheldrick, B., Van Holm, M., Renders, N., Popiolek, M., Kwiatkowski, J., Amtmann, M., Vimmr, T., Villatoro, O., Wittchen, K.-B., Kragh, J., Despretz, H., Georgiev, Z., Spets, K., Ortega, L., Lanzarote, B.-S., Jovanović Popović, M., Ignjatović, D. (2012). *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*. Main Results of the TABULA project – Final Project Report, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Rheinstr. Preuzeto sa <https://episcopo.eu>
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D. & Ledo L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and Buildings*, 55, 889–902, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.018>
- Malešev, M. & Radonjanin, V. (2020). *Oštećenja armiranobetonskih konstrukcija uzrokovana požarom i mogućnosti sanacije*. U: Bezbednost zgrada od požara: Pristup i praksa zapadnog Balkana, ISBN 978-86-6022-292-5, Novi Sad.
- Malešev, M. i Radonjanin, V. (2021). *Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija*. Materijal sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu.
- Marić N. *Vojvodina Sky View*. Preuzeto sa <https://www.instagram.com/vojvodina.sky.view/>
- Mariottini F. (2012). *The challenges, dynamics and activities in the building sector and its energy demand in the Republic of Serbia*. The Entranze project report. Preuzeto sa <https://www.entranze.eu>
- Marker, B. R. (2013). Hazard and Risk Mapping. In *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. 426–435. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_165
- Marković, M., Laban, M., Kuzmić, T., Vujinović, M. & Draganić, S. (2020). Application of Modern Technologies in Assessing Facade Condition of Building Structures, Proceedings from FIG Working Week 2020, Smart surveyors for land and water management, Amsterdam, The Netherlands, ISBN 978-87-92853-93-6, ISSN 2307-4086.
- Marsh, R. (2017). Building lifespan: effect on the environmental impact of building components in a Danish perspective. *Architect. Engl. Des. Manag.*, 13, 80–100. <https://doi.org/10.1080/17452007.2016.1205471>
- Martin, Y., Eeckhout, S., Lassoie, L., Winnepenninckx, E. & B. Deschoolmeester (2017). *Fire safety of multi-storey building facades*. Belgian Building Research Institute (BBRI) Preuzeto 05. novembra 2020, sa <https://www.cstc.be/publications/monographies/23-en/>
- Masoumi, Z., Genderen, J. L. & Maleki, J. (2019). Fire Risk Assessment in Dense Urban Areas Using Information Fusion Techniques. *International Journal of Geo-Information*, 8, 579. <https://doi.org/10.3390/ijgi8120579>
- Mazzarella, L., Scoccia, R., Colombo, P. & Motta, M. (2020). Improvement to EN ISO 52016-1:2017 hourly heat transfer through a wall assessment: the Italian National Annex. *Energy & Buildings*, 210, 109758. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109758>

- Mequignon, M. & Haddou H. A. (2015). Impact of the lifespan of building external walls on depletion of natural resources. *IFAC (International Federation of Automatic Control) – PapersOnLine*, 48, 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.106>
- Milanko V., Laban M i Folić B. (2009). *Ocena arhitektonsko-konstruktivnog koncepta požarnih stepeništa u funkciji požarne bezbednosti visokih stambenih zgrada*, 6. Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja, Divčibare, 601-608, ISBN 978-86-904089-6.
- Milanko, V. & Laban, M. (2012). *Požarna bezbednost građevinskih objekata*, 13. Savremena građevinska praksa, 221-235, ISBN 078-86-7892-376-0, Andrevlje.
- Milanko, V. (2006). *Upravljanje rizikom od pojave požara*. Doktorska disertacija. Fakultet za menadžment, Novi Sad.
- Milanko, V., Laban M. & Karabasil, D. (2006). *Fire safety problems of residential towers*. Zbornik radova sa 2. Međunarodnog naučnog skupa Požarno inženjerstvo, 255-261, ISBN 80-89241-03-4, Lučenec, Slovačka.
- Milovanović, T. (2020). Stanari spaljene „televizorke“: Urušiće se zgrada, grad ćuti. *Nova*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <https://nova.rs/vesti/hronika/stanari-televizorke-urusice-nam-se-zgrada-a-grad-cuti/>
- Ministarstvo rudarstva i energetike (2010). *Prvi nacionalni plan za energetska efikasnost Republike Srbije za period od 2010. do 2012. godine*. Preuzeto sa <http://arhiva.mre.gov.rs>
- Ministarstvo rudarstva i energetike (2020). *Energetski bilans Republike Srbije za 2020. godinu*. Beograd: Službeni glasnik RS, br. 84/2019.
- Mirković, J., (2020a) Goreo stan u zgradi na Novom Beogradu, nema povređenih. *NI Beograd*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <http://rs.n1info.com/Vesti/a654332/Pozar-Novi-Beograd.html>
- Mirković, J., (2020b) Požar u stanu na Dorćolu, tri osobe evakuisane. *NI Beograd*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <http://rs.n1info.com/Vesti/a665330/Pozar-u-stanu-na-Dorcolu.html>
- Mitrović, V. (2007). *Arhitektura Milorada Milidragovića, Život posvećen arhitekturi*, Novi Sad: Društvo arhitekata Novog Sada.
- Mlađenović, I. (1980). Stambene kule P+18 na Bulevaru 23. oktobra u Novom Sadu, *Stan i stanovanje, Izgradnja*, Novi Sad.
- Modern building alliance (2018). *Position paper on the development of a European approach to assess the Fire Performance of façades*. Preuzeto 17. oktobra 2020, sa https://www.modernbuildingalliance.eu/assets/uploads/2018/11/MBA-position-paper-on-facade-testing_final-1.pdf
- Modern building alliance (2019). *EU Fire safety guide: The 7 layers of fire safety in buildings*, Preuzeto 17. oktobra 2020, sa <https://www.modernbuildingalliance.eu/assets/uploads/2019/07/EU-Fire-Safety-Guide-printable-version.pdf>

- Mohan, A. & Poobal, S. (2018). Crack detection using image processing: A critical review and analysis. *Alex. Eng. J.*, 57, 787–798. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.01.020>
- Mora, R., Bitsuamlak, G. & Horvat, M. (2011). Integrated life-cycle design of building enclosures. *Building and Environment*, 46, 1469–1479. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.01.018>
- Moshashaei, P. & Alizadeh, S. S. (2016). Fire Risk Assessment: A Systematic Review of the Methodology and Functional Areas. *Iranian Journal of Health, Safety & Environment*, 4, 654-669. Preuzeto sa <http://www.ijhse.ir/index.php/IJHSE/article/view/183>
- Muller, C. (2012). Use of cement in concrete according to European standard EN 206-1, *Housing and Building National Research Center Journal*, 8, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrcj.2012.08.001>
- Munawar, H.S., Hammad, A.W.A., Haddad, A., Soares, C.A.P. & Waller, S.T. (2021). Image-Based Crack Detection Methods: A Review. *Infrastructures*, 6, 115. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6080115>
- Munawar, H.S., Ullah, F., Heravi, A., Thaheem, M.J. & Maqsoom, A. (2022). Inspecting Buildings Using Drones and Computer Vision: A Machine Learning Approach to Detect Cracks and Damages. *Drones*, 6, 5. <https://doi.org/10.3390/drones6010005>
- Muravljev, M. (2010). *Branko Žeželj – stvaralaštvo inženjera i naučnika*, citirano u: Popović Z. i Petrović G. (ur.) *Istraživanja, projekti i realizacije u graditeljstvu*, 7–38, Beograd: Institut IMS.
- N1 (2020) *MUP: U požaru na Novom Beogradu poginulo šest osoba*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <https://www.danas.rs/vesti/drustvo/pozar-na-novom-beogradu-izgorelo-najmanje-pet-stanova/>
- Narayanan, R.S. & Beeby A. (2005). *Designers' Guide to EN1992-1-1 and EN1992-1-2 Eurocode 2: Design of concrete structures. General rules and rules for buildings and structural fire design*. Thomas Telford Publishing, London, ISBN: 072773105 X.
- Nedić Lj. (1977). *Analiza odnosa sekundarnih i primarnih elemenata sistema IMS i mogućnosti rešenja stanova u sistemu – Fasada kao sekundarni element sistema IMS*. Specijalistički rad, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet.
- Nex, F. & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- Nielsen, A. Jensen, R., Larsen, T. & Nissen S (2016). Early stage decision support for sustainable building renovation – A review, *Building and Environment*, 103, 165-181. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.04.009>
- Novosti online (2018). Ugašen veliki požar na Novom Beogradu: Vlasnik stana se namerno zapalio? Preuzeto 28. decembra 2020, sa <https://www.novosti.rs/vesti/beograd.74.html:761093-UGASEN-VELIKI-POZAR-NA-NOVOM-BEOGRADU-Vlasnik-stana-se-namerno-zapalio-FOTO>
- NS 3422 (1994). Specification texts for operation, maintenance and renewal of buildings and civil engineering works. Oslo: Norges Standardiseringsforbund.

- Odluka o uslovima i tehničkim normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova (1988). Beograd: Službeni list Beograda, br. 32/IV/83 i 5/88.
- Oniga, V.-E., Breaban, A.-I. & Stasescu, F. (2018). Determining the Optimum Number of Ground Control Points for Obtaining High Precision Results Based on UAS Images. *Proceedings*, 2, 352. <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05165>
- Östman, B. & Källsner, B. (2011). *National building regulations in relation to multi-storey wooden buildings in Europe*. EU project Concerto - SESAC, Report. Trätek and Växjö University.
- Ovčar, J. i Novak, V. (2016). *Utjecaj geometrijskoga oblika zgrade na transmisijske gubitke i ukupnu energetska bilancu zgrade*. Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, 7 (1). Preuzeto sa <https://hrcak.srce.hr/file/237454>
- Özer, N. & Özgünler, S.A. (2019). *An evaluation of thermal performance of insulation materials commonly used and produced with waste on the exterior wall sections*. Conference Paper, International Civil Engineering and Architecture Conference, Trabzon, Turkey. Preuzeto sa <https://www.academia.edu>
- Pajović, D. (Ur.) (2014). *Novi Sad – Slika grada*. JP Urbanizam - Zavod za urbanizam, 1996. citirano u: Nedučin, D. (2014). *Postsocijalistički grad – promena društvene i prostorne strukture Novog Sada u periodu tranzicije*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Pal, M., Palevičius, P., Landauskas, M., Orinaitė, U., Timofejeva, I. & Ragulskis, M. (2021). An Overview of Challenges Associated with Automatic Detection of Concrete Cracks in the Presence of Shadows. *Applied Sciences*, 11, 11396. <https://doi.org/10.3390/app112311396>
- Palacios-Munoz, B., Peupartier, B., Gracia-Villa, L. & López-Mesa, B. (2019). Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of LCA and durability-based estimations of buildings lifespans: A new approach, *Building and Environment*, 160, 106203. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106203>
- Papadopolous, A.M. (2005). State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and Buildings*, 37, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.006>
- Pavel, C. C. & Blagoeva, D. T. (2018). *Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/750646>
- Pedro, J.B., Meijer, F. & Visscher, H. (2010). *Technical building regulations in EU countries: a comparison of their organization and formulation*. CIB World Congress Building a Better World, Salford UK. University of Salford, ISBN 978-1-905732-90-6. Preuzeto sa <https://www.semanticscholar.org>
- Penttala, V. (2009). Causes and mechanisms of deterioration in reinforced concrete. *Failure, Distress and Repair of Concrete Structures*. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 3-31, <https://doi.org/10.1533/9781845697037.1.3>

- Pereira, C., Hamadyk, E. & Silva, A. (2020). Probabilistic analysis of the durability of architectural concrete surfaces. *Applied Mathematical Modelling*, 77, 199-215. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.07.031>
- Petojević, Z. (2018). *Optimizacija građevinskih mera u cilju smanjenja potrebne energije za grejanje u stambenim zgradama*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd.
- Pix4D guide*. Preuzeto 10. decembra 2021, sa <https://support.pix4d.com>
- Portal 021 (2020). *Veliki požar u zgradi na Limanu kod Mosta slobode*. Preuzeto 15. maja 2021, sa <https://www.021.rs/story/Novi-Sad/Hronika/260595/FOTO-Veliki-pozar-u-zgradi-na-Limanu-kod-Mosta-slobode.html>
- Prakash, R. & Shukla K.K. (2013). Life Cycle Energy Analysis of a Multifamily Residential House: A Case Study in Indian Context, *Open Journal of Energy Efficiency*, 2. <http://dx.doi.org/10.4236/ojee.2013.21006>
- Pravilnik o bespilotnim vazduhoplovima (2020). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 1/20.
- Pravilnik o bezbednosti liftova (2020). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 15/2017 i 21/2020.
- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada (2011). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 61/2011.
- Pravilnik o klasifikaciji objekata (2015). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 22/2015.
- Pravilnik o minimalnim tehničkim uslovima za izgradnju stanova (1967). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 45/67.
- Pravilnik o minimalnim tehničkim uslovima za izgradnju stanova (1967). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 45/1967.
- Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata (2019). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 73/2019.
- Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za toplotnu zaštitu zgrada (1970). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 35/1970.
- Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za beton i armirani beton (1971). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 51/71.
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton (1987). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 11/87.
- Pravilnik o tehničkim normativima za instalacije hidrantske mreže za gašenje požara (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 3/2018.
- Pravilnik o tehničkim normativima za pristupne puteve, okretnice i uređene platee za vatrogasna vozila u blizini objekta povećanog rizika od požara (1995). Beograd: Službeni list SRJ, br. 8/95.
- Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje završnih radova u građevinarstvu (1990). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 21/90.
- Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje završnih radova u građevinarstvu (1990). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 21/90.

- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od požara stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene (2019). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 22/2019.
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od požara stambenih i poslovnih objekata i objekata javne namene (2019). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 22/2019.
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 80/2015, 67/2017 i 103/2018.
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 80/2015, 67/2017 i 103/2018.
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara (1984). Beograd: Službeni list SFRJ, br. 7/84.
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara (2011). Beograd. Službeni glasnik RS, br. 86/2011.
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara (2018). Beograd. Službeni glasnik RS, br. 80/2015, 67/2017 i 103/2018.
- Pravilnik o tehničkim standardima planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama (2015). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 22/2015.
- Pravilnik o tehničkim zahtevima bezbednosti od požara spoljnih zidova zgrada (2019). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 59/2016, 36/2017 i 6/2019.
- Pravilnik o uslovima i normativima za projektovanje stambenih zgrada i stanova (2015). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 58/2012, 74/2015 i 82/2015.
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 69/2012 i 44/2018 - dr. zakoni.
- Pravilnik o vrsti, obimu i dinamici aktivnosti tekućeg i investicionog održavanja zgrada i načinu sačinjavanja programa održavanja (2017). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 54/2017.
- Pravilnik za građevinske konstrukcije (2020). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 89/2019 i 52/2020.
- Prefabrication experiments* (2017). Preuzeto sa <http://prefabricate.blogspot.com>
- Privremeni tehnički propisi za beton i armirani beton (1947). Beograd: Ministarstvo građevine FNRJ.
- Projekttni biro „Beton“ (1965). *Tehnička dokumentacija za stambenu kulu P+13 na Limanu I, E-1321/H.1*. Novi Sad.
- Projektno preduzeće „Arhitekt“ (1969). *Tehnička dokumentacija, projekat E-1047*. Novi Sad
- PU Europe (2020). *Fire handbook: European fire standards and national legislation*. Preuzeto 18. avgusta 2020, sa <http://highperformanceinsulation.eu>
- Radeka (2014). *Materijali u građevinarstvu I*. Materijal sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu.

- Radić, J. (2010). *Trajnost konstrukcija 1*. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada Jadring, Sveučilište u Zagrebu – građevinski fakultet.
- Radivojević, A. & Jovanović Popović, M. (2013). Correlations between thermal and acoustic performances in residential buildings in the scope of building regulations in Serbia. *Facta universitatis- series Architecture and Civil Engineering*, 11, 125-134. <http://dx.doi.org/10.2298/FUACE1302125R>
- Radivojević, A. i Rajčić, A. *Uslovi građevinske fizike*. Obuka za polaganje stručnog ispita za oblast energetske efikasnosti zgrada, Inženjerska komora Srbije.
- Radonić, M. (1979). *Grejanje i vetrenje*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Radonjanin, V. i Malešev, M. (2017). *Konstrukcije, materijali i građenje*. Materijal sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu.
- Rak, J. & Jurikova, L. (2012). *The Use of the GIS for Mapping Hazard, Risk and Vulnerability within Population Sheltering*, Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Applied Informatics and Communications, Istanbul, Turkey, ISBN: 978-1-61804-113-5.
- Rakha, T. & Gorodetsky, A. (2018). Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones, *Automation in Construction*, 93, 252–264, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.002>
- Rashad, A. M. (2016). Vermiculite as a construction material – A short guide for Civil Engineer. *Construction and Building Materials*, 125, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.019>
- Rawlison K. (2017). The victims of the Grenfell Tower fire. *Guardian Today*. Preuzeto 05. novembra 2020, sa <https://www.theguardian.com/uk-news/2017/jul/13/grenfell-tower-fire-victims-dead-missing-identified-named-so-far>
- Rawlison, K., (2017). The victims of the Grenfell Tower fire. *Guardian Today*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.theguardian.com/uk-news/2017/jul/13/grenfell-tower-fire-victims-dead-missing-identified-named-so-far>
- Regulation (EU) 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. Official Journal of the European Union, L 88/2011.
- Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2017 setting a framework for energy labelling and repealing Directive 2010/30/EU. Official Journal of the European Union, L 198/2017.
- Republički zavod za statistiku (2014a). Uporedni pregled broja domaćinstava 1948-2011. i stanova 1971-2011. *Popis stanovništva, domaćinstva i stanova 2011. u Republici Srbiji*. Preuzeto sa <https://publikacije.stat.gov.rs/G2014/Pdf/G20144009.pdf>

- Republički zavod za statistiku (2014b). Uporedni pregled broja stanovnika 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002. i 2011. *Popis stanovništva, domaćinstva i stanova 2011. u Republici Srbiji*. Preuzeto sa <https://publikacije.stat.gov.rs/G2014/Pdf/G20144008.pdf>
- Research Institutes of Sweden (RISE) (2020). *Finalisation of the European approach to assess the fire performance of facades*. Preuzeto 12. januara 2021, sa <https://www.ri.se/en/what-we-do/projects/finalisation-of-the-european-approach-to-assess-the-fire-performance-of-facades>
- Ronchi, E. & Nilsson D. (2016). *Basic Concepts and Modelling Methods*. U: *Evacuation modelling trends*. Cuesta, A., Abreu, O. & Alvear, D (ed.). Springer International Publishing Switzerland, ISBN 978-3-319-20707-0, ISBN 978-3-319-20708-7(eBook), <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20708-7>
- RTS (2018). *Požar u soliteru u Bloku 63, jedna osoba stradala*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <https://www.rts.rs/page/stories/sr/story/135/hronika/3325055/pozar-u-soliteru-u-bloku-63.html>
- Russo, M., Carnevali, L., Russo, V., Savastano, D. & Taddia, Y. (2018). Modeling and deterioration mapping of façades in historical urban context by close-range ultralightweight UAVs photogrammetry. *International Journal of Architectural Heritage*, ISSN: 1558-3058 (Print) 1558-3066 (Online). <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1440030>
- Rustempašić N. i Čaušević A. (2014). *Održavanje objekata*. Preuzeto sa https://www.researchgate.net/publication/266145866_ODRZAVANJE_OBJEKATA
- Sandak, A. Sandak, J., Brzezicki, M. & Kutnar, A. (2019). *Bio-based Building Skin*. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes, SpringerOpen, ISSN 2345-7651(2345-766X-electronic), ISBN 978-981-13-3746-8 (978-981-13-3747-5-eBook), <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3747-5>
- Scheffler, M., Colombo, P.(Ed.) (2005). *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications*. Wiley-WCH Verlag GmbH & Co.KGaA,Weinheim (Germany). <https://doi.org/10.1002/3527606696>
- Schiavoni, S., D'Alessandro, F., Bianchi, F. & Asdrubali, F. (2016). Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 988-1011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.045>
- Serralheiro, M.I., Brito, J. & Silba A. (2017). Methodology for service life prediction of architectural concrete facades. *Construction and Building Materials*, 133, 261–274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.079>
- Shabandri, M. & Agarib, A. (2012). 600 evacuated from burning Tamweel Tower. *Khaleej times*. Preuzeto 10. novembra 2020, <https://www.khaleejtimes.com/crime-and-courts/600-evacuated-from-burning-tamweel-tower>
- Silva, C., Coelho, F., Brito, J., Silvestre, J. & Pereira, C. (2017). Inspection, diagnosis, and repair system for architectural concrete surfaces. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001034](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001034).

- Silva, W.R.L.d. & Lucena, D.S.d. (2018). Concrete Cracks Detection Based on Deep Learning Image Classification. *Proceedings*, 2, 489. <https://doi.org/10.3390/ICEM18-05387>
- Sindelar, D. (2015). Deadly Blaze Reveals Ugly Truth Behind Baku Beautification. *RadioFreeEurope/RadioLiberty*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.rferl.org/a/azerbaijan-public-anger-over-deadly-fire/27027429.html>
- Sindikata vatrogasaca Srbije (2015). *Požar na Novom Beogradu: Izgorela kuhinja u Bulevaru Milutina Milankovića*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <https://sindikatavatrogasaca.org.rs/9585-pozar-na-novom-beogradu-izgorela-kuhinja-u-bulevaru-milutina-milankovica/>
- Sinđić-Grebović, R. *Toplotni mostovi u konstrukcijama: Uticaj toplotnih mostova na transmisiju toplote, Metode proračuna*. Energetska efikasnost - Energetska efikasnost zgrada. Građevinski fakultet Podgorica. Preuzeto sa https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_13220/objava_40891/fajlovi/6P_EE_EEZ_2019_Toplotni_mostovi_Toplotni_kapacitet_i_stabilnost_Faktor_oblika.pdf
- Society of Fire Safety (SFS) (2019). *Society of Fire Safety Practice Guide for Façade/External Wall Fire Safety Design*. Preuzeto sa https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/Learned_Society/SFS_Facade_Fire_Safety_Design_002_0.pdf
- Spasić, M. & Mirković, J. (2020). U požaru na Novom Beogradu poginulo šest osoba. *NI Beograd*. Preuzeto 28. decembra 2020, sa <http://rs.n1info.com/Vesti/a580277/Pozar-na-Novom-Beogradu-izgorelo-najmanje-pet-stanova.html>
- Srivani, M. (2011). Community Risk Assessment: Spatial Patterns and GIS-Based Model for Fire Risk Assessment-A Case Study of Chiang Mai Municipality. *Journal of Architectural/Planning Research Studies*, 8, 113–126. Preuzeto sa <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jars/article/view/168615>
- SRPS (JUS) U.J5.510 (1980, 1987). Toplotna tehnika u građevinarstvu – Metode proračuna koeficijenta prolaza toplote u zgradama. Beograd: Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS (JUS) U.J5.520 (1980, 1997). Toplotna tehnika u građevinarstvu – Proračun difuzije vodene pare u zgradama. Beograd: Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS (JUS) U.J5.530 (1980, 1990, 1997). Toplotna tehnika u građevinarstvu – Proračun faktora prigušenja i proračun kašnjenja oscilacija temperature kroz spoljašnje građevinske pregrade zgrada u letnjem razdoblju. Beograd: Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS (JUS) U.J5.600 (1980, 1987, 1989, 1998). Toplotna tehnika u građevinarstvu – Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada. Beograd: Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS EN 12390-8 (2019). Ispitivanje očvrstlog betona — Deo 8: Dubina penetracije vode pod pritiskom. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.

- SRPS EN 13501-1 (2019). Požarna klasifikacija građevinskih proizvoda i građevinskih elemenata — Deo 1: Klasifikacija na osnovu rezultata ispitivanja reakcije na požar. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN 13501-2:2017 Požarna klasifikacija građevinskih proizvoda i elemenata zgrade — Deo 2: Klasifikacija na osnovu podataka dobijenih ispitivanjem otpornosti na požar, izuzimajući opremu za ventilaciju. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN 1364 (2015). Ispitivanja otpornosti nenosećih konstrukcija na požar; Deo 1 - Zidovi; 2 - Plafoni; 3 i 4 - Zid-zavesa; 5 - Rešetke za provetravanje. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN 1365 (2011). Ispitivanja otpornosti na požar nosivih konstrukcija; Deo 1 - Zidovi, 2- Međuspratne konstrukcije i krovovi, 3 – Grede, 4 – Stubovi, 5 – Balkoni i pasarele, 6 – Stepeništa. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN 13823 (2015). Ispitivanje reakcije građevinskih proizvoda na požar — Građevinski proizvodi, izuzimajući podne obloge, izloženi toplotnom dejstvu jednog gorućeg izvora. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN 1504-2 (2010). Proizvodi i sistemi za zaštitu i sanaciju betonskih konstrukcija - Definicije, zahtevi, kontrola kvaliteta i vrednovanje usaglašenosti - Deo 2: Sistemi za zaštitu površine betona. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN 1990 (2012). Evrokod - Osnove projektovanja konstrukcija. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN 1990/NA (2012). Evrokod — Osnove projektovanja konstrukcija – Nacionalni prilog. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN 1992-1-1/NA (2015). Evrokod 2 – Projektovanje betonskih konstrukcija – Deo 1-1. Opšta pravila i pravila za zgrade – Nacionalni prilog. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN 1992-1-1:2015 Evrokod 2 – Projektovanje betonskih konstrukcija – Deo 1-1. Opšta pravila i pravila za zgrade. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN 206 (2021). Beton – Specifikacija, performanse, proizvodnja i usaglašenost. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 1182 (2011). Ispitivanja reakcije na požar građevinskih proizvoda — Ispitivanje negorivosti. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN ISO 11925-2 (2011). Ispitivanja reakcije na požar — Zapaljivost građevinskih proizvoda izloženih direktnom dejstvu plamena — Deo 2: Ispitivanje jednim plamenom. Beograd: Institut za standardizaciju.
- SRPS EN ISO 13788 (2013). Higrotoplotna svojstva građevinskih komponenata i građevinskih elemenata — Unutrašnje površinske temperature za sprečavanje kritične površinske vlažnosti i unutrašnje kondenzacije — Metode proračuna. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 1716 (2018). Ispitivanja reakcije proizvoda na požar – Određivanje gornje toplotne moći (toplotne vrednosti). Beograd: Institut za standardizaciju.

- SRPS EN ISO 52016-1 (2017). Energetske performanse zgrada – Energija potrebna za grejanje i hlađenje, unutrašnje temperature i osetna i latentna toplotna opterećenja – Deo 1: Postupci proračuna. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 6946 (2017). Komponente i elementi zgrade – Toplotna otpornost i koeficijent prolaza toplote – Metode proračuna. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS U.J1.030 (1976). Zaštita od požara - Požarno opterećenje. Beograd: Savezni zavod za standardizaciju.
- SRPS U.M1.016 (1993). Beton — Ispitivanje otpornosti betona na dejstvo mraza. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS U.M1.206 (2013). Beton – Specifikacija, performanse, proizvodnja i usaglašenost – Pravila za primenu standarda SRPS EN 206-1. Beograd: Institut za standardizaciju Srbije.
- Stare fotografije Novog Sada*. Preuzeto 15. januar 2022, sa <https://www.facebook.com/stare.ns/>
- Steskens, P., Vanhellemonz, Y., Roels, S. & Van Den Bossche, N. (2015), A decision making tool for the energy efficient refurbishment of residential buildings. *Energy Procedia*, 78, 997 – 1002. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.043>
- Stojiljković, I. i Janjetov, R. (1976). *Elementi i materijali industrijalizovanog građevinarstva*. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Univerzitet u Novom Sadu.
- Stojiljković, M. i Todorović, M. *Osnove energetske bilansiranja zgrade*. Obuka za polaganje stručnog ispita iz oblasti energetske efikasnosti zgrada, Inženjerska komora Srbije, Beograd.
- Structures Inspection Manual* (2016). Department of Transport and Main Roads, State of Queensland. Preuzeto sa <https://www.tmr.qld.gov.au>
- Špatenková, O. & Virrantaus, K. (2013). Discovering spatio-temporal relationships in the distribution of building fires. *Fire Safety Journal*, 162, 49–63, <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.001>
- Tapsir, S. & Usman, F. (2005). *Service life planning for affordable housing design: a challenge to Malaysian construction industry*. Preuzeto sa http://eprints.utm.my/id/eprint/2872/1/SHTapsir_Service_life_planning_for_affordable_housing_design.pdf
- Tavares, J., Silva, A & Brito, J. (2020). Computational models applied to the service life prediction of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS). *Journal of Building Engineering*, 27, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100944>
- Todorović, M. i Rajčić, A. (2017). *Priručnik za energetske sertifikacije zgrada (ESZ), Vodič za investitore, izvođače i projektante*. Nemačka organizacija za međunarodnu saradnju (GIZ).
- True Professionals. *Typical “Life Expectancy” Table for common building materials & systems*. Preuzeto 20. juna 2020, sa <http://nebula.wsimg.com>

- United Nations (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Preuzeto sa <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2018). *Mapping of Existing Energy Efficiency Standards and Technologies in Buildings in the UNECE Region*. Preuzeto sa <https://unece.org>
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2006). *Sustainable building & construction initiative*. Preuzeto sa <http://www.eurogypsum.org/wp-content/uploads/2015/05/N1018.pdf>
- Uredba o upravljanju stambenim zgradama (1953). Beograd: Službeni glasnik FNRJ, br. 52/1953.
- USA today (2012): *Dubai police: High-rise safely cleared after fire*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.usatoday.com/story/news/world/2012/11/18/fire-dubai-jumeirah-apartments/1711939/>
- Vares, S., Pulakka, S., Toratti, T., Ludovic, F., Hradil, P., Vesikari, E., Laitinen, A., Ruuska, A., Häkkinen, T., Tolman, A., Holøs, S., Svensson, A., Wester Plessner, T. S., King, C., Uriarte, A., Garay, R., Rodriguez, F., Tweed, C. & Gandhi, K. (2012). *Sustainable refurbishment of exterior walls and building facades (SUSREF). Final report, Part B - General refurbishment concepts*. VTT Technology. Preuzeto sa <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2012/T33.pdf>
- Vassart, O., Zhao, B., Cajot, L.G., Robert, F., Meyer, U. & Frang, A. (2014). *Eurocodes: Background & Applications Structural Fire Design*. JRC science and policy reports, ISBN 978-92-79-38671-8, ISSN 1831-9424. <http://dx.doi.org/10.2788/85432, 2014FSEU>
- Vatrogasno-spasilačka jedinica Novi Sad (VJSJ) (2018). Podaci o požarima u stambenim zgradama u Novom Sadu u periodu 2011-2013. godine.
- VM civil. *Exposure classes according to SS-EN 206-1*. Preuzeto 11. novembra 2020, sa <https://www.vmcivil.com/Concrete/Concrete-nominal-cover.aspx>
- Vojvodina PRO-ING (1989). *Društveni centar Univerziteta u Novom Sadu - Stambena zgrada - Apart hotel za mlade naučne radnike Univerziteta, Glavni arhitektonsko-građevinski projekat, E-8918/1*. Radna organizacija za istraživanje, razvoj i investicije, Novi Sad.
- Vujačić M. (2017). Na današnji dan je igoreo radnički univerzitet u Novom Sadu. *Dnevnik*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.dnevnik.rs/hronika/na-danasni-dan-je-izgoreo-radnicki-univerzitet-u-novom-sadu-06-04-2017>
- Vujadinović Kulinović, M. i Gligorić, B. (2013). *Priručnik za sprovođenje energetske pregleda zgrada*. Podgorica: GIZ - Nemačko društvo za međunarodnu saradnju, ISBN 978-9940-9320-2-2. Preuzeto sa <https://energetska-efikasnost.me/wp-content/uploads/Aktivnosti/Prirucnik-za-sprovođenje-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>
- Wanga, H. & Zhai, Z. J. (2016). Advances in building simulation and computational techniques: A review between 1987 and 2014. *Energy and Buildings*, 128, 319-335. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.080>

- Webster, N. & Langton, J. (2017). Dubai Torch tower blaze: residents thought it was a false alarm. *The National UAE*. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.thenationalnews.com/uae/dubai-torch-tower-blaze-residents-thought-it-was-a-false-alarm-1.616755#15>
- White, N. & Delichatsios, M. (2014). *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*. Final report. Quincy, Massachusetts, U.S.A: The Fire Protection Research Foundation. Preuzeto sa <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/BulletinFireHazardsofExteriorWallAssembliesContainingCombustibleComponents.ashx>
- World Health Organisation (WHO) (2011). *Burns Preventions: Success Stories from Lessons Learned*. Geneva. Preuzeto sa <https://apps.who.int/iris/handle/10665/97938>
- Wróblewska, J. & Kowalski, R. (2020). Assessing concrete strength in fire-damaged structures. *Construction and Building Materials*, 254, 119122. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119122>
- Wuschke, K., Clare, J. & Garis L. (2013). Temporal and geographic clustering of residential structure fires: A theoretical platform for targeted fire prevention. *Fire Safety Journal*, 62, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.003>
- Xella Srbija. Multipor termoizolacione ploče - Uputstvo za ugradnju. Preuzeto sa <https://joter.rs>
- Xiuyu, L., Hao, Z. & Qingming, Z. (2012). Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures, *Procedia Engineering*, 45, 643 – 648. <https://doi.org/10.1016/j.proengl.2012.08.216>
- Yokoi, S. (1960). *Study on the prevention fire-spread caused by hot upward current*. Report of the Building Research Institute. Preuzeto sa <https://www.doctorfire.com/Yokoi.pdf>
- Youde, K. (2017). Grenfell: the French connection. Inside Housing. Preuzeto 10. novembra 2020, sa <https://www.insidehousing.co.uk>
- Yung, D. (2008). *Principles of Fire Risk Assessment in Buildings*. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom, ISBN-978-0-470-85402-0.
- Zakon o građevinskim proizvodima (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 83/2018.
- Zakon o planiranju i izgradnji (2020). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon i 9/2020.
- Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 87/2018.
- Zakon o stanovanju i održavanju zgrada (2020). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 104/2016 i 9/2020 - dr. zakoni.
- Zakon o stanovanju i održavanju zgrada (2020). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 104/2016 i 9/2020 - dr. zakoni.

- Zakon o zaštiti od požara (1970). Beograd: Službeni glasnik FNRJ, br. 18/56 i "Sl. glasnik SFRJ", no. 25/70.
- Zakon o zaštiti od požara (1988). Beograd: Službeni glasnik SRS, br. 37/88.
- Zakon o zaštiti od požara (1994). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 53/93, 67/93 i 48/94.
- Zakon o zaštiti od požara (2018). Beograd: Službeni glasnik RS, br. 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018 - dr. zakoni.
- Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A. & Gulbinas, A., (2004). Multiple criteria decision support web-based system for building refurbishment. *J. Civ. Engr. Manag.*, 10, 77-85, <http://dx.doi.org/10.1080/13923730.2004.9636289>
- Zollini, S., Alicandro, M., Dominici, D., Quaresima, R. & Giallonardo, M. (2020). UAV Photogrammetry for Concrete Bridge Inspection Using Object-Based Image Analysis (OBIA). *Remote Sens.*, 12, 3180. <https://doi.org/10.3390/rs12193180>
- Živković, B. & Novoselec, A. (2016). Kriterijumi za izračunavanje broja stepen dana. *KGH – Klimatizacija, Grejanje, Hlađenje*, 27, 45-48. Preuzeto sa <https://izdanja.smeits.rs/index.php/kgH/article/view/652>

9. PRILOZI

Prilog 1 – Obrazac 1 za prikupljanje podataka (Analiza dostupne dokumentacije)

OPŠTI PODACI			
BROJ I VRSTA PROJEKTA			
OZNAKA ZGRADE			
LOKACIJA			
GODINA PROJEKTOVANJA			
PROJEKTANT			
INVESTITOR			
IZVOĐAČ			
PRIMENJENI PROPISI IZ OBLASTI TERMIČKE ZAŠTITE ZGRADA I BEZBEDNOSTI ZGRADA OD POŽARA			
MORFOLOGIJA OBJEKTA			
PLAN OSNOVE OBJEKTA (skicirati i navesti dimenzije)			
SPRATNOST OBJEKTA			Visina ZOP
KONCEPCIJA ZGRADE			
REŠENJE ULAZA U ZGRADU (orijentacija ulaza – skicirati; da li postoji spoljno pristupno stepenište, rampa, vetrobran?)	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3
PROGRAMSKI SADRŽAJ ZGRADE	Podrum/suteren:		BROJ I STRUKTURA STANOVA
	Prizemlje:		
	Spratovi:		

KONSTRUKCIJA ZGRADE				
NAČIN FUNDIRANJA				
KONSTRUKTIVNI SISTEM				
ZIDOVI	SPOLJNI ZIDOVI			
	UNUTRAŠNJI ZIDOVI			
	ZIDOVI LIFT OKNA			
MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA				
VERTIKALNE KOMUNIKACIJE	STEPENIŠTE (položaj u objektu, širina stepeništa, broj step. krakova)	Glavno	Sigurnosno	Pomoćno
	LIFT (broj i nosivost, položaj maš. prostorije lifta)			
KROV				
SPOLJAŠNJA OBRADA				
SPOLJNI ZIDOVI				
FASADNA STOLARIJA				
KROV				
UNUTRAŠNJA OBRADA				
ZIDOVI				

PODOVI			
PLAFONI			
STEPENIŠTE			
TERMOTEHNIČKI SISTEMI			
SISTEM GREJANJA	Lokalni/etažni/centralni/daljinski Toplotni izvor: električna energija/fosilno gorivo Kotao/toplotna podstanica/toplotna pumpa		
SISTEM HLAĐENJA	Lokalni/etažni/centralni/daljinski Toplotni izvor:		
VENTILACIJA	Prirodna/mehanička/mehanička sa rekuperacijom		
SISTEM KLIMATIZACIJE	Ne postoji/lokalni klimatizacioni uređaji		
SISTEM ZA PRIPREMU STV	Lokalni/centralni/daljinski Toplotni izvor:		
TOPLOTNA ZAŠTITA ZGRADE			
NETO POVRŠINA GREJANOG PROSTORA A_f (m²)			
POVRŠINA TERMIČKOG OMOTAČA A (m²)		FAKTOR OBLIKA f_o (A/V , m ⁻¹)	
BRUTO ZAPREMINA GREJANOG PROSTORA V (m³)			
NETO ZAPREMINA GREJANOG PROSTORA V_e (m³)			
SASTAV GRAĐEVINSKIH ELEMENATA TERMIČKOG OMOTAČA			
NETRANSARENTNI ELEMENTI			
Element	Oznaka	Sastav sklopa sa debljinama slojeva	Skica sklopa
SPOLJNI ZIDOVI			

ZID PREMA NEGREJANOM PROSTORU (npr. zidovi između stana i stepeništa i/ili hodnika)			
MK IZNAD SPOLJ. SREDINE			
MK IZNAD NEGREJANOG PROSTORA			
MK KA NEGREJANOM KROVNOM PROSTORU			

KROVNA PLOČA			
TRANSPARENTNI ELEMENTI			
Element	Oznaka	Skica elementa sa dimenzijama	Opis elementa
PROZORI			
VRATA			

Prilog 2 – Uputstvo za snimanje fasada bespilotnim vazduhoplovom¹

NAMENA SNIMANJA: prikupljanje RGB fotografija visokog kvaliteta za formiranje digitalnog ortofoto mozaika fasada (ortofasada)

I. PLANIRANJE VERTIKALNE MISIJE

Kreirati plan leta i prikupljanja podataka (fotografija) preduzimajući sledeće korake:

- definisati optimalne parametre leta;
- podneti zahtev za pribavljanje dozvole za let i zahtev za alokaciju vazdušnog prostora nadležnim institucijama (ukoliko se zahteva aktuelnom legislativom);

DETALJI PLANA LETA

Režim leta		<u>Manuelni</u>
Prostorna rezolucija digitalnog ortofoto snimka (GSD)		
Udaljenost drona od fasade zgrade		
Orijentacija kamere		
Površina fasade obuhvaćena jednom fotografijom		
Preklop fotografija	Frontalni	
	Bočni	
Intervali snimanja fotografija		
Putanje letova i pozicije poletanja drona sa shemom		

¹ Uputstvo je kreirano na osnovu teroijsko-istraživačkog rada sprovedenog u doktorskoj disertaciji i na osnovu zahteva definisanih Pravilnikom o bespilotnim vazduhoplovima (2020) i Pravilnikom o topografskom premeru i topografskokartografskim proizvodima (2015) i u slučaju njihovih izmena je potrebno prilagoditi Uputstvo.

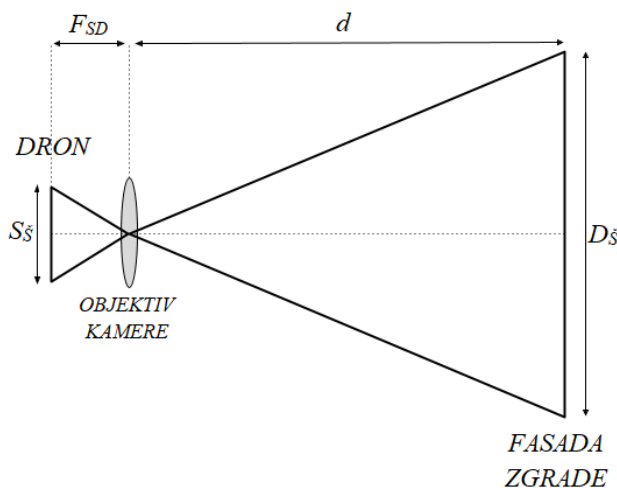
Prostorna rezolucija digitalnog ortofoto snimka (GSD)

- Prostorna rezolucija snimka se određuje tako da ne bude veća od polovine dimenzije najmanjeg objekta koji se želi identifikovati.

Udaljenost letelice od fasade zgrade

- Udaljenost letelice od fasade zgrade odrediti na osnovu inicijalne GSD vrednosti i parametara kamere drona (širine senzora, širine slike i žižne dužine), koristeći sledeći izraz:

$$d [m] = (D_s * F_{SD}) / S_s = (\text{širina slike definisana rezolucijom} * GSD * F_{SD}) / (S_s * 100)$$



S_s = stvarna širina senzora [mm]

F_{SD} = stvarna žižna dužina [mm]

d = udaljenost drona od fasade [m]

D_s = rastojanje koju pokriva jedna slika na fasadi u pravcu širine [m]

Površina fasade obuhvaćena jednom fotografijom

- Površinu fasade obuhvaćenu jednom fotografijom, odrediti koristeći sledeće izraze:

$$D_s [m] = (\text{širina slike definisana rezolucijom} * GSD) / 100$$

$$D_v [m] = (\text{visina slike definisana rezolucijom} * GSD) / 100$$

Preklop snimaka

- Odabrati optimalni preklop fotografija, tako da odgovara predviđenoj nameni.

Za potrebe kreiranja ortofoto snimaka kod kojih se uklanjaju efekti radijalnog pomeranja slike objekata, aerofotografija treba da se vrši sa minimalnim uzdužnim i poprečnim preklapanjem slika od 80%.

Opciono: U opštim slučajevima, preporučeno frontalno preklapanje (u odnosu na pravac leta) je najmanje 75%, a bočno preklapanje (između staza za letenje) je najmanje 60% (Pix4D guide).

Intervali snimanja fotografija

- Intervale snimanja fotografija odrediti na osnovu definisanog preklopa i površine obuhvaćene jednom fotografijom;

Putanje leta i pozicije poletanja drona sa shemom

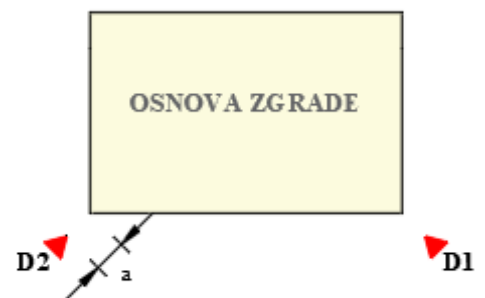
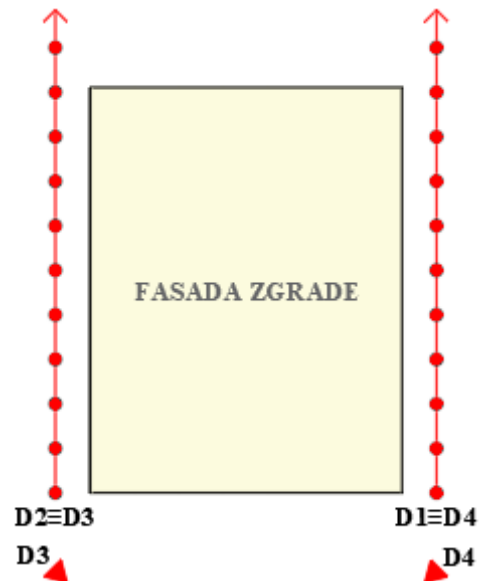
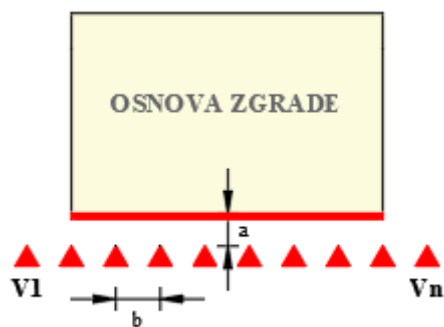
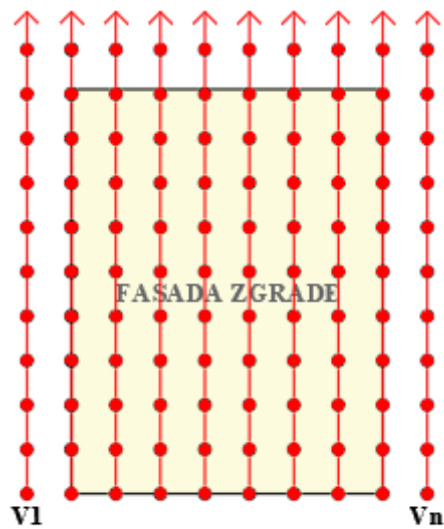
- Planirati letove duž vertikalnih linearnih putanja, sa realizacijom snimanja u dve faze:

(1) kamera orijentisana upravno na fasadne površine

(2) kamera orijentisana upravno na ivice zgrade

- u okviru vertikalnih putanja za snimanje fasada kamerom drona orijentisanom upravno na fasadnu površinu (pozicije sa oznakom V), predvideti minimalno dve putanje izvan granica fasade;

- predvideti 4 vertikalne putanje za snimanje ivica zgrade kamerom drona orijentisanom upravno na njih (pozicije sa oznakom D);



PODNOŠENJE ZAHTEVA ZA PRIBAVLJANJE DOZVOLE ZA LET I ZAHTEVA ZA ALOKACIJU VAZDUŠNOG PROSTORA NADLEŽNIM INSTITUCIJAMA

Na osnovu pripadnosti kategoriji bespilotnih vazduhoplova i planiranoj primeni (uslovima leta), proveriti da li je potrebno da letelica bude upisana u Evidenciju vazduhoplova i da li je za let potrebno pribaviti dozvolu i izvršiti alokaciju vazdušnog prostora, kao i koji su rokovi za podnošenje zahteva.

Podaci potrebni za pribavljanje dozvole za let i alokaciju vazdušnog prostora							
Naziv i oznaka vazdušnog prostora (koordinate prostora izražene u WGS84, u formatu ddmssN ddmssE)							
Ime lokacije (kratko i koncizno i da korespondira sa datim koordinatama)							
Koordinate stajne tačke operatera (u formatu 44°44'44.44"N)							
Planirana udaljenost od stajne tačke operatera	do 10 m	do 20 m	do 30 m	do 40 m	do 50 m	do 100 m	do 150 m
	do 200 m	do 250 m	do 300 m	do 350 m	do 400 m	do 500 m	> 500 m
Planiran datum ili opseg datuma (max do 30 dana)*							
Planirana min./maks. nadmorska visina leta							
Planirana visina leta od tla	do 10 m	do 20 m	do 30 m	do 40 m	do 50 m		
	do 60 m	do 70 m	do 80 m	do 90 m	do 100 m	> 100 m	
Planirano vreme početka i završetka leta/letova**							
Uslovi vidljivosti	obdanica			noć			
Ime operatera na lokaciji							
Evidencionna oznaka bsp. vazduhoplova							
Kategorija bespilotnog vazduhoplova ²							
Rejon	IV (gusto naseljena područja, urbane ili centralne gradske zone, kao i sva područja na kojima se okuplja veliki broj ljudi)						
Blizina aerodroma	Nije u blizini	1,5 km	5 km	U granicama aerodroma			

*Prilikom određivanja opsega datuma voditi se predviđenim meteorološkim uslovima (optimalnim vremenskim uslovima smatraju se oblačni dani, sa temperaturom vazduha iznad 5°C, bez padavina i sa minimalnom brzinom vetra);

**Vremenski interval odrediti na osnovu kapaciteta baterija;

Izuzev pribavljanja dozvole od nadležnih institucija, za sprovođenje leta je potrebno tražiti i saglasnost upravnika zgrade koja se snima (obavestiti ga o snimanju), a zatim po dobijanju svih dozvola sastaviti *Obaveštenje o snimanju* namenjeno informisanju stanara.

² Na osnovu kategorizacije bespilotnih vazduhoplova prema aktuelnoj legislativi.

II. PRIKUPLJANJE FOTOGRAFIJA

Potrebna oprema i pribor za rad na terenu

- Bespilotni vazduhoplov sa pratećom opremom (kontroler, pametne baterije, USB punjač, SD kartica, mobilni telefon);
- Zaštitni fluorescentni prsluci za obeležavanje;
- Trake za obeležavanje radova;
- Podloge i pribor za pisanje;
- Pribor za merenje dužine (laserski metar, merne trake – metar i pantljička);
- Pribor za crtanje po betonu (npr. krede);
- *Obaveštenje o snimanju* i pribor za njegovo postavljanje (makaze, selotejp traka);

Potrebna radna snaga

- Operater bespilotnog vazduhoplova
- Dva (ili eventualno jedan) pomoćna radnika

Dužnosti operatera bespilotnog vazduhoplova

Pre sprovođenja leta operater bespilotnog vazduhoplova je dužan da:

- proveri ispravnost sistema bespilotnog vazduhoplova i stanje baterija;
- obezbedi da sva oprema bude na odgovarajući način pričvršćena;
- prikupi sve potrebne informacije za bezbedno obavljanje planiranog leta;
- da se uveri da meteorološki i ostali uslovi u području leta obezbeđuju njegovo bezbedno i efikasno izvođenje;
 - letove realizovati u periodu najmanje vegetacije (rano proleće ili kasna jesen) i tokom dana kada je nebo mestimično oblačno, bez senki, pri čemu atmosferski uslovi treba da budu stabilni bez pojave jakog vetra (čija brzina prelazi 10m/s), magle, isparenja, suviše niske temperature vazduha (ispod 5°C) i sličnih pojava koje utiču na kvalitet snimaka;
 - ukoliko se snimanje realizuje tokom sunčanih dana, uslovi snimanja treba da budu takvi da ugao sunčevih zraka u odnosu na pravac i vreme leta budu prihvatljivi u smislu izbegavanja preteranih odsjaja i obezbeđivanja optimalnog kontrasta na snimcima - period 11-13h se smatra idealnim (kada su senke najmanje);
- u slučaju da nije tražio alokaciju vazdušnog prostora, proveri da li je vazdušni prostor prethodno alociran za potrebe drugih korisnika, odnosno da li postoje ograničenja za obavljanje planiranog leta;

Tokom leta neophodno je da operater bespilotnog vazduhoplova:

- obezbedi da let bespilotnog vazduhoplova ne ugrožava život, zdravlje i imovinu ljudi i da ne narušava javni red i mir;
- koristi bespilotni vazduhoplov na način kojim se obezbeđuje poštovanje pravila letenja koja su propisana aktuelnom zakonskom legislativom;
- u slučaju kada je alociran vazdušni prostor, vodi računa da se let bespilotnog vazduhoplova u potpunosti odvija u granicama tog prostora i bude dostupan nadležnoj jedinici kontrole letenja radi eventualnog prekida leta;

- obezbedi da bespilotni vazduhoplov tokom leta bude bezbedno udaljen od prepreka;
- ne bude pod uticajem alkohola ili psihoaktivnih supstanci, niti u takvom psihofizičkom stanju koje ga onemogućava da bezbedno upravlja bespilotnim vazduhoplovom;

Dužnosti pomoćnih radnika

Pre sprovođenja leta pomoćni radnici su dužni da:

- na ulaznim vratima zgrade čija se fasada snima postaviti prethodno pripremljeno Obaveštenje o snimanju namenjeno informisanju stanara;
- obeležiti tačke poletanja drona tako da odgovaraju definisanim parametrima leta;

Tokom leta pomoćni radnici su dužni da:

- vode evidenciju letova (Dnevnik snimanja);
- prate da li se let odvija duž planiranih putanja i informišu operatera u slučaju da dođe do bilo kakvih odstupanja (npr. izlaska drona iz vertikale/horizontale usled uticaja vetra);

Potrebne isprave i druga dokumentacija operatera prilikom snimanja

- Potvrda o položenoj proveri znanja;
- Odgovarajuće dozvole za let;
- Uputstvo proizvođača za korišćenje letelice, u štampanom ili elektronskom formatu;
- Dokument kojim se dokazuje zdravstvena sposobnost operatera (npr. lekarsko uverenje ili važeća vozačka dozvola);

OBELEŽAVANJE POZICIJA POLETANJA BESPILOTNOG VAZUHOPLOVA

Obeležiti pozicije poletanja drona u nivou terena na definisanoj udaljenosti od fasade zgrade koja se snima, u definisanim intervalima.

- 1) Obeležiti pozicije za snimanje vertikala kamerom postavljenom upravno na fasadu;
- 2) Obeležiti pozicije za snimanje ivica zgrade kamerom orijentisanom upravno na njih;

REALIZACIJA SNIMANJA

Snimanje realizovati tako da odgovara postavljenim parametrima. Tokom snimanja voditi evidenciju letova, koristeći obrasce na kraju dokumenta (*Dnevnik snimanja*).

Ukoliko u toku snimanja dođe do pojava koje onemogućavaju njegovu adekvatnu realizaciju, snimanje se prekida uz navođenje razloga za njegovo prekidanje u dnevniku snimanja i u tom slučaju snimanje je neophodno nastaviti u što kraćem vremenskom intervalu.

Ako se dve susedne vertikale ne snimaju istog dana, doba dana u kojem se snimanje nastavlja treba da bude isto.

PRIJAVA DOGAĐAJA

Prijaviti nadležnim institucijama (neposredno po saznanju o događaju, a najkasnije 72 sata od njegovog nastanka) svaki događaj koji je nastao prilikom korišćenja bespilotnog vazduhoplova, a koji je ugrozio ili koji je mogao da ugrozi bezbednost vazdušnog saobraćaja, lica i imovine.

PRELIMINARNA KONTROLA PRIKUPLJENIH SNIMAKA

Preliminarna kontrola prikupljenih snimaka obuhvata proveru:

- 1) kompletnosti i kontinuiranosti snimaka;
- 2) postojanja neophodnog broja fajlova za svaki snimak;
- 3) postojanja senki, izmaglice i dr. na snimcima;
- 4) kvaliteta radiometrije prikupljenih podataka (postojanje previše svetlih delova na snimcima i dr.).

Ako se preliminarnim kontrolama podataka realizovanog aerofotogrametrijskog snimanja utvrde propusti, greške ili nedostaci, isti se moraju otkloniti ponovnim snimanjem.

III. SNIMANJE ORIJENTACIONIH I KONTROLNIH TAČAKA NA FASADI TOTALNOM STANICOM (opciono)

U cilju poboljšanja tačnosti finalnog digitalnog ortofoto snimka fasade, preporučuje se snimanje orijentacionih tačaka (control points) na fasadi metodom precizne elektronske tahimetrije koja podrazumeva primenu elektronskog geodetskog instrumenta – totalne stanice. Snimanje podrazumeva određivanje 3D koordinata detalja na fasadi i zahteva angažovanje ekipe geodetskih stručnjaka.

Izuzev snimanja orijentacionih tačaka koje će služiti za georeferenciranje ortofasade, preporučuje se snimanje kontrolnih tačaka (check points) u cilju procene apsolutne tačnosti kreiranog ortofoto snimka;

DEFINISANJE BROJA ORIJENTACIONIH I KONTROLNIH TAČAKA

- Minimalni broj orijentacionih tačaka: 5
- Optimalan broj orijentacionih tačaka u opštem slučaju: 5-10
- Broj kontrolnih tačaka mora biti minimalno 20% od ukupnog broja orijentacionih tačaka.

DEFINISANJE POLOŽAJA ORIJENTACIONIH I KONTROLNIH TAČAKA

- Orijetacione tačke rasporediti ravnomerno po fasadnoj površini zgrade na sledeći način:
 - tačke pozicionirati u perifernim delovima fasadne površine (voditi računa da se tačke ne nalaze na samoj granici interesnog područja)
 - pozicionirati makar jednu orijentacionu tačku u središnjem delu fasade
 - pozicionirati tačke na mestima svake veće promene;
- Kontrolne tačke rasporediti ravnomerno u bloku snimanja, tako da ne budu pozicionirane u blizini orijentacionih tačaka.

KREIRANJE IZVEŠTAJA O SNIMLJENIM TAČKAMA

- Kreirati skicu snimanja orijentacionih i kontrolnih tačaka sa pozicijama totalne stanice.
- Tačke označiti odgovarajućim simbolom, pritom vodeći računa da svaka tačka ima jedinstvenu oznaku.
- Na preglednoj skici prikazati položaje snimljenih orijentacionih i kontrolnih tačaka.
- Priložiti spisak koordinata orijentacionih i kontrolnih tačaka.

DNEVNIK SNIMANJA FASADNIH POVRŠINA³

ORIJENTACIJA FASADE		Shema snimanja sa pozicijama poletanja drona										
DATUM SNIMANJA												
BRZINA VETRA [m/s]												
TEMPERATURA VAZDUHA [°C]												
OBLAČNOST												
UKUPAN BROJ PUTANJA												

OZNAKA VERTIKALNE PUTANJE													
VREME POČETKA SNIMANJA													
VREME ZAVRŠETKA SNIMANJA													
OZNAKA I STATUS BATERIJE													

KOMENTARI

³ Obrazac služi za vođenje evidencije letova tokom snimanja jedne fasade. Za svaku dodatnu fasadu umnožiti Obrazac.

DNEVNIK SNIMANJA IVICA ZGRADE

ORIJENTACIJA IVICE				
OZNAKA VERTIKALNE PUTANJE				
DATUM SNIMANJA				
BRZINA VETRA [m/s]				
TEMPERATURA VAZDUHA [°C]				
OBLAČNOST				
VREME POČETKA SNIMANJA				
VREME ZAVRŠETKA SNIMANJA				
OZNAKA I STATUS BATERIJE				

KOMENTARI

--

Prilog 3 – Klasifikacione liste mogućih uzroka defekata i oštećenja u globalnom sistemu inspekcije omotača zgrada

(1) Greške u projektovanju

Code	Denomination
C-A	<i>Design errors</i>
C-A1	Deficient design of the structure/support
C-A2	Deficient design/detailing of the slope
C-A3	Missing/incorrect design/detailing of the ventilation systems
C-A4	Missing/incorrect design/detailing of the thermal insulation system
C-A5	Missing/incorrect design/detailing of constitutive layers
C-A6	Deficient specification of layers' thickness
C-A7	Missing/incorrect design/detailing of pathway accessories for maintenance access
C-A8	Specification of inadequate or incompatible materials, or missing specification
C-A9	Insufficient functional classification of the elements for the aggressiveness of the environment in window and door frames
C-A10	Deficient application of regulations and/or specifications
C-A11	Deficient design/detailing of tail-end areas
C-A12	Deficient design/detailing of protruding elements in flat roofs
C-A13	Missing/incorrect design/detailing of singularities
C-A14	Missing/incorrect design/detailing of mechanical reinforcement systems
C-A15	Deficient design/detailing of expansion joints
C-A16	Missing/incorrect design/detailing of the water drainage system
C-A17	Deficient design/detailing of overlaps
C-A18	Poorly designed or insufficient cladding joints
C-A19	Missing/incorrect prescription of the fastening system
C-A20	Deficient design/detailing of the area next to the ground
C-A21	Detailing inadequate to the substrate
C-A22	Deficient specification of the clearances between the span and the frame and between the frame and the leaf in window and door frames
C-A23	Insufficient or badly distributed locks in window and door frames
C-A24	Missing/incorrect prescription of the application method/construction process
C-A25	Missing/incorrect prescription of the environmental conditions for application or substrate conditions and preparation in painted surfaces
C-A26	Inadequate prescription of formwork or form-release agent in architectural concrete surfaces
C-A27	Deficient detailing of the reinforcement in architectural concrete surfaces

(2) Greške u izvođenju

Code	Denomination
C-B	<i>Execution errors</i>
C-B1	Deficient compliance with the design project or tender specifications
C-B2	Use of inexperienced or poorly qualified/unspecialised labour
C-B3	Deficient application of the ventilation and thermal insulation elements
C-B4	Deficient application of layers
C-B5	Lack of precision in the execution of the lath or alignment of the external cladding elements in pitched roofs
C-B6	Incorrect handling of materials or use of inadequate tools
C-B7	Use of unprescribed, inadequate, incompatible, low quality, non-certified and/or non-approved materials
C-B8	Use of deficient materials due to the manufacturing process
C-B9	Deficient storage/transportation of materials
C-B10	Incorrect application of sealants
C-B11	Application under unfavourable/extreme weather conditions
C-B12	Missing/incorrect execution of tail-ends and associated protection elements
C-B13	Deficient execution of expansion joints in flat roofs
C-B14	Missing/incorrect execution/dimensioning of cladding joints
C-B15	Cladding laid continuously over substrate joints or over different substrate materials
C-B16	Deficiencies in the filling of joints
C-B17	Disregard for the cladding's stereotomy
C-B18	Deficient execution of the water drainage system
C-B19	Deficient fastening
C-B20	Missing/incorrect execution of slope
C-B21	Disregard for the pauses between execution stages
C-B22	Application in dirty, chalky, irregular or damp and unprepared substrates
C-B23	Inadequate thickness of the bedding material
C-B24	Use of bedding material with high shrinkage or expansion
C-B25	Deficient application of the span frame, the glass or the window and door frames in general, or deficient levelling of the leaves
C-B26	Deficient finishing coat
C-B27	Disregard for the composition or recommendations of the manufacturer or of the prescription, or in the formulation of the product in general
C-B28	Insufficient supervision/quality control
C-B29	Inadequate thickness of the render

(2) Greške u izvođenju - nastavak

Code	Denomination
C-B	<i>Execution errors</i>
C-B30	Deficient execution of joints between strengthening profiles and between insulation boards in ETICS
C-B31	Deficient treatment of singularities in ETICS
C-B32	Deficient overlap of reinforcement mesh in splices or of the finishing coat in ETICS
C-B33	Deficient execution of the finishing coat in ETICS
C-B34	Incorrect application of construction elements in ETICS
C-B35	Deficient casting/compaction/curing in architectural concrete surfaces
C-B36	Badly executed casting joint in architectural concrete surfaces
C-B37	Imprecise reinforcement positioning in architectural concrete surfaces
C-B38	Absent/deficiently applied form-release agent in architectural concrete surfaces

(3) Mehanički uticaji

Code	Denomination
C-C	<i>Mechanical actions</i>
C-C1	Deformation of the bearing structure/substrate
C-C2	Movements of structural nature of walls or foundations
C-C3	Movement of people or vehicles over the claddings
C-C4	Excessive loads on roofs and floorings
C-C5	Excessive vertical loads in wall claddings
C-C6	Impacts of heavy objects in result of inclement weather
C-C7	Intentional collisions/vandalism
C-C8	Accidental collisions with the cladding
C-C9	Stress concentration within the substrate
C-C10	Fragmentation of the substrate in expansion, peripheral or stone plate joints
C-C11	Vibrations
C-C12	Abrasion

(4) Klimatski uticaji

C-D	<i>Environmental actions</i>
C-D1	Wind
C-D2	Excessive, insufficient or differentiated solar radiation
C-D3	Chemical action of organic compounds or dirt
C-D4	Action of vegetation growth, fungi or mould
C-D5	Atmospheric contamination/pollution
C-D6	Accumulation of dust dirt or small solid particles
C-D7	Temperature
C-D8	Presence of rainwater or snow
C-D9	Wet-dry cycles
C-D10	Freeze-thaw cycles
C-D11	Action of water vapour or high relative humidity
C-D12	Dampening of the cladding system
C-D13	Natural ageing
C-D14	Thermal shock
C-D15	Action of chemical agents from the soil, cryptoflorescence and leaching
C-D16	Corrosion of fastening metallic elements and reinforcement
C-D17	Rising damp
C-D18	Erosion
C-D19	Alkali-silica reaction, sulphates or chlorides in architectural concrete surfaces
C-D20	Acids in architectural concrete surfaces

(5) Greške u korišćenju i održavanju

C-E	<i>Use and maintenance errors</i>
C-E1	Inexistent or inadequate maintenance
C-E2	Missing/inadequate cleaning of debris
C-E3	Replacement of elements by others of different geometry or tonality in external claddings of pitched roofs
C-E4	Change of the originally planned use conditions
C-E5	Vandalism
C-E6	Insufficient ventilation
C-E7	overly premature use of the flooring in adhesive ceramic tiling
C-E8	Incorrect handling of the movable parts and locking mechanism in door and window frames
C-E9	Accidental actions inherent to the occupation, movement and normal use of users
C-E10	Equipment failure
C-E11	Perforation of the system/inadequate hole through a wall in ETICS

Prilog 4 – Klasifikaciona lista defekata i oštećenja u globalnom sistemu inspekcije omotača zgrada

Code	Denomination	Code	Denomination
A-A	<i>Defects of physical nature</i>		
A-A1	Leakage damp	A-A4	Colour changes
A-A2	Surface moisture	A-A5	Spalling/peeling/exfoliation and pop-outs
A-A3	Dirt and accumulation of debris	A-A6	Cohesion loss/disaggregation and chalking
A-B	<i>Defects of chemical nature</i>		
A-B1	Biodeterioration/biological growth	A-B4	Blistering/bulging
A-B2	Vegetation growth	A-B5	Corrosion on the current surface
A-B3	Efflorescence/cryptoflorescence and carbonation	A-B6	Corrosion in metallic fastening or tail-end elements
A-C	<i>Defects of mechanical nature</i>		
A-C1	Mapped cracking	A-C7	Warping, swelling, deformation and other flatness deficiencies
A-C2	Oriented cracking on the current surface	A-C8	Material gap/puncture
A-C3	Fracture or splintering on the current surface	A-C9	Detachment
A-C4	Cracking and/or splintering adjacent to joints/edges	A-C10	Loss of adhesion
A-C5	Wear or scaling of the finishing coat	A-C11	Bending and rupture of metallic fastening elements
A-C6	Scratches/grooves and deep wear	–	–
A-D	<i>Other defects</i>		
A-D1	Flaws in tail-end elements	A-D9	Insufficient or excessive overlap of the claddings elements in roofs
A-D2	Misalignment of cladding elements	A-D10	Clearances/gaps in door and window frames
A-D3	Finishing defects/discontinuities in architectural concrete surfaces	A-D11	Absent or damaged hinges or locks in door and window frames
A-D4	Finishing colour flaws in painted façades	A-D12	Ponding/insufficient or excessive slope in roofs
A-D5	Finishing texture flaws in painted façades	A-D13	Inadequate operation of elements of the rainwater drainage system
A-D6	Degradation of the filling material of current joints	A-D14	Deficient capping adjacent to flat roofs
A-D7	Absence/loss of filling material in connecting elements or current joints	A-D15	Incorrect or deficient interventions in claddings of pitched roofs
A-D8	Inadequate operation of expansion joints in flat roofs	–	–

Prilog 5 – Obrazac 2 za prikupljanje podataka (Prikupljanje podataka na terenu)

Datum prikupljanja podataka: _____

Osoba zadužena za prikupljanje podataka: _____

(Ime i prezime)

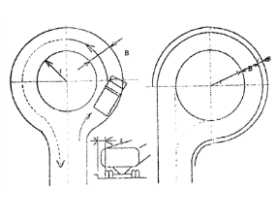
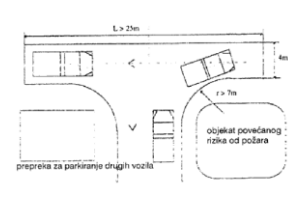
LOKACIJA I SPOLJAŠNJE OKRUŽENJE OBJEKTA	
LOKACIJA OBJEKTA (grad, gradska četvrt, adresa)	
POLOŽAJ U BLOKU (orijentacija zgrade, ulice koje ograničavaju blok, broj slobodnih fasada)	Situacioni plan zgrade sa položajem zgrada u neposrednom okruženju
OBJEKTI U NEPOSREDNOM OKRUŽENJU (namena i njihova udaljenost)	
UREĐENJE PRIPADAJUĆEG BLOKOVSKOG PROSTORA (kako su koncipirane slobodne površine – da li je formirano zelenilo, da li postoji igralište, klupe? da li je prisutno rastinje koje sprečava/ograničava insolaciju objekta – do koje etaže se prostire rastinje?)	
PRISTUPNI PUTEVI VSJ (da li je VSJ omogućen prilaz objektu i intervencija? - <i>skicirati i dimenzionisati pristupni put, plato za intervenciju i okretnice ukoliko postoje</i> ; da li je prisutan automobilski sadržaj, pešačke i biciklističke staze, da li postoji uređen parking prostor, da li je pristupni put slobodan, da li su prisutne prepreke koje ometaju intervenciju - nepropisno parkirana vozila i sl.?)	

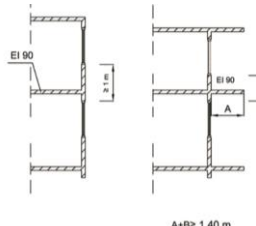
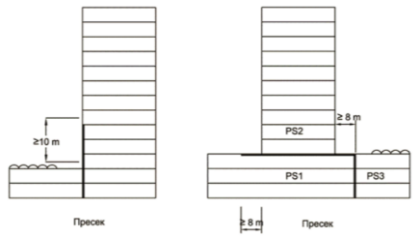
KONCEPCIJA OBJEKTA			
<p>PRISTUP OBJEKTU PEŠAKA I KORISNIKA INVALIDSKA KOLICA (ULAZI U OBJEKAT)</p> <p>(orijentacija ulaza – <i>skicirati</i>, da li su pristupačni, da li su u funkciji? smer otvaranja vrata? da li postoji spoljno pristupno stepenište, rampa, vetrobran? – <i>izmeriti njihove dimenzije</i>)</p>	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3
<p>PROGRAMSKI SADRŽAJ ZGRADE</p> <p>(da li je objekat isključivo stambeni ili u okviru prizemnih etaža postoje i neki poslovni prostori – navesti koji ako postoje; zajedničke prostorije, itd.)</p>	<p>Podrum/suteren:</p> <p>Prizemlje:</p> <p>Spratovi:</p>		<p>ATOMSKO SKLONIŠTE</p> <p>(da li odgovara projektovanoj nameni?)</p>
<p>BROJ STANOVA I BROJ STANARA</p> <p>(na osnovu <i>Spiska stanara</i> ukoliko postoji ili pretpostaviti na osnovu broja stanova)</p>			
VERTIKALNE KOMUNIKACIJE			
<p>STEPENIŠTE</p> <p>(položaj u objektu, broj step. krakova, širina stepenišnog kraka, osvetljenost, završna obrada; da li u stepenišnom prostoru postoje bilo kakvi predmeti ili elementi nameštaja?)</p>	Glavno	Sigurnosno	Pomoćno
<p>LIFT</p> <p>(broj i nosivost, položaj mašinske kućice)</p>			

SPOLJAŠNJA OBRADA	
SPOLJNI ZIDOVI (fotografisati sve fasade)	
FASADNA STOLARIJA	
KROV	
UNUTRAŠNJA OBRADA	
ZIDOVI (izmeriti svetlu visinu etaža)	
PODOVI (izmeriti širinu hodnika)	
PLAFONI	
STEPENIŠTE	
ULAZNA VRATA STAMBENIH JEDINICA	
ELEKTRIČNE INSTALACIJE	
POLOŽAJ RASKLOPNIH BLOKOVA I DRUGIH TABLI SA ELEMENTIMA EL. INSTALACIJA	
POSEBNI SISTEMI I MERE ZAŠTITE OD POŽARA	
SISTEM ZA OTKRIVANJE I DOJAVU POŽARA (da li u objektu postoje ovakvi sistemi? Ukoliko ne postoje, da li su primenjene druge mere za dojavu požara – ručni javljači požara, zvučna signalizacija? <i>Navesti njihov položaj</i>)	
SPOLJNA HIDRANTSKA MREŽA (broj spoljnih hidranata koji obezbeđuju objekat, udaljenost od objekata, međusobna udaljenost, datum kontrole)	
UNUTRAŠNJA HIDRANTSKA MREŽA (broj i položaj unutrašnjih hidranata, visina hidranta od poda, datum kontrole; da li je oprema kompletna u hidrantskim oramrima, da li su hidranti dostupni i pristupačni, da li ometaju evakuaciju?)	

<p>APARATI ZA POČETNO GAŠENJE POŽARA</p> <p>(tip, broj i položaj aparata u objektu, visina od poda, datum kontrole; da li su postavljeni na vidnim i pristupačni mestima, da li ometaju evakuaciju?)</p>		
<p>PRAVILA ZAŠTITE OD POŽARA</p> <p>(da li je za objekat izrađen ovaj dokument i da li on uključuje <i>Plan evakuacije</i> i <i>Uputstvo za postupanje u slučaju požara</i>?)</p>	<p>GRAFIČKI DEO PLANA EVAKUACIJE</p> <p>(položaj crteža; da li su crteži istaknuti na vidljivom mestu, da li pružaju adekvatne informacije?)</p>	<p>UPUTSTVO ZA POSTUPANJE U SLUČAJU POŽARA</p> <p>(da li je istaknuto na vidljivom mestu, da li pruža adekvatne informacije?)</p>
<p>OZNAKE NA EVAKUACIONIM PUTEVIMA</p> <p>(da li su izlazi i smerovi evakuacije iz objekta označeni uočljivim znakovima adekvatne namene, da li roba ili drugi predmeti zaklanjaju znakove evakuacije, da li postoje prepreke na putevima evakuacije, da li su sva vrata, prolazi i stepeništa koja ne služe evakuaciji označena znakom koji ukazuju na njihovu stvarnu namenu?)</p>		
<p>SIGURNOSNA RASVETA EVAKUACIONIH PUTEVA</p> <p>(da li postoji rezervni izvor snabdevanja električnom energijom sigurnosne rasvete? vreme trajanje snabdevanja el. energijom?)</p>		
<p>VEŽBE EVAKUACIJE</p> <p>(da li se organizuju i koliko često?)</p>		
<p>VEŽBE UPOTREBE SREDSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA U OBJEKTU</p> <p>(da li se organizuju i koliko često?)</p>		

Prilog 6 – Kvalitativna ček-lista za identifikaciju minimalnih tehničkih zahteva bezbednosti od požara visokih stambenih zgrada

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 1: PRISTUP ZA VATROGASNA VOZILA		Ispunjenost kriterijuma DA/NE	
Prilaz objektu			
Moguć prilaz objektu sa najmanje dve fasadne strane sa otvorima			
Karakteristike pristupnog puta			
Pristup i kretanje vatrogasnog vozila uvek moguće kretanjem unapred			
Pristupni putevi slobodni (u smislu parkiranja i zaustavljanja drugih vozila) i bez prepreka koje ometaju intervenciju VSJ			
Kolovoz nosivosti najmanje 130 kN osovinskog pritiska			
Širina kolovoza	za jednosmerno kretanje vozila $\geq 3,5$ m		
	za dvosmerno kretanje vozila $\geq 6,0$ m		
Nagib rampe	ako kolovoz ne leđi $< 12\%$		
	ako kolovoz leđi $< 6\%$		
Visina natkrivenog prolaza na prist. putu odgovara gabaritu vatrogasnog vozila ($\geq 3,5/4,5$ m)			
Karakteristike platoa			
Pristup i kretanje vatrogasnog vozila uvek moguće kretanjem unapred			
Plato slobodan (u smislu parkiranja i zaustavljanja drugih vozila) i bez prepreka koje ometaju intervenciju VSJ			
Moguće korišćenje automehaničkih lestava u svim položajima (lestve dopiru do poslednje stambene etaže objekta, pri čemu je ugao nagiba u granicama $\alpha = 60^\circ$ do 75°)			
Kolovoz nosivosti najmanje 130 kN osovinskog pritiska			
Dimenzije platoa	širina platoa $B \geq 5,5$ m		
	dužina platoa $L \geq 15,0$ m		
	nagib platoa $\leq 3^\circ$		
Karakteristike okretnica za vatrogasna vozila			
Kružne okretnice („O“ ili „P“ oblika“)		unutrašnji radijus krivine kolovoza $r > 7,0$ m	
		širina kolovoza $B > 3,5$ m	
		na rastojanju 0,7 m od kolovoza nema saobraćajnih znakova, nadzemnih hidranata i drugih prepreka	
		u unutrašnjem krugu okretnice nema visokog rastinja koje smanjuje preglednost	
„T“ okretnice		unutrašnji radijus krivine kolovoza $r > 7,0$ m	
		širina kolovoza $B > 4,0$ m	
		dužina kolovoza za manevrisanje $L > 25,0$ m	
		na rastojanju 0,7 m od kolovoza nema saobraćajnih znakova, nadzemnih hidranata i drugih prepreka	
Ukupno ispunjenih kriterijuma:			

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 2: GRAĐEVINSKE MERE ZA SPREČAVANJE PRENOSA POŽARA U OBJEKTU		Ispunjenost kriterijuma DA/NE	
Podela objekta na požarne sektore⁴			
Objekat je podeljen na požarne sektore			
Udaljenost od susednih objekata			
Najmanje rastojanje između otvora na naspramnim zidovima visokog objekta i susednog objekta $\frac{1}{2}$ visine višeg objekta (ili 8 m uz ispunjenje uslova koji se odnose na pristupne puteve i plato) ⁵			
Fasada objekta			
Na fasadi između otvora na dve susedne etaže postoji vertikalni građevinski element (prekidno rastojanje) otpornosti prema požaru 1,5 h (EI 90) širine ≥ 1 m ili 1,4 m (zbir vertikalnih i horizontalnih delova) ukoliko su na fasadi prisutni konzolni elementi ⁶			
Objekti složenog oblika, kada postoji mogućnost prenosa požara preko otvora na naspramnim stranama delova objekta koji se nalaze na rastojanju manjem od 8 m: fasada poseduje otpornost prema požaru sa najmanje karakteristikom EW 90			
Visoke zgrade sa aneksom/susedni prislonjeni objekti različitih visina			
Na zidu višeg dela objekta, na visini najmanje 10 m iznad najviše tačke nižeg dela objekta, nema nikakvih otvora ⁷			
Granični zid ima otpornost prema požaru 2 h (REI-M 120) i izveden je od građevinskih proizvoda karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0			
Sastav spoljnih zidova			
Minimalna klasa reakcije na požar	sistem spoljnog zida: A2-s1,d0		
	spoljni sloj/završni sloj/prefabrikovani paneli: A2-s1,d0 ⁸		
	potkonstrukcija		linijski element veze: A2
			tačkasti element veze: A2
toplotno-izolacioni sloj: A1			
Ukupno ispunjenih kriterijuma:			

⁴ Ukoliko je objekat podeljen na požarne sektore potrebno je proveriti ispunjenost dodatnih zahteva (videti DEO 9 - DODATAK: POŽARNI SEKTORI).

⁵ Ako nije moguće obezbediti propisano rastojanje, bezbedno rastojanje između tih otvora određuje se računski tako da toplotni fluks ne prelazi vrednost 15 kW/m² ili posebnim tehničkim rešenjem kojim se onemogućava prenos požara na naspramni objekat u vremenu najmanje 1,5 h (EW 90) prema kriterijumu za nenoseće spoljne zidove odnosno zid zavese, ako to odobri nadležni organ.

⁶ Prekidno rastojanje može se odrediti i proračunom prema SRPS EN 1991-1-2.

⁷ Ovo važi ukoliko se na krovu nižeg dela nalaze otvori na udaljenosti manjoj od 8 m od fasadnog zida višeg dela ili međuspratna odnosno krovna konstrukcija sa krovnim pokrivačem nižeg dela nema otpornost prema požaru za dejstvo požara iznutra najmanje 2 h

⁸ Završni sloj spoljnog zida, u zavisnosti od vrste spoljnog zida, može biti izrađen od materijala debljine najviše 0,005 m klase B s1d01 u površini 5% od ukupne površine spoljnog zida te strane zgrade.

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 3: OTPORNOST NA POŽAR NOSEĆIH I NENOSEĆIH KONSTRUKCIJA			Ispunjenost kriterijuma DA/NE
Element	Min otpornost na požar	Min klasa reakcije na požar građ. proizvoda	
<i>Noseći elementi građevinske konstrukcije⁹</i>	<i>2h (RE-M 120)</i>	<i>A2s1d0</i>	
<i>Krovni pokrivač¹⁰</i>	<i>-</i>	<i>A2</i>	
<i>Delovi krovnog pokrivača koji su izloženi prenosu požara sa spoljne strane</i>	<i>1 h</i>	<i>-</i>	
<i>Granični zid visokog objekta na rastojanju manjem od 8 m od susednog objekta¹¹</i>	<i>2 h (REI-M 120)</i>	<i>A2s1d0</i>	
<i>Nenoseći pregradni zidovi, osim pokretne pregrade, harmonika-vrata i sl.</i>	<i>-</i>	<i>A2s1d0</i>	
<i>Pregradni zidovi između dva stana i pregradni zidovi koji odvajaju stan od svih ostalih prostora</i>	<i>-</i>	<i>A2s1d0</i>	
<i>Ulazna vrata stambenih jedinica</i>	<i>0,5 h (EI 30) ili najkraće rastojanje između ulaznih vrata stanova ≥ 1 m</i>	<i>-</i>	
Ukupno ispunjenih kriterijuma:			

⁹ Krovna konstrukcija ne mora ispunjavati zahtev u pogledu otpornosti prema požaru i klase reakcije na požar ukoliko je krovna konstrukcija objekta požarno izdvojena od ostalog dela objekta međuspratnom konstrukcijom otpornom prema požaru 2 h i obezbeđeno vertikalno prekidno rastojanje.

¹⁰ Krovni pokrivač ne mora ispunjavati zahtev u pogledu klase reakcije na požar ukoliko je krovna konstrukcija objekta požarno izdvojena od ostalog dela objekta međuspratnom konstrukcijom otpornom prema požaru 2 h i obezbeđeno vertikalno prekidno rastojanje.

¹¹ Zid ne sme imati otvore.

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 4: EVAKUACIONI PUTEVI		Ispunjenost kriterijuma
Koridor evakuacije		
U objektu postoji koridor evakuacije		
Podne obloge prostorija za komunikaciju, koje pripadaju koridoru evakuacije su negorive (A1)		
Zidne obloge prostorija za komunikaciju, koje pripadaju koridoru evakuacije su negorive (A1)		
Plafonske obloge prostorija za komunikaciju, koje pripadaju koridoru evakuacije su negorive (A1)		
Sigurnosna stepeništa		
U objektu postoji sigurnosno stepenište ¹²		
Veza podruma i gornjih etaža		
Objekti visine do 40 m	Objekti visine preko 40 m	
Podzemna etaža nije povezana sa gornjim etažama zajedničkim stepeništem ili postoji zajedničko stepenište ali je funkcionalna veza podruma i stepeništa ostvarena preko pretprostora ¹³	Podzemna etaža nije povezane sa gornjim etažama zajedničkim stepeništem	
Evakuacioni izlazi		
Na svim evakuacionim izlazima (izuzev prvog izlaza) postoje zaokretna vrata, koja se otvaraju u smeru evakuacije <i>OPCIONO: drugačije konstrukciono rešenje vrata od iznad navedenog, koje obezbeđuje sigurnu evakuaciju lica, vrata se otvaraju na signal sistema dojava požara i poseduju mehanizam za elektro i mehaničku deblokadu vrata</i>		
Izlazi i prilazi izlazima pristupačni		
Put do izlaznih vrata vodi kroz prostoriju koja se ne zaključava i vidljivo je obeležen		
Prilazni putevi krajnjim izlazima nisu ugroženi požarom		
Svi krajnji izlazi iz objekta vode u bezbedan prostor (neposredno na ulicu, dvorište ili u drugi bezbedan prostor).		
Visina krajnjeg izlaz iz objekta $\geq 2,30$ m		
Ispred ulaznih vrata postoji ravan pešački plato dimenzija najmanje 150 x 150 cm		
Svetla širina jednokrlnih vrata na evakuacionom putu $\geq 0,9$ m i $\leq 1,20$ m		
Širina krila dvokrlnih vrata na evakuacionom putu $\geq 0,70$ m i $\leq 1,20$ m		
Dubina vetrobranskog prostora (ukoliko postoji)	za slučaj da se spoljna i unutrašnja vrata otvaraju u istom smeru ≥ 240 cm,	
	za slučaj da se i jedna i druga vrata otvaraju prema prostoru vetrobrana ≥ 300 cm	
	vetrobranski prostor jee produžen prema unutrašnjem delu zgrade za najmanje 90 cm od ravni unutrašnjih vrata	
Pod vetrobrana je u nivou ulaznog hola, odnosno stepenišnog prostora zgrada <i>OPCIONO: ukoliko postoji visinska razlika podova - postoji ravan podest u nivou poda vetrobrana koji je dugačak najmanje 150 cm i rampa, odnosno stepenice; podloga otporna na klizanje, a otirači su od čvrstog materijala, postavljeni tako da je njihova površina u nivou poda;</i>		

¹² Ukoliko u objektu postoji sigurnosno stepenište potrebno je proveriti ispunjenost dodatnih zahteva (videti DEO 10: DODATAK - SIGURNOSNA STEPENIŠTA).

¹³ Ukoliko je funkcionalna veza podruma i stepeništa ostvarena preko pretprostora potrebno je proveriti ispunjenost dodatnih zahteva (videti kriterijume za pretprostor sig. stepeništa, DEO 10: DODATAK- SIGURNOSNA STEPENIŠTA).

<i>Sve staklene pregrade (izlazna vrata) su od nelomljivog stakla i obezbeđene fizičkom zaprekom na visini od 90 cm i označene na visini od 140 do 160 cm</i>		
<i>Svaka podzemna etaža ima najmanje dva izlaza, od kojih jedan vodi direktno u spoljni prostor</i>		
<i>Izlaz iz podrumskih prostorija nije udaljen od krajnjeg izlaza iz objekta više od 20 m</i>		
<i>Vrata na evakuacionom putu koji vodi iz podzemnih etaža neposredno napolje su konstruktivno rešena tako da se mogu brzo i bezbedno otvoriti u slučaju potrebe za evakuacijom i vidljivo su označena</i>		
<i>Vrata na evakuacionim putevima u podzemnim etažama otvaraju se isključivo u smeru evakuacije na način da ne ometaju kretanje drugih lica.</i>		
Evakuacioni put		
<i>Minimalna korisna širina evakuacionog puta $\geq 1,25$ m</i>		
Oznake i osvetljenost evakuacionih puteva		
<i>Svi izlazi iz objekta u slučaju požara su označeni uočljivim znakovima</i>		
<i>Svi izlazi iz objekta su obeleženi znakovi adekvatne namene</i>		
<i>Svi smerovi evakuacije iz objekta u slučaju požara su označeni uočljivim znakovima</i>		
<i>Svi smerovi evakuacije iz objekta su obeleženi znakovi adekvatne namene</i>		
<i>Roba ili drugi predmeti ne zaklanjaju znakove evakuacije</i>		
<i>Sva vrata koja ne služe za evakuaciju su označena znakom koji ukazuje na stvarnu namenu vrata</i>		
<i>Svi prolazi koji ne služe za evakuaciju su označeni znakom koji ukazuje na stvarnu namenu prolaza</i>		
<i>Sva stepeništa koja ne služe za evakuaciju su označena znakom koji ukazuje na stvarnu namenu</i>		
<i>U objektu postoji sigurnosna rasveta evakuacionih puteva</i>		
Elementi pristupačnosti za savladavanje visinskih razlika - prilazi do objekta		
Rampe za pešake i korisnike invalidskih kolica¹⁴		
<i>Nagib rampe $\leq 5\%$ (1:20) ili iznosi 8,3% (1:12) za kratka rastojanja (do 6m)</i>		
<i>Ukupna dužina rampe ≤ 15 m</i>		
<i>U okviru rampi dužine 6-9 m i manjeg nagiba izvedena su odmorišta dužine ≥ 150 cm</i>		
<i>Čista širina rampe</i>	<i>za jednosmeran prolaz ≥ 90 cm</i>	
	<i>dvokrake rampe ≥ 150 cm, sa podestom od min 150 cm</i>	
<i>Rampa sa spoljnih strana zaštićena ivičnjacima visine 5 cm, širine 5 - 10 cm i opremljena sa obe strane dvovisinskim rukohvatima podesnog oblika za prihvatanje na visini od 70 cm, tj. 90 cm</i>		
<i>Površina rampe je čvrsta, ravna i otporna na klizanje</i>		
Stepenice i stepeništa		
<i>Širina stepenišnog kraka ≥ 120 cm</i>		
<i>Širina gazišta ≥ 33 cm</i>		
<i>Visina stepenika ≤ 15 cm</i>		
Ukupno ispunjenih kriterijuma:		

¹⁴ Savladavanje visinske razlike do 76 cm između pešačke površine i prilaza do objekta vrši se rampama za pešake i invalidskim kolicima. Za savladavanje većih visinskih razlika mogu se u posebnim slučajevima primeniti dvokrake rampe sa odmorištem između suprotnih krakova, obezbeđene ogradom, rukohvatima ili zidovima. Podesti na dvokrakim rampama moraju biti minimum 150 cm sa 170 cm kako bi se obezbedio prostor za okretanje invalidskih kolica. Izuzetno, ukoliko postoje uslovi, rampa može savladavati i visinske razlike veće od 76 cm.

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 5: LIFTOVI		Ispunjenost kriterijuma DA/NE
Pristupačnost liftova		
Objekti visine do 40m	Objekti visine preko 40m	
Liftovi pristupačni iz provetravanog pretprostora lifta/preprostora koji dele lift i sigurnosno stepenište ili sa evakuacionog puta/koridora evakuacije	Liftovi pristupačni iz provetravanog pretprostora lifta/preprostora koji dele lift i sigurnosno stepenište	
Objekti u kojima postoji funkcionalna veza podzemnih i gornjih etaža liftom		
Na svakom nivou podzemne etaže postoji provetravani pretprostor lifta (zaseban ili zajednički sa sigurnosnim stepeništem)		
Pretprostor lifta		
Vrata pretprostora liftova ispunjavaju kriterijum integriteta i izolovanosti prema požaru u trajanju najmanje 1,5 h (EI 90)		
Pretprostor lifta ima otvore za prirodno provetravanje površine $\geq 5\%$ površine pretprostora, $i \geq 0,5 \text{ m}^2$ ili sisteme za prinudno provetravanje, a ukoliko pretprostor lifta predstavlja deo evakuacionog puta njegovo provetravanje vrši sa najmanje 20 izmena vazduha na čas prirodnim ili prinudnim putem		
Dim iz pretprostora odvodi se sa najvišeg mesta, ispod tavanice, a svež vazduh se ubacuje pri podu		
Uređaj za automatsko otvaranje prozora/prinudno provetravanje uključuje se automatski preko instalacija i uređaja za automatsko otkrivanje i dojavu požara		
Uključivanje uređaja za automatsko otvaranje prozora / prinudno provetravanje je obezbeđeno i ručno sa mesta bezbednog od požara		
Konstrukcija objekta koja nosi liftovsku konstrukciju		
Konstrukcija objekta koja nosi liftovsku konstrukciju otporna prema požaru najmanje 1,5 h (REI 90) izvedena od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0		
Zidovi okna za lift otporni prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) izvedeni od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0		
Liftovska konstrukcija		
Kabina lifta i vrata voznog okna lifta od negorivog materijala		
Vrata voznog okna se zatvaraju automatski		
Vrata voznog okna lifta kome se pristupa iz koridora evakuacije ispunjavaju kriterijum integriteta i izolovanosti prema požaru u trajanju najmanje 1,5 h (EI 90)		
Vrata voznog okna lifta kome se pristupa preko zasebnog pretprostora lifta ili pretprostora koji je zajednički sa sigurnosnim stepeništem ispunjavaju kriterijum integriteta i izolovanosti prema požaru u trajanju najmanje 1 h (EI 60)		
Mehanizam lifta		
Lift opremljen uređajima koji omogućavaju da se u slučaju požara kabina automatski dovede u prizemlje i da se, posle izlaska lica lift automatski isključi iz rada.		
Pogon lifta		
Pogon lifta smešten u posebnu prostoriju (mašinska prostorija) OPCIONO: lift bez mašinske prostorije, te je pogon lifta postavljen u voznom oknu, a orman komande za upravljanje (kontrolno upravljačka tabla) je postavljen na najvišoj etaži objekta		
Ukupno ispunjenih kriterijuma:		

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 6: SISTEMI VENTILACIJE I/ILI KLIMATIZACIJE I GREJANJA	Ispunjenost kriterijuma DA/NE
Podstanica za toplu vodu	
<i>Podstanica za toplu vodu u objektu smeštena u posebnu prostoriju</i>	
Sistem za ventilaciju i klimatizaciju	
<i>Kanali sistema za ventilaciju i klimatizaciju od negorivog materijala karakteristike reakcije na požar klase "A1"</i>	
<i>Uređaji za ventilaciju i klimatizaciju prostora se automatski isključuju komandom sa sistema za automatsko otkrivanje i javljanje požara, a ponovo se uključuju tek pošto se ručno aktivira prekidač postavljen na ormanu u prostoriji sistema koji je isključen</i>	
<i>Komore sistema za ventilaciju i klimatizaciju smeštene u zasebnu prostoriju koja je od ostalih prostorija u objektu odvojena zidovima i vratima otpornim prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenih od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</i>	
Bezbednosni sistemi za odvođenje dima i toplote i sistemi za natpritisak	
<i>Elementi sistema smešteni u neugroženom prostoru, ili postavljeni u prostoriju koja je od ostalih prostorija u objektu odvojena zidovima i vratima otpornim prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenih od građevinskih proizvoda karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</i>	
<i>Prostorija u koju su postavljeni ovi sistemi nije zajednička sa komorama sistema za ventilaciju i klimatizaciju</i>	
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	

<p align="center">Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 7: ELEKTRIČNE INSTALACIJE</p>	<p align="center">Ispunjenost kriterijuma DA/NE</p>
<p>Elektroenergetsko postrojenje visokog napona sa suvim transformatorima</p>	
<p>Elektroenergetsko postrojenje nalazi se u prostoriji koja predstavlja poseban požarni sektor, odvojena konstruktivnim elementima otpornim prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) i vratima otpornim prema požaru najmanje 1,0 h (EI 60) karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</p>	
<p>Na fasadi na granici požarnog sektora postoji horizontalno i vertikalno prekidno rastojanje</p>	
<p>Elektroenergetsko postrojenje visokog napona sa uljnim transformatorima</p>	
<p>Elektroenergetsko postrojenje nalazi se u prostoriji koja predstavlja poseban požarni sektor (za objekte visine do 40 m) OPCIONO: za objekte preko 40m nalazi se van objekta</p>	
<p>Prostorija odvojena konstruktivnim elementima otpornim prema požaru najmanje 3,0 h (EI 180) i vratima otpornim prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</p>	
<p>Pregradni zidovi između prostorija koje pripadaju elektroenergetskom postrojenju otporni prema požaru najmanje 2,0 h (EI 120)</p>	
<p>Na fasadi na granici požarnog sektora postoji horizontalno prekidno rastojanje u ukupnoj širini od minimum 1 m, i vertikalno prekidno rastojanje dužine najmanje 2 m odnosno dužine koju čini zbir horizontalnog i vertikalnih delova najmanje 2 m ili je vertikalno prekidno rastojanje 1 m i u svim prostorijama elektroenergetskog postrojenja postoje stacionarni sistemi za automatsko gašenje požara</p>	
<p>Rezervni i sigurnosni izvori za napajanje</p>	
<p>U objektu postoji rezervni izvor snabdevanja električnom energijom u trajanju od 2h sledećih uređaja i sistema: 1) sigurnosne rasvete evakuacionih puteva (stepeništa, hodnici, natpisi za bržu evakuaciju i sl.); 2) uređaja za podizanje pritiska u hidrantskoj mreži; 3) instalacija i uređaja za automatsko otkrivanje i dojavu požara; 4) instalacija i uređaja za gašenje požara; 5) uređaja za kontrolu pristupa i ozvučenje; 6) najmanje jedan lift namenjen korisnicima objekta.</p>	
<p>U objektu postoji sigurnosni izvor za napajanje u trajanju od 2h sledećih uređaja i sistema: 1) vatrogasnog lifta; 2) instalacija za odvođenje dima i toplote i sistema za nadpritisak, koji se koriste za stvaranje bezbednih uslova za evakuaciju; 3) drugih sistema koji služe za stvaranje bezbednih uslova za evakuaciju.</p>	
<p>Rezervni ili sigurnosni izvor postavljeni u prostoriju čiji su zidovi i vrata otporni prema požaru najmanje 2 h (EI 120) izvedenu od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</p>	
<p>Rezervni ili sigurnosni izvori se automatski uključuju</p>	
<p>Prostorija u koju su smeštwni rezervni ili sigurnosni izvori se dobro provetrava i i nije ugrožena eksplozivnim atmosferama</p>	
<p>Rasklopni blokovi i druge table sa elementima električnih instalacija</p>	
<p>Električna instalacija u objektu napravljena tako da se iz prizemlja ili spolja može brzo isključiti</p>	
<p>Rasklopni blokovi i druge table sa elementima električnih instalacija izgrađeni od negorivog materijala karakteristike reakcije na požar klase "A1"</p>	
<p>Na koridorima evakuacije nema rasklopnih blokova i drugih tabli sa elementima električnih</p>	

<i>instalacija</i>	
<p><i>Glavni rasklopni blokovi i druge glavne table sa elementima električnih instalacija nalaze se u prostorijama koje su od ostalih prostorija u objektu i koridora evakuacije odvojene zidovima i vratima otpornim prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenim od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</i></p> <p><i>OPCIONO: rasklopni blokovi i druge table sa elementima električnih instalacija koji napajaju delove etaže objekta ili pojedine prostorije postavljeni u nišama na evakuacionom putu koje su od evakuacionog puta odvojene pregradom otpornom prema požaru 1,5 h (EI 90) izvedenim od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0</i></p>	
<i>Glavni naponski vodovi, kao i ostali vodovi koji prolaze kroz jedan požarni sektor ili više požarnih sektora postavljeni tako da se preko njih ne može preneti požar sa jednog sprata na drugi sprat, odnosno iz jednog požarnog sektora u drugi požarni sektor</i>	
<i>U instalacionim kanalima električnih instalacija kao i prostorijama rasklopnih blokova i tabli nisu prisutne druge instalacije, uređaji i oprema</i>	
<i>U prostorijama rasklopnih blokova i drugih tabli sa elementima električnih instalacija obezbeđeno provetravanje radi odvođenja toplote koja se oslobađa pri normalnom radu</i>	
<i>Ukupno ispunjenih kriterijuma:</i>	

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 8: POSEBNI SISTEMI I MERE	Ispunjenost kriterijuma DA/NE
Sistem za otkrivanje i dojavu požara	
<i>U objektu je ugrađen sistem za otkrivanje i dojavu požara</i>	
Stacionarni sistem za gašenje požara	
<i>U objektu postoji stacionarni sistem za gašenje požara (ispunjenost kriterijuma se proverava ukoliko je prethodno, metodom EUROALARM, utvrđena potreba za postojanje ovog sistema)</i>	
Hidrantska mreža	
<i>Objekat obezbeđen spoljnom hidrantskom mrežom, pri čemu postoje najmanje dva spoljna hidranta, udaljena od zida objekta 5-80 m, međusobno udaljena najviše 80 m</i>	
<i>Objekat obezbeđen unutrašnjom hidrantskom mrežom na čijim cevovodima su postavljeni unutrašnji hidranti sa pripadajućom opremom smešteni u hidrantske ormare</i>	
<i>Unutrašnja hidrantska mreža izvedena tako da je neposrednim gašenjem moguće obuhvatiti svaku prostoriju objekta (adekvatno rastojanje zidnih hidranata u zavisnosti od dužine vatrogasnog creva - 15 m, 20m ili 30m + 5m dužina mlaza)</i>	
<i>Hidrantski ormari postavljeni na adekvatnim mestima koja su lako uočljiva i ne ometaju evakuaciju (u hodnicima objekta, prolazima, stepenišnim prostorima i/ili evakuacionim putevima, u neposrednoj blizini ulaznih vrata prostorija koje mogu biti ugrožene požarom)</i>	
<i>Ventil unutrašnjeg hidranta u hidrantskom ormaru postavljen na visini 1,5 m od poda</i>	
<i>Hidranti stalno dostupni, a prostor oko hidranta koji je namenjen za upotrebu hidranta je slobodan</i>	
<i>Instalacija hidrantske mreže se kontroliše na svakih šest meseci od strane ovlašćenog pravnog lica (postoji adekvatna dokumentacija o poslednjoj sprovedenoj kontroli)</i>	
Aparati za početno gašenje požara	
<i>U objektu se nalazi odgovarajući broj aparata za početno gašenje požara¹⁵</i>	
<i>Najveća udaljenost između mesta na kojem je smešten aparat za početno gašenje požara i mesta na kojem se može zateći osoba u slučaju požara ≤ 20 m</i>	
<i>Aparati za početno gašenje požara postavljeni na vidnim i pristupačim mestima, na podu ili okačeni na zid tako da je ručka aparata na visini do 1,5 m od poda</i>	
<i>Aparati za početno gašenje požara se kontroliše na svakih šest meseci od strane ovlašćenog pravnog lica (postoji adekvatna dokumentacija o poslednjoj sprovedenoj kontroli)</i>	
Pravila zaštite od požara	
<i>Objekat poseduje Pravila zaštite od požara koja uključuju Plan evakuacije i Uputstvo za postupanje u slučaju požara</i>	
<i>Grafički deo Plana evakuacije istaknut na vidljivom mestu na svakoj etaži objekta i pruža adekvatne informacije</i>	
<i>Uputstva za postupanje istaknuta na vidljivom mestu i pruža adekvatne informacije</i>	
Vežbe evakuacije i vežbe upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu	
<i>Skupština stanara najmanje jednom u pet godina organizuje i učestvuje u vežbi evakuacije</i>	
<i>Skupština stanara najmanje jednom u pet godina organizuje i učestvuje u vežbi upotrebe sredstava za gašenje požara u objektu</i>	
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	

¹⁵ Prethodno odrediti potreban broj aparata na osnovu površine objekta i veličine požarnog opterećenja (1 S-9 aparat za PO=20m², 2 aparata za površinu 50-100m², 3 aparata za površinu 150-500 m², 4 za 750 m², 5 za 1000 m², 6 za 1500 m², 7 za 2000 m², 10 za 3000 m², 11 za 4000 m², 15 za 5000 m², 17 za 6000 m², 20 za 7000 m², 22 za 8000 m², 25 za 9000 m², 27 za 10000 m².

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 9: DODATAK – POŽARNI SEKTORI				Ispunjenost kriterijuma DA/NE
Podela objekta na požarne sektore				
Površina požarnog sektora				
sektor na visini < 40m	sektor na visini 40-75m	sektor na visini 75-100m	sektor na visini	
< 1500 m ²	< 1000 m ²	< 800 m ²	< 500 m ²	
Površina požarnog sektora u prostorijama ispod nivoa terena < 500 m ²				
Stanarske ostave, prostorije za sakupljanje otpadaka, prostorije za smeštaj komora za ventilaciju i klimatizaciju, kotlarnice, prostorije za smeštaj pogonskog uređaja lifta, prostorije za smeštaj uređaja za podizanje pritiska vode u hidrantskoj mreži, prostorije za smeštaj instalacija i uređaja za gašenje požara, prostorije za smeštaj elektroenergetskog postrojenja visokog i niskog napona, prostorija za smeštaj rezervnog ili sigurnosnog izvora za snabdevanje električnom energijom i sl. su izdvojene u posebne požarne sektore				
Svaki požarni sektor ima sopstveni sistem za ventilaciju i klimatizaciju				
OPCIONO: zajednički sistem za više požarnih sektora - na mestima na kojima prolaze ovi kanali kroz tavanice ili zidove koji odvajaju požarne sektore, postoje klapne otporne prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) koje se automatski zatvaraju pri pojavi dima ili povećane toplote				
Karakteristike fasade objekta na granici požarnih sektora				
Na fasadi, na granici dva požarna sektora, postoji horizontalno prekidno rastojanje u ukupnoj širini od minimum 1 m, iste otpornosti prema požaru kao i unutrašnji požarni zid sa kojim se sučeljava ili unutrašnji požarni zid na mestu sučeljavanja izlazi van fasade najmanje 0,50 m				
Objekti složenog oblika kod kojih se požarni sektori spajaju pod uglom koji je jednak ili manji od 135°: na mestu ugla izvodi se zid iste otpornosti prema požaru kao i zid na granici požarnog sektora u dužini od min 5 m mereno od unutrašnjeg ugla u kojem se spajaju požarni sektori				
Karakteristike pregradnog zida koji odvaja požarne sektore				
Pregradni zid koji odvaja požarne sektore vezan za sa međuspratnu konstrukciju ¹⁶				
Zid otporan na požar koji se spaja sa krovnom konstrukcijom i krovnim pokrivačem preseca krovnu konstrukciju i krovni pokrivač i nadvisuje ga najmanje 0,5 m ili je ispod krova izvedena konzola širine od najmanje 1 m levo i desno u odnosu na požarni zid čija je otpornost na požar istovetna kao i otpornost zida				

¹⁶ U prostorima sa spuštenim plafonima, pregradni zid otporan na požar mora presecati spuštenu plafon i biti vezan za međuspratnu konstrukciju.

Otpornost na požar elemenata na granici i unutar požarnog sektora			
Element	Min otpornost na požar	Min klasa reakcije na požar građ. proizvoda	
Zidovi na granici požarnog sektora	1,5 h (REI 90 za noseće zidove; EI 90 za nenoseće zidove)	A2s1d0	
Zidovi koridora evakuacije na granici požarnog sektora	1,5 h (REI 90 za noseće zidove; EI 90 za nenoseće zidove)	A2s1d0	
Vrata koridora evakuacije na granici požarnog sektora	1,5 h (EI 90)	-	
Zidovi koridora evakuacije unutar požarnog sektora	0,5 h (EI 30)	A2s1d0	
Vrata koridora evakuacije unutar požarnog sektora otporna prema požaru	0,5 h (EI 30)	-	
Vrata sa uređajem za automatsko zatvaranje, na granici između dva požarna sektora, koja su stalno u otvorenom položaju	1,5 h	-	
	pri pojavi dima vrata se zatvaraju preko signala stabilne instalacije sa detektorima dima ¹⁷		
Ukupno ispunjenih kriterijuma:			

¹⁷ Na objektima višim od 100 m, radi ispunjenosti navedenog uslova, na granici sektora mora postojati pretprostor sa dvoje vrata, sa uređajem za automatsko zatvaranje, koja imaju otpornost na požar najmanje 1,5 h (EI 90) i koja se pri pojavi dima zatvaraju preko signala stabilne instalacije sa detektorima dima. Pretprostor mora imati sistem za prirodnu ili veštačku kontrolu dima koji se automatski aktivira preko stabilne instalacije sa detektorima dima u trenutku zatvaranja vrata.

Kriterijumi bezbednosti od požara za visoke stambene zgrade DEO 10: DODATAK - SIGURNOSNA STEPENIŠTA			Ispunjenost kriterijuma DA/NE
Broj sigurnosnih stepeništa¹⁸	Objekti visine do 40 m	Objekti visine preko 40 m	
	Svaki požarni sektor objekta dostupan preko najmanje jednog sigurnosnog stepeništa ¹⁹	Svaki požarni sektor objekta dostupan preko dva sigurnosna stepeništa koja vode direktno do nivoa prizemlja, odnosno do krajnjeg izlaza iz objekta OPCIONO: jedno od sigurnosnih stepeništa ne vodi u prizemlje, ali vodi u deo predmetnog objekta koji ima sopstveno sigurnosno stepenište i čija je najviša kota krova niža od 22 m	
		Jedno od dva sigurnosna stepeništa ispunjavaju uslove za potrebe intervencije gašenja požara i spasavanja	
	Podzemne etaže povezane jednim sigurnosnim stepeništem koje vodi u zajednički hol prizemlja od kojeg je odvojeno vratima otpornim na požar i drugim sigurnosnim stepeništem koje ima krajnji izlaz koji vodi direktno u spoljni prostor, nezavisno od izlaza sa nadzemnih etaža		
Sigurnosno stepenište dostupno iz svakog požarnog sektora putevima koji nisu ugroženi požarom			
U prostoru stepeništa postoje otvori za prirodno provetravanje ili sistemi za prinudno provetravanje koji se uključuju automatski ili su opremljena sistemima koji ostvaruju natpritisak < 50 Pa ±10%			
<ul style="list-style-type: none"> ▫ gornja ivica otvora za prirodno provetravanje nalazi se na minimalnoj visini od 2 m u odnosu na podest u ravni kote poda najvišeg nivoa na kome borave lica 			
<ul style="list-style-type: none"> ▫ uređaj za otvaranje prozora ili uređaj za prinudno provetravanje uključuje se automatski preko stacionarnih sistema za otkrivanje i dojavu požara 			
<ul style="list-style-type: none"> ▫ uključivanje uređaja za otvaranje prozora ili uređaja za prinudno provetravanje obezbeđeno i ručno sa mesta bezbednog od požara 			
Put evakuacije od polaznog mesta do sigurnosnog stepeništa (etažnog izlaza) ≤ 40 m			
Put evakuacije od prvog izlaza iz prostorije do sigurnosnog stepeništa	Objekti visine do 75 m	kroz hodnik sa mogućnošću evakuacije na dve strane ≤ 30 m OPCIONO: kroz slepi hodnik ≤ 15 m	
	Objekti visine preko 75 m	kroz hodnik sa mogućnošću evakuacije na dve strane ≤ 20 m OPCIONO: kroz slepi hodnik ≤ 10 m	
Sigurnosna stepeništa obložena negorivim materijalom			
U prostoru sigurnosnog stepeništa ne postoje predmeti niti elementi nameštaja			
Sigurnosno stepenište koje spaja podzemne etaže i ima krajnji izlaz koji vodi direktno u spoljni prostor je odvojeno od podzemnih etaža ostakljenim vratima otpornim prema požaru			
Liftovima nije moguće pristupiti iz prostora sigurnosnog stepeništa			
Unutrašnja sigurnosna stepeništa			
Celokupna konstrukcija unutrašnjeg sigurnosnog stepeništa otporna prema požaru najmanje 1,5 h (EI 90) izvedena od građevinskih materijala karakteristike reakcije na požar ≥ A2s1d0			
Stepenišno okno odvojeno od unutrašnjih prostora objekta zidovima otpornim prema požaru najmanje 1,5 h (REI-M 90) izvedeni od građ. materijala karakteristike reakcije na požar ≥ A2s1d0			

¹⁸ Ne odnosi se na pojedinačno izdvojene prostorije u požarni sektor.

¹⁹ U slučaju da je proračunom zahtevano da stepenišni krak bude širine 2,2 m, potrebna su najmanje dva sigurnosna stepeništa.

<i>Stepeništa nisu konzolna ili spiralna</i>	
<i>Veza stepeništa sa prostorijama za komunikaciju koje pripadaju koridoru evakuacije</i>	
Objekti visine do 40m – veza preko vrata	
<i>Na ulazu u stepenište postoje zaokretna vrata, otporna prema požaru 1,5 h (EI 90), koja se otvaraju u smeru evakuacije</i>	
Objekti visine preko 40 m - veza preko pretprostora	
<i>Pretprostor odvojen od stepeništa ostakljenim zaokretnim vratima otpornim prema požaru 0,5 h (EI 30 ili EW 30) izvedenim od građevinskih proizvoda karakteristike reakcije na požar najmanje klase A2s1d0, koja se otvaraju u smeru evakuacije</i>	
<i>Pretprostor odvojen od prostorija za komunikaciju ostakljenim zaokretnim vratima otpornim prema požaru 1,5 h (EI 90 ili EW 90), koja se otvaraju u smeru evakuacije</i>	
<i>Površina pretprostora $\geq 5 \text{ m}^2$ i korisna širina pretprostora $\geq 1,25 \text{ m}$</i>	
<i>Pretprostor se provetrava sa najmanje 20 izmena vazduha/h prirodnim ili prinudnim putem ili je opremljen sistemom koji ostvaruje natpritisak koji $\leq 45 \text{ Pa} \pm 10\%$ (za objekte visine 40-75 m) <i>OPCIONO: za objekte preko 75m – pretprostor opremljen sistemom za natpritisak na etaži koja je ugrožena požarom, kao i na dve etaže iznad i jednoj etaži ispod, koji ne prelazi $50 \text{ Pa} \pm 10\%$</i></i>	
<ul style="list-style-type: none"> ▫ <i>prirodno provetravanje na svakoj etaži objekta preko fiksne žaluzine ili prozorima opremljenim uređajima za automatsko otvaranje prozora/dim iz stepenišnog pretprostora odvodi se sa najvišeg mesta pretprostora, ispod tavanice, a svež vazduh se ubacuje pri podu</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ▫ <i>uređaj za automatsko otvaranje prozora/prinudno provetravanje uključuje se automatski preko stabilnih sistema za otkrivanje i javljanje požara</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ▫ <i>uključivanje uređaja za automatsko otvaranje prozora/prinudno provetravanje obezbeđeno i ručno sa mesta bezbednog od požara</i> 	
Dimenzije sigurnosnog stepeništa	
Objekti visine do 40 m	
<i>Korisna širina podesta sigurnosnog stepeništa $\geq 1,25 \text{ m}$</i>	
<i>Korisna širina stepenišnog kraka sigurnosnog stepeništa $\geq 1,25 \text{ m}$</i>	
<i>Stepenišni krak širine veće od 2,20 m: postoje najmanje dva sigurnosna stepeništa</i>	
Objekti visine 40-75 m	
<i>Jedno od dva sigurnosna stepeništa dimenzionisano u pogledu kapaciteta i minimalnih dimenzija sa uvećanjem za 50% u odnosu na dimenzije stepeništa kod objekata viših od 40 m radi intervencije vatrogasaca prilikom gašenja i spašavanja</i>	
Spoljna sigurnosna stepeništa	
<i>Pristupačna iz evakuacionog puta na svakom spratu</i>	
<i>Postavljena na minimalnoj udaljenosti od 1,5 m od otvora na fasadi objekta; ili su stepeništa na udaljenosti većoj od 1,5 m od otvora na fasadi ali ozidana prema tom otvoru</i>	
<i>Širina stepenišnog kraka $\geq 80 \text{ cm}$, a nagib $\leq 45^\circ$</i>	
<i>Visina zaštitne ograde otvorenih stepeništa $\geq 1,20 \text{ m}$</i>	
<i>Korišćenje stepeništa je moguće bez obzira na vremenske prilike</i>	
<i>Na ulazu u spoljno stepenište postavljena zaokretna vrata, koja se otvaraju u smeru evakuacije na način da se ne ometa kretanje lica sa gornjih spratova</i>	
<i>Stepenište nije spiralno ili u vidu penjalica</i>	
Ukupno ispunjenih kriterijuma:	

Prilog 7 – Koordinate orijentacionih tačaka izmerene totalnom stanicom Trimble S5

R. br.	Oznaka orijentacione tačke	Koordinate orijentacionih tačaka		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1	7409198,870	5011352,137	85,865
2	2	7409198,738	5011351,882	90,270
3	3	7409198,871	5011351,899	101,487
4	4	7409198,362	5011351,741	109,621
5	5	7409197,749	5011351,531	117,845
6	6	7409197,890	5011351,759	125,575
7	7	7409212,133	5011356,011	126,310
8	8	7409211,200	5011355,709	117,610
9	9	7409212,259	5011356,085	109,103
10	10	7409212,292	5011356,179	100,582
11	11	7409211,319	5011355,893	94,844
12	12	7409210,593	5011355,853	87,372
13	13	7409191,560	5011372,127	126,056
14	14	7409191,452	5011372,050	121,308
15	15	7409191,610	5011372,013	116,169
16	16	7409191,613	5011372,086	110,592
17	17	7409191,533	5011372,319	102,211
18	18	7409191,589	5011372,090	96,577
19	19	7409191,605	5011372,017	90,917
20	20	7409192,732	5011372,228	88,213
21	21	7409193,966	5011363,999	126,029
22	22	7409194,067	5011363,944	121,750
23	23	7409194,076	5011363,935	116,181
24	24	7409194,080	5011363,958	110,564
25	25	7409193,952	5011363,880	106,193
26	26	7409194,012	5011363,860	99,348
27	27	7409195,107	5011360,227	95,099
28	28	7409196,374	5011360,652	87,712
29	29	7409197,723	5011352,058	125,828
30	30	7409197,682	5011352,124	120,085
31	31	7409197,713	5011352,079	111,801
32	32	7409196,756	5011355,097	105,148
33	33	7409198,849	5011352,588	86,704
34	34	7409192,741	5011372,687	86,207

35	35	7409192,563	5011372,722	93,793
36	36	7409192,520	5011372,740	99,394
37	37	7409192,630	5011372,711	106,251
38	38	7409192,530	5011372,721	110,662
39	39	7409192,433	5011372,900	116,173
40	40	7409192,524	5011372,710	124,673
41	41	7409205,132	5011376,551	124,748
42	42	7409205,621	5011376,858	118,361
43	43	7409205,931	5011376,912	111,896
44	44	7409205,953	5011376,843	102,207
45	45	7409205,982	5011376,825	97,792
46	46	7409204,957	5011376,679	89,750

MAPA DEGRADACIJE SPOLJNIH ZIDOVA - JUŽNA FASADA
R = 1:50 i R = 1:150

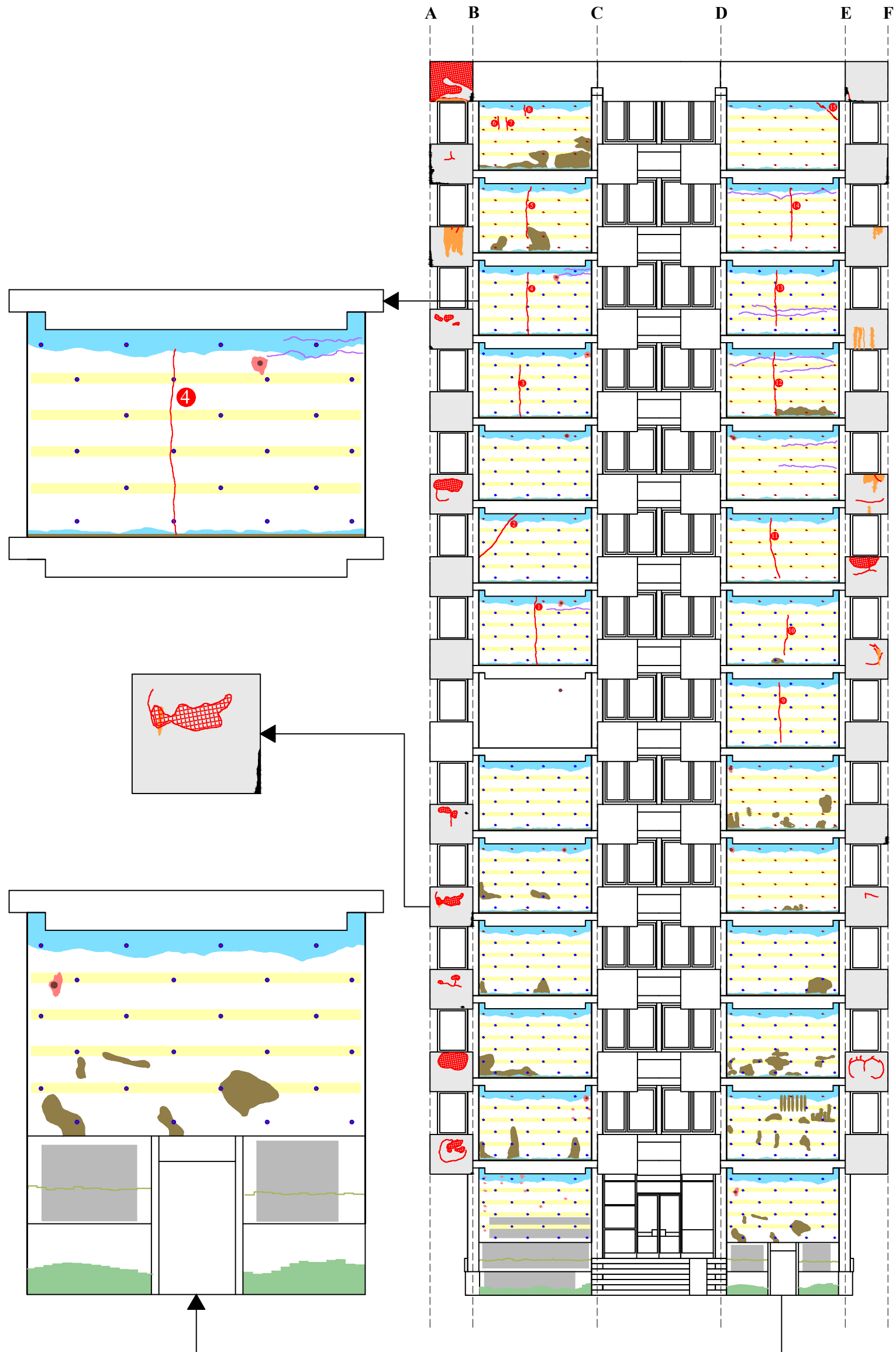


LEGENDA DEFEKATA I OŠTEĆENJA

- | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|---|
| — Pukotine | — Neadekvatno povezani slojevi betona | — Neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja |
| ▣ Prsline | ▣ Mrlje od prljavštine | ● Rupe usled probijanja |
| ▣ Grafiti | ▣ Mrlje od vlage | ▣ Lokalna mehanička oštećenja |
| ▣ Biološka korozija | ▣ Mrlje boje rde | ● Tragovi pričvršćivanja oplata sa eflorescijom |
| ▣ Otpadanje malterskog sloja | ▣ Lokalno nedovoljno zbijen beton | ▣ Geometrijska imperfekcija |

MAPA DEGRADACIJE SPOLJNIH ZIDOVA - JUŽNA FASADA

R = 1:50 i R = 1:150

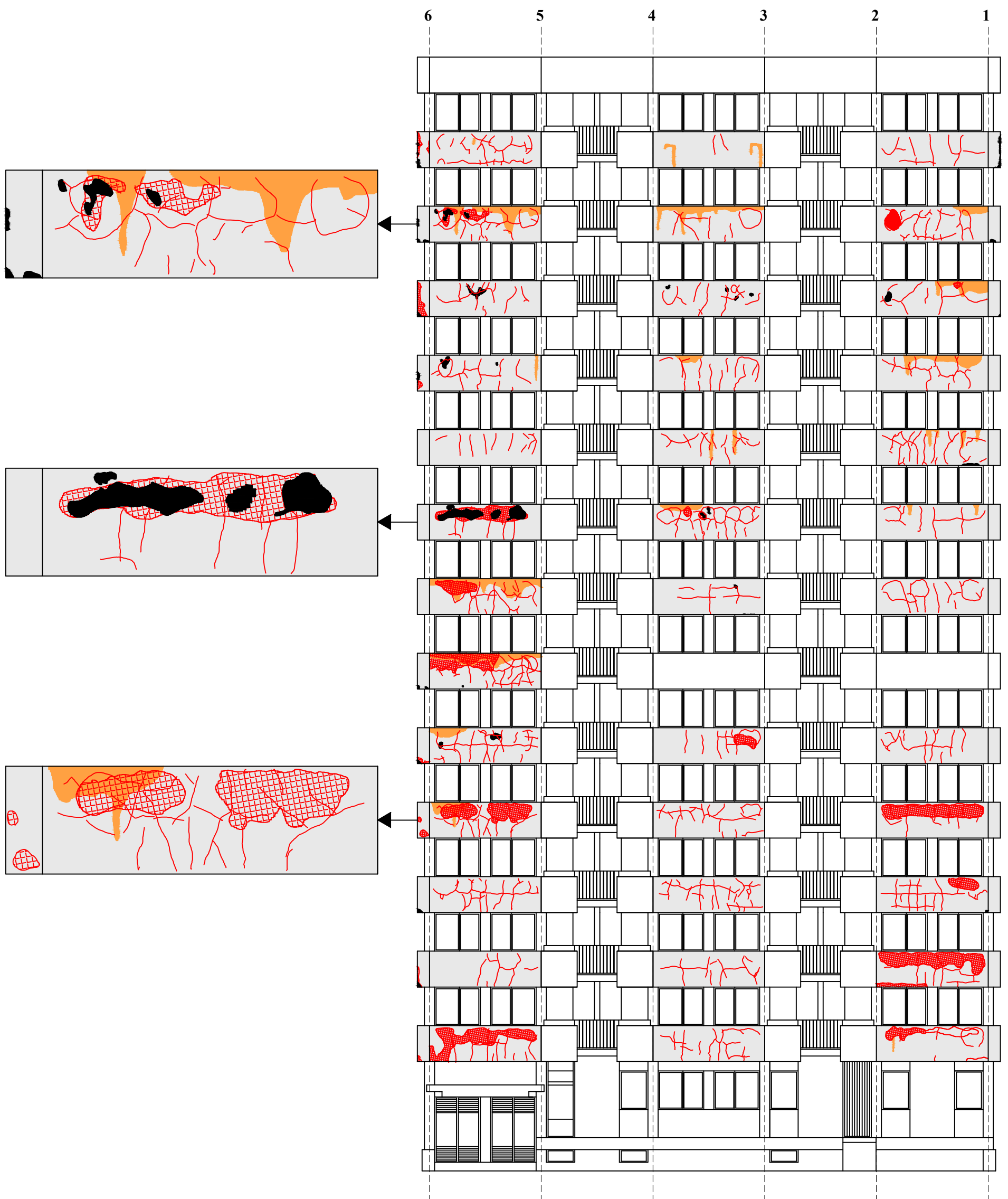


LEGENDA DEFEKATA I OŠTEĆENJA






- | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|---|
| — Pukotine | — Neadekvatno povezani slojevi betona | — Neadekvatno izveden prekid i nastavak betoniranja |
| ▣ Prsline | ▣ Mrlje od prljavštine | ● Rupe usled probijanja |
| ▣ Grafiti | ▣ Mrlje od vlage | ▣ Lokalna mehanička oštećenja |
| ▣ Biološka korozija | ▣ Mrlje boje rde | ● Tragovi pričvršćivanja oplata sa eflorescencijom |
| ▣ Otpadanje malterskog sloja | ▣ Lokalno nedovoljno zbijen beton | ▣ Geometrijska imperfekcija |

MAPA DEGRADACIJE SPOLJNIH ZIDOVA - ZAPADNA FASADA

R = 1:50 i R = 1:150



LEGENDA DEFEKATA I OŠTEĆENJA

-  Pukotine
-  Prsline
-  Mrlje od prljavštine
-  Mrlje boje rđe
-  Otpadanje malterskog sloja

Prilog 9 – Izvod iz Elaborata energetske efikasnosti zgrade (postojeće stanje)

Numerička dokumentacija

Proračun netransparentnih pozicija

Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
1	SZ-01 (Spoljni zid)	S	260,14	
		Z	0	
		J	260,14	
		I	0	
		H	0	
		Σ	520,28	

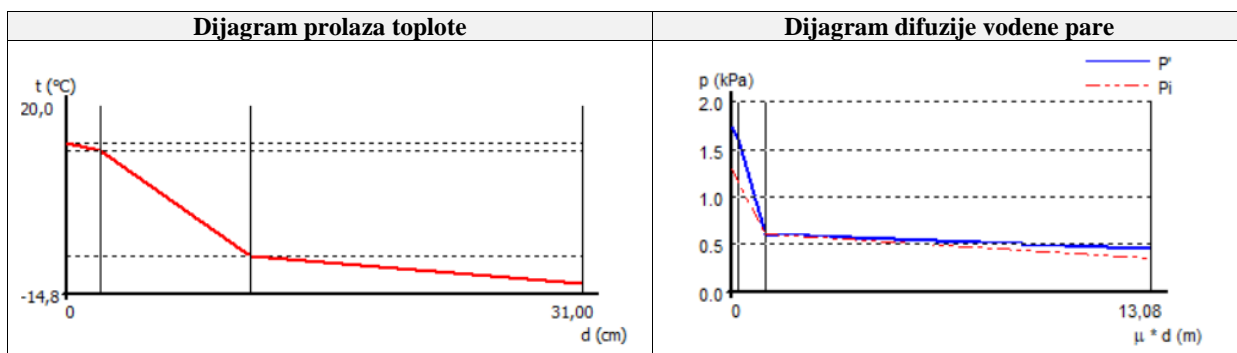
Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	9	800	1465	0,24	10
AB platno	20	2400	960	2,04	60

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	6,736	13,264
Gipsani malter	0,70	0,029	1,480	11,784
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,24	0,375	19,431	-7,647
AB platno	2,04	0,098	5,080	-12,727
Prelaz		0,040	2,073	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		0,672		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	Δθ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p _s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			4,839	15,161	1,723	1,285
Gipsani malter	9	0,18	1,064	14,097	1,609	1,273
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	10	0,9	13,959	0,138	0,617	1,209
AB platno	60	12	3,649	-3,511	0,458	0,365
Prelaz			1,489	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		13,08				

Površinski koeficijent prolaza toplote U [$W/(m^2K)$]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,49	U sklopu dolazi do kondenzacije između slojeva 2 i 3	64 dana < 90 dana / 10,33% < 11,09 %



	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [$^{\circ}C$]	13,3	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m^2K/W]	0,50	0,72	NE
Faktor prigušenja oscilacije temperature v [-]	28,45	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	10,09	7	DA

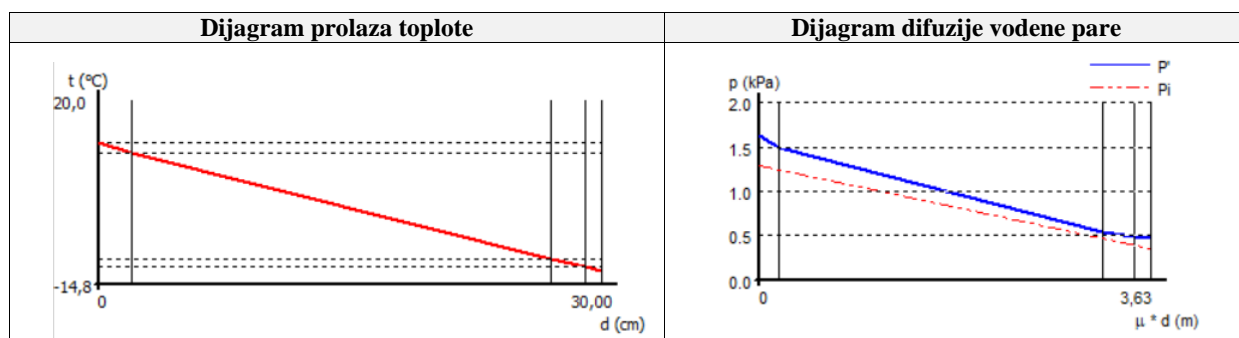
Broj	Oznaka	Površina [m^2]	Ilustracija položaja	
2	SZ-02 (Spoljni zid)	S	134,55	
		Z	44,61	
		J	134,55	
		I	209,78	
		H	0	
		Σ	523,48	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m^3]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Puna opeka	25	1800	920	0,76	12
Produžni malter	2	1700	1050	0,85	15
Fasadni malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	8,002	11,998
Gipsani malter	0,70	0,029	1,759	10,239
Puna opeka	0,76	0,329	20,249	-10,010
Produžni malter	0,85	0,024	1,448	-11,458
Fasadni malter	0,70	0,014	0,879	-12,338
Prelaz		0,040	2,462	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		0,565		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			5,749	14,251	1,625	1,285
Gipsani malter	9	0,18	1,263	12,988	1,497	1,240
Puna opeka	12	3,00	14,547	-1,559	0,538	0,479
Produžni malter	15	0,3	1,041	-2,599	0,494	0,403
Fasadni malter	15	0,15	0,632	-3,231	0,469	0,365
Prelaz			1,769	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		3,63				

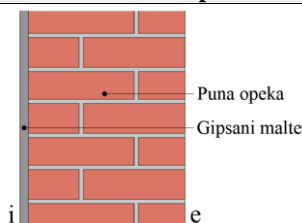


Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,77	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	12,0	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,37	0,72	NE
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	19,57	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	9,78	8	DA

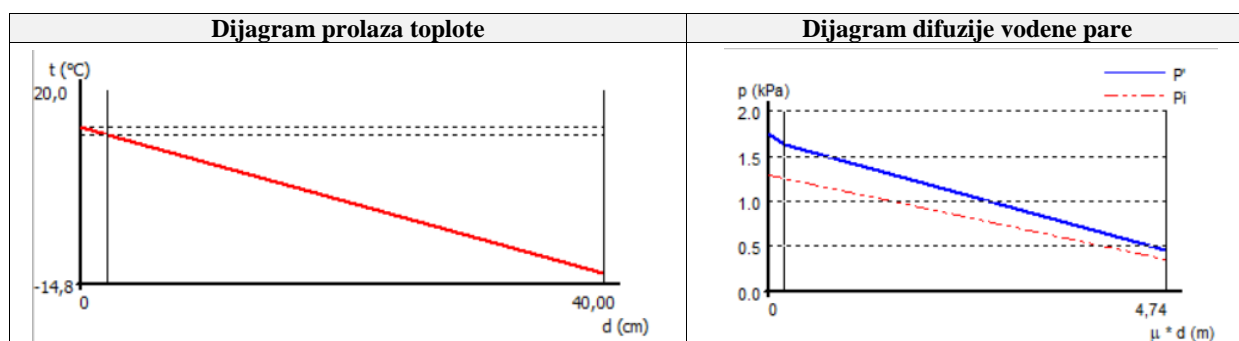
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
3	SZ-03 (Spoljni zid)	S	0	<p>Osnova prizemlja</p>
		Z	5,21	
		J	0	
		I	10,42	
		H	0	
		Σ	15,62	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Fasadna puna opeka	38	1800	920	0,76	12

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	6,476	13,524
Gipsani malter	0,70	0,029	1,423	12,101
Fasadna puna opeka	0,76	0,500	24,908	-12,807
Prelaz		0,040	1,993	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		0,699		

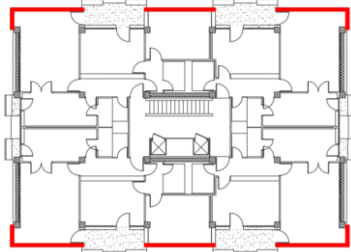
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			4,652	15,348	1,744	1,285
Gipsani malter	9	0,18	1,022	14,325	1,633	1,250
Fasadna puna opeka	12	4,56	17,894	-3,569	0,456	0,365
Prelaz			1,431	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		4,74				



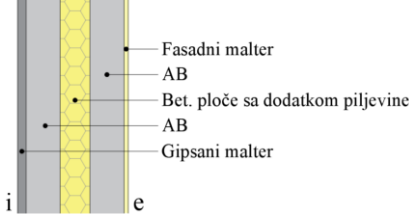
Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,43	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	13,5	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,53	0,72	NE
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	52,14	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

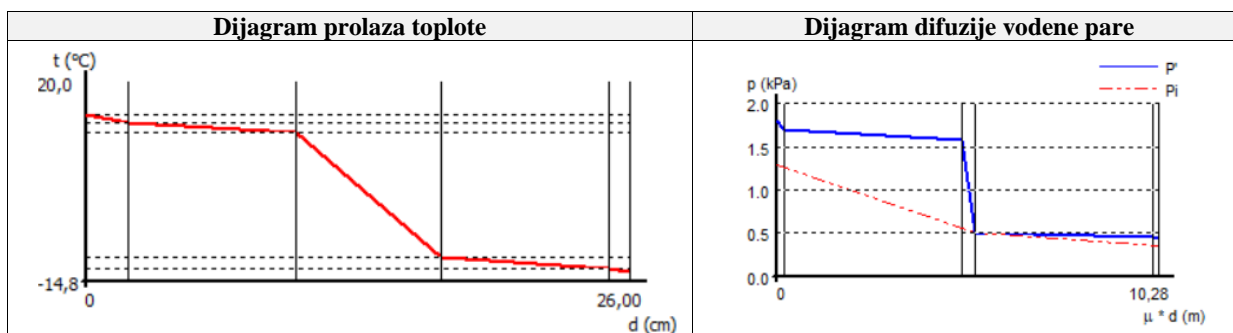
Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja
4	SZ-04 (Spoljni zid)	S	23,63	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	153,50	
		J	23,63	
		I	153,50	
		H	0	
		Σ	354,28	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Beton	8	2400	960	2,04	60
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	7	550	1465	0,14	5
Beton	8	2500	960	2,04	60
Fasadni malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	5,717	14,283
Gipsani malter	0,70	0,029	1,257	13,026
Beton	2,04	0,039	1,725	11,302
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,14	0,500	21,989	-10,688
Beton	2,04	0,039	1,725	-12,413
Fasadni malter	0,70	0,014	0,628	-13,041
Prelaz		0,040	1,759	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		0,791		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			4,107	15,893	1,806	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,903	14,990	1,704	1,269
Beton	60	4,80	1,239	13,751	1,573	0,839
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	5	0,35	15,797	-2,046	0,517	0,808
Beton	60	4,80	1,239	-3,285	0,467	0,378
Fasadni malter	15	0,15	0,451	-3,736	0,450	0,365
Prelaz			1,264	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		10,28				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [$W/(m^2K)$]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,26	U sklopu dolazi do kondenzacije između slojeva 2 i 3	32 dana < 90 dana / 13,78% < 16,01 %

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [$^{\circ}C$]	14,3	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m^2K/W]	0,62	0,72	NE
Faktor prigušenja oscilacije temperature v [-]	33,73	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	8,78	8	DA

Broj	Oznaka	Površina [m^2]	Ilustracija položaja	
5	UZ-01 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	<p>Osnova prizemlja</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	11,84	
		Σ	11,84	

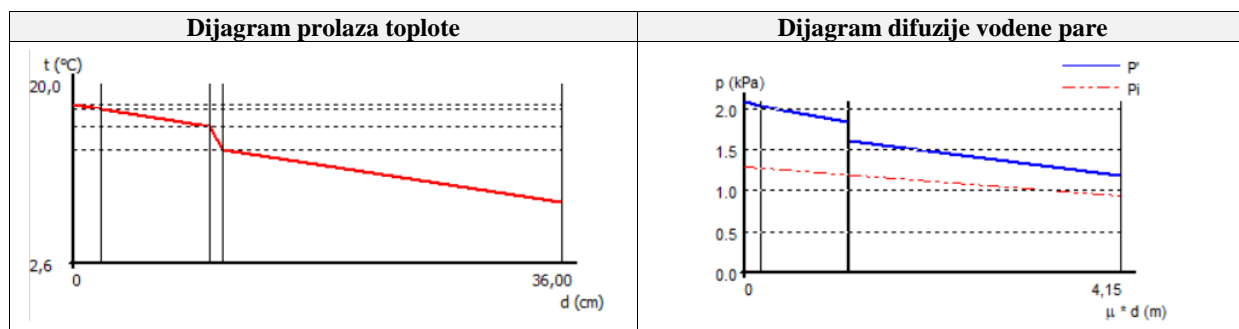
Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m^3]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
Vazdušni sloj	1				1
Fugovana opeka	25	1800	920	0,76	12

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	2,565	17,435
Gipsani malter	0,70	0,029	0,564	16,871
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	2,255	14,616
Vazdušni sloj		0,150	2,960	11,656
Fugovana opeka	0,76	0,329	6,491	5,165
Prelaz		0,130	2,565	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,882		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,843	18,157	2,084	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,405	17,752	2,031	1,270
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	1,620	16,132	1,834	1,189
Vazdušni sloj	1	0,01	2,126	14,006	1,599	1,188
Fugovana opeka	12	3,00	4,663	9,343	1,176	0,934
Prelaz			1,843	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		4,15				

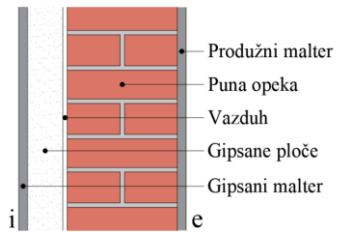
Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,13	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-



	Vrednost	Minimum	Zadovoljavo
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	17,4	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,62	0,35	DA

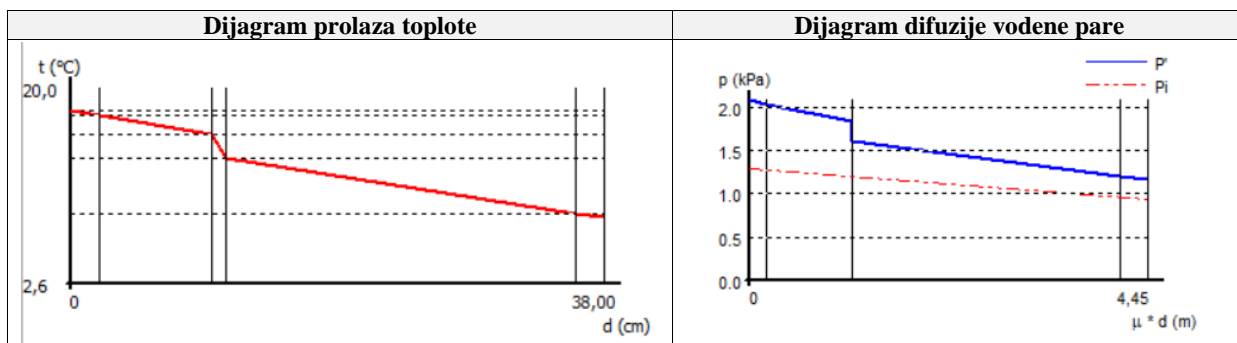
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
6	S	0	<p>Osnova prizemlja</p>
	Z	0	
	J	0	
	I	0	
	H	11,84	
	Σ	11,84	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
Vazdušni sloj	1				1
Puna opeka	25	1800	920	0,76	12
Produžni malter	2	1700	1050	0,85	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

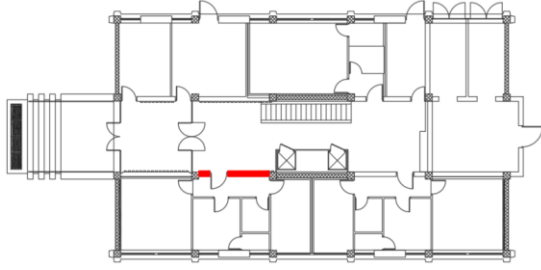
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	2,499	17,501
Gipsani malter	0,70	0,029	0,549	16,952
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	2,197	14,756
Vazdušni sloj		0,150	2,883	11,873
Puna opeka	0,76	0,329	6,322	5,551
Produžni malter	0,85	0,024	0,452	5,099
Prelaz		0,130	2,499	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,905		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,795	18,205	2,090	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,394	17,811	2,039	1,271
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	1,578	16,233	1,845	1,195
Vazdušni sloj	1	0,01	2,071	14,162	1,616	1,194
Puna opeka	12	3,00	4,542	9,620	1,198	0,957
Produžni malter	15	0,30	0,325	9,295	1,172	0,934
Prelaz			1,795	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		4,45				

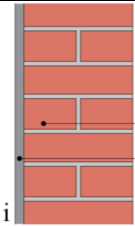


Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,10	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	17,5	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,64	0,35	DA

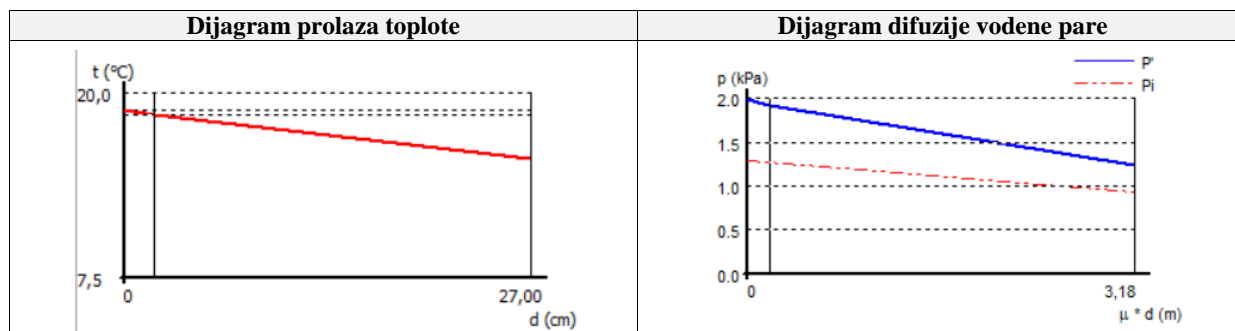
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
7	UZ-03 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	 <p>Osnova prizemlja</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	8,9	
		Σ	8,9	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Fugovana opeka	25	1800	920	0,76	12

Skica sklopa	Ventilisanost
 <p>i e</p> <p>Fugovana opeka</p> <p>Gipsani malter</p>	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	3,663	16,337
Gipsani malter	0,70	0,029	0,805	15,532
Fugovana opeka	0,76	0,329	9,269	6,263
Prelaz		0,130	3,663	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,618		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,631	17,369	1,983	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,578	16,790	1,912	1,269
Fugovana opeka	12	3,00	6,659	10,131	1,239	0,934
Prelaz			2,631	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		3,18				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [$W/(m^2K)$]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,62	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [$^{\circ}C$]	16,3	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m^2K/W]	0,36	0,35	DA

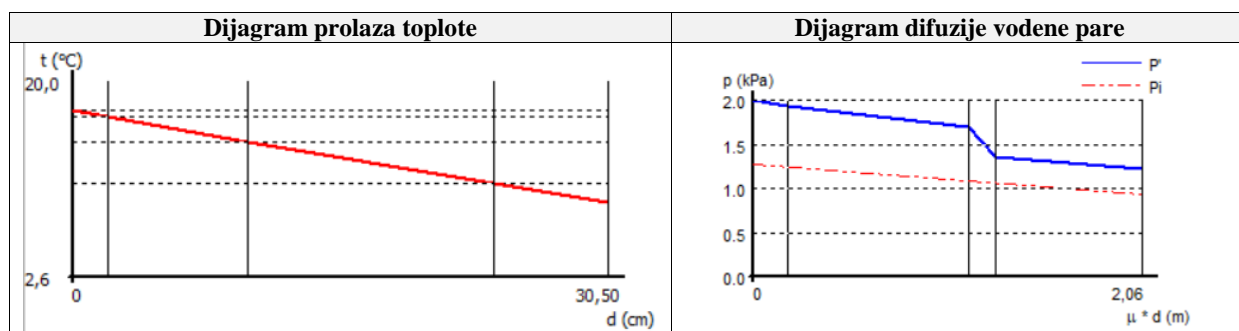
Broj	Oznaka	Površina [m^2]	Ilustracija položaja	
8	UZ-04 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	<p>Osnova prizemlja</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	3,32	
		Σ	3,32	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m^3]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
Vazdušni sloj	14				1
Fugovana opeka	6,5	1800	920	0,76	12

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	3,384	16,616
Gipsani malter	0,70	0,029	0,744	15,872
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	2,975	12,897
Vazdušni sloj		0,180	4,686	8,211
Fugovana opeka	0,76	0,086	2,227	5,984
Prelaz		0,130	3,384	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,668		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p _s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,431	17,569	2,008	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,534	17,034	1,942	1,255
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	2,137	14,897	1,694	1,091
Vazdušni sloj	1	0,14	3,366	11,531	1,360	1,067
Fugovana opeka	12	0,78	1,599	9,931	1,223	0,934
Prelaz			2,431	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		2,06				

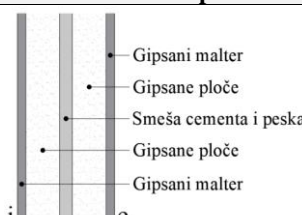


Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,50	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,6	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,408	0,35	DA

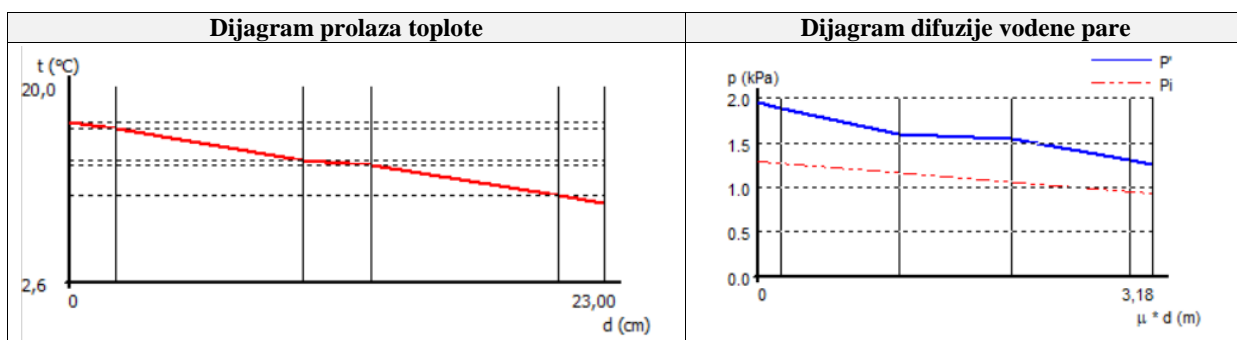
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
9	UZ-05 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	<p>Osnova prizemlja</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	11,84	
		Σ	11,84	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
Smeša peska i cementa (1:7)	3	2100	1050	1,40	30
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

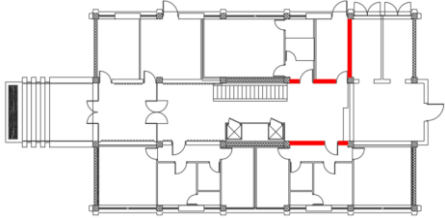
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	3,988	16,012
Gipsani malter	0,70	0,029	0,877	15,135
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	3,506	11,629
Smeša peska i cementa (1:7)	1,40	0,021	0,657	10,971
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	3,506	7,465
Gipsani malter	0,70	0,029	0,877	6,588
Prelaz		0,130	3,988	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,567		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,865	17,135	1,954	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,630	16,505	1,878	1,265
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	2,519	13,986	1,597	1,159
Smeša peska i cementa (1:7)	30	0,90	0,472	13,514	1,549	1,060
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	2,519	10,995	1,313	0,954
Gipsani malter	9	0,18	0,630	10,365	1,259	0,934
Prelaz			2,865	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		3,18				




Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,76	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,0	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,31	0,35	NE

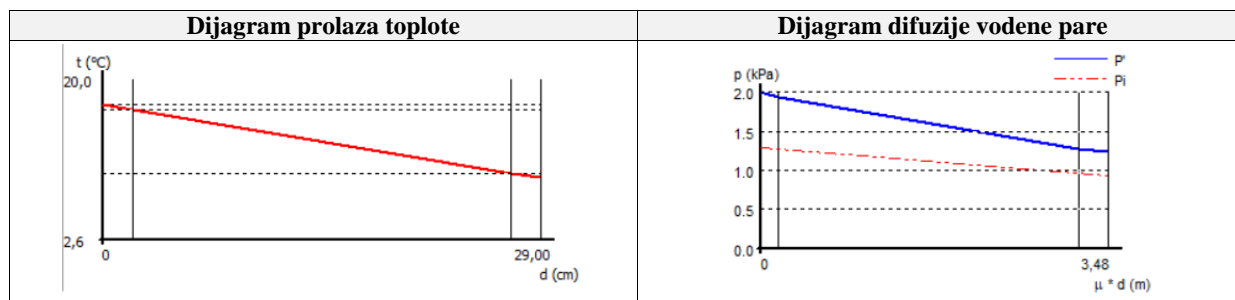
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
10	UZ-06 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	 <p>Osnova prizemlja</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	26,69	
		Σ	26,69	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Puna opeka	25	1800	920	0,76	12
Produžni malter	2	1700	1050	0,85	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	3,529	16,471
Gipsani malter	0,70	0,029	0,776	15,696
Puna opeka	0,76	0,329	8,929	6,767
Produžni malter	0,85	0,024	0,639	6,129
Prelaz		0,130	3,529	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,641		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,535	17,465	1,995	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,557	16,908	1,926	1,267
Puna opeka	12	3,00	6,414	10,494	1,270	0,964
Produžni malter	15	0,3	0,459	10,035	1,232	0,934
Prelaz			2,535	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		3,48				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [$W/(m^2K)$]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,56	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [$^{\circ}C$]	16,47	10,70	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m^2K/W]	0,381	0,258	DA

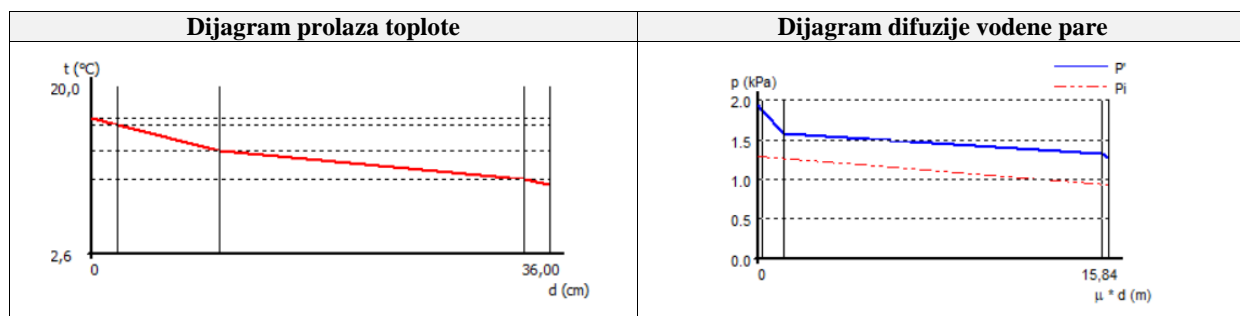
Broj	Oznaka	Površina [m^2]	Ilustracija položaja	
11	UZ-07 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	<p>Osnova prizemlja</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	23,68	
		Σ	23,68	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m^3]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
AB platno	24	2400	960	2,04	60
Produžni malter	2	1700	1050	0,85	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m^2K/W]	$\Delta\theta$ [$^{\circ}C$]	θ [$^{\circ}C$]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	4,158	15,842
Gipsani malter	0,70	0,029	0,914	14,928
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	3,655	11,273
AB platno	2,04	0,118	3,763	7,510
Produžni malter	0,85	0,024	0,753	6,758
Prelaz		0,130	4,158	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,544		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,987	17,013	1,939	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,656	16,357	1,860	1,281
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	2,626	13,731	1,571	1,260
AB platno	60	14,40	2,703	11,028	1,316	0,940
Produžni malter	15	0,30	0,541	10,487	1,269	0,934
Prelaz			2,987	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		15,84				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,84	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	15,8	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,28	0,35	NE

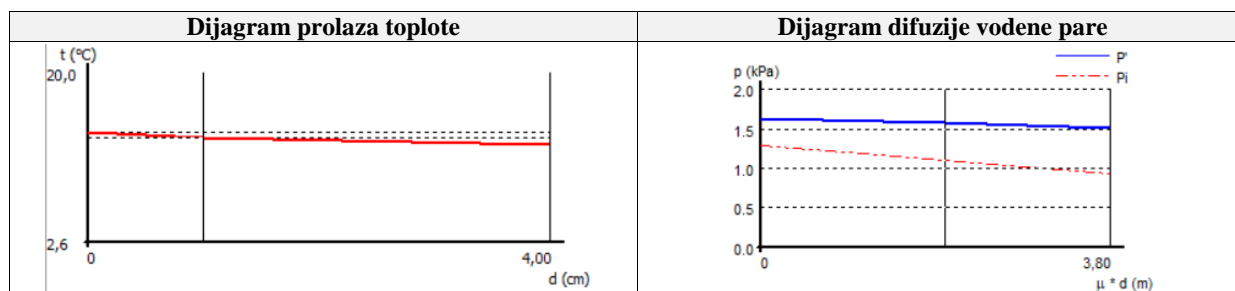
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
12	UZ-08 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	<p>Osnova spratova</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	307,89	
		Σ	307,89	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Keramičke pločice	1	1700	920	0,87	200
AB zid	3	2400	960	2,03	60
Vetreni sloj	10				1
AB platno	20	2400	960	2,03	60
Vazdušni sloj	1				1
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	550	1465	0,70	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Ventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	7,904	12,096
Keramičke pločice	0,87	0,011	0,699	11,398
AB zid	2,04	0,015	0,894	10,504
Prelaz		0,130	7,904	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,286		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p _s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			5,678	14,322	1,633	1,285
Keramičke pločice	200	2,00	0,502	13,820	1,580	1,100
AB zid	60	1,80	0,642	13,178	1,516	0,934
Prelaz			5,678	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		3,8				

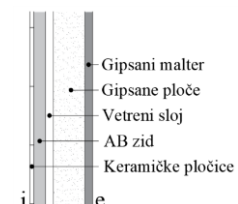


Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
3,49	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	12,1	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,03	0,35	NE

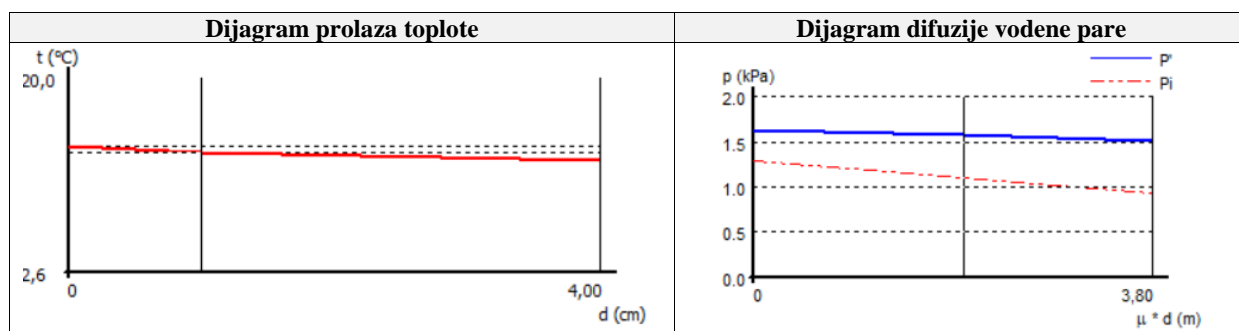
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
13	UZ-09 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	<p>Osnova spratova</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	393,33	
		Σ	393,33	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Keramičke pločice	1	1700	920	0,87	200
AB zid	3	2400	960	2,03	60
Vetreni sloj	2				1
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1800	920	0,70	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Ventilisan sklop

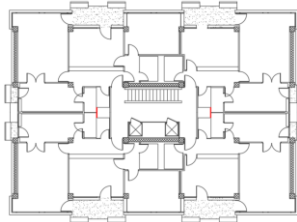
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	7,904	12,096
Keramičke pločice	0,87	0,011	0,699	11,398
AB zid	2,04	0,015	0,894	10,504
Prelaz		0,130	7,904	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,286		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			5,678	14,322	1,633	1,285
Keramičke pločice	200	2,00	0,502	13,820	1,580	1,100
AB zid	60	1,80	0,642	13,178	1,516	0,934
Prelaz			5,678	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		3,8				

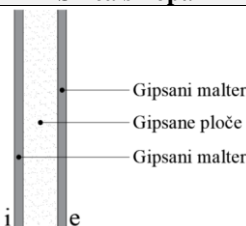


Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
3,49	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	12,096	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,03	0,35	NE

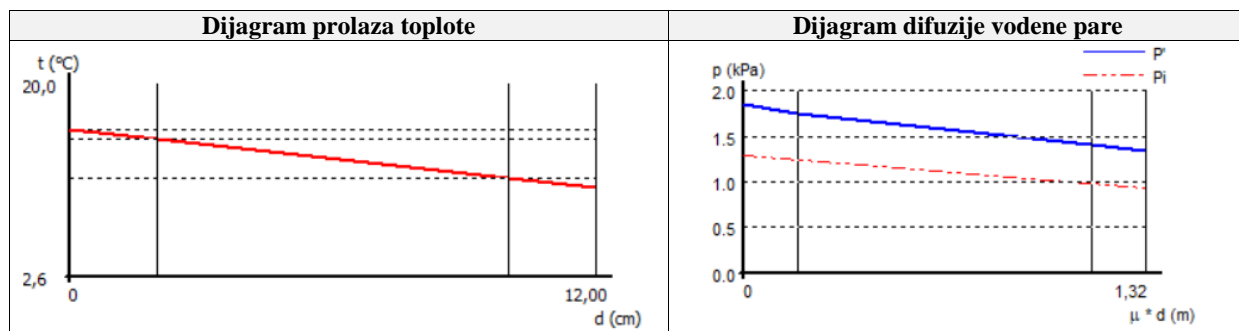
Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja
14	UZ-10 (Zid ka negrejanim prostorima)	S	0	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	59,64	
		Σ	59,64	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	8	1400	840	0,70	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	5,243	14,757
Gipsani malter	0,70	0,029	1,152	13,605
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	0,70	0,114	4,609	8,995
Gipsani malter	0,70	0,029	1,152	7,843
Prelaz		0,130	5,243	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,431		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			3,767	16,233	1,845	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,828	15,406	1,750	1,237
Gipsane ploče sa mlevenom trskom	12	0,96	3,311	12,094	1,412	0,982
Gipsani malter	9	0,18	0,828	11,267	1,337	0,934
Prelaz			3,767	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		1,32				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [$W/(m^2K)$]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
2,32	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [$^{\circ}C$]	14,76	10,70	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m^2K/W]	0,17	0,35	NE

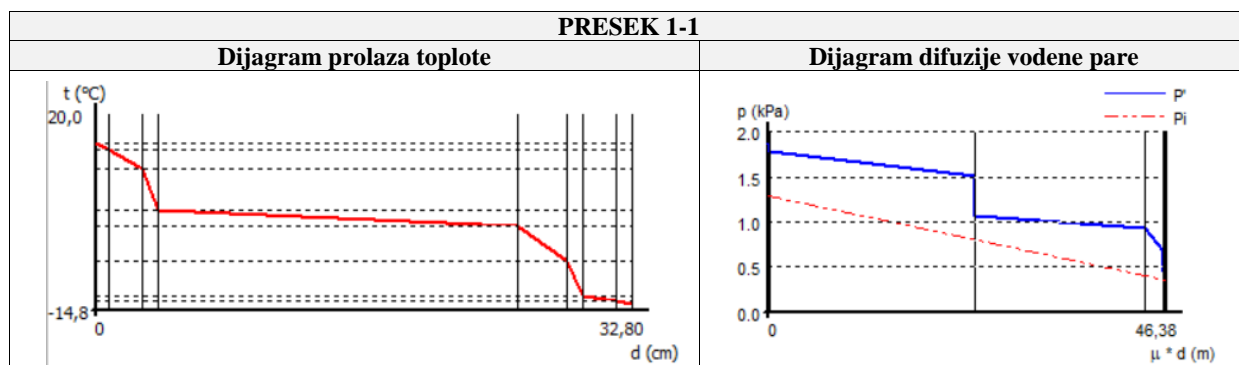
Broj	Oznaka	Površina [m^2]	Ilustracija položaja	
15	MK-01 (Međuspratna konstrukcija iznad spoljašnje sredine)	S	0	<p>Osnova spratova</p>
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	28,16	
		Σ	28,16	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m^3]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Lamel parket	0,8	700	1670	0,21	15
Florbit (bitumen)	2	1100	1050	0,17	1200
Mlevena pluta	1	50	840	0,04	1,1
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	13				1
Kamena vuna	5	100	840	0,033	1
Vazdušni sloj	3				1
Drvene gređice	3	600	2090	0,14	70
Ploče od prošivene trstike	1	800	1260	0,046	2
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Plemeniti malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	4,994	15,006
Lamel parket	0,21	0,038	1,119	13,887
Florbit (bitumen)	0,17	0,118	3,456	10,431
Mlevena pluta	0,04	0,250	7,344	3,088
AB ploča i rebro	2,33	0,094	2,774	0,314
Drvene gredice	0,14	0,214	6,295	-5,980
Ploče od prošivene trstike	0,05	0,217	6,386	-12,366
Gipsani malter	0,70	0,029	0,839	-13,205
Plemeniti malter	0,70	0,014	0,420	-13,625
Prelaz		0,040	1,175	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		1,185		

PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			3,587	16,413	1,867	1,285
Lamel parket	15	0,12	0,804	15,609	1,773	1,283
Florbit (bitumen)	1200	24	2,483	13,126	1,511	0,806
Mlevena pluta	1,1	0,011	5,276	7,850	1,063	0,806
AB ploča i rebro	90	19,8	1,993	5,858	0,927	0,413
Drvene gredice	70	2,1	4,522	1,336	0,673	0,371
Ploče od prošivene trstike	2	0,02	4,587	-3,252	0,468	0,371
Gipsani malter	9	0,18	0,603	-3,854	0,446	0,368
Plemeniti malter	15	0,15	0,301	-4,156	0,435	0,365
Prelaz			0,844	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		46,381				

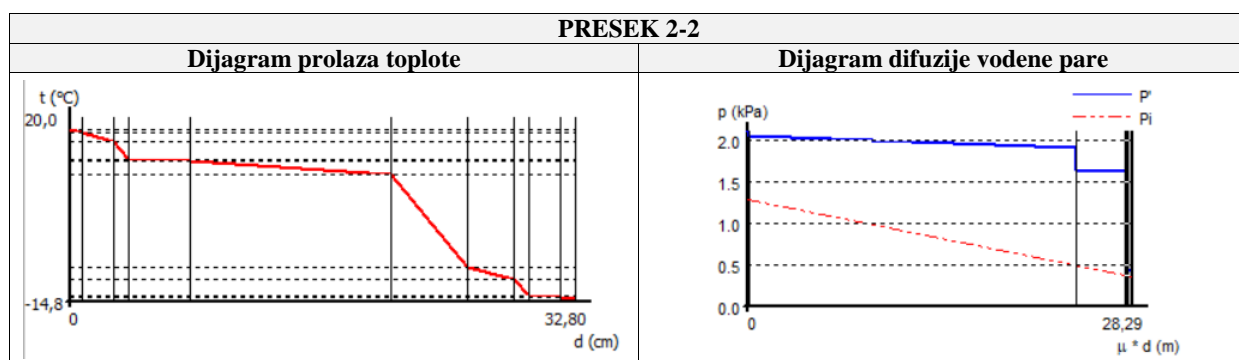


PRESEK 1-1			
	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	15,0	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,97	0,73	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	103,12	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	2,099	17,901
Lamel parket	0,21	0,038	0,470	17,430
Florbit (bitumen)	0,17	0,118	1,453	15,978
Mlevena pluta	0,04	0,250	3,087	12,891
AB ploča	2,33	0,017	0,212	12,679
Vazdušni sloj		0,220	2,717	9,962
Kamena vuna	0,03	1,515	18,709	-8,746
Vazdušni sloj		0,190	2,346	-11,093
Ploče od prošivene trstike	0,05	0,217	2,684	-13,777
Gipsani malter	0,70	0,029	0,353	-14,130
Plemeniti malter	0,70	0,014	0,176	-14,306
Prelaz		0,040	0,494	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,818		


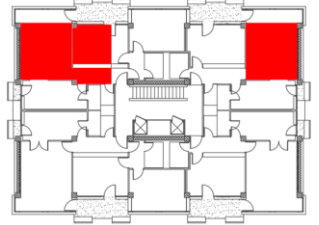
PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,644	18,356	2,110	1,285
Lamel parket	15	0,12	0,368	17,988	2,062	1,281
Florbit (bitumen)	1200	24	1,138	16,850	1,919	0,500
Mlevena pluta	1,1	0,01	2,418	14,432	1,644	0,500
AB ploča	90	3,6	0,166	14,266	1,627	0,383
Vazdušni sloj	1	0,13	2,127	12,139	1,416	0,379
Kamena vuna	1	0,05	12,398	-0,259	0,598	0,377
Vazdušni sloj	1	0,03	1,837	-2,096	0,515	0,376
Ploče od prošivene trstike	2	0,02	2,102	-4,199	0,433	0,375
Gipsani malter	9	0,18	0,276	-4,475	0,423	0,369
Plemeniti malter	15	0,15	0,138	-4,613	0,418	0,365
Prelaz			0,387	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		28,291				



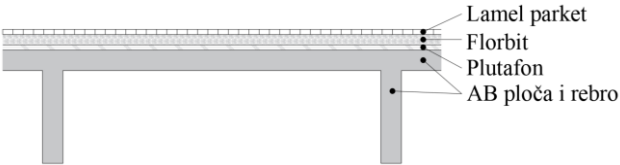
PRESEK 2-2			
	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	17,9	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,61	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	69,99	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,47	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

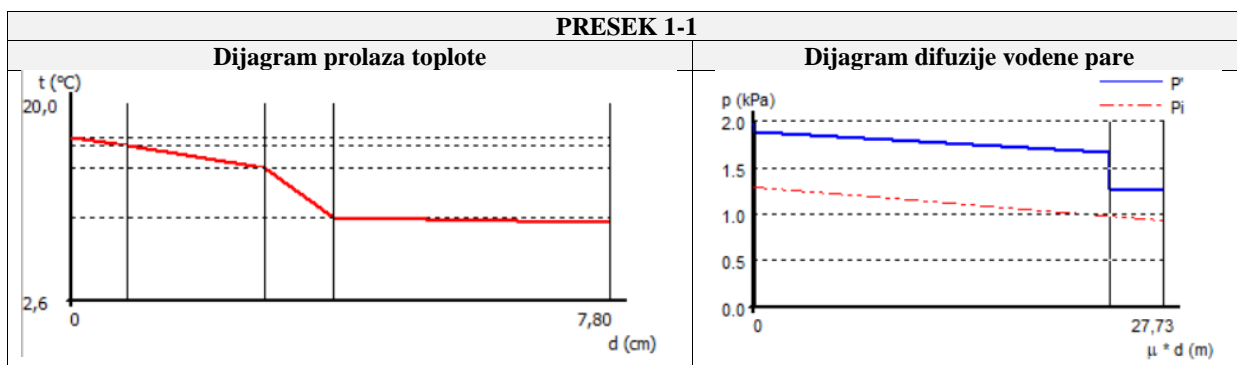
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja		
16	MK-02 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	 <p>Osnova prizemlja</p>	 <p>Osnova I sprata</p>
		Z	0		
		J	0		
		I	0		
		H	127,38		
		Σ	127,38		

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Lamel parket	0,8	700	1670	0,21	15
Florbit (bitumen)	2	1100	1050	0,17	1200
Mlevena pluta	1	50	840	0,04	1,1
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	3,877	16,123
Lamel parket	0,21	0,038	0,869	15,254
Florbit (bitumen)	0,17	0,118	2,683	12,571
Mlevena pluta	0,04	0,250	5,702	6,869
AB ploča	2,33	0,017	0,392	6,477
Prelaz		0,170	3,877	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,763		

PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,785	17,215	1,964	1,285
Lamel parket	15	0,12	0,624	16,590	1,888	1,284
Florbit (bitumen)	1200	24	1,928	14,663	1,669	0,979
Mlevena pluta	1,1	0,011	4,096	10,567	1,276	0,979
AB ploča	90	3,6	0,281	10,285	1,252	0,934
Prelaz			2,785	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		27,731				



PRESEK 1-1

	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,1	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	0,42	0,39	DA

PRESEK 2-2

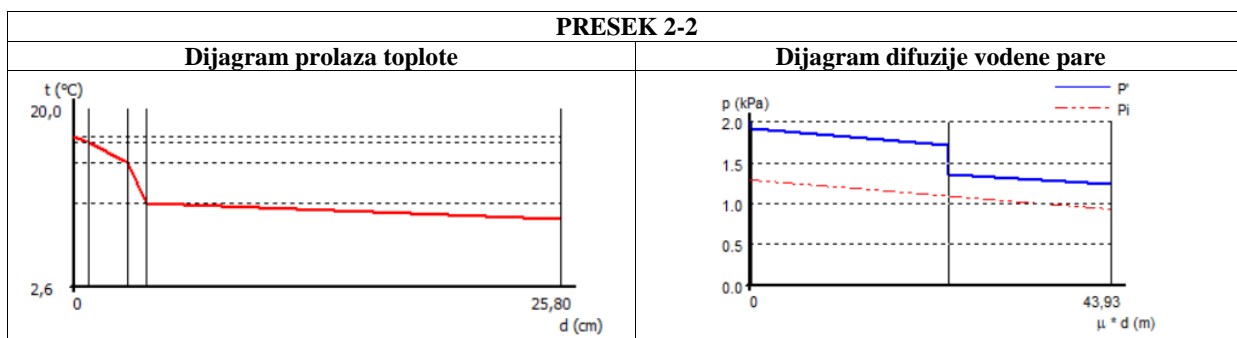
Prolaz toplote i polje temperature

Opis	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	3,521	16,479
Lamel parket	0,21	0,038	0,789	15,690
Florbit (bitumen)	0,17	0,118	2,437	13,254
Mlevena pluta	0,04	0,250	5,178	8,076
AB ploča i rebro	2,33	0,094	1,955	6,121
Prelaz		0,170	3,521	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,840		

PRESEK 2-2

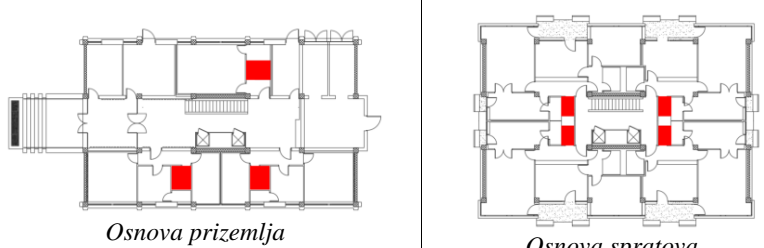
Difuzija vodene pare i isušenje

Opis	μ [-]	r [m]	Δθ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	ps [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,529	17,471	1,996	1,285
Lamel parket	15	0,12	0,567	16,904	1,926	1,284
Florbit (bitumen)	1200	24	1,750	15,154	1,722	1,092
Mlevena pluta	1,1	0,011	3,720	11,434	1,352	1,092
AB ploča i rebro	90	19,8	1,405	10,029	1,231	0,934
Prelaz			2,529	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		43,931				

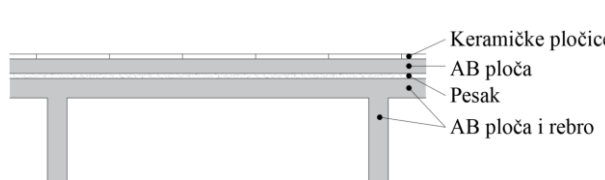


PRESEK 2-2			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,5	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,50	0,39	DA

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
1,29	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

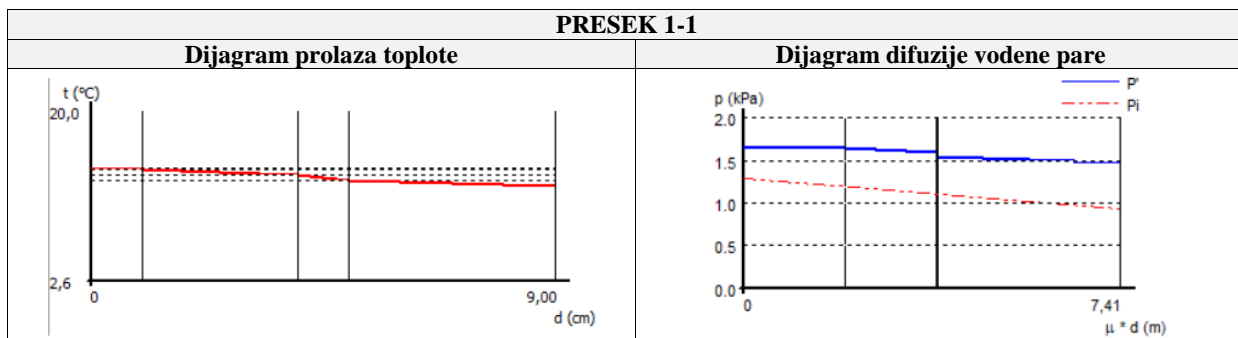
Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
17	MK-03 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	14,26	
		Σ	14,26	

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Keramičke pločice	1	2300	1920	1,28	200
AB ploča	3	2400	960	2,03	60
Pesak	1	1800	840	0,58	1,4
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	7,451	12,549
Keramičke pločice	1,28	0,008	0,342	12,207
AB ploča	2,03	0,015	0,648	11,559
Pesak	0,58	0,017	0,756	10,803
AB ploča	2,33	0,017	0,752	10,051
Prelaz		0,170	7,451	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,397		

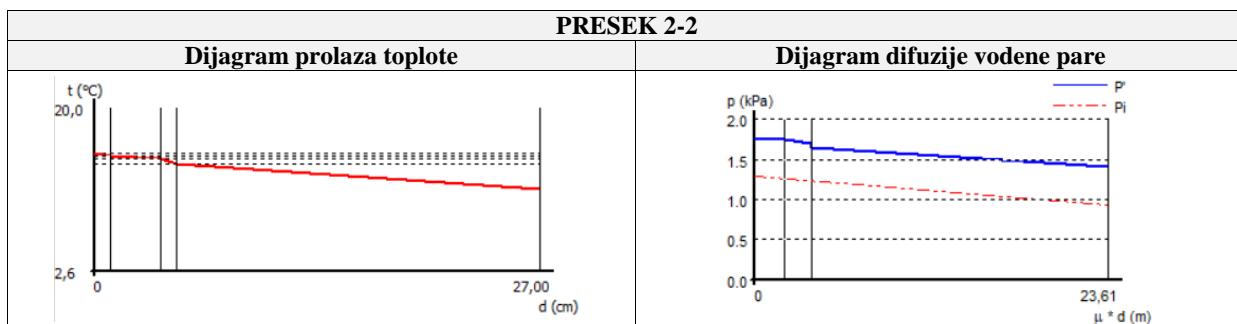
PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			5,353	14,647	1,667	1,285
Keramičke pločice	200	2	0,246	14,401	1,641	1,190
AB ploča	60	1,8	0,465	13,936	1,592	1,105
Pesak	1,4	0,014	0,543	13,393	1,537	1,104
AB ploča	90	3,6	0,541	12,853	1,484	0,934
Prelaz			5,353	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		7,414				



PRESEK 1-1			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	12,5	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,06	0,39	NE

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	6,237	13,763
Keramičke pločice	1,28	0,008	0,287	13,476
AB ploča	2,03	0,015	0,542	12,934
Pesak	0,58	0,017	0,633	12,301
AB ploča i rebro	2,33	0,094	3,464	8,837
Prelaz		0,170	6,237	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,474		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			4,481	15,519	1,763	1,285
Keramičke pločice	200	2	0,206	15,313	1,740	1,256
AB ploča i rebro	60	1,8	0,390	14,924	1,697	1,229
Pesak	1,4	0,014	0,454	14,469	1,648	1,229
AB ploča	90	19,8	2,489	11,981	1,401	0,934
Prelaz			4,481	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		23,614				



PRESEK 2-2

	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	13,8	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	0,13	0,39	NE

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m²K)]	Proračun kondezacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
2,44	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

Broj	Oznaka	Površina [m²]	Ilustracija položaja	
18	MK-04 (Meduspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	
		Z	0	
		J	0	
		I	0	
		H	55,94	
		Σ	55,94	

Sastav sklopa

Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Linoleum	0,3	1200	1880	0,19	500
Cementna košuljica	3	2200	1050	1,4	30
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90

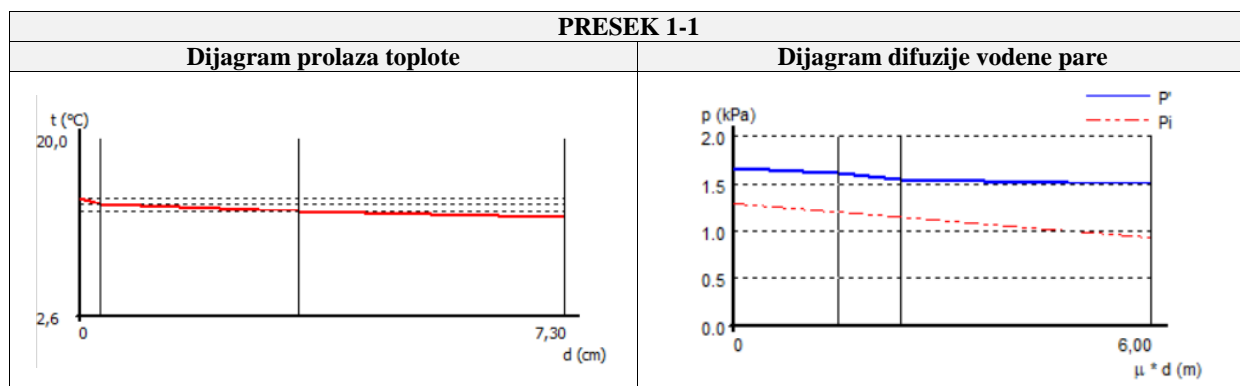
Skica sklopa	Ventilisanost
	<p style="font-size: 2em;">Neventilisan sklop</p>

PRESEK 1-1

Prolaz toplote i polje temperature

Opis	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	7,500	12,500
Linoleum	0,19	0,016	0,697	11,803
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,945	10,858
AB ploča	2,33	0,017	0,757	10,100
Prelaz		0,170	7,500	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,394		

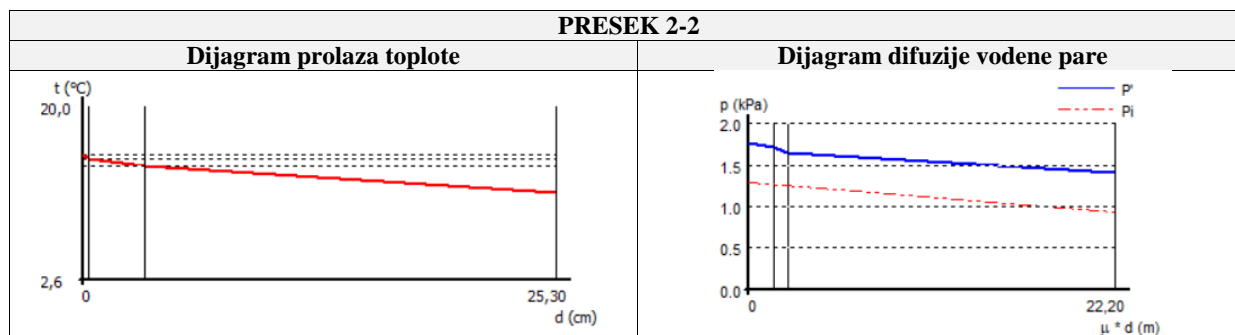
PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			5,388	14,612	1,663	1,285
Linoleum	500	1,5	0,500	14,111	1,610	1,197
Cementna košuljica	30	0,9	0,679	13,432	1,541	1,145
AB ploča	90	3,6	0,544	12,888	1,487	0,934
Prelaz			5,388	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		6				



PRESEK 1-1			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	12,5	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,03	0,39	NE

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	6,272	13,728
Linoleum	0,19	0,016	0,583	13,146
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,791	12,355
AB ploča i rebro	2,33	0,094	3,483	8,872
Prelaz		0,170	6,272	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,472		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			4,506	15,494	1,760	1,285
Linoleum	500	1,5	0,418	15,076	1,714	1,262
Cementna košuljica	30	0,9	0,568	14,508	1,652	1,247
AB ploča i rebro	90	19,8	2,502	12,006	1,404	0,934
Prelaz			4,506	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		22,2				



PRESEK 2-2			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	13,7	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	0,13	0,39	NE

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m²K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
2,46	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

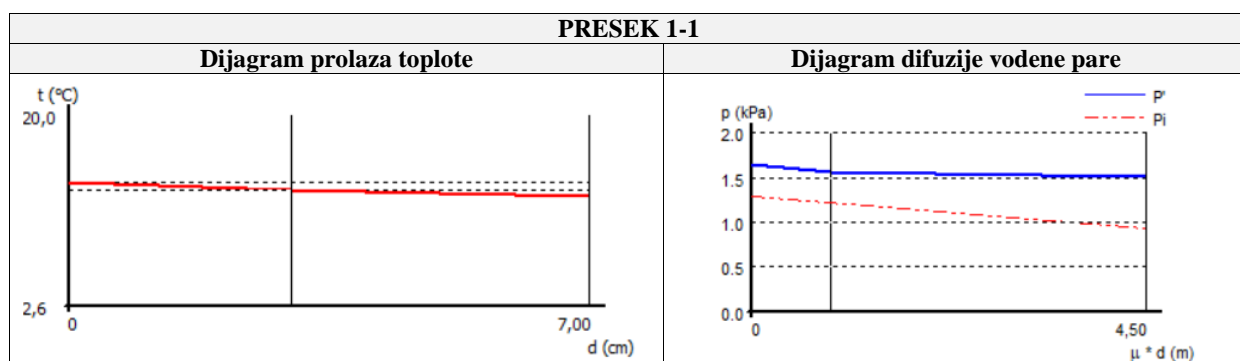
Broj	Oznaka	Površina [m²]	Ilustracija položaja
19	MK-05 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0
		Z	0
		J	0
		I	0
		H	9,62
		Σ	9,62
			<p style="text-align: center;">Osnova prizemlja</p>
			<p style="text-align: center;">Osnova spratova</p>

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Cementna košuljica	3	2200	1050	1,4	30
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90

Skica sklopa	Ventilisanost
	<p style="font-size: 1.2em;">Neventilisan sklop</p>

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	7,813	12,187
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,985	11,202
AB ploča	2,33	0,017	0,789	10,413
Prelaz		0,170	7,813	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,379		

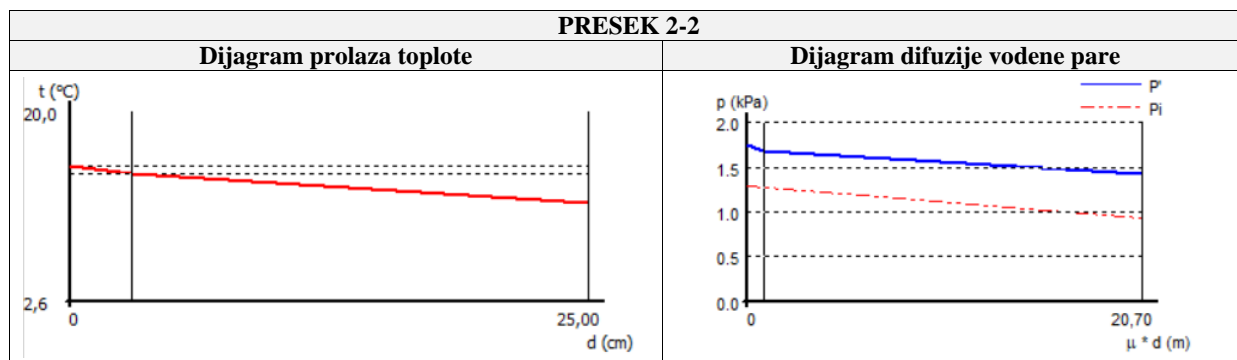
PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			5,6128	14,387	1,639	1,285
Cementna košuljica	30	0,9	0,7075	13,680	1,566	1,215
AB ploča	90	3,6	0,5668	13,113	1,509	0,934
Prelaz			5,6128	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		4,5				



PRESEK 1-1			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	12,2	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,04	0,39	NE

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	6,489	13,511
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,818	12,693
AB ploča i rebro	2,33	0,094	3,604	9,089
Prelaz		0,170	6,489	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,456		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			4,6616	15,338	1,743	1,285
Cementna košuljica	30	0,9	0,5876	14,751	1,678	1,245
AB ploča i rebro	90	19,8	2,5891	12,162	1,418	0,934
Prelaz			4,6616	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		20,7				



PRESEK 2-2			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	13,5	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	0,12	0,39	NE

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m²K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
2,56	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

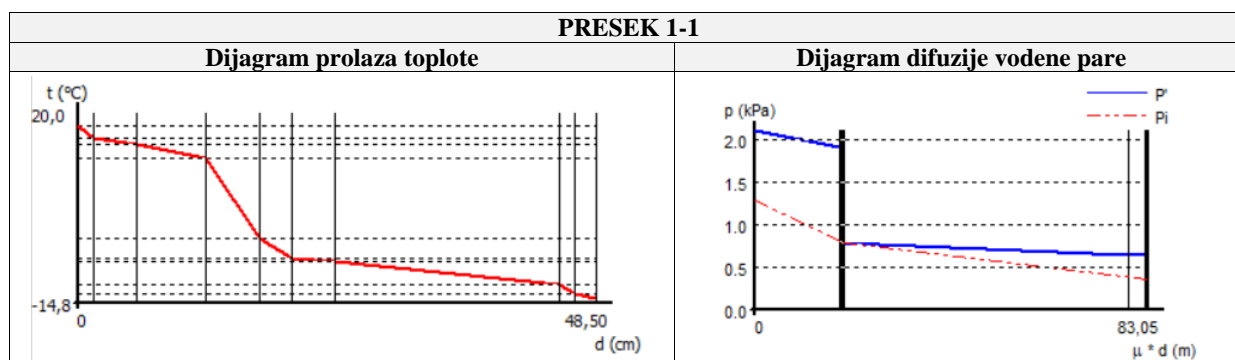
Broj	Oznaka	Površina [m²]	Ilustracija položaja
20	RK-01 (Ravni krov)	S	0
		Z	0
		J	0
		I	0
		H	261,46
		Σ	261,46
			<p style="text-align: center;"><i>Osnova poslednje etaže</i></p>

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Bitumen	1,5	1100	1050	0,17	1200
Beton za pad	4	1600	920	0,76	6
Šuplja opeka	6,5	1400	920	0,61	6
Tarolit	5	400	1670	0,081	5
Bitumenska lepenka	3	1100	1460	0,19	2000
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	18 + 3				1
Drvene gredice	3	600	2090	0,14	70
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	<p style="font-size: 24px; font-weight: bold;">Neventilisan sklop</p>

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,100	2,417	17,583
Bitumen	0,17	0,088	2,133	15,450
Beton za pad	0,76	0,053	1,272	14,178
Šuplja opeka	0,61	0,107	2,576	11,603
Tarolit	0,081	0,617	14,920	-3,318
Bitumenska lepenka	0,19	0,158	3,816	-7,134
AB ploča	2,33	0,017	0,415	-7,549
Vazdušni sloj		0,160	3,867	-11,416
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	1,726	-13,143
Gipsani malter	0,7	0,029	0,691	-13,833
Prelaz		0,040	0,967	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		1,440		

PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,736	18,264	2,098	1,285
Bitumen	1200	18	1,532	16,732	1,905	1,086
Beton za pad	6	0,24	0,914	15,818	1,797	1,083
Šuplja opeka	6	0,39	1,850	13,967	1,596	1,079
Tarolit	5	0,25	10,718	3,249	0,772	1,076
Bitumenska lepenka	2000	60	2,742	0,507	0,634	0,411
AB ploča	90	3,6	0,298	0,209	0,620	0,371
Vazdušni sloj	1	0,21	2,778	-2,569	0,405	0,369
Gips-kartonske ploče	12	0,18	1,240	-3,809	0,405	0,367
Gipsani malter	9	0,18	0,496	-4,305	0,611	0,365
Prelaz			0,695	-5,000	0,611	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		83,05				

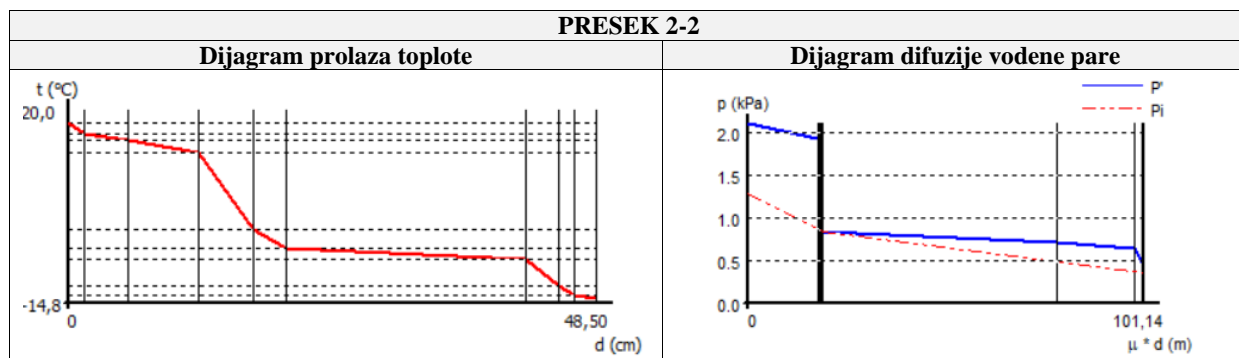


PRESEK 1-1			
	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	17,6	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	1,30	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	64,51	25	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,100	2,215	17,785
Bitumen	0,17	0,088	1,954	15,831
Beton za pad	0,76	0,053	1,166	14,665
Šuplja opeka	0,61	0,107	2,360	12,306
Tarolit	0,081	0,617	13,671	-1,366
Bitumenska lepenka	0,19	0,158	3,497	-4,862
AB ploča i rebro	2,33	0,094	2,091	-6,954
Drvene gredice	0,14	0,214	4,746	-11,699
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	1,582	-13,281
Gipsani malter	0,7	0,029	0,633	-13,914
Prelaz		0,040	0,886	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		1,571		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,591	18,409	2,117	1,285
Bitumen	1200	18	1,404	17,005	1,938	1,121
Beton za pad	6	0,24	0,837	16,168	1,838	1,119
Šuplja opeka	6	0,39	1,695	14,472	1,648	1,116
Tarolit	5	0,25	9,821	4,651	0,852	1,113
Bitumenska lepenka	2000	60	2,512	2,139	0,713	0,567
AB ploča i rebro	90	19,8	1,502	0,637	0,640	0,387
Drvene gredice	70	2,1	3,409	-2,773	0,405	0,368
Gips-kartonske ploče	12	0,18	1,136	-3,909	0,405	0,366
Gipsani malter	9	0,18	0,455	-4,364	0,611	0,365
Prelaz			0,636	-5,000	0,611	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		101,14				

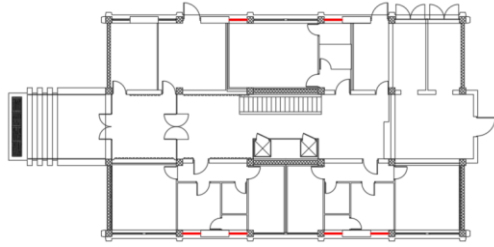


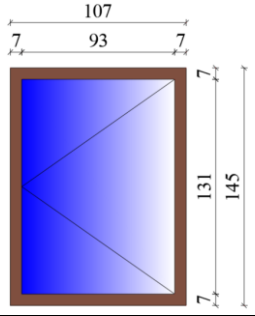
PRESEK 2-2			
	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	17,8	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	1,43	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature v [-]	278,70	25	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

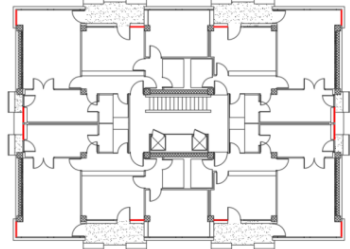
*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

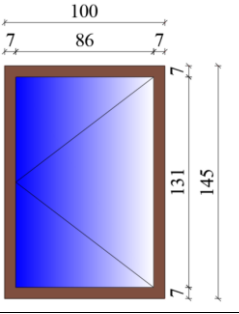
Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,68	U sklopu dolazi do kondenzacije između slojeva 4 i 5	32 dana < 90 dana 10,10 % < 15,00 %

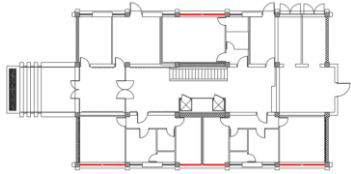
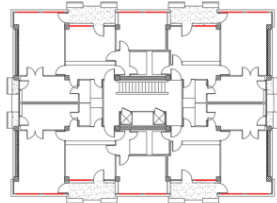
Proračun transparentnih pozicija

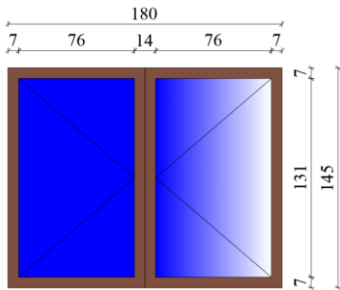
Br.	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
1	P-01 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	0	0	 <p>Osnova prizemlja</p>
		Z	2	3,103	
		J	0	0	
		I	4	6,206	
		H	0	0	
		Σ	6	9,309	

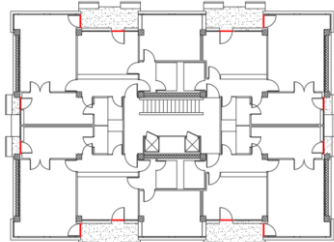
Opis	Drveni prozor, krilo na krilo
Skica sklopa	
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	3,5
Faktor rama F_{fr} (-)	0,21

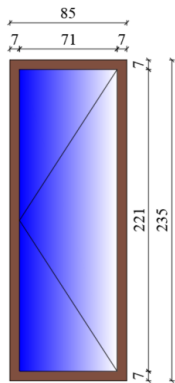
Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
2	P-02 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	52	75,4	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	26	37,7	
		J	52	75,4	
		I	26	37,7	
		H	0	0	
		Σ	156	226,2	

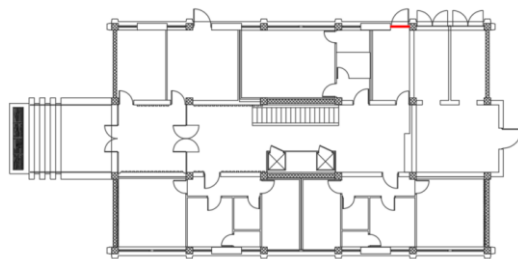
Opis	Drveni prozor, krilo na krilo
Skica sklopa	
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	3,5
Faktor rama F_{fr} (-)	0,23

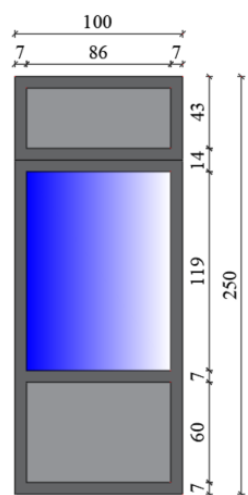
Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
3	P-03 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	0	0	 <p>Osnova prizemlja</p>	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	106	276,66		
		J	0	0		
		I	110	287,1		
		H	0	0		
		Σ	216	563,76		

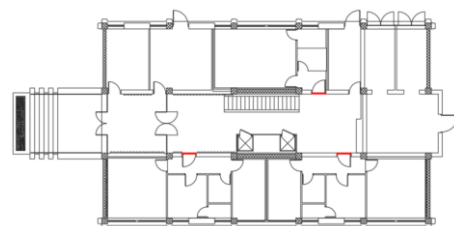
Opis	Drveni prozor, krilo na krilo
Skica sklopa	
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	3,5
Faktor rama F_{fr} (-)	0,24

Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
4	BV-01 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	52	103,87	 <p>Osnova spratova</p>	
		Z	26	51,935		
		J	52	103,87		
		I	26	51,935		
		H	0	0		
		Σ	156	311,61		

Opis	Drvena balkonska vrata sa jednostrukim staklom
Skica sklopa	
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	5,0
Faktor rama F_{fr} (-)	0,21

Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
5	SV-01 (Spoljna vrata)	S	0	0	 <p style="text-align: center;"><i>Osnova prizemlja</i></p>
		Z	1	2,5	
		J	0	0	
		I	0	0	
		H	0	0	
		Σ	1	2,5	

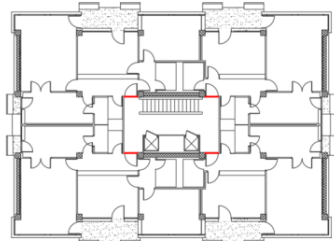
Opis	Metalna vrata sa jednostrukim staklom									
Skica sklopa										
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	STAKLO				RAM		PANEL		FAKTOR KOREKCIJE	
	A_g	U_g	l_g	g_{gl}	A_f	U_f	A_p	U_p	Ψ_g	
	1,02	5,8	4,1	0,83	0,59	6,0	0,89	1,6	0,00	
	$U = 4,36$									
Faktor rama F_{fr} (-)	0,59									

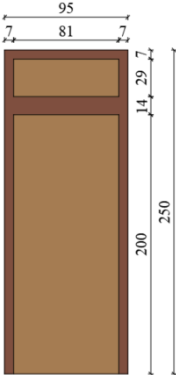
Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
6	UV-01 (Unutrašnja vrata)	S	0	0	 <p style="text-align: center;"><i>Osnova prizemlja</i></p>
		Z	1	2,517	
		J	0	0	
		I	2	5,035	
		H	0	0	
		Σ	3	7,552	

Opis	Vrata od punog drveta
Skica sklopa	
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m²K)]	2,7

Broj	Oznaka	Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
7	UV-02 (Unutrašnja vrata)	S	0	 <i>Osnova prizemlja</i>
		Z	1	
		J	0	
		I	0	
		H	0	
		Σ	1	

Opis	Metalna vrata sa jednostrukim staklom									
Skica sklopa										
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m²K)]	STAKLO				RAM		PANEL		FAKTOR KOREKCIJE	
	A_g	U_g	l_g	g_{gl}	A_f	U_f	A_p	U_p	Ψ_g	
	0,34	5,8	2,34	0,83	0,46	6,0	1,32	1,6	0,00	
	$U = 6,84$									

Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
8	UV-03 (Unutrašnja vrata)	S	0	0	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	26	61,75	
		J	0	0	
		I	26	61,75	
		H	0	0	
		Σ	52	123,50	

Opis	Vrata od punog drveta
Skica sklopa	
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	2,7

Gubici toplote

Transmisioni gubici toplote zgrade

Površinski transmisioni gubici H_{TS} [W/K]

Element	Oznaka	U (W/m ² K)	F_x	A (m ²)	$U \cdot A \cdot F_x$
Spoljni zid	SZ-01	1,49	1,0	520,28	775,22
	SZ-02	1,77	1,0	523,48	926,56
	SZ-03	1,43	1,0	15,62	22,34
	SZ-04	1,26	1,0	354,28	446,39
Zid prema negrejanim prostorima	UZ-01	1,13	0,5	11,84	6,69
	UZ-02	1,10	0,5	11,84	6,51
	UZ-03	1,62	0,5	8,90	7,21
	UZ-04	1,50	0,5	3,32	2,49
	UZ-05	1,76	0,5	11,84	10,42
	UZ-06	1,56	0,5	26,69	20,82
	UZ-07	1,84	0,5	23,68	21,79
	UZ-08	3,49	0,5	307,89	537,27
	UZ-09	3,49	0,5	393,33	686,36
	UZ-10	2,32	0,5	59,64	69,18
Međuspratna konstrukcija iznad otvorenog prolaza	MK-01	0,47	1,0	28,16	13,24
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	MK-02	1,29	0,5	127,38	82,16
	MK-03	2,44	0,5	14,26	17,40
	MK-04	2,46	0,5	55,94	68,81
	MK-05	2,56	0,5	9,62	12,31
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,68	1,0	261,46	177,79
UKUPNO NETRANSAPARENTNE POVRŠINE				2769,45	3910,95

Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	3,50	1,0	9,31	32,59
	P-02	3,50	1,0	226,20	791,70
	P-03	3,50	1,0	563,76	1973,16
	BV-01	5,00	1,0	311,61	1558,05
Spoljna vrata	SV-01	4,36	1,0	2,50	10,90
Unutrašnja vrata	UV-01	2,70	0,5	7,55	10,19
	UV-02	6,84	0,5	2,12	7,25
	UV-03	2,70	0,5	123,50	166,73
UKUPNO TRANSPARENTNE POVRŠINE				1246,55	4550,56
UKUPNO				4016,0	8461,51

$$H_{TS} = 8461,51 \text{ W/K}$$

Linijski transmisioni gubici H_{TB} [W/K]: $H_{TB} = 0.1 \cdot \Sigma A = 0.1 \cdot 4976,98$ $H_{TB} = 497,70 \text{ W/K}$

Ukupni transmisioni gubici H_T [W/K]: $H_T = H_{TS} + H_{TB} = 8461,51 + 497,70$

$$H_T = 8959,21 \text{ W/K}$$

Specifični transmisioni gubitak toplote zgrade H_T' [W/(m²K)]

$$H_T' = H_T / A = 8959,21 / 4976,98$$

$$H_T' = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$$

H_T' [W/(m ² K)]	$H_{T'max}$ [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
1,80	0,632	NE

Ventilacioni gubici toplote zgrade

Neto zapremina grejanog prostora V_N [m ³]	8821,71
Zaptivenost prozora	Loša
Broj izmena vazduha n [h ⁻¹]	1,2

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot V_N \cdot n = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot 8821,71 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \text{ h}^{-1}$$

$$H_V = 3493,40 \text{ W/K}$$

Ukupni gubici toplote

Podaci o gubicima toplote	[kW]
Transmisioni gubici kroz netransparentni deo omotača zgrade	3,91*(20-(-14,8))=136,07
Transmisioni gubici kroz prozore i vrata	4,55*(20-(-14,8))=158,34
Ventilacioni gubici kroz prozore i vrata	3,49*(20-(-14,8))=121,45
Linijski gubici	0,50*(20-(-14,8))=17,4
Ukupni gubici toplote	433,26

Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplotne energije

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} = (8959,21 + 3493,40) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} = 298,86 \cdot HDD$$

Dobici toplote

Ulazni podaci za proračun dobitaka toplote

Orijentacija i površina pozicija

Orijentacija	Površina A [m ²]		
	SZ	RK	V, P
Sever	418,34		179,4
Istok	373,70		382,94
Jug	418,32		179,4
Zapad	203,23		371,90
Horiz.		261,46	

Dobici toplote od Sunčevog zračenja

Ulazni podaci za proračun dobitaka od Sunčevog zračenja

	Sever	Istok	Jug	Zapad
Faktor osenčenosti F_{sh}	0,9/0,6	0,9/0,6	0,9/0,6	0,49
Faktor propustljivosti Sunčevog zračenja za staklo g_{gl}	0,83	0,83	0,83	0,83
Faktor rama F_{fr}	0,2	0,2	0,2	0,2/0,59
Emisivnost spoljne površine zida $\alpha_{s,c}$	0,6	0,6	0,6	0,6
Otpor prelazu toplote za spoljnu stranu zida $R_{s,c}$	0,04	0,04	0,04	0,04

Površine preko kojih se ostvaruju solarni dobitci

Transparentne spoljne površine: $A_{sol} = g_{gl} \cdot (1 - F_{fr}) \cdot A_w$

Netransparentne spoljne površine: $A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{s,c} \cdot U_C \cdot A_C$

Element	Oznaka	U (W/m ² K)	A (m ²)				A _{sol} (m ²)			
			Sever	Jug	Istok	Zapad	Sever	Jug	Istok	Zapad
Spoljni zid	SZ-01	1,49	260,14	260,14	0,00	0,00	9,30	9,30	0,00	0,00
	SZ-02	1,77	134,55	134,55	209,78	44,61	5,72	5,72	8,91	1,90
	SZ-03	1,43	0,00	0,00	10,42	5,21	0,00	0,00	0,36	0,18
	SZ-04	1,26	23,63	23,63	153,50	153,50	0,71	0,71	4,64	4,64
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,85	261,46				4,27			
Ukupno netransparentne površine			418,32	418,32	373,70	203,32	15,73	15,73	13,91	6,72
Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	3,50	0,00	0,00	6,21	3,10	0,00	0,00	4,07	2,03
	P-02	3,50	75,40	75,40	37,70	37,70	48,19	48,19	24,09	24,09
	P-03	3,50	0,00	0,00	287,10	276,66	0,00	0,00	181,10	174,52
	BV-01	5,0	103,87	103,87	51,94	51,94	68,11	68,11	34,05	34,05
Spoljna vrata	SV-01	4,36	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,85
Ukupno transparentne površine			179,27	179,27	382,94	371,90	116,30	116,30	243,32	235,55

Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja

$$Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot \tau_{sol} [KWh/a]$$

Srednje sume Sunčevog zračenja

$I_{sol} \cdot \tau_{sol}$	Oktobar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
Sever	29,16	17,93	14,31	17,42	22,38	36,04	44,64
Jug	109,22	66,52	52,8	64,25	76,98	96,43	86,73
Istok	67,21	34,67	25,53	32,57	55,35	79,8	96,05
Zapad	67,21	34,67	25,53	32,57	55,35	79,8	96,05
Hor	88,94	45,50	33,87	42,75	60,35	103,86	133,65

Meseci	Oktobar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
Sever	181,45	223,14	178,09	216,79	278,52	448,51	277,77
Jug	679,61	827,83	657,09	799,58	958,01	1200,06	539,67
Istok	327,28	337,65	248,64	317,20	539,06	777,18	467,72
Zapad	182,20	187,98	138,42	176,59	300,11	432,67	260,39
Hor	170,78	174,73	130,07	164,17	231,76	398,86	256,63
$Q_{sol,C}^*$	1541,33	1751,34	1352,31	1674,34	2307,45	3257,28	1802,18

* $Q_{sol,C}$ - Meseci Oktobar i April su redukovani sa vrednošću od 0,5, jer grejna sezona počinje/završava se 15. u mesecu

Meseci	Oktobar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
Sever	1122,74	1380,71	1101,95	1341,44	1723,39	2775,28	1718,77
Jug	4205,28	5122,42	4065,90	4947,61	5927,89	7425,65	3339,35
Istok	6123,25	6317,30	4651,88	5934,66	10085,46	14540,55	8750,75
Zapad	5905,18	6092,32	4486,21	5723,30	9726,28	14022,71	8439,11
$Q_{sol,gl}^*$	17356,45	18912,75	14305,94	17947,01	27463,02	38764,20	22247,97

* $Q_{sol,gl}$ - Meseci Oktobar i April su redukovani sa vrednošću od 0,5, jer grejna sezona počinje/završava se 15. u mesecu

Dobici toplote od unutrašnjih izvora

Ulazni podaci za proračun dobitaka toplote od unutrašnjih izvora

Odavanje toplote ljudi Q_{lj} [W/m ²]	1,8
Dobitak od električnih uređaja q_{el} [kWh/m ²]	30
Prisutnost tokom dana [h]	12

Dobici toplote od ljudi

$$Q_{lj} = A_f \cdot q_{lj} \cdot h \cdot \text{broj dana grejanja u mesecu} \cdot 10^{-3} \text{ [KWh/a]}$$

$$Q_{lj} = 3507,37 \cdot 1,8 \cdot 12 \cdot \text{broj dana grejanja u mesecu} \cdot 10^{-3} = 75,76 \cdot \text{broj dana grejanja u mesecu [KWh/a]}$$

Dobici od električnih uređaja

$$Q_{el} = A_f \cdot \frac{q_{el}}{365} \cdot \text{broj dana grejanja u mesecu}$$

$$Q_{el} = 3507,37 \cdot \frac{30}{365} \cdot \text{br. dana grejanja u mesecu} = 288,28 \cdot \text{br. dana grejanja u mesecu [KWh/a]}$$

Ukupna godišnja količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote:

$$Q_{int} = Q_{lj} + Q_{el} \text{ [KWh/a]}$$

Ukupna godišnja količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled Sunčevog zračenja: $Q_{H,gn} = Q_{sol} + Q_{int}$ [KWh/a]

Godišnja količina energije potrebna za grejanje za sistem koji radi bez prekida:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \text{ [KWh/a]} \quad (\eta_{H,gn} = 0,98 \text{ za srednje-teški tip gradnje})$$

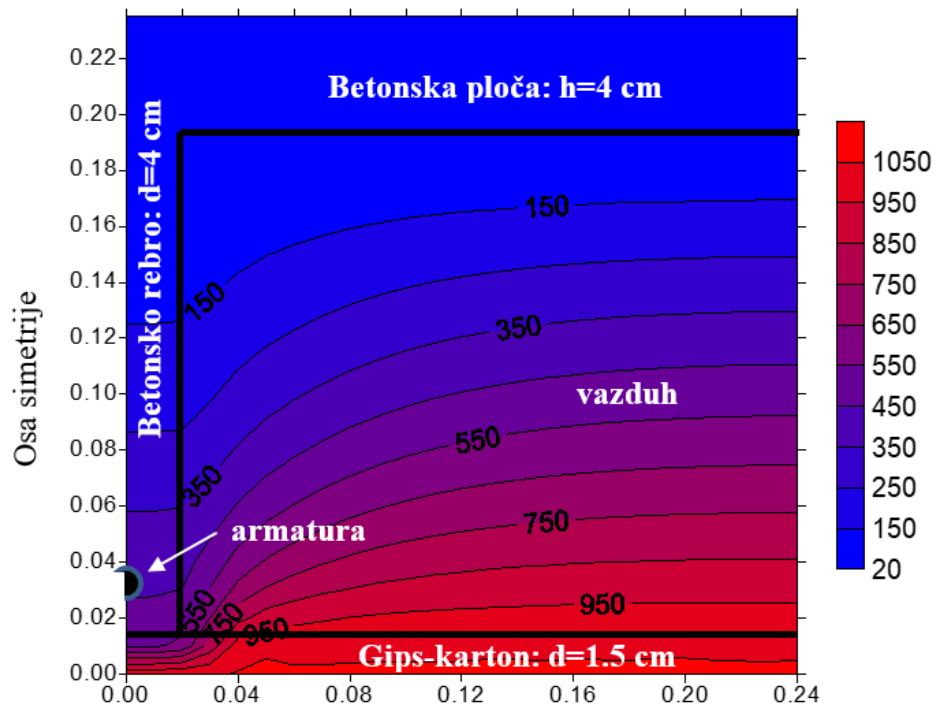
Proračun godišnje potrebne finalne energije za grejanje

Mesec	$Q_{H,ht}$	$Q_{sol,gl}$	$Q_{sol,c}$	Q_{sol}	Q_{lj}	Q_{el}	Q_{int}	$Q_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$
okt.	32276,88	17356,45	1541,33	18897,77	1136,40	4324,20	5460,60	24358,37	8405,67
nov.	118348,56	18912,75	1751,34	20664,09	2272,80	8648,40	10921,20	31585,29	87394,97
dec.	168855,90	14305,94	1352,31	15658,25	2348,56	8936,68	11285,24	26943,49	142451,28
jan.	185890,92	17947,01	1674,34	19621,36	2348,56	8936,68	11285,24	30906,60	155602,46
feb.	145544,82	27463,02	2307,45	29770,47	2121,28	8071,84	10193,12	39963,59	106380,50
mar.	117451,98	38764,20	3257,28	42021,48	2348,56	8936,68	11285,24	53306,72	65211,39
apr.	32276,88	22247,97	1802,18	24050,15	1136,40	4324,20	5460,60	29510,75	3356,34
								$\Sigma Q_{H,nd}$	568802,62

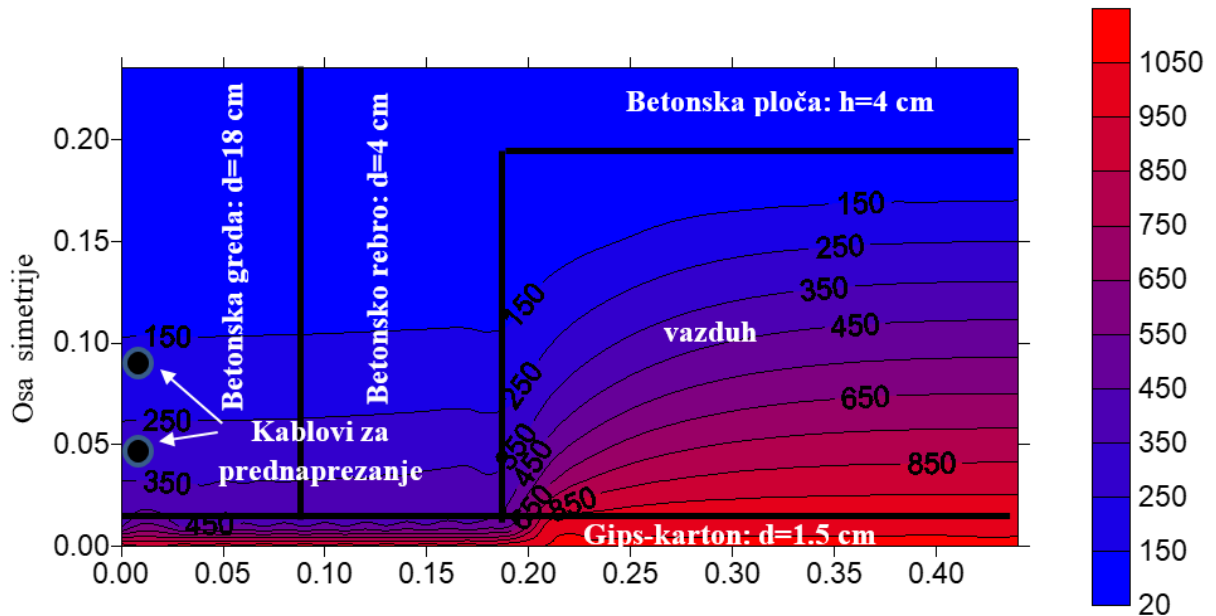
$$\text{Spec. godišnja potrebna energija za grejanje: } q_{H,nd} = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} = \frac{568802,62}{3507,37} = 162,17 \text{ KWh/m}^2 \text{ a}$$

$$\text{Relativna godišnja potrebna energija za grejanje: } Q_{H,nd,rel} = \frac{q_{H,nd}}{Q_{H,nd,max}} = \frac{162,17}{70} = 231,68 \%$$

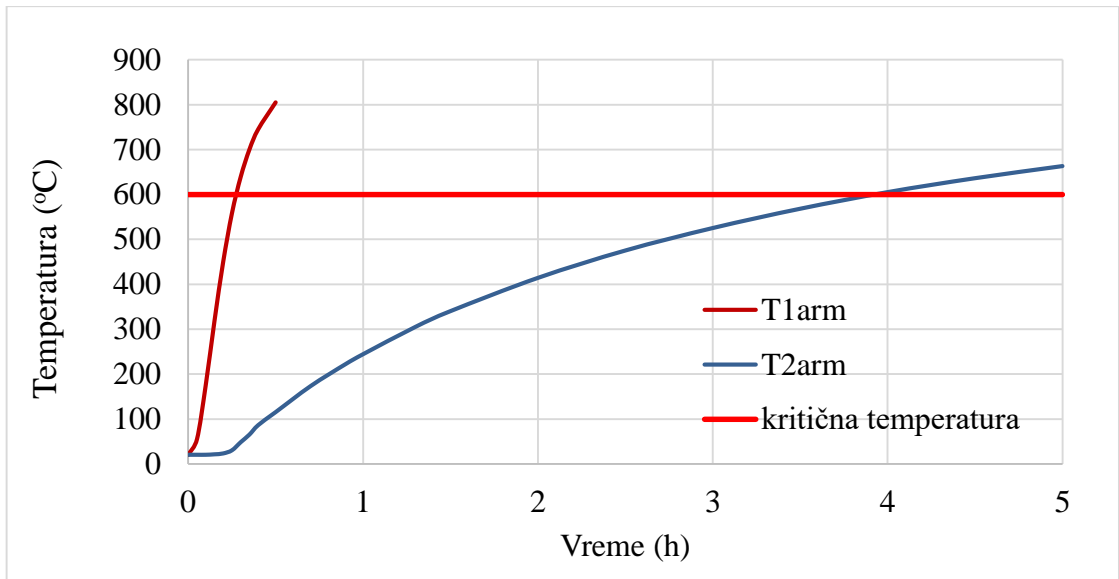
Prilog 10 – Dijagrami raspodele temperature u preseku međuspratne tavanice pri dejstvu Standardnog požara ISO 834



Temperatura u preseku AB ploče i rebra kasetirane tavanice zaštićene gips-kartonom pločom debljine d=1.5 cm, posle 2 sata dejstva standardnog požara ISO 834



Temperatura u preseku kasetirane tavanice i prednapregnute ivične grede zaštićene gips-kartonom pločom debljine d=1.5 cm, posle 2 sata dejstva standardnog požara ISO 834



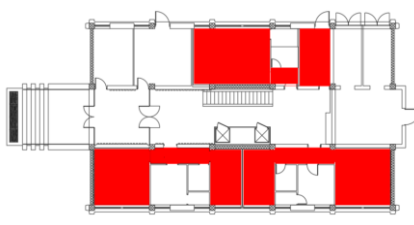
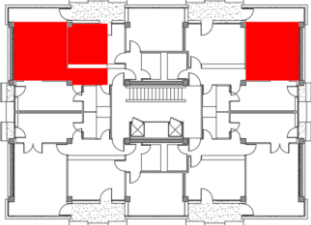
Temperatura u armaturi u rebru, tokom vremena
(T1-bez gips-kartonskih ploča; T2-sa gips-kartonskim pločama)

Prilog 11 – Izvod iz Elaborata energetske efikasnosti zgrade (I nivo unapređenja)

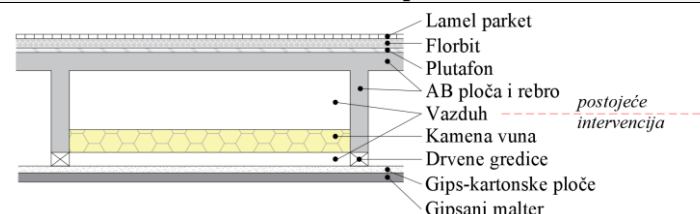
Numerička dokumentacija

Proračunom su obuhvaćeni sklopovi termičkog omotača čije se termičke performanse unapređuju sprovođenjem mera I nivoa: međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora (pozicije MK-02, MK-03, MK-04 i MK-05), ravan kov iznad grejanog prostora (pozicija RK-01), prozori (pozicije P-01, P-02 i P-03) i balkonska vrata (pozicija BV-01).

Proračun netransparentnih pozicija

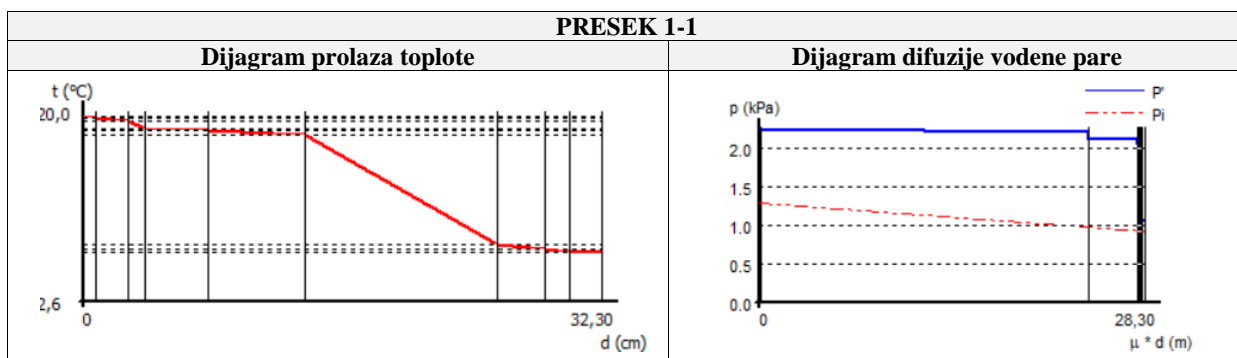
Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja	
16	MK-02 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	 <p>Osnova prizemlja</p>	 <p>Osnova I sprata</p>
		Z	0		
		J	0		
		I	0		
		H	127,38		
		Σ	127,38		

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Lamel parket	0,8	700	1670	0,21	15
Florbit (bitumen)	2	1100	1050	0,17	1200
Mlevena pluta	1	50	840	0,04	1,1
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	6				1
Kamena vuna	12	24	840	0,03	1
Vazdušni sloj	3				1
Drvene gredice	3	600	2090	0,14	70
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,1700	0,617	19,383
Lamel parket	0,21	0,0381	0,138	19,245
Florbit (bitumen)	0,17	0,1176	0,427	18,818
Mlevena pluta	0,04	0,2500	0,907	17,910
AB ploča	2,33	0,0172	0,062	17,848
Vazdušni sloj		0,2120	0,769	17,079
Kamena vuna	0,03	3,5294	12,809	4,269
Vazdušni sloj		0,1900	0,690	3,580
Gips-kartonske ploče	0,14	0,0714	0,259	3,321
Gipsani malter	0,21	0,0286	0,104	3,217
Prelaz		0,1700	0,617	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		4,2794		

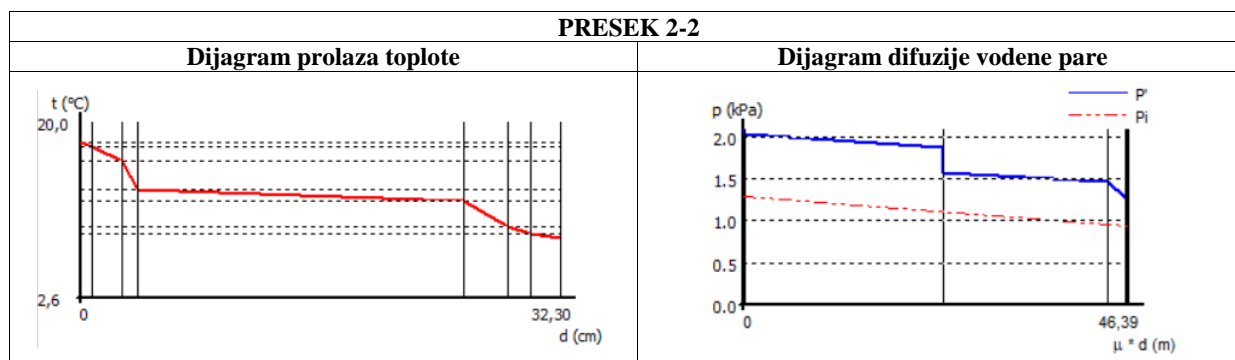
PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			0,443	19,557	2,274	1,285
Lamel parket	15	0,12	0,099	19,457	2,260	1,284
Florbit (bitumen)	1200	24	0,307	19,151	2,217	0,986
Mlevena pluta	1,1	0,011	0,652	18,499	2,129	0,986
AB ploča	90	3,6	0,045	18,454	2,123	0,941
Vazdušni sloj	1	0,06	0,553	17,901	2,051	0,940
Kamena vuna	1	0,12	9,202	8,699	1,126	0,939
Vazdušni sloj	1	0,03	0,495	8,204	1,088	0,938
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,186	8,018	1,075	0,936
Gipsani malter	9	0,18	0,074	7,943	1,069	0,934
Prelaz			0,443	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		28,301				



PRESEK 1-1			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	19,38	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	4,45	0,39	DA

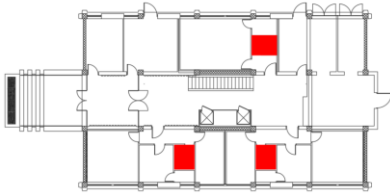
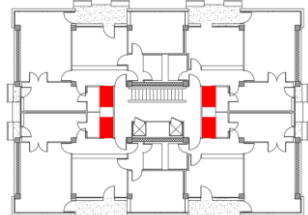
PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	2,562	17,438
Lamel parket	0,21	0,038	0,574	16,864
Florbit (bitumen)	0,17	0,118	1,773	15,090
Mlevena pluta	0,04	0,250	3,768	11,322
AB ploča i rebro	2,33	0,094	1,423	9,899
Drvene gredice	0,14	0,214	3,230	6,669
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	1,077	5,593
Gipsani malter	0,70	0,029	0,431	5,162
Prelaz		0,170	2,562	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		1,154		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,841	18,159	2,084	1,285
Lamel parket	15	0,12	0,412	17,747	2,031	1,284
Florbit (bitumen)	1200	24	1,274	16,473	1,874	1,103
Mlevena pluta	1,1	0,011	2,707	13,766	1,575	1,102
AB ploča i rebro	90	19,8	1,022	12,744	1,473	0,952
Drvene gredice	70	2,1	2,320	10,423	1,264	0,936
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,773	9,650	1,200	0,935
Gipsani malter	9	0,18	0,309	9,341	1,175	0,934
Prelaz			1,841	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		46,391				

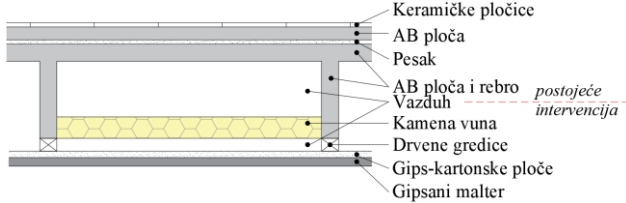


PRESEK 2-2			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	17,44	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,81	0,39	DA

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,33	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

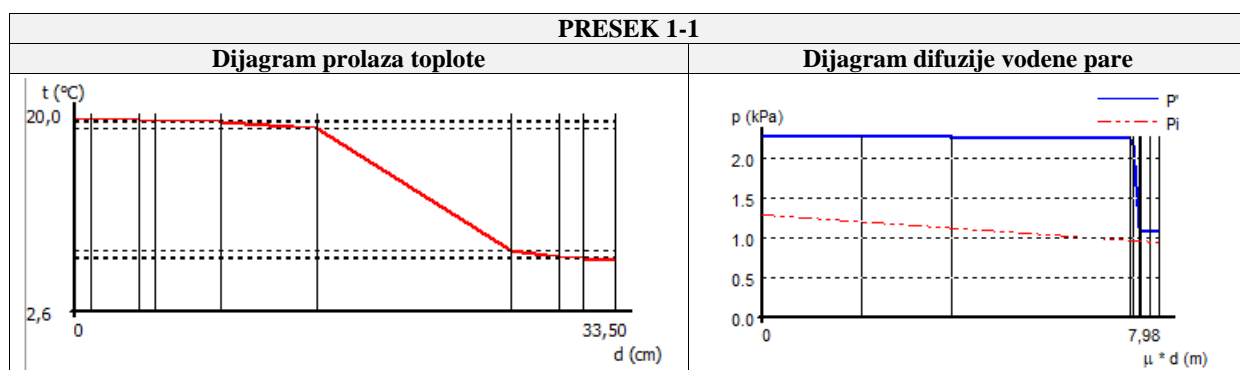
Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja	
17	MK-03 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	 <p>Osnova prizemlja</p>	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	0		
		J	0		
		I	0		
		H	14,26		
		Σ	14,26		

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Keramičke pločice	1	2300	1920	1,28	200
AB ploča	3	2400	960	2,03	60
Pesak	1	1800	840	0,58	1,4
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	6				1
Kamena vuna	12	24	840	0,03	1
Vazdušni sloj	3				1
Drvene gređice	3	600	2090	0,14	70
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	0,668	19,332
Keramičke pločice	1,28	0,008	0,031	19,302
AB ploča	2,03	0,015	0,058	19,244
Pesak	0,58	0,017	0,068	19,176
AB ploča	2,33	0,017	0,067	19,109
Vazdušni sloj		0,212	0,844	18,264
Kamena vuna	0,03	3,529	13,858	4,406
Vazdušni sloj		0,190	0,746	3,660
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,280	3,380
Gipsani malter	0,70	0,029	0,112	3,268
Prelaz		0,170	0,668	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		4,431		

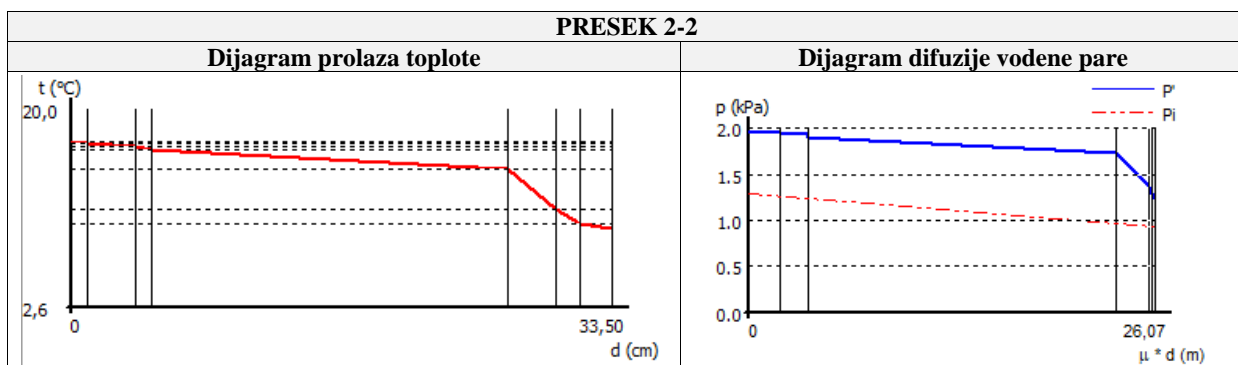
PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			0,480	19,520	2,269	1,285
Keramičke pločice	200	2	0,022	19,498	2,266	1,197
AB ploča	60	1,8	0,042	19,457	2,260	1,118
Pesak	1,4	0,01	0,049	19,408	2,253	1,117
AB ploča	90	3,6	0,048	19,360	2,246	0,959
Vazdušni sloj	1	0,06	0,606	18,753	2,163	0,956
Kamena vuna	1	0,12	9,956	8,798	1,133	0,951
Vazdušni sloj	1	0,03	0,536	8,262	1,093	0,950
Gips-kartonske ploče	2	0,18	0,201	8,060	1,078	0,942
Gipsani malter	9	0,18	0,081	7,980	1,072	0,934
Prelaz			0,480	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		7,98				



PRESEK 1-1			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	19,33	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	4,09	0,39	DA

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	3,751	16,249
Keramičke pločice	1,28	0,008	0,172	16,076
AB ploča	2,03	0,015	0,326	15,750
Pesak	0,58	0,017	0,380	15,370
AB ploča i rebro	2,33	0,094	2,083	13,286
Drvene gredice	0,14	0,214	4,728	8,558
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	1,576	6,982
Gipsani malter	0,70	0,029	0,630	6,351
Prelaz		0,170	3,751	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,788		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,695	17,305	1,975	1,285
Keramičke pločice	200	2	0,124	17,181	1,960	1,258
AB ploča	60	1,8	0,234	16,947	1,931	1,234
Pesak	1,4	0,014	0,273	16,674	1,898	1,234
AB ploča i rebro	90	19,8	1,497	15,177	1,725	0,967
Drvene gređice	70	2,1	3,397	11,780	1,383	0,939
Gips-kartonske ploče	12	0,18	1,132	10,648	1,283	0,936
Gipsani malter	9	0,18	0,453	10,195	1,245	0,934
Prelaz			2,695	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		26,074				



PRESEK 2-2			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,25	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,45	0,39	DA

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,42	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

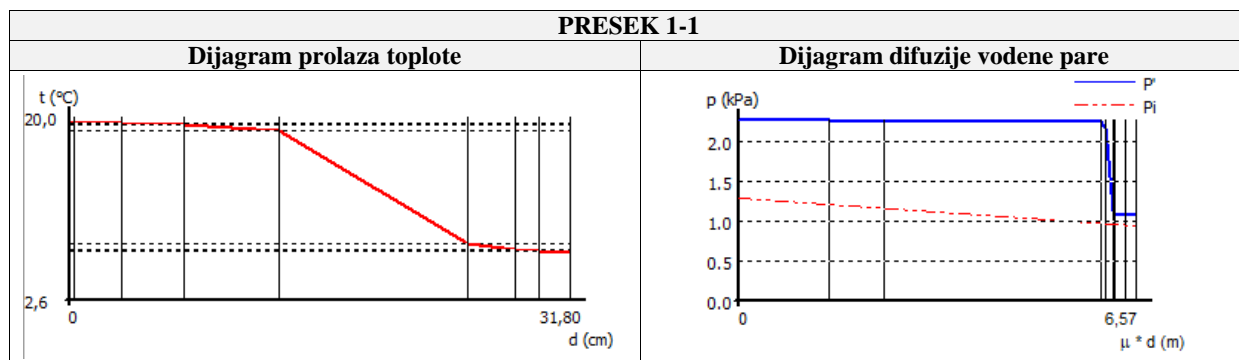
Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja	
18	MK-04 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	 Osnova prizemlja	 Osnova spratova
		Z	0		
		J	0		
		I	0		
		H	55,94		
		Σ	55,94		

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Linoleum	0,3	1200	1880	0,19	500
Cementna košuljica	3	2200	1050	1,4	30
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	6				1
Kamena vuna	12	24	840	0,03	1
Vazdušni sloj	3				1
Drvene gredice	3	600	2090	0,14	70
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,1700	0,668	19,332
Linoleum	0,19	0,0158	0,062	19,270
Cementna košuljica	1,4	0,0214	0,084	19,185
AB ploča	2,33	0,0172	0,067	19,118
Vazdušni sloj		0,2120	0,833	18,284
Kamena vuna	0,03	3,5294	13,876	4,408
Vazdušni sloj		0,1900	0,747	3,662
Gips-kartonske ploče	0,21	0,0714	0,281	3,381
Gipsani malter	0,70	0,0286	0,112	3,268
Prelaz		0,1700	0,668	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		4,426		

PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			0,480	19,520	2,269	1,285
Linoleum	500	1,5	0,045	19,475	2,262	1,205
Cementna košuljica	30	0,9	0,061	19,415	2,254	1,157
AB ploča	90	3,6	0,048	19,366	2,247	0,964
Vazdušni sloj	1	0,06	0,599	18,767	2,165	0,961
Kamena vuna	1	0,12	9,968	8,799	1,133	0,955
Vazdušni sloj	1	0,03	0,537	8,263	1,093	0,953
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,202	8,061	1,078	0,943
Gipsani malter	9	0,18	0,081	7,980	1,072	0,934
Prelaz			0,480	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		6,57				



PRESEK 1-1

	Vrednost	Min/Max	Zadovoljjava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	19,33	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	4,09	0,39	DA

PRESEK 2-2

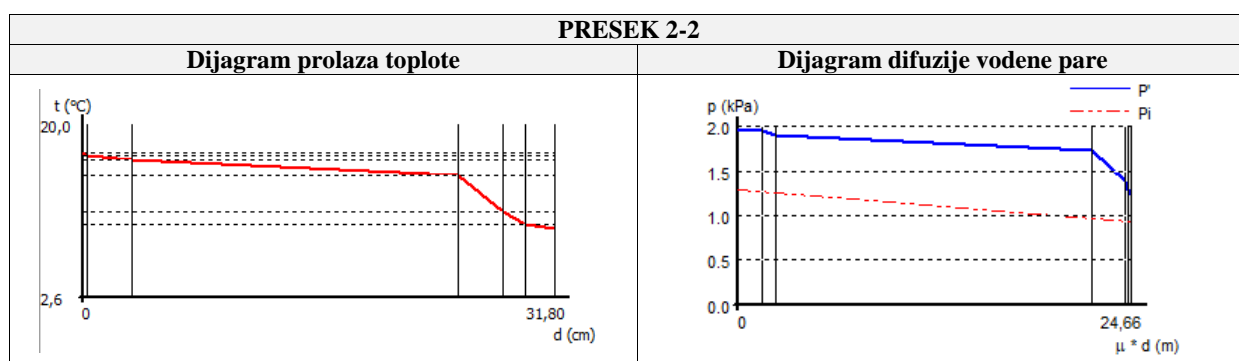
Prolaz toplote i polje temperature

Opis	λ [W/mK]	R [m²K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	3,764	16,236
Linoleum	0,19	0,016	0,350	15,887
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,474	15,412
AB ploča i rebro	2,33	0,094	2,090	13,322
Drvene gredice	0,14	0,214	4,744	8,578
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	1,581	6,996
Gipsani malter	0,70	0,029	0,633	6,364
Prelaz		0,170	3,764	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,786		

PRESEK 2-2

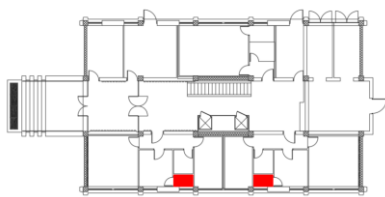
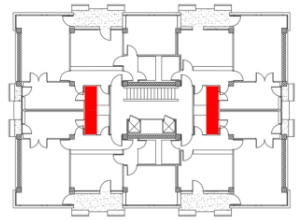
Difuzija vodene pare i isušenje

Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,704	17,296	1,974	1,285
Linoleum	500	1,5	0,251	17,045	1,943	1,264
Cementna košuljica	30	0,9	0,341	16,704	1,901	1,251
AB ploča i rebro	90	19,8	1,502	15,202	1,728	0,969
Drvene gredice	70	2,1	3,408	11,794	1,384	0,939
Gips-kartonske ploče	12	0,18	1,136	10,658	1,284	0,936
Gipsani malter	9	0,18	0,454	10,204	1,245	0,934
Prelaz			2,704	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		24,66				

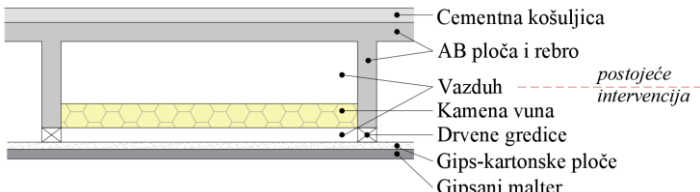


PRESEK 2-2			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,24	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	0,45	0,39	DA

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,42	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

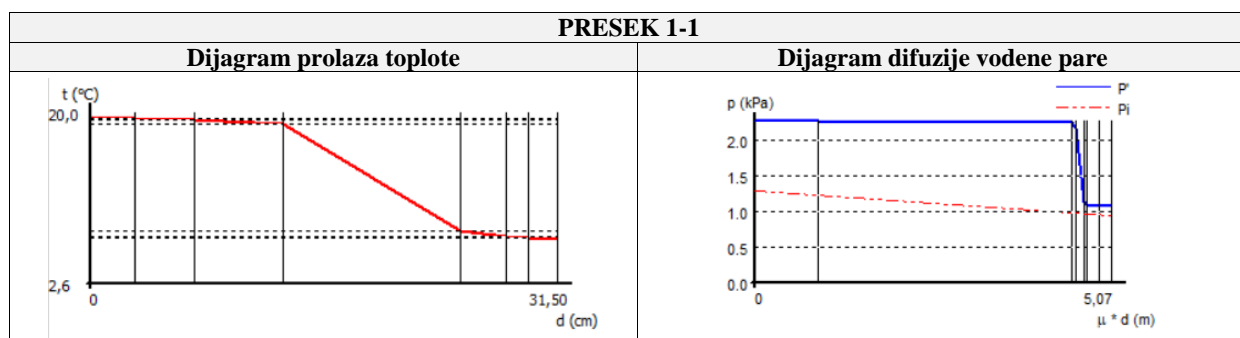
Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja	
19	MK-05 (Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora)	S	0	 Osnova prizemlja	 Osnova spratova
		Z	0		
		J	0		
		I	0		
		H	9,62		
		Σ	9,62		

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Cementna košuljica	3	2200	1050	1,4	30
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	6				1
Kamena vuna	12	24	840	0,03	1
Vazdušni sloj	3				1
Drvene gređice	3	600	2090	0,14	70
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,70	9
Vazdušni sloj	10				1

Skica sklopa	Ventilisanost
 <p> Cementna košuljica AB ploča i rebro Vazduh <i>postojeće intervencija</i> Kamena vuna Drvene gređice Gips-kartonske ploče Gipsani malter </p>	Neventilisan sklop

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	0,671	19,329
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,085	19,245
AB ploča	2,33	0,017	0,068	19,177
Vazdušni sloj		0,212	0,836	18,341
Kamena vuna	0,03	3,529	13,926	4,415
Vazdušni sloj		0,190	0,750	3,665
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,282	3,383
Gipsani malter	0,70	0,029	0,113	3,271
Prelaz		0,170	0,671	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		4,410		

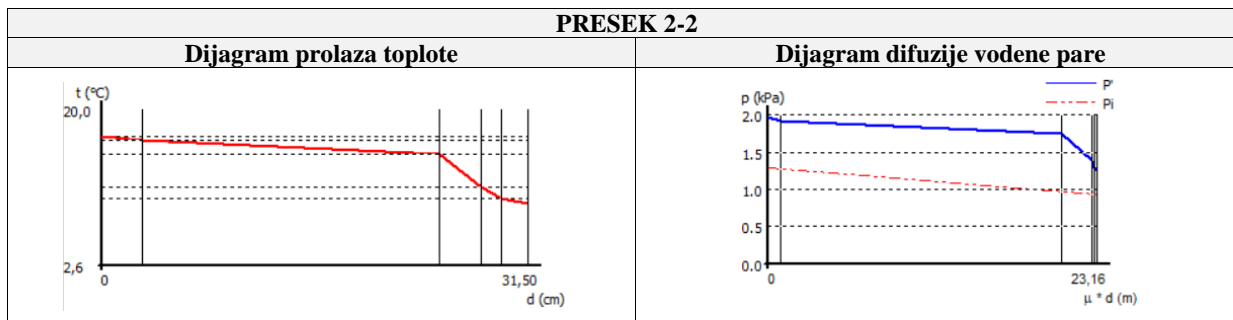
PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			0,482	19,518	2,268	1,285
Cementna košuljica	30	0,9	0,061	19,457	2,260	1,223
AB ploča	90	3,6	0,049	19,409	2,253	0,973
Vazdušni sloj	1	0,13	0,601	18,808	2,170	0,969
Kamena vuna	1	0,05	10,004	8,804	1,134	0,961
Vazdušni sloj	1	0,03	0,539	8,265	1,093	0,959
Gips-kartonske ploče	12	0,17	0,202	8,063	1,078	0,946
Gipsani malter	9	0,18	0,081	7,982	1,072	0,934
Prelaz			0,482	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		5,07				



PRESEK 1-1			
	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	19,33	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	4,07	0,39	DA

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m²K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,170	3,841	16,159
Cementna košuljica	1,4	0,021	0,484	15,675
AB ploča i rebro	2,33	0,094	2,133	13,542
Drvene gredice	0,14	0,214	4,841	8,700
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	1,614	7,086
Gipsani malter	0,70	0,029	0,646	6,441
Prelaz		0,170	3,841	2,600
Spolja				2,600
Ukupan otpor		0,770		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			2,759	17,241	1,967	1,285
Cementna košuljica	30	0,9	0,348	16,893	1,924	1,272
AB ploča i rebro	90	19,8	1,533	15,360	1,745	0,971
Drvene gredice	70	2,1	3,478	11,882	1,392	0,939
Gips-kartonske ploče	12	0,18	1,159	10,723	1,289	0,936
Gipsani malter	9	0,18	0,464	10,259	1,250	0,934
Prelaz			2,759	7,500	1,037	0,934
Spolja				7,500		
Ukupan otpor		23,16				



PRESEK 2-2

	Vrednost	Min/Max	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	16,16	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	0,43	0,39	DA

Zamenjujući (srednji) površinski koef. prolaza toplote U [W/(m²K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,43	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

Broj	Oznaka	Površina [m²]	Ilustracija položaja
20	RK-01 (Ravni krov)	S	0
		Z	0
		J	0
		I	0
		H	261,46
		Σ	261,46
			<p style="text-align: center;"><i>Osnova poslednje etaže</i></p>

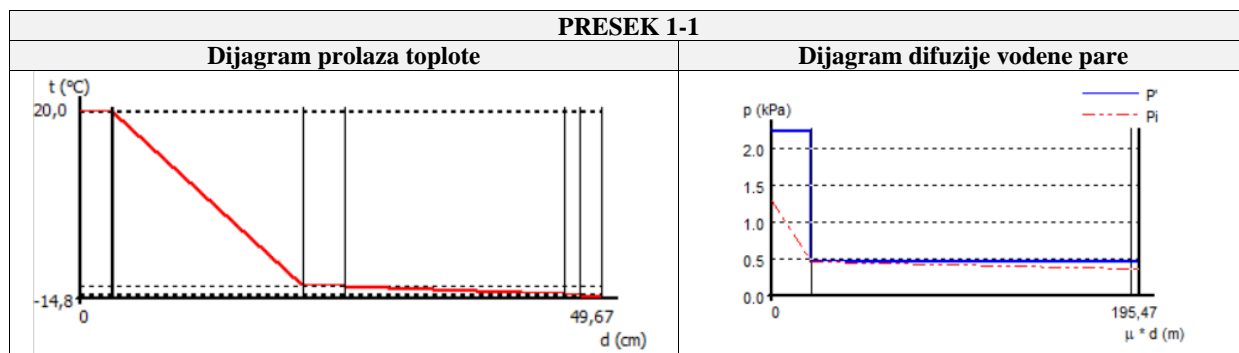
Sastav sklopa

Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Balast (šljunak)	3,0	1700	840	0,81	1,5
Hidroizolaciona membrana	0,15	1100	1460	0,19	14000
Kamena vuna	18	150	840	0,04	1,4
Parna brana	0,017	600	1470	0,39	1000000
AB ploča i rebro	4 + 18	2500	960	2,33	90
Vazdušni sloj	18 + 3				1
Drvene gredice	3	600	2090	0,14	70
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9

Skica sklopa (postojeće)	Skica sklopa (intervencija)	Ventilisanost
		<p style="text-align: center;">Neventilisan sklop</p>

PRESEK 1-1				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,100	0,685	19,315
Balast (šljunak)	0,81	0,037	0,254	19,061
Hidroizolaciona membrana	0,19	0,008	0,054	19,007
Kamena vuna	0,04	4,615	31,630	-12,623
Parna brana	0,39	0,001	0,004	-12,626
AB ploča	2,33	0,017	0,118	-12,744
Vazdušni sloj		0,160	1,096	-13,841
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,490	-14,330
Gipsani malter	0,70	0,029	0,196	-14,526
Prelaz		0,04	0,274	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		5,078		

PRESEK 1-1						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			0,492	19,508	2,267	1,285
Balast (šljunak)	1,5	0,045	0,182	19,325	2,241	1,285
Hidroizolaciona membrana	14000	21	0,039	19,286	2,236	1,186
Kamena vuna	1	0,252	22,723	-3,436	0,473	1,185
Parna brana	1000000	170	0,002	-3,438	0,473	0,384
AB ploča	90	3,6	0,085	-3,523	0,470	0,367
Vazdušni sloj	1	0,21	0,788	-4,311	0,405	0,366
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,352	-4,662	0,405	0,365
Gipsani malter	9	0,18	0,141	-4,803	0,611	0,365
Prelaz			0,197	-5,000	0,611	0,365
Spolja				20,000	2,337	
Ukupan otpor		195,467				

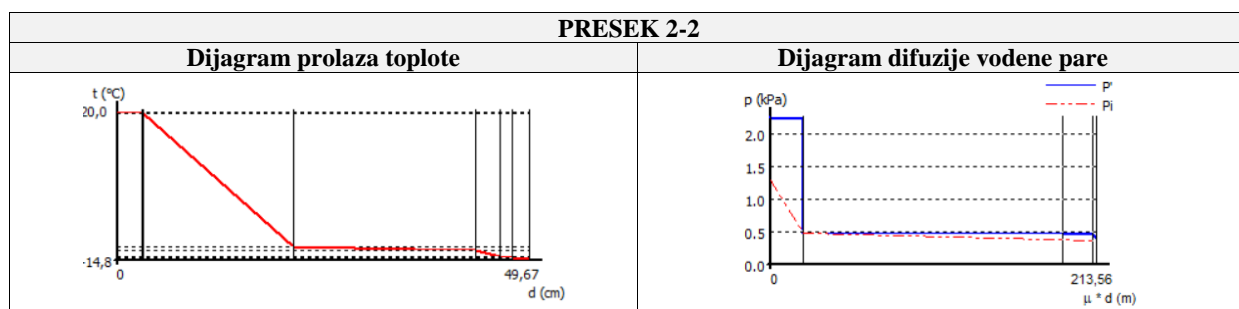


PRESEK 1-1			
	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	19,31	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	4,94	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	161,84	25	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

PRESEK 2-2				
Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,100	0,668	19,332
Balast (šljunak)	0,81	0,037	0,247	19,085
Hidroizolaciona membrana	0,19	0,008	0,053	19,032
Kamena vuna	0,04	4,615	30,831	-11,800
Parna brana	0,39	0,000	0,003	-11,803
AB ploča i rebro	2,33	0,094	0,631	-12,433
Drvene gredice	0,14	0,214	1,431	-13,865
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,477	-14,342
Gipsani malter	0,7	0,029	0,191	-14,533
Prelaz		0,040	0,267	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		5,209		

PRESEK 2-2						
Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			0,480	19,520	2,269	1,285
Balast (šljunak)	1,5	0,045	0,178	19,342	2,244	1,285
Hidroizolaciona membrana	14000	21	0,038	19,304	2,238	1,195
Kamena vuna	1	0,252	22,149	-2,845	0,495	1,194
Parna brana	1000000	170	0,002	-2,847	0,495	0,461
AB ploča i rebro	90	19,8	0,453	-3,300	0,478	0,375
Drvene gredice	70	2,1	1,028	-4,328	0,405	0,366
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,343	-4,671	0,405	0,365
Gipsani malter	9	0,18	0,137	-4,808	0,611	0,365
Prelaz			0,192	-5,000	0,611	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		213,557				

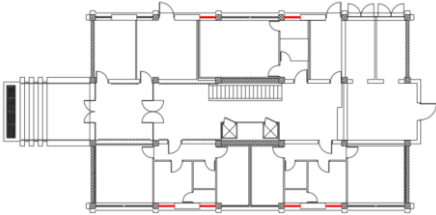


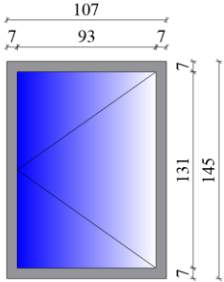
PRESEK 2-2			
	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	19,33	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	5,07	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature v [-]	565,43	25	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

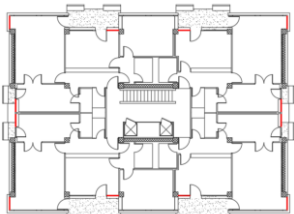
*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

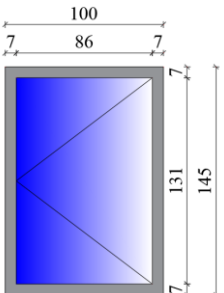
Zamenjujući površinski koef. prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,19	U sklopu dolazi do kondenzacije između slojeva 3 i 4	78 dana < 90 dana 5,33 < 13,89 %

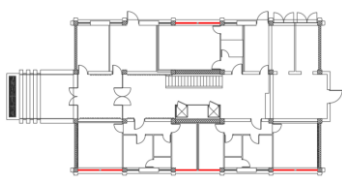
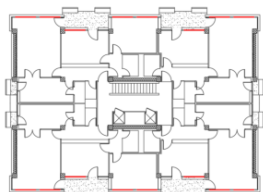
Proračun transparentnih pozicija

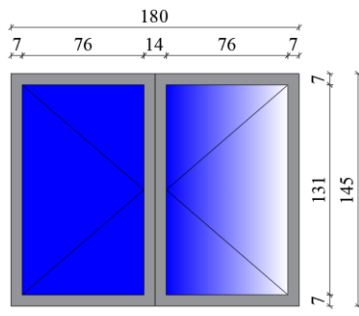
Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
1	P-01 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	0	0	 <p style="text-align: center;"><i>Osnova prizemlja</i></p>
		Z	2	3,103	
		J	0	0	
		I	4	6,206	
		H	0	0	
		Σ	6	9,309	

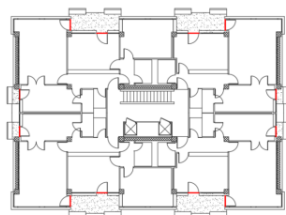
Opis novog elementa	Prozor sa aluminijumskim okvirom (sa termičkim prekidom) i dvostrukim, niskoemisionim staklopaketom ispunjenim ksenonom (4-12-4 mm)						
Skica sklopa							
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m²K)]	STAKLO				RAM		FAKTOR KOREKCIJE
	A_g	U_g	l_g	g_{gl}	A_f	U_f	Ψ_g
	122	0,9	4,48	0,62	0,33	2,8	0,06
	$U = 1,48$						
Faktor rama F_{fr} (-)	0,21						

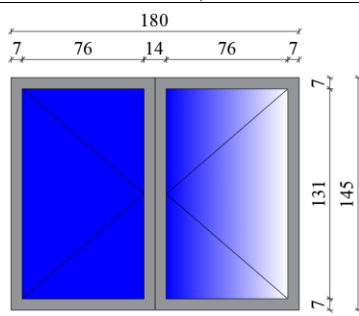
Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
2	P-02 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	52	75,4	 <p style="text-align: center;"><i>Osnova spratova</i></p>
		Z	26	37,7	
		J	52	75,4	
		I	26	37,7	
		H	0	0	
		Σ	156	226,2	

Opis novog elementa	Prozor sa aluminijumskim okvirom (sa termičkim prekidom) i dvostrukim, niskoemisionim staklopaketom ispunjenim ksenonom (4-12-4 mm)						
Skica sklopa							
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m²K)]	STAKLO				RAM		FAKTOR KOREKCIJE
	A_g	U_g	l_g	g_{gl}	A_f	U_f	Ψ_g
	1,13	0,9	4,34	0,62	0,32	2,8	0,06
	$U = 1,50$						
Faktor rama F_{fr} (-)	0,23						

Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
3	P-03 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	0	0	 Osnova prizemlja	 Osnova spratova
		Z	106	276,66		
		J	0	0		
		I	110	287,1		
		H	0	0		
		Σ	216	563,76		

Opis novog elementa	Prozor sa aluminijumskim okvirom (sa termičkim prekidom) i dvostrukim, niskoemisionim staklopaketom ispunjenim ksenonom (4-12-4 mm)						
Skica sklopa							
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	STAKLO				RAM		FAKTOR KOREKCIJE
	A_g	U_g	l_g	g_{gl}	A_f	U_f	ψ_g
	1,99	0,9	8,28	0,62	0,62	2,8	0,06
	$U = 1,54$						
Faktor rama F_{fr} (-)	0,24						

Broj	Oznaka		Kom	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
4	BV-01 (Prozori, balk. vrata grejanih prostorija i grejane zimske bašte)	S	52	103,87	 Osnova spratova	
		Z	26	51,935		
		J	52	103,87		
		I	26	51,935		
		H	0	0		
		Σ	156	311,61		

Opis novog elementa	Balkonska vrata sa aluminijumskim okvirom (sa termičkim prekidom) i dvostrukim, niskoemisionim staklopaketom ispunjenim ksenonom (4-12-4 mm)						
Skica sklopa							
Koeficijent prolaza toplote U_w [W/(m ² K)]	STAKLO				RAM		FAKTOR KOREKCIJE
	A_g	U_g	l_g	g_{gl}	A_f	U_f	ψ_g
	1,57	0,9	10,26	0,62	0,43	2,8	0,06
	$U = 1,51$						
Faktor rama F_{fr} (-)	0,21						

Gubici toplote

Transmisioni gubici toplote zgrade

Površinski transmisioni gubici H_{TS} [W/K]

Element	Oznaka	U (W/m ² K)	F_x	A (m ²)	$U \cdot A \cdot F_x$
Spoljni zid	SZ-01	1,49	1,0	520,28	775,22
	SZ-02	1,77	1,0	523,48	926,56
	SZ-03	1,43	1,0	15,62	22,34
	SZ-04	1,26	1,0	354,28	446,39
Zid prema negrejanim prostorima	UZ-01	1,13	0,5	11,84	6,69
	UZ-02	1,10	0,5	11,84	6,51
	UZ-03	1,62	0,5	8,90	7,21
	UZ-04	1,50	0,5	3,32	2,49
	UZ-05	1,76	0,5	11,84	10,42
	UZ-06	1,56	0,5	26,69	20,82
	UZ-07	1,84	0,5	23,68	21,79
	UZ-08	3,49	0,5	307,89	537,27
	UZ-09	3,49	0,5	393,33	686,36
	UZ-10	2,32	0,5	59,64	69,18
Međuspratna konstrukcija iznad otvorenog prolaza	MK-01	0,47	1,0	28,16	13,24
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	MK-02	0,33	0,5	127,38	21,02
	MK-03	0,42	0,5	14,26	2,99
	MK-04	0,42	0,5	55,94	11,75
	MK-05	0,43	0,5	9,62	2,07
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,19	1,0	261,46	49,68
UKUPNO NETRANSARENTNE POVRŠINE				2769,45	3639,98
Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	1,48	1,0	9,31	13,78
	P-02	1,50	1,0	226,20	339,30
	P-03	1,54	1,0	563,76	868,19
	BV-01	1,51	1,0	311,61	470,53
Spoljna vrata	SV-01	4,36	1,0	2,50	10,90
Unutrašnja vrata	UV-01	2,70	0,5	7,55	10,19
	UV-02	6,84	0,5	2,12	7,25
	UV-03	2,70	0,5	123,50	166,73
UKUPNO TRANSPARENTNE POVRŠINE				1246,55	1886,87
UKUPNO				4016,0	5526,85

$$H_{TS} = 5526,85 \text{ W/K}$$

Linijski transmisioni gubici H_{TB} [W/K]: $H_{TB} = 0.1 \cdot \Sigma A = 0.1 \cdot 4976,98$ $H_{TB} = 497,70 \text{ W/K}$

Ukupni transmisioni gubici H_T [W/K]: $H_T = H_{TS} + H_{TB} = 5526,85 + 497,70$

$$H_T = 6024,55 \text{ W/K}$$

Specifični transmisioni gubitak toplote zgrade $H_{T'}$ [W/(m²K)]:

$$H_{T'} = H_T / A = 6024,55 / 4976,98$$

$$H_{T'} = 1,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$H_{T'}$ [W/(m ² K)]	$H_{T'_{max}}$ [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
1,21	0,632	NE

Ventilacioni gubici toplote zgrade H_v [W/K]

Neto zapremina grejanog prostora V_N [m ³]	8821,71
Zaptivenost prozora	Dobra
Broj izmena vazduha n [h ⁻¹]	0,5

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot V_N \cdot n = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot 8821,71 \text{ m}^3 \cdot 0,5 \text{ h}^{-1}$$

$$H_V = 1455,58 \text{ W/K}$$

Ukupni gubici toplote

Podaci o gubicima toplote	[kW]
Transmisioni gubici kroz netransparentni deo omotača zgrade	$3,64 \cdot (20 - (-14,8)) = 126,68$
Transmisioni gubici kroz prozore i vrata	$1,89 \cdot (20 - (-14,8)) = 65,77$
Ventilacioni gubici kroz prozore i vrata	$1,46 \cdot (20 - (-14,8)) = 50,81$
Linijski gubici	$0,50 \cdot (20 - (-14,8)) = 17,4$
Ukupni gubici toplote	260,66

Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplotne energije

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} = (6024,55 + 1455,58) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} = 179,52 \cdot HDD$$

Dobici toplote

Dobici toplote od Sunčevog zračenja

Ulazni podaci za proračun dobitaka od Sunčevog zračenja

	Sever	Istok	Jug	Zapad
Faktor osenčenosti F_{sh}	0,9/0,6	0,9/0,6	0,9/0,6	0,49
Faktor propustljivosti Sunčevog zračenja za staklo g_{gl}	0,62	0,62	0,62	0,62
Faktor rama F_{fr}	0,2	0,2	0,2	0,2
Emisivnost spoljne površine zida α_{sc}	0,6	0,6	0,6	0,6
Otpor prelazu toplote za spoljnu stranu zida $R_{s,c}$	0,04	0,04	0,04	0,04

Površine preko kojih se ostvaruju solarni dobitci

Element	Oznaka	U (W/m ² K)	A (m ²)				A _{sol} (m ²)			
			Sever	Jug	Istok	Zapad	Sever	Jug	Istok	Zapad
Spoljni zid	SZ-01	1,49	260,14	260,14	0,00	0,00	9,30	9,30	0,00	0,00
	SZ-02	1,77	134,55	134,55	209,78	44,61	5,72	5,72	8,91	1,90
	SZ-03	1,43	0,00	0,00	10,42	5,21	0,00	0,00	0,36	0,18
	SZ-04	1,26	23,63	23,63	153,50	153,50	0,71	0,71	4,64	4,64
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,19	261,46				1,19			
Ukupno netransparentne površine			418,32	418,32	373,70	203,32	15,73	15,73	13,91	6,72
Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	1,48	0,00	0,00	6,21	3,10	0,00	0,00	3,04	1,52
	P-02	1,50	75,40	75,40	37,70	37,70	36,00	36,00	18,00	18,00
	P-03	1,54	0,00	0,00	287,10	276,66	0,00	0,00	135,28	130,36
Spoljna vrata	BV-01	1,51	103,87	103,87	51,94	51,94	50,88	50,88	25,44	25,44
Ukupno transparentne površine			179,27	179,27	382,94	371,90	86,87	86,87	181,76	176,17

Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja

Meseci	Oktoabar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
Sever	181,45	223,14	178,09	216,79	278,52	448,51	277,77
Jug	679,61	827,83	657,09	799,58	958,01	1200,06	539,67
Istok	327,28	337,65	248,64	317,20	539,06	777,18	467,72
Zapad	182,20	187,98	138,42	176,59	300,11	432,67	260,39
Hor	47,72	48,82	36,34	45,87	64,76	111,45	71,71
Q_{sol,C^*}	1418,27	1625,43	1258,58	1556,04	2140,44	2969,87	1617,26

* Q_{sol,C^*} - Meseci Oktobar i April su redukovani sa vrednošću od 0,5, jer grejna sezona počinje/završava se 15. u mesecu

Meseci	Oktoibar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
Sever	838,67	1031,37	823,14	1002,04	1287,35	2073,10	1283,90
Jug	3141,29	3826,38	3037,18	3695,81	4428,07	5546,87	2494,45
Istok	4573,99	4718,95	3474,90	4433,12	7533,72	10861,62	6536,71
Zapad	4411,10	4550,89	3351,15	4275,24	7265,41	10474,80	6303,91
$Q_{sol,gl}^*$	12965,06	14127,60	10686,37	13406,20	20514,54	28956,39	16618,97

* $Q_{sol,gl}$ - Meseci Oktobar i April su redukovani sa vrednošću od 0.5, jer grejna sezona počinje/završava se 15. u mesecu

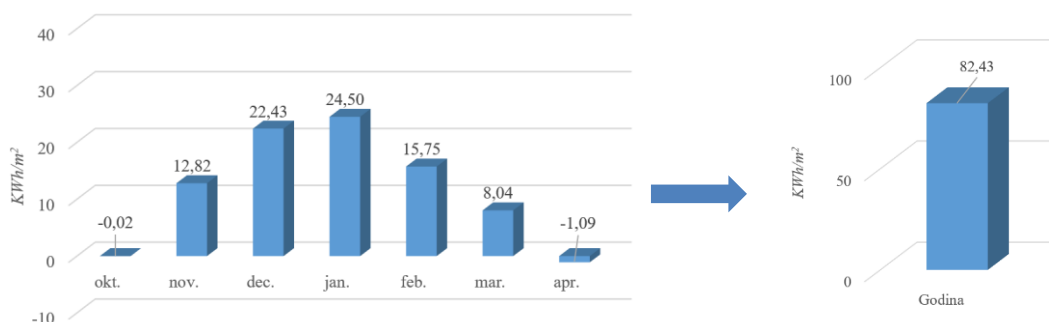
Proračun godišnje potrebne finalne energije za grejanje

Mesec	$Q_{H,ht}$	$Q_{sol,gl}$	$Q_{sol,c}$	Q_{sol}	Q_{ij}	Q_{el}	Q_{mt}	$Q_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$
okt.	19388,16	12965,06	1418,27	14383,32	1136,40	4324,20	5460,60	19843,92	-58,88
nov.	71089,92	14127,60	1625,43	15753,03	2272,80	8648,40	10921,20	26674,23	44949,18
dec.	101428,80	10686,37	1258,58	11944,95	2348,56	8936,68	11285,24	23230,19	78663,21
jan.	111661,44	13406,20	1556,04	14962,24	2348,56	8936,68	11285,24	26247,48	85938,91
feb.	87426,24	20514,54	2140,44	22654,99	2121,28	8071,84	10193,12	32848,11	55235,10
mar.	70551,36	28956,39	2969,87	31926,26	2348,56	8936,68	11285,24	43211,50	28204,09
apr.	19388,16	16618,97	1617,26	18236,22	1136,40	4324,20	5460,60	23696,82	-3834,73
								$\Sigma Q_{H,nd}$	289096,87

Specifična godišnja potrebna energija za grejanje: $q_{H,nd} = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} = \frac{289096,87}{3507,37} = 82,42 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Relativna godišnja potrebna energija za grejanje: $Q_{H,nd,rel} = \frac{q_{H,nd}}{Q_{H,nd,max}} = \frac{82,42}{70} = 117,74 \%$

Dijagram potrebne toplote za grejanje po mesecima, sa uračunatim prekidima grejanja:



Godišnja potrebna energija i energetska razred zgrade, prema Pravilniku o uslovima, sadržaju i postupku izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada:

Zgrade sa više stanova		postojeće
Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
A+	≤ 15	≤ 10
A	≤ 25	≤ 18
B	≤ 50	≤ 35
C	≤ 100	≤ 70
D	≤ 150	≤ 105
E	≤ 200	≤ 140
F	≤ 250	≤ 175
G	> 250	> 175

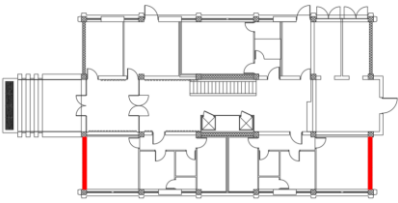
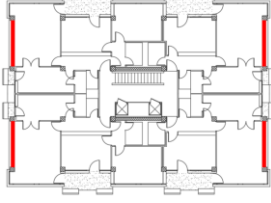
$Q_{H,nd}$	289096,87 kWh/a
$q_{H,nd}$	82,42 kWh/m²a
$Q_{H,nd,rel}$	117,74 %
Razred:	D

Prilog 12 – Izvod iz Elaborata energetske efikasnosti zgrade (II nivo unapređenja)

Numerička dokumentacija

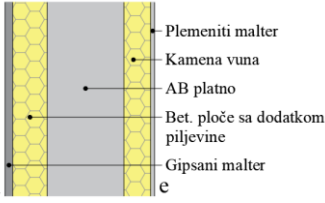
Proračun netransparentnih pozicija

Proračunom su obuhvaćeni sklopovi termičkog omotača čije se termičke performanse unapređuju sprovođenjem mera II nivoa: spoljni zidovi (pozicije SZ-01, SZ-02, SZ-03 i SZ-04).

Broj	Oznaka	Površina [m ²]		Ilustracija položaja	
1	SZ-01 (Spoljni zid)	S	260,14	 <p>Osnova prizemlja</p>	 <p>Osnova spratova</p>
		Z	0		
		J	260,14		
		I	0		
		H	0		
		Σ	520,28		

Predloženo rešenje R_{1-ETICS}

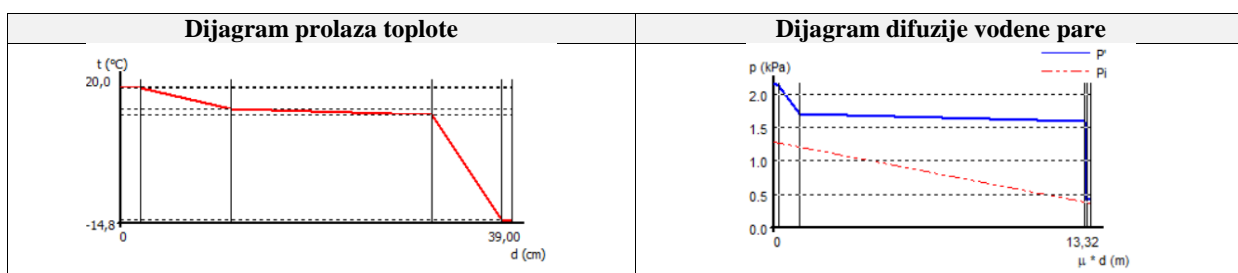
Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	9	800	1465	0,24	10
AB platno	20	2400	960	2,04	60
Kamena vuna	7	120	840	0,036	1,3
Plemeniti malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,720	18,280
Gipsani malter	0,70	0,029	0,378	17,902
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,24	0,375	4,961	12,941
AB platno	2,04	0,098	1,297	11,644
Kamena vuna	0,04	1,944	25,725	-14,082
Plemeniti malter	0,70	0,014	0,189	-14,271
Prelaz		0,040	0,529	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,630		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,236	18,764	2,164	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,272	18,493	2,128	1,273
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	10	0,9	3,564	14,929	1,698	1,211
AB platno	60	12	0,932	13,997	1,599	0,381
Kamena vuna	1,3	0,091	18,481	-4,484	0,423	0,375
Plemeniti malter	15	0,15	0,136	-4,620	0,418	0,365
Prelaz			0,380	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		13,321				

Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,38	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-



	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,28	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,46	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	426,25	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Predloženo rešenje R_{2-SVF}

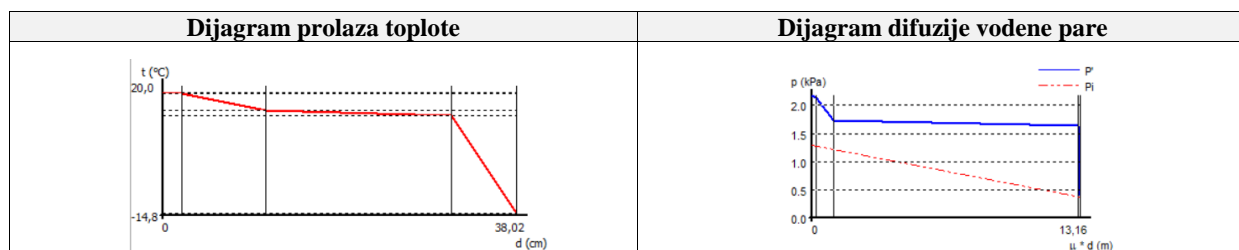
Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	9	800	1465	0,24	10
AB platno	20	2400	960	2,04	60
Kamena vuna	7	30	840	0,033	1
Paropropusno-vodonepropusna folija	0,02	600	1470	0,39	38
Vetreni sloj	2				
Vlakanasto-cementna ploča	1,25	1150	840	0,32	19
Plemeniti malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,620	18,380
Gipsani malter	0,70	0,029	0,356	18,024
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,24	0,375	4,672	13,353
AB platno	2,04	0,098	1,221	12,131
Kamena vuna	0,033	2,121	26,427	-14,295
Plemeniti malter	0,39	0,001	0,006	-14,302
Prelaz		0,040	0,498	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,793		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,163	18,837	2,174	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,256	18,581	2,140	1,273
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	10	0,9	3,356	15,225	1,730	1,210
AB platno	60	12	0,877	14,347	1,635	0,370
Kamena vuna	1	0,07	18,985	-4,637	0,417	0,365
Plemeniti malter	38	0,0076	0,005	-4,642	0,417	0,365
Prelaz			0,358	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		13,158				

Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,36	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

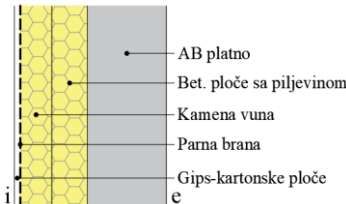


	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,38	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,62	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	433,29	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Predloženo rešenje R_{3-US}

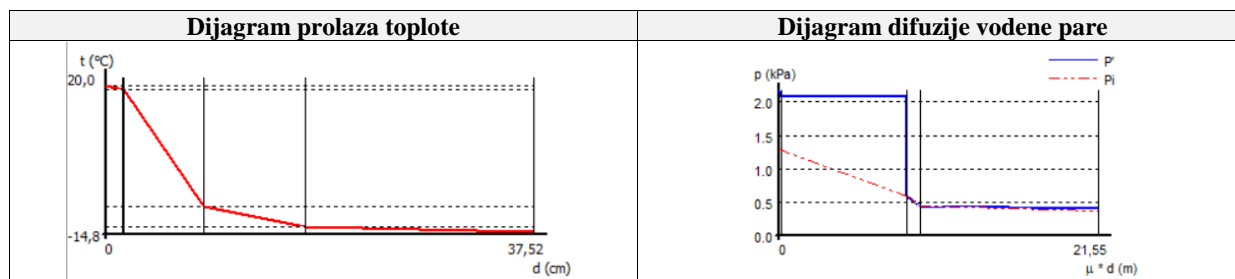
Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Parna brana	0,02	1200	960	0,19	42000
Kamena vuna	7	30	840	0,033	1
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	9	800	1465	0,24	10
AB platno	20	2400	960	2,04	60

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,595	18,405
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,876	17,529
Parna brana	0,19	0,001	0,013	17,516
Kamena vuna	0,03	2,121	26,022	-8,506
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,24	0,375	4,600	-13,107
AB platno	2,04	0,098	1,203	-14,309
Prelaz		0,040	0,491	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,837		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,146	18,854	2,177	1,285
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,629	18,225	2,093	1,278
Parna brana	42000	8,4	0,009	18,216	2,091	0,919
Kamena vuna	1	0,07	18,694	-0,479	0,588	0,916
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	10	0,9	3,305	-3,783	0,448	0,877
AB platno	60	12	0,864	-4,647	0,417	0,365
Prelaz			0,353	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		21,55				

Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,35	U sklopu dolazi do kondenzacije u sloju 4	40 dana < 90 dana 9,40 % < 10,69 %



	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,40	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,67	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	162,35	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
2	SZ-02 (Spoljni zid)	S	134,55	
		Z	44,61	
		J	134,55	
		I	209,78	
		H	0	
		Σ	523,48	

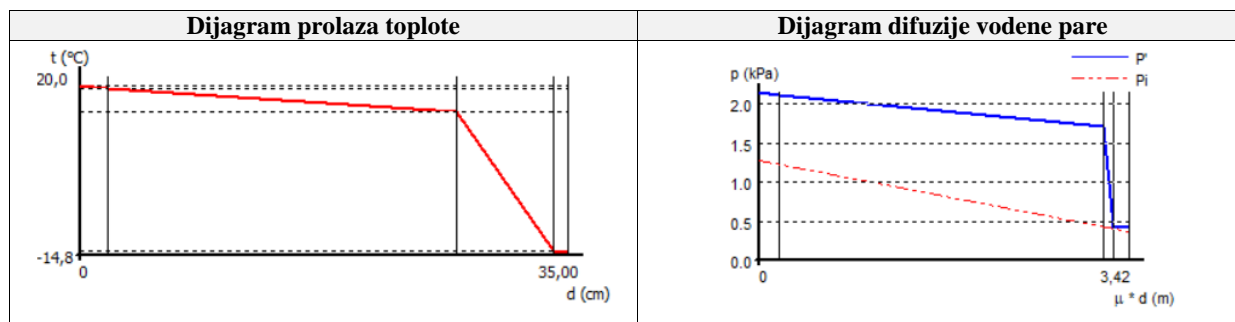
Predloženo rešenje R_{1-ETICS}

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Puna opeka	25	1800	920	0,76	12
Kamena vuna	7	120	840	0,036	1,3
Plemeniti malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Δθ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,820	18,180
Gipsani malter	0,70	0,029	0,400	17,780
Puna opeka	0,76	0,329	4,604	13,176
Kamena vuna	0,036	1,944	27,216	-14,040
Plemeniti malter	0,7	0,014	0,200	-14,240
Prelaz		0,040	0,560	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,486		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	Δθ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p _s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,307	18,693	2,155	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,287	18,406	2,116	1,237
Puna opeka	12	3,00	3,308	15,098	1,716	0,429
Kamena vuna	1,3	0,091	19,552	-4,454	0,424	0,405
Plemeniti malter	15	0,15	0,144	-4,598	0,419	0,365
Prelaz			0,402	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		3,421				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,40	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,18	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,32	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	186,10	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

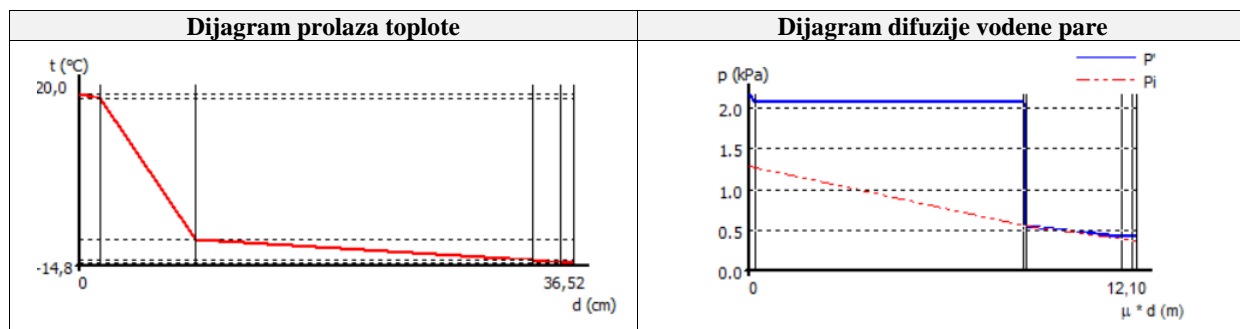
Predloženo rešenje R_{3-US}

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Parna brana	0,02	1200	960	0,19	42000
Kamena vuna	7	30	840	0,033	1
Puna opeka	25	1800	920	0,76	12
Produžni malter	2	1700	1050	0,85	15
Fasadni malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,657	18,343
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,910	17,433
Parna brana	0,19	0,001	0,013	17,419
Kamena vuna	0,03	2,121	27,035	-9,602
Puna opeka	0,76	0,329	4,192	-13,795
Produžni malter	0,85	0,024	0,300	-14,095
Fasadni malter	0,70	0,014	0,182	-14,277
Prelaz		0,040	0,510	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,730		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,190	18,810	2,171	1,285
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,654	18,156	2,084	1,272
Parna brana	42000	8,4	0,010	18,146	2,082	0,633
Kamena vuna	1	0,07	19,422	-1,266	0,551	0,627
Puna opeka	12	3	3,012	-4,278	0,430	0,399
Produžni malter	15	0,3	0,215	-4,493	0,423	0,376
Fasadni malter	15	0,15	0,131	-4,624	0,418	0,365
Prelaz			0,366	-4,990	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		12,1				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,37	U sklopu dolazi do kondenzacije u sloju 4	8 dana < 90 dana 13,90 % < 60,12 %

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,34	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,22	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	160,89	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja	
3	SZ-03 (Spoljni zid)	S	0	
		Z	5,21	
		J	0	
		I	10,42	
		H	0	
		Σ	15,62	

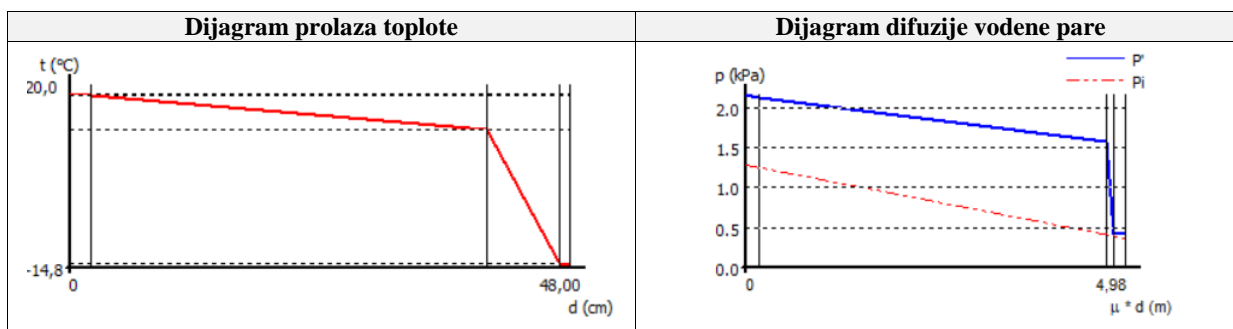
Predloženo rešenje $R_{1-ETICS}$

Sastav sklopa						
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]	
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9	
Fasadna puna opeka	38	1800	920	0,76	12	
Kamena vuna	7	120	840	0,036	1,3	
Plemeniti malter	1	1850	1050	0,7	15	

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,702	18,298
Gipsani malter	0,70	0,029	0,374	17,923
Fasadna puna opeka	0,76	0,500	6,548	11,375
Kamena vuna	0,036	1,944	25,464	-14,089
Plemeniti malter	0,7	0,014	0,187	-14,276
Prelaz		0,040	0,524	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,657		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,223	18,777	2,166	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,269	18,508	2,130	1,252
Fasadna puna opeka	12	4,56	4,704	13,804	1,579	0,409
Kamena vuna	1,3	0,091	18,293	-4,489	0,423	0,392
Plemeniti malter	15	0,15	0,134	-4,624	0,418	0,365
Prelaz			0,376	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		4,981				



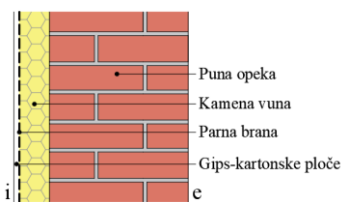
Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,38	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,30	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,487	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	589,73	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]		-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

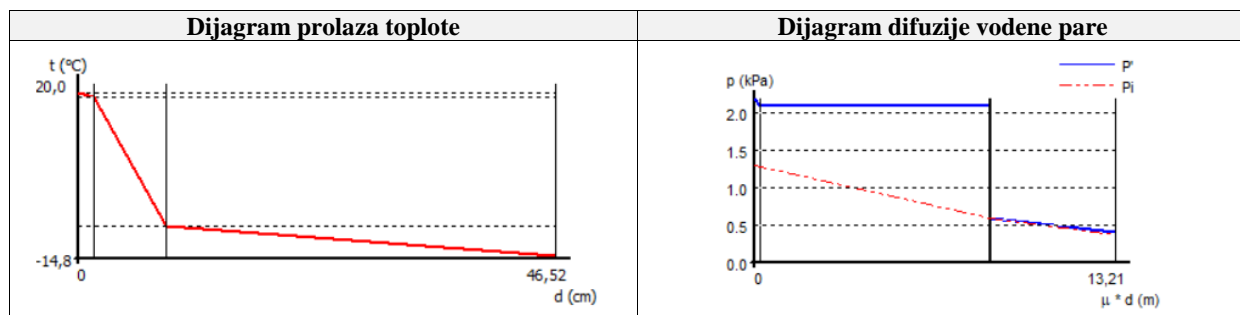
Predloženo rešenje R_{3-US}

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Parna brana	0,02	1200	960	0,19	42000
Kamena vuna	7	30	840	0,033	1
Fasadna puna opeka	38	1800	920	0,76	12

Skica sklopa	Ventilisanost
 <p>Puna opeka Kamena vuna Parna brana Gips-kartonske ploče</p>	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,580	18,420
Gips-kartonske ploče	0,21	0,071	0,868	17,552
Parna brana	0,19	0,001	0,013	17,539
Kamena vuna	0,03	2,121	25,777	-8,225
Fasadna puna opeka	0,76	0,500	6,076	-14,301
Prelaz		0,040	0,486	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,864		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,135	18,865	2,178	1,285
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,624	18,242	2,095	1,273
Parna brana	42000	8,4	0,009	18,232	2,094	0,687
Kamena vuna	1	0,07	18,518	-0,277	0,597	0,683
Fasadna puna opeka	12	4,56	4,365	-4,642	0,417	0,365
Prelaz			0,349	-4,991	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		13,21				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,35	U sklopu dolazi do kondenzacije u sloju 4	9 dana < 90 dana 13,78 % < 60,12 %

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,42	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,69	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	428,71	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Broj	Oznaka	Površina [m ²]	Ilustracija položaja
4	SZ-04 (Spoljni zid)	S	23,63
		Z	153,50
		J	23,63
		I	153,50
		H	0
		Σ	354,28

Osnova spratova

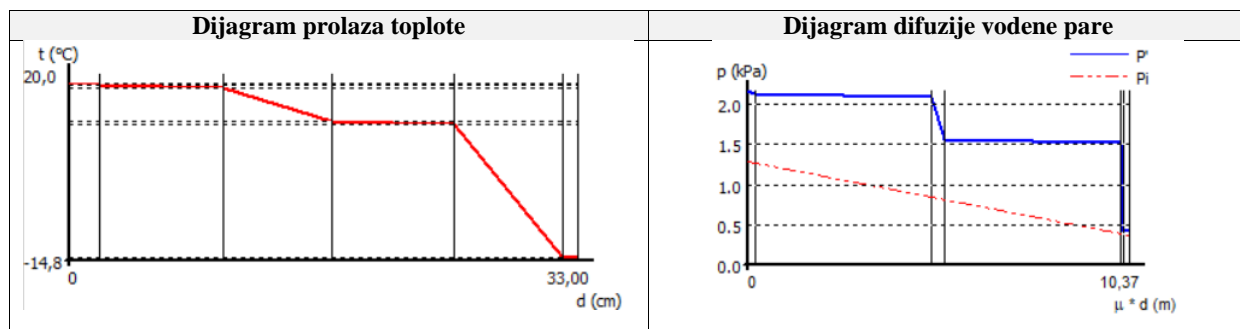
Predloženo rešenje R_1 -ETICS

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gipsani malter	2	1500	920	0,7	9
Beton	8	2400	960	2,04	60
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	7	550	1465	0,14	5
Beton	8	2500	960	2,04	60
Kamena vuna	7	120	840	0,036	1,3
Plemeniti malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,654	18,346
Gipsani malter	0,70	0,029	0,363	17,983
Beton	2,04	0,039	0,499	17,484
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,14	0,500	6,360	11,124
Beton	2,04	0,039	0,499	10,625
Kamena vuna	0,036	1,944	24,734	-14,109
Plemeniti malter	0,7	0,014	0,182	-14,291
Prelaz		0,040	0,509	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,736		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,188	18,812	2,171	1,285
Gipsani malter	9	0,18	0,261	18,551	2,136	1,269
Beton	60	4,80	0,358	18,193	2,088	0,844
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	5	0,35	4,569	13,623	1,560	0,813
Beton	60	4,80	0,358	13,265	1,524	0,388
Kamena vuna	1,3	0,12	17,769	-4,504	0,422	0,378
Plemeniti malter	15	0,15	0,131	-4,634	0,418	0,365
Prelaz			0,366	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		10,397				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m²K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,37	U sklopu ne dolazi do kondenzacije	-

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,35	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m²K/W]	2,551	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	413,22	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]	-	-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

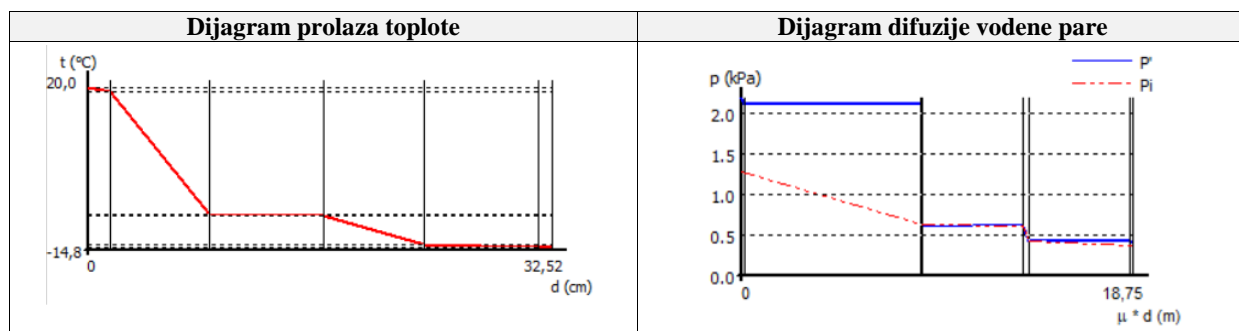
Predloženo rešenje R_{3-US}

Sastav sklopa					
Naziv građevinskog sloja	δ [cm]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
Gips-kartonske ploče	1,5	900	840	0,21	12
Parna brana	0,02	1200	960	0,19	42000
Kamena vuna	7	30	840	0,033	1
Beton	8	2400	960	2,04	60
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	7	550	1465	0,14	5
Beton	8	2500	960	2,04	60
Fasadni malter	1	1850	1050	0,7	15

Skica sklopa	Ventilisanost
	Neventilisan sklop

Prolaz toplote i polje temperature				
Opis	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
Unutra				20,000
Prelaz		0,130	1,530	18,470
Gips-kartonske ploče		0,071	0,841	17,629
Parna brana		0,001	0,012	17,617
Kamena vuna	0,21	2,121	24,969	-7,352
Beton	0,19	0,039	0,462	-7,814
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	0,033	0,500	5,886	-13,699
Beton	2,04	0,039	0,462	-14,161
Fasadni malter	0,14	0,014	0,168	-14,329
Prelaz		0,040	0,471	-14,800
Spolja				-14,800
Ukupan otpor		2,956		

Difuzija vodene pare i isušenje						
Opis	μ [-]	r [m]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]	p' [kPa]	p_s [kPa]
Unutra				20,000	2,337	
Prelaz			1,225	18,775	2,166	1,285
Gips-kartonske ploče	12	0,18	0,673	18,102	2,077	1,277
Parna brana	42000	8,40	0,010	18,092	2,075	0,864
Kamena vuna	1	0,07	17,131	0,961	0,655	0,861
Beton	60	4,80	0,369	0,592	0,638	0,625
Betonske ploče sa dodatkom piljevine	5	0,35	4,711	-4,119	0,436	0,608
Beton	60	4,80	0,369	-4,489	0,423	0,372
Fasadni malter	15	0,15	0,135	-4,623	0,418	0,365
Prelaz			0,377	-5,000	0,405	0,365
Spolja				-5,000		
Ukupan otpor		18,75				



Površinski koeficijent prolaza toplote U [W/(m ² K)]	Proračun kondenzacije	Vreme isušenja/sadržaj vlage
0,34	U sklopu dolazi do kondenzacije između slojeva 3 i 4 i između slojeva 5 i 6	23 dana < 90 dana 2,13 % < 2,36 %

	Vrednost	Minimum	Zadovoljava
Temperatura na unutrašnjoj površini [°C]	18,295	10,7	DA
Toplotna otpornost konstrukcije R [m ² K/W]	2,48	0,72	DA
Faktor prigušenja oscilacije temperature ν [-]	290,38	15	DA
Faktor kašnjenja oscilacije temperature η [h]		-	DA*

*Faktor prigušenja oscilacija temperature je veći od 35, tako da proračun kašnjenja oscilacija nije potreban.

Gubici toplote

Transmisioni gubici toplote zgrade

Površinski transmisioni gubici H_{TS} [W/K]

Element	Oznaka	U (W/m ² K)	F_x	A (m ²)	$U \cdot A \cdot F_x$
Spoljni zid	SZ-01	0,38	1,0	520,28	197,71
	SZ-02	0,40	1,0	523,48	209,39
	SZ-03	0,38	1,0	15,62	5,94
	SZ-04	0,37	1,0	354,28	131,08
Zid prema negrejanim prostorima	UZ-01	1,13	0,5	11,84	6,69
	UZ-02	1,10	0,5	11,84	6,51
	UZ-03	1,62	0,5	8,90	7,21
	UZ-04	1,50	0,5	3,32	2,49
	UZ-05	1,76	0,5	11,84	10,42
	UZ-06	1,56	0,5	26,69	20,82
	UZ-07	1,84	0,5	23,68	21,79
	UZ-08	3,49	0,5	307,89	537,27
	UZ-09	3,49	0,5	393,33	686,36
	UZ-10	2,32	0,5	59,64	69,18
Međuspratna konstrukcija iznad otvorenog prolaza	MK-01	0,47	1,0	28,16	13,24
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	MK-02	0,33	0,5	127,38	21,02
	MK-03	0,42	0,5	14,26	2,99
	MK-04	0,42	0,5	55,94	11,75
	MK-05	0,43	0,5	9,62	2,07
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,19	1,0	261,46	49,68
UKUPNO NETRANSARENTNE POVRŠINE				2769,45	2013,59
Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	1,48	1,0	9,31	13,78
	P-02	1,50	1,0	226,20	339,30
	P-03	1,54	1,0	563,76	868,19
	BV-01	1,51	1,0	311,61	470,53
Spoljna vrata	SV-01	4,36	1,0	2,50	10,90
Unutrašnja vrata	UV-01	2,70	0,5	7,55	10,19
	UV-02	6,84	0,5	2,12	7,25
	UV-03	2,70	0,5	123,50	166,73
UKUPNO TRANSPARENTNE POVRŠINE				1246,55	1886,87
UKUPNO				4016,0	3900,46

$$H_{TS} = 3900,46 \text{ W/K}$$

Linijski transmisioni gubici H_{TB} [W/K]: $H_{TB} = 0.1 \cdot \Sigma A = 0.1 \cdot 4976,98$ $H_{TB} = 497,70 \text{ W/K}$

Ukupni transmisioni gubici H_T [W/K]: $H_T = H_{TS} + H_{TB} = 3900,46 + 497,70$

$$H_T = 4398,16 \text{ W/K}$$

Specifični transmisioni gubitak toplote zgrade $H_{T'}$ [W/(m²K)]:

$$H_{T'} = H_T / A = 4398,16 / 4976,98$$

$$H_{T'} = 0,88 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$H_{T'}$ [W/(m ² K)]	$H_{T'_{max}}$ [W/(m ² K)]	Ispunjeno DA / NE
0,88	0,632	NE

Ventilacioni gubici toplote zgrade H_v [W/K]

Neto zapremina grejanog prostora V_N [m ³]	8821,71
Zaptivenost prozora	Dobra
Broj izmena vazduha n [h ⁻¹]	0,5

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot V_N \cdot n = 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot 8821,71 \text{ m}^3 \cdot 0,5 \text{ h}^{-1}$$

$$H_V = 1455,58 \text{ W/K}$$

Ukupni gubici toplote

Podaci o gubicima toplote	[kW]
Transmisioni gubici kroz netransparentni deo omotača zgrade	2,01*(20-(-14,8))=69,95
Transmisioni gubici kroz prozore i vrata	1,89*(20-(-14,8))=65,77
Ventilacioni gubici kroz prozore i vrata	1,46*(20-(-14,8))=50,81
Linijski gubici	0,50*(20-(-14,8))=17,4
Ukupni gubici toplote	203,93

Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplotne energije

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} = (4398,16 + 1455,58) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} = 140,49 \cdot HDD$$

Dobici toplote

Dobici toplote od Sunčevog zračenja

Ulazni podaci za proračun dobitaka od Sunčevog zračenja

	Sever	Istok	Jug	Zapad
Faktor osenčenosti F_{sh}	0,9/0,6	0,9/0,6	0,9/0,6	0,49
Faktor propustljivosti Sunčevog zračenja za staklo g_{gl}	0,62	0,62	0,62	0,62
Faktor rama F_{fr}	0,2	0,2	0,2	0,2
Emisivnost spoljne površine zida α_{sc}	0,6	0,6	0,6	0,6
Otpor prelazu toplote za spoljnu stranu zida $R_{s,c}$	0,04	0,04	0,04	0,04

Površine preko kojih se ostvaruju solarni dobitci

Element	Oznaka	U (W/m ² K)	A (m ²)				A _{sol} (m ²)			
			Sever	Jug	Istok	Zapad	Sever	Jug	Istok	Zapad
Spoljni zid	SZ-01	0,38	260,14	260,14	0,00	0,00	2,37	2,37	0,00	0,00
	SZ-02	0,40	134,55	134,55	209,78	44,61	1,29	1,29	2,01	0,43
	SZ-03	0,38	0,00	0,00	10,42	5,21	0,00	0,00	0,10	0,05
	SZ-04	0,37	23,63	23,63	153,50	153,50	0,21	0,21	1,36	1,36
Ravan krov iznad grejanog prostora	RK-01	0,19	261,46				1,19			
Ukupno netransparentne površine			418,32	418,32	373,70	203,32	3,87	3,87	3,47	1,84
Prozori i balkonska vrata grejanih prostorija	P-01	1,48	0,00	0,00	6,21	3,10	0,00	0,00	3,04	1,52
	P-02	1,50	75,40	75,40	37,70	37,70	36,00	36,00	18,00	18,00
	P-03	1,54	0,00	0,00	287,10	276,66	0,00	0,00	135,28	130,36
Spoljna vrata	BV-01	1,51	103,87	103,87	51,94	51,94	50,88	50,88	25,44	25,44
Spoljna vrata	SV-01	4,36	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,85
Ukupno transparentne površine			179,27	179,27	382,94	371,90	86,87	86,87	181,76	176,17

Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja

Meseci	Oktobar	Novembar	Decembar	Januar	Februar	Mart	April
Sever	45,18	55,57	44,35	53,99	69,36	111,69	69,17
Jug	169,24	206,15	163,63	199,12	238,57	298,85	134,39
Istok	83,75	86,40	63,62	81,17	137,94	198,87	119,68
Zapad	50,82	52,43	38,61	49,25	83,70	120,68	72,63
Hor	47,72	48,82	36,34	45,87	64,76	111,45	71,71
Q_{sol,C^*}	396,71	449,37	346,55	429,40	594,32	841,53	467,58

* Q_{sol,C^*} - Meseci Oktobar i April su redukovani sa vrednošću od 0,5, jer grejna sezona počinje/završava se 15. u mesecu

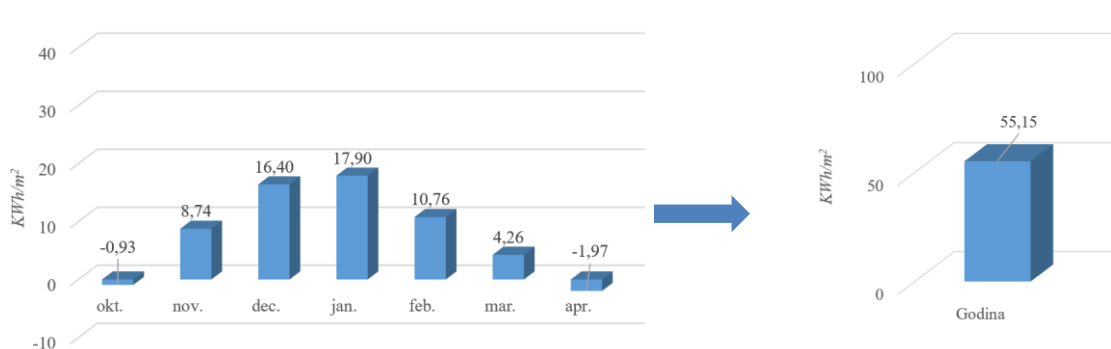
Proračun godišnje potrebne finalne energije za grejanje

Mesec	$Q_{H,ht}$	$Q_{sol,gl}$	$Q_{sol,c}$	Q_{sol}	Q_{lj}	Q_{el}	Q_{int}	$Q_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$
okt.	15172,92	12965,06	396,71	13361,77	1136,40	4324,20	5460,60	18822,37	-3273,00
nov.	55634,04	14127,60	449,37	14576,97	2272,80	8648,40	10921,20	25498,17	30645,83
dec.	79376,85	10686,37	346,55	11032,92	2348,56	8936,68	11285,24	22318,16	57505,05
jan.	87384,78	13406,20	429,40	13835,60	2348,56	8936,68	11285,24	25120,84	62766,36
feb.	68418,63	20514,54	594,32	21108,87	2121,28	8071,84	10193,12	31301,99	37742,68
mar.	55212,57	28956,39	841,53	29797,92	2348,56	8936,68	11285,24	41083,16	14951,07
apr.	15172,92	16618,97	467,58	17086,55	1136,40	4324,20	5460,60	22547,15	-6923,28
								$\Sigma Q_{H,nd}$	193414,71

Specifična godišnja potrebna energija za grejanje: $q_{H,nd} = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} = \frac{193414,71}{3507,37} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Relativna godišnja potrebna energija za grejanje: $Q_{H,nd,rel} = \frac{q_{H,nd}}{Q_{H,nd,max}} = \frac{55,14}{70} = 78,77 \%$

Dijagram potrebne toplote za grejanje po mesecima, sa uračunatim prekidima grejanja:



Godišnja potrebna energija i energetski razred zgrade, prema Pravilniku o uslovima, sadržaju i postupku izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada:

Zgrade sa više stanova		postojeće
Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]
A+	≤ 15	≤ 10
A	≤ 25	≤ 18
B	≤ 50	≤ 35
C	≤ 100	≤ 70
D	≤ 150	≤ 105
E	≤ 200	≤ 140
F	≤ 250	≤ 175
G	> 250	> 175

$Q_{H,nd}$	193414,71 kWh/a
$q_{H,nd}$	55,14 kWh/m²a
$Q_{H,nd,rel}$	117,74 %
Razred:	C

Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укоричити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Стратешки модел планирања и пројектовања обнове бетонских фасада високих слободностојећих стамбених зграда с аспекта енергетске ефикасности, трајности и безбедности од пожара
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
Истраживање је реализовано у оквиру израде докторске дисертације на студијском програму Грађевинарство.
1. Опис података
1.1 Врста студије Докторска дисертација чији је циљ био развој и формирање стратешког модела планирања и пројектовања обнове бетонских фасада високих слободностојећих стамбених зграда с аспекта енергетске ефикасности, трајности и безбедности од пожара.
1.2 Врсте података
а) квантитативни
б) квалитативни
1.3. Начин прикупљања података
а) анкете, упитници, тестови
б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи
в) генотипови: навести врсту _____
г) административни подаци: навести врсту _____
д) узорци ткива: навести врсту _____
ђ) снимци, фотографије: дигиталне фотографије, сателитски снимци, терестријалне фотографије и фотографије затвореног опсега.
е) текст, стручна литература, законски и подзаконски акти, грађевински стандарди, технички каталози и пројектно-техничка документација.
ж) мапа, тематске мапе
з) остало: сопствена експериментална истраживања

1.4 Формат података, употребљене скале, количина података

1.4.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

- a) Excel фајл, датотека .xlsx
- b) SPSS фајл, датотека _____
- c) PDF фајл, датотека .pdf
- d) Текст фајл, датотека .pdf
- e) JPG фајл, датотека JPEG, TIFF, PNG
- f) Остало, датотека Geo-referenced TIFF, .shp

1.4.2. Број записа (код квантитативних података)

- a) број варијабли **велики број**
- б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) **велики број**

1.4.3. Поновљена мерења

- a) да
- б) не

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

- a) Да
- б) Не

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

- a) експеримент, In situ, нумерички и рачунарски експерименти
- б) корелационо истраживање, компаративне анализе
- ц) анализа текста, систематски преглед стручне литературе из области истраживања, законских и подзаконских аката, грађевинских стандарда, техничких каталога и пројектно-техничке документације анализираних зграда.
- д) остало, анализа података из базе података Ватрогасно-спасилачке јединице Нови Сад.

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

Подаци су прикупљени применом беспилотне летелице са интегрисаном RGB камером, беспилотне летелице са интегрисаном термалном камером, термовизијске камере FLIR, електронског геодетског инструмента – тоталне станице, GNSS пријемника; Подаци/резултати су генерисани применом фотограметријског софтвера Pix4D, новокреираног полуаутоматизованог дигиталног алата, нумеричког модела деградације, стандарда обухваћених Правилником о енергетској ефикасности зграда (Службени

гласник, бр. 61/2011), новокреиране методологије за процену ризика од пожара, излазним резултатом модела у форми досијеа зграде.

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да **Не**

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података?

Коришћени су верификовани извори података, технологије које се често користе у савременој инжењерској пракси и верификовани дигитални алати.

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

Валидација података је реализована од стране ментора истраживања.

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у **Репозиторијум докторских дисертација на Универзитету у Новом Саду.**

3.1.2. URL адреса <https://cris.uns.ac.rs/searchDissertations.jsf>

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

- a) **Да**
- б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____
- в) **Не**

3.2 Метаподаци и документација података

-

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? **Неограничено.**

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да **Не**

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да **Не**

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да **Не**

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да **Не**

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да **Не**

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

а) **јавно доступни**

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

Ауторство – некомерцијално – без прераде

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

Сузана Драганић, suzanav@uns.ac.rs

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

Сузана Драганић, suzanav@uns.ac.rs

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима

Сузана Драганић, suzanav@uns.ac.rs