Upravljanje preciznošću procjene projekata preko indeksa kvalitete

Škrlec, Krunoslav

Doctoral thesis / Disertacija

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics Varaždin / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike Varaždin**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:422347

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

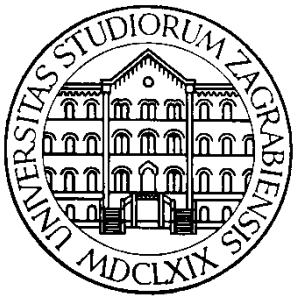
Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN

Repository / Repozitorij:

Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet organizacije i informatike

Mr. sc. Krunoslav Škrlec, dipl. ing. stroj.

UPRAVLJANJE PRECIZNOŠĆU PROCJENE PROJEKATA PREKO INDEKSA KVALITETE

DOKTORSKI RAD

Varaždin, 2017.

PODACI O DOKTORSKOM RADU

I. AUTOR

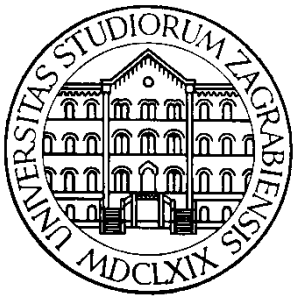
Ime i prezime	Krunoslav Škrlec
Datum i mjesto rođenja	9. srpnja 1974., Koprivnica
Naziv fakulteta i datum diplomiranja	Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu VII/I, 19. svibnja 2000.
Sadašnje zaposlenje	Visoko gospodarsko učilište u Križevcima.

II. DOKTORSKI RAD

Naslov	Upravljanje preciznošću procjene projekata preko indeksa kvalitete
Broj stranica, slika, tablica, priloga, bibliografskih podataka	Broj stranica: 174, slika: 60, tablica: 76, priloga: 4, bibliografskih podataka: 68.
Znanstveno područje i polje iz kojeg je postignut akademski stupanj	Znanstveno područje: društvene znanosti, znanstveno polje: informacijske i komunikacijske znanosti.
Mentor i voditelj rada	Prof. dr. Vesna Dušak i prof. dr. Nina Štirmer
Fakultet na kojem je rad obranjen	Fakultet organizacije i informatike Varaždin, Sveučilište u Zagrebu.
Oznaka i redni broj rada	134.

III. OCJENA I OBRANA

Datum sjednice Fakultetskog vijeća na kojoj je prihvaćena tema	24. rujna 2014.
Datum predaje rada	7. veljače 2017.
Datum sjednice Fakultetskog vijeća na kojoj je prihvaćena pozitivna ocjena rada	25. travnja 2017.
Sastav Povjerenstva koje je rad ocijenilo	Prof. dr. Vesna Dušak, Prof. dr. Nina Štirmer, Prof. dr. Tihomir Hunjak, Prof. dr. Jasminka Dobša, Prof. dr. Anita Cerić.
Datum obrane	18. svibnja 2017.
Sastav Povjerenstva pred kojim je rad obranjen	Prof. dr. Tihomir Hunjak, Prof. dr. Jasminka Dobša, Prof. dr. Anita Cerić.
Datum promocije	



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet organizacije i informatike

Mr. sc. Krunoslav Škrlec, dipl. ing. stroj.

UPRAVLJANJE PRECIZNOŠĆU PROCJENE PROJEKATA PREKO INDEKSA KVALITETE

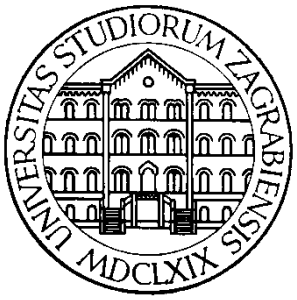
DOKTORSKI RAD

Mentorice:

Prof. dr. sc. Vesna Dušak

Prof. dr. sc. Nina Štirmer

Varaždin, 2017.



Sveučilište u Zagrebu

Faculty of Organization and Informatics

Mr. sc. Krunoslav Škrlec, dipl. ing. stroj.

PRECISION ASSESSMENT MANAGEMENT OF PROJECTS USING QUALITY INDEX

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Vesna Dušak, Ph.D.

Nina Štirmer, Ph.D.

Varaždin, 2017.

ZAHVALE:

Nema većeg zadovoljstva od trenutka kad čovjek nakon dugog puta izrade ovog rada ima čast napisati zahvalu svima koji su mu pomagali na tom putu i koji su proživljavali svaki trenutak radosti i razočaranja.

Zato neizmjerno zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji, posebno supruzi Miluški koja je uložila ogroman trud oko djece kako bih nesmetano mogao raditi te roditeljima Mariji i Vjekoslavu koji su najintenzivnije proživljavali svaki trenutak tijekom izrade rada.

Najtoplije zahvaljujem i svojim mentoricama prof. dr. Vesni Dušak i prof. dr. Nini Štirmer na velikom povjerenju i poštovanju kod izrade rada te svim onima koji su mi na bilo koji način pomogli i zajedno s obitelji stvorili ozračje koje je dovelo do ovog trenutka.

Iako je to najmanji način kako uzvratiti na pruženoj potpori, nadam se da će ih ove riječi zahvale učiniti sretnim i ponosnim što su sudjelovali zajedno sa mnom na tom putu.

Krunoslav Škrlec

SAŽETAK

Rad obrađuje proces upravljanja projektima u sektoru energetskog građevinarstva i korištenja informacijske tehnologije s ciljem optimiziranja svih čimbenika koji utječu na konačnu ocjenu kvalitete projekta. Provedeno istraživanje u radu usmjereno je prema informacijskom modelu koji je sposoban projicirati potrebnu kvalitetu zgrade s obzirom na uvjete projektiranja, uvjete izgradnje, uvjete zbog odmaka vremena te uvjete zbog korištenja zgrade. Takav model ima zadatak detektirati nedostatke te ponuditi adekvatne korektivne mjere ili procedure kako bi se zadržala ili povećala željena kvaliteta. U radu se takav informacijski model upravljanja preciznošću oslanja na četiri novoidentificirana indeksa kvalitete. Doktorski rad je koncipiran u sedam poglavlja. U okviru prvog poglavlja doktorske disertacije opisani su motivi odabira teme, definiran je i opisan problem istraživanja te su navedeni ciljevi istraživanja i zadane hipoteze. U drugom poglavlju objašnjena je važnost energetske učinkovitosti u današnjem poslovanju kroz parametre vezane uz fiziku zgrade. Treće poglavlje govori o postojećoj metodologiji procjene projekata energetske učinkovitosti zgrade. Definira i opisuje algoritme za proračun potrebne energije te ukazuje na nedostatke postojeće metodologije kao i postojećeg modela. U četvrtom poglavlju opisani su ciljevi istraživanja i metode istraživanja koje su se koristile za prikupljanje i obradu podataka. U petom poglavlju opisani su parametarski kriteriji te postojeća ograničenja koja se odnose na definirane parametre. Prikazani su i objašnjeni metodološki i matematički temelji korištene metode. Šesto poglavlje sadržava metodološki i matematički opis modela. U sedmom poglavlju prikazani su rezultati koje daje novi model. Prikazana je komparacija dobivenih rezultata novim odnosno postojećim modelom procjene kvalitete.

Ključne riječi: *upravljanje projektima, informacijske tehnologije, energetska učinkovitost, informacijski model, fizika zgrade, matematički model, kvaliteta*

SUMMARY

The thesis elaborates on the process of managing projects in the sector of energy efficiency civil engineering and usage of information technology with the objective of optimization of all factors that influence final assessment of project quality. The research was oriented towards information model which is capable of projecting the required quality of the building, conditions caused by time lapse and conditions caused by the usage of the building. Such model has the task to detect deficiencies and offer adequate improvement measures or procedure sin order to maintain or increase desired quality. In the thesis such precision management model relies on four newly identified quality indexes. The thesis is divided in seven chapters. The first chapter of the thesis describes the rationale of topic selection, defines problem area that is researched and outlines research objectives and defined hypotheses. The second chapter explains the importance of energy efficiency in current business practices through parameters related to the physical properties of the building. The third chapter talks about the existing methodology of project assessment of energy efficiency of buildings. It defines and describes algorithms for calculation of necessary energy and indicates deficiencies of the existing methodology and the existing model. The fourth chapter describes research objectives and methods used for collecting and processing data. The fifth chapter describes parameter criteria and existing limitations that refer to defined parameters. Methodological and mathematical foundations and methods are outlined and explained. The sixth chapter comprises methodological and mathematical description on the model. The seventh chapter provides an outline of results obtained by usage of the new model. It also presents comparison of results obtained with the new and the existing quality assessment model.

Keywords: information technologies, energy efficiency, information model

Key words: *project management, information technologies, energy efficiency, information model, physics of the building, mathematical model, quality*

PREDGOVOR

Pristup projektima bilo koje vrste u današnje vrijeme od svih sudionika u tom procesu traži izvrsnost, jer u protivnom projekt ne uspijeva i tržište ga ne prihvaća. Iz tog razloga svakom projektu mora se pristupiti na poseban način. Taj poseban način od sudionika potražuje poznavanje različitih vještina i znanja. Upravo je to posljedica trenda suvremenog poslovanja koji u težište stavlja izvrsnost odnosno kvalitetu koju osjetljivo tržište nužno zahtjeva. Međutim, taj trend ima za posljedicu i zahtjeve koji ispripliću različita područja znanja koja su nužna da projekti postignu što bolji stupanj izvrsnosti. Takav slučaj su upravo projekti vezani uz energetsku učinkovitost. Takvi projekti ne mogu uspjeti bez simbioze različitih područja znanja, u ovom slučaju bez informacijske tehnologije koja se najbolje očitava kroz neophodne simulacije i upravljanja parametrima koji su nužni u procesu realizacije takvih projekata, a prema Oreškoviću (Orešković, 2004.) niti bez kontrole projekta kroz upravljanje rizicima koji se javljaju u svim fazama realizacije.

Sažeto rečeno, suvremeno upravljanje projektima u sektoru gospodarenja energijom, nezamislivo je, a vjerojatno i nemoguće bez podrške informacijskih znanosti. Prepoznavanje mjerljivih čimbenika koji utječu na preciznost procjene kvalitete energetske učinkovitosti građevinskih objekata te njihovo upravljanje, kada su prisutni različiti rizici, poprima presudni značaj u implementaciji projekta, a Gelo (Gelo, 2010.) ističe kako su energetski pokazatelji indikatori razvijenosti zemlje. Iz tog razloga neophodno je imati informacijski model koji je sposoban projicirati potrebnu kvalitetu zgrade s obzirom na uvjete koje tržište odnosno korisnik zahtijeva.

Provedeno istraživanje u radu ima za cilj definirati neophodne parametre preciznosti procjene kvalitete te na taj način uspostaviti bolji i pouzdaniji sustav upravljanja procjenom preko novog modela kojim će se značajno utjecati na konačne rezultate projekata. Pod tim se podrazumijeva definiranje i mjerenje dodatnih parametara koji utječu na preciznost procjene kvalitete provedbe projekta, njihovu obradu te istraživanje utjecaja odabranih parametara na konačnu učinkovitost projekta podizanja energetske učinkovitosti koja postaje neizostavni element svakog današnjeg projekta u sektoru građevinarstva.

U okviru prvog poglavlja doktorske disertacije opisani su motivi odabira teme, definiran je i opisan problem istraživanja te su navedeni ciljevi istraživanja i zadane hipoteze.

U drugom poglavlju objašnjena je važnost energetske učinkovitosti u današnjem poslovanju kroz parametre vezane uz fiziku zgrade te postupke koji se provode prilikom energetskog pregleda zgrade te davanje procjene kvalitete zgrade u odnosu na potrošnju energije za grijanje.

Treće poglavlje govori o postojećoj metodologiji procjene projekata energetske učinkovitosti zgrade. Pojašnjava i definira parametre koji se koriste u metodologiji kao i u modelu za procjenu. Definira i opisuje algoritme za proračun potrebne energije te ukazuje na nedostatke postojeće metodologije kao i postojećeg modela. Na kraju poglavlja opisan je i alat termografskog mjerenja sa svim prednostima i nedostacima.

U četvrtom poglavlju opisani su ciljevi istraživanja i metode istraživanja koje su se koristile za prikupljanje i obradu podataka. Za analizu prikupljenih podataka koristila se deskriptivna statistika, parametarska analiza te korelacijska analiza. Objašnjenje navedenih metoda te pregled i interpretacija dobivenih rezultata sastavni su dijelovi ovog poglavlja i to na način da su odvojeno prikazani rezultati istraživanja koji se odnose na mjerenja potrebna kao ulazni podaci, kao i rezultati istraživanja dobiveni statističkom obradom parametara.

U petom poglavlju opisani su parametarski kriteriji te postojeća ograničenja koja se odnose na definirane parametre. Prikazani su i objašnjeni metodološki i matematički temelji korištene metode. Navode se prednosti i nedostaci metode višestruke regresijske analize te se daje uvid u najpoznatiju računalnu podršku toj metodi – programski alat *Statistics package for the social sciences* (*SPSS*). U drugom dijelu petog poglavlja prikazuje se proces razvoja modela za upravljanje preciznošću procjene projekata energetske učinkovitosti. Analizira se i pojašnjava svrha podjele modela na dijelove (1) vanjski zid, (2) strop iznad grijanog prostora te (3) vanjska stolarija. Na kraju poglavlja daje se interpretacija dobivenih rezultata modela.

Šesto poglavlje „Novi model procjene kvalitete energetske učinkovitosti zgrade“ sadržava metodološki i matematički opis modela. Prikazane su i opisane postavke modela te dijelovi modela. Posebno su istaknuti i matematički opisani novo definirani indeksi kvalitete koji su najvažniji dijelovi novog modela: (1) I_R – indeks kvalitete, I_S – indeks kvalitete, (3) I_C – indeks kvalitete te (4) I_I – indeks kvalitete. U poglavlju je opisan informacijski sustav modela preko baze podataka koji utječu na definirane parametre modela te neophodna mogućnost nadogradnje sustava upravljanja podacima. Na kraju poglavlja prikazano je testiranje modela te simulacija potrebnih korektivnih mjera na stvarnim građevinskim objektima.

U sedmom poglavlju prikazani su rezultati koje daje novi model upravljanja preciznošću procjene projekata energetske učinkovitosti. Prikazana je simulacijska komparacija dobivenih rezultata novim odnosno postojećim modelom procjene kvalitete. Analitički i grafički prikazane su razlike dobivenih rezultata te njihov funkcijski odnos s potrebnim korekcijskim mjerama. Na kraju poglavlja opisana je i objašnjena važnost daljnjeg razvijanja modela.

Na kraju rada su navedeni zaključci koji su proizašli iz dobivenih rezultata istraživanja. Prikazana je kratka sinteza rada te su naznačeni daljnji mogući smjerovi istraživanja. Pregled korištene literature nalazi se također na kraju rada, a priložene su i radne tablice korištene u analizama te biografija autora.

SADRŽAJ

PREDGOVOR I
SADRŽAJ IV
Popis slika VIII
Popis tablica XI
1. UVOD 1
1.1. Opis problema istraživanja 2
1.2. Hipoteze i ciljevi istraživanja 4
1.3. Metodologija istraživanja 5
2. ENERGETSKA UČINKOVITOST U ZGRADARSTVU 9
2.1. Energija i fizika zgrade 9
2.1.1. Zrak i vlažnost zraka 9
2.1.2. Temperatura i toplina 10
2.2. Osnove zgradarstva i izvedbe zgrade 11
2.2.1. Stambene zgrade 12
2.3. Energetski pregledi zgrada 13
2.3.1. Europske direktive i ciljevi za uštedu energije 13
2.3.2. Energetski pregledi zgrada 14
2.4. Energetsko certificiranje zgrade 16
2.4.1. Općenito o energetskom certificiranju 16
2.4.2. Energetski razredi zgrade 18
3. POSTOJEĆA METODOLOGIJA PROCJENE KVALITETE 21
3.1. Metodologija proračuna toplinske energije 22
3.1.1. Osnove meteorologije 23
3.1.2. Referentni klimatski podaci 24
3.1.3. Stvarni klimatski podaci 27
3.1.4. Proračunski parametri 28
3.1.5. Utjecaj geometrije zgrade i faktora oblika na potrošnju energije 29
3.2. Metodologija provođenja energetskih pregleda 30
3.2.1. Provedbeni koraci energetskog pregleda 31
3.2.2. Pregled postojećeg stanja građevine 31

3.2.3. Analiza energetskih svojstava građevine 32
3.2.4. Prijedlog mjera poboljšanja 33
3.3. Algoritmi modela za procjenu kvalitete zgrade 33
3.3.1. Algoritam za proračun potrebne energije zgrade 34
3.3.2. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva 37
3.4. Termografija 38
3.4.1. Osnove termografije 39
3.4.2. Termografske metode 40
3.4.3. Analiza termograma 41
3.4.4. Termografska mjerenja u zgradarstvu 42
3.4.5. Postojeći računski programi za izračun gubitka energije 44
4. ISTRAŽIVANJE 46
4.1. Ciljevi istraživanja 46
4.2. Metode istraživanja 47
4.2.1. Metoda studije slučaja 48
4.2.2. Komparativna metoda 48
4.2.3. Deskriptivna statistika 49
4.2.4. Korelacijska i regresijska analiza 52
4.3. Prikupljanje podataka za istraživanje 57
4.3.1. Energetski pregledi zgrada 58
4.3.2. Analiza projektne dokumentacije 58
4.3.3. Mjerni instrumenti u istraživanju 60
4.4. Definiranje promatranih parametara 61
4.5. Rezultati mjerenja uređajem TESTO 435 65
4.5.1. Rezultati mjerenja parametara 66
4.5.2. Rezultati mjerenja - *vanjski zid* 67
4.5.3. Rezultati mjerenja – *vanjska stolarija* 69
4.5.4. Rezultati mjerenja – *strop iznad grijanog prostora* 72
5. REGRESIJSKA ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA 75
5.1. Regresijska analiza 75
5.1.1. Osnovni regresijski model 76
5.1.2. Primjeri osnovnih regresijskih modela 79
5.1.3. Osnovni višestruki regresijski model 82
5.2. Područje regresijske analize 83

5.2.1. Ovojnica zgrade i njezini dijelovi 83
5.2.2. Ograničenja u istraživanju 85
5.2.3. Ograničenje istraživanja prema namjeni zgrade 85
5.2.4. Ograničenje istraživanja prema veličini zgrade 86
5.2.5. Ograničenje istraživanja prema dijelovima ovojnice 86
5.2.6. Ograničenje istraživanja prema starosti zgrade 87
5.2.7. Višestruka regresijska analiza – *vanjski zid* 87
5.2.8. Višestruka regresijska analiza – *strop iznad grijanog prostora* 96
5.2.9. Višestruka regresijska analiza – *vanjska stolarija* 104

6. NOVI MODEL PROCJENE KVALITETE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI ZGRADE 112

6.1. Opis modela 112
6.2. Dijelovi modela 112
6.2.1. Opis modela za *vanjski zid* 113
6.2.2. Opis modela za *strop iznad grijanog dijela zgrade* 115
6.2.3. Opis modela za *vanjsku stolariju zgrade* 117
6.3. Integralni oblik modela procjene kvalitete preko indeksa kvalitete 119
6.4. Informacijski sustav u modelu 120
6.4.1. Postavke informacijskog sustava 121
6.4.2. Baza podataka korektivnih mjera za *vanjski zid* 123
6.4.3. Baza podataka korektivnih mjera za *strop iznad grijanog prostora* 128
6.4.4. Baza podataka korektivnih mjera za *vanjsku stolariju* 132
6.4.5. Nadogradnja sustava podataka 135
6.5. Određivanje prioriteta korektivnih mjera 137

7. KOMPARACIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA NOVIM MODELOM U ODNOSU NA POSTOJEĆI MODEL 140

7.1. Odabrani projekti i iznosi analiziranih parametara 140
7.2. Postojeći model upravljanja preciznošću kvalitete energetskih projekata 143
7.3. Novi model upravljanja preciznošću kvalitete energetskih projekata 147
7.4. Komparativni prikaz rezultata istraživanja 150
7.4.1. Parcijalni komparativni prikaz gubitka energije 151
7.4.2. Ukupni komparativni prikaz rezultata istraživanja 153

7.5. Utjecaj rezultata istraživanja na postavljene hipoteze 155
7.5.1. Utjecaj rezultata istraživanja na H_1 156
7.5.2. Interpretacija rezultata istraživanja za H_1 161
7.5.3. Utjecaj rezultata istraživanja na H_2 167
7.6. Dodatno razvijanje modela 168
8. ZAKLJUČAK 169
LITERATURA 170
Popis priloga 174

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Toplinski most snimljen termovizijskom kamerom (Andrassy, 2010.) 10
Slika 2-2. Zastupljenost obiteljskih kuća u ukupnoj stambenoj izgradnji 12
Slika 2-3. Obrazac energetskog certifikata (1.2. stranica) - stambene zgrade 17
Slika 2-4. Obrazac energetskog certifikata (1.2. stranica) - nestambene zgrade 17
Slika 3-1. Prosječne mjesečne količine Sunčeve energije za referentne klimatske podatke za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku 23
Slika 3-2. Prosječne mjesečne temperature vanjskog zraka za referentne klimatske podatke za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku 24
Slika 3-3. Broj stupanj dana za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku 25
Slika 3-4. Termografski snimak zgrade iz okoliša 43
Slika 3-5. Termografski snimak unutar zgrade (Andrassy, 2010.) 44
Slika 3-6. Termografski snimak izvan zgrade (Andrassy, 2010.) 44
Slika 3-7. Sučelje programskog paketa KI Expert 2011 45
Slika 3-8. Sučelje programskog paketa KI Expert 2011KI Expert 2013 45
Slika 4-1. Dijagram raspršenja $Q_{H,nd}$ i površine zida A_z 53
Slika 4-2. Dijagram raspršenja $Q_{H,nd}$i faktora oblika zgrade f_o 55
Slika 4-3. Tlocrt zgrade 59
Slika 4-4. Presjek zgrade 59
Slika 4-5. Uređaj TESTO 435 60
Slika 4-6. Mjerenje parametra uređajem TESTO 435 60
Slika 4-7. Termovizijska kamera 61
Slika 4-8. Mjerenje koeficijenta topline zida u ovisnosti o temperaturi i vremenu – primjer 1 65
Slika 4-9. Mjerenje koeficijenta topline zida u ovisnosti o temperaturi i vremenu – primjer 2 65
Slika 5-1. *Vanjski zid* zgrade 83
Slika 5-2. *Vanjska stolarija* 84
Slika 5-3. *Strop iznad grijanog prostora* 84
Slika 5-4. Dijagram frekvencija, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m* – za *vanjski zid* 94
Slika 5-5. Dijagram raspršenja predikatora, reziduala te zavisne varijable *($Q_{H,nd}$)m* - za *vanjski zid* 95

Slika 5-6. Dijagram frekvencija, reziduala te zavisne varijable *($Q_{H,nd}$)m* - za *strop iznad grijanog prostora* 102
Slika 5-7. Dijagram raspršenja predikatora, reziduala te zavisne varijable *($Q_{H,nd}$)m* - za *strop iznad grijanog prostora* 103
Slika 5-8. Dijagram frekvencija, reziduala te zavisne varijable *($Q_{H,nd}$)m* - za *vanjsku stolariju* 110
Slika 5-9. Dijagram raspršenja predikatora, reziduala te zavisne varijable *($Q_{H,nd}$)m* - za *vanjsku stolariju* 111
Slika 6-1. Konceptualni model upravljanja potrošnjom energije zgrade 122
Slika 6-2. Ispravno postavljena izolacija vanjskog zida 125
Slika 6-3. Ispravno postavljena izolacija vanjskog zida ventilirana fasada 129
Slika 6-4. Ispravno postavljena izolacija kosog krova 130
Slika 6-5. Ispravno postavljena izolacija stropa 131
Slika 6-6. Ispravno postavljena izolacija oko vanjske stolarije 134
Slika 6-7. Ispravno postavljena izolacija vanjskog zida oko vanjske stolarije 134
Slika 6-8. Određivanje prioriteta mjera za *vanjski zid zgrade* 137
Slika 6-9. Određivanje prioriteta mjera za *strop iznad grijanog prostora* 138
Slika 6-10. Određivanje prioriteta mjera za *vanjsku stolariju zgrade*, 139
Slika 7-1. Potrošnja energije projiciranog stanja(kWh) – *vanjski zid* 144
Slika 7-2. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora* 144
Slika 7-3. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjska stolarija* 145
Slika 7-4. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *cijela zgrada* 146
Slika 7-5. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjski zid* 147
Slika 7-6. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora* 148
Slika 7-7. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjska stolarija* 149
Slika 7-8. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *cijela zgrada* 150
Slika 7-9. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *vanjski zid* 151
Slika 7-10. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora* 151
Slika 7-11. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *vanjska stolarija* 152

Slika 7-12. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *cijela zgrada* 154
Slika 7-13. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *vanjski zid* 161
Slika 7-14. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *vanjski zid* 161
Slika 7-15. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *strop iznad grijanog dijela zgrade* 162
Slika 7-16. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *strop iznad grijanog dijela zgrade* 163
Slika 7-17. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *vanjsku stolariju* 164
Slika 7-18. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *vanjsku stolariju* 164
Slika 7-19. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *cijelu ovojnicu zgrade* 165
Slika 7-20. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *cijelu ovojnicu zgrade* 166

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Građevinske veličine stambenih i nestambenih zgrada za koje su izdane građevinske dozvole u razdoblju 1996.-2008. 13
Tablica 2-2. Energetski razredi stambenih zgrada 19
Tablica 2-3. Energetski razredi nestambenih zgrada 19
Tablica 3-1. Referentne vrijednosti meteoroloških parametara za kontinentalnu Hrvatsku 26
Tablica 3-2. Referentne vrijednosti meteoroloških parametara za primorsku Hrvatsku 26
Tablica 3-3. Unutarnje projektne temperature prema vrsti prostora 29
Tablica 4-1. Mjere centralnih tendencija skupova podataka 50
Tablica 4-2. Mjere raspršenja podataka 51
Tablica 4-3. Promatrane varijable u izračunu – *primjer 1* 53
Tablica 4-4. Sažeti model statističke obrade *($Q_{H,nd}$)m – z* i *A_z (m^2)* 54
Tablica 4-5. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *A_z (m^2)* 54
Tablica 4-6. Rezultati regresije – *koeficijenti modela ($Q_{H,nd}$)m – z* i *A_z (m^2)* 54
Tablica 4-7. Promatrane varijable u izračunu – *primjer 2* 55
Tablica 4-8. Sažeti model statističke obrade *($Q_{H,nd}$)m – z* i *f_o* 56
Tablica 4-9. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *f_o* 56
Tablica 4-10. Rezultati regresije – *koeficijenti modela ($Q_{H,nd}$)m – z* i *f_o* 56
Tablica 4-11. Utjecajni parametri kvalitete 61
Tablica 4-12. Rezultati mjerenja parametara *vanjskog zida* 67
Tablica 4-13. Rezultati mjerenja parametara *vanjske stolarije* 69
Tablica 4-14. Rezultati mjerenja parametara *stropa iznad grijanog prostora* 72
Tablica 5-1. Korelacija parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *d - opeke (cm)* 79
Tablica 5-2. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *d - opeke (cm)* 79
Tablica 5-3. Rezultati regresije – *koeficijenti modela ($Q_{H,nd}$)m – z* i *d - opeke (cm)* 80
Tablica 5-4. Korelacija parametara *($Q_{H,nd}$)m – k* i *A_k - (m^2)* 81
Tablica 5-5. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara *($Q_{H,nd}$)m – k* i *A_k - (m^2)* 81
Tablica 5-6. Rezultati regresije – *koeficijenti modela ($Q_{H,nd}$)m – k* i *A_k - (m^2)* 81

Tablica 5-7. Statistička analiza odabranih i definiranih parametara – *vanjski zid* 88
Tablica 5-8. Pearson-ova korelacija i signifikantnost promatranih parametara – *vanjski zid* 89
Tablica 5-9. Promatrane varijable u analizi – *vanjski zid* 90
Tablica 5-10. Sažeti model statističke obrade za – *vanjski zid* 91
Tablica 5-11. Rezultati višestruke regresije – *ANOVA* odnosa parametara za – *vanjski zid* 91
Tablica 5-12. Rezultati višestruke regresije – *koeficijenti modela* za – *vanjski zid* 92
Tablica 5-13. Rezultati višestruke regresije – *kolinearna analiza* za – *vanjski zid* 93
Tablica 5-14. Rezultati statističke obrade reziduala za – *vanjski zid* 93
Tablica 5-15. Statistička analiza odabranih i definiranih parametara – *strop iznad grijanog prostora* 96
Tablica 5-16. Pearson-ova korelacija i signifikantnost promatranih parametara za – *strop iznad grijanog prostora* 97
Tablica 5-17. Promatrane varijable u analizi za – *strop iznad grijanog prostora* 98
Tablica 5-18. Sažeti model statističke obrade za – *strop iznad grijanog prostora* 99
Tablica 5-19. Rezultati višestruke regresije – *ANOVA* odnosa parametara za – *strop iznad grijanog prostora* 99
Tablica 5-20. Rezultati višestruke regresije – *koeficijenti modela* za – *strop iznad grijanog prostora* 100
Tablica 5-21. Rezultati višestruke regresije – *kolinearna analiza* za – *strop iznad grijanog prostora* 101
Tablica 5-22. Rezultati statističke obrade reziduala za – *strop iznad grijanog prostora* 101
Tablica 5-23. Statistička analiza odabranih i definiranih parametara – *vanjska stolarija* 104
Tablica 5-24. Pearson-ova korelacija i signifikantnost promatranih parametara za – *vanjsku stolariju* 105
Tablica 5-25. Promatrane varijable u analizi za – *vanjsku stolariju* 106
Tablica 5-26. Sažeti model statističke obrade za – *vanjsku stolariju* 107
Tablica 5-27. Rezultati višestruke regresije – *ANOVA* odnosa parametara za – *vanjsku stolariju* 107
Tablica 5-28. Rezultati višestruke regresije – *koeficijenti modela* za – *vanjsku stolariju* 108
Tablica 5-29. Rezultati višestruke regresije – *kolinearna analiza* za – *vanjsku stolariju* 109
Tablica 5-30. Rezultati statističke obrade reziduala za – *vanjsku stolariju* 109

Tablica 6-1. Parametri analize za *vanjski zid* 113
Tablica 6-2. Koeficijenti modela za *vanjski zid* 114
Tablica 6-3. Parametri analize za *strop iznad grijanog prostora* 115
Tablica 6-4. Koeficijenti modela za *strop iznad grijanog prostora* 116
Tablica 6-5. Parametri analize za *vanjsku stolariju* 117
Tablica 6-6. Koeficijenti modela za *vanjsku stolariju* 118
Tablica 7-1. Odabrani projekti komparacije rezultata – *vanjski zid* 141
Tablica 7-2. Odabrani projekti komparacije rezultata – *strop iznad grijanog prostora* 141
Tablica 7-3. Odabrani projekti komparacije rezultata – *vanjska stolarija* 142
Tablica 7-4. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjski zid* 143
Tablica 7-5. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora* 144
Tablica 7-6. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjska stolarija* 145
Tablica 7-7. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *cijela vanjska ovojnica zgrade* 146
Tablica 7-8. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjski zid* 147
Tablica 7-9. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora* 148
Tablica 7-10. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjska stolarija* 149
Tablica 7-11. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *cijela zgrada* 149
Tablica 7-12. Komparativni prikaz potrošnje energije (kWh) – *cijela zgrada* 153
Tablica 7-13. Statistički pokazatelji parametara za – *vanjski zid* 157
Tablica 7-14. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *vanjski zid* 157
Tablica 7-15. Statistički pokazatelji parametara za – *strop iznad grijanog prostora* 158
Tablica 7-16. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *strop iznad grijanog prostora* 158
Tablica 7-17. Statistički pokazatelji parametara za – *vanjsku stolariju* 159
Tablica 7-18. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *vanjsku stolariju* 159
Tablica 7-19. Statistički pokazatelji parametara za – *cijelu vanjsku ovojnicu zgrade* 160
Tablica 7-20. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *cijelu vanjsku ovojnicu zgrade* 160

1. UVOD

Parametarski model koji će unaprijediti procjenu energetske učinkovitosti građevinskih objekata, oslonjen je na pokazatelje preciznosti procjene projekta i zahtijeva dopunu postojeće metodologije rada. Temelji se na višegodišnjem radu na projektima u sektoru energetskog građevinarstva. Istraživanja koja su provedena imaju za cilj definirati dodatne parametre preciznosti procjene kvalitete te na taj način uspostaviti bolji i pouzdaniji sustav upravljanja procjenom preko novog modela kojim će se značajno utjecati na konačne rezultate projekata. Pod tim se podrazumijeva definiranje i mjerenje dodatnih parametara koji utječu na preciznost procjene kvalitete provedbe projekta, njihovu obradu te istraživanje utjecaja odabranih parametara na konačnu učinkovitost projekta podizanja energetske učinkovitosti koja postaje neizostavni element svakog današnjeg projekta u sektoru građevinarstva.

Područje interesa ovog rada je upravljanje rizicima projekata u sektoru građevinarstva, u djelu koji se odnosi na energetsku učinkovitost, uzimajući u obzir četiri nova indeksa. Definiranje takvih indeksa kvalitete ima za cilj otkloniti pogreške koje se javljaju prilikom mjerenja i ocjeni kvalitete projekata po postojećoj nacionalnoj metodologiji koja ne uzima u obzir promjenu projektiranih parametara s vremenskim odmakom.

Ta četiri indeksa kvalitete čine:
Ir – indeks projektiranog stanja u odnosu na izvedeno stanje,
Is – indeks održivosti ugrađene kvalitete sustava s vremenskim odmakom,
Ic – indeks provjere sukladnosti proizvoda,
Ii – indeks ugradnje segmenata energetske učinkovitosti.

Is - Indeks održivosti ugrađene kvalitete sustava definiran je omjerom početne kvalitete ugrađenog sustava u odnosu na kvalitetu sustava nakon odmaka vremena (starenja), koji će za potrebe istraživanja biti u rasponu od 1-10 (12) godina.

Ii - Indeks ugradnje segmenata koji utječu na energetsku učinkovitost odnosi se na gubitak energije koji se ostvaruje neadekvatnom ugradnjom pojedinih gotovih građevinskih segmenata. Navedeni indeks predstavlja omjer gubitaka energije ispravnom ugradnjom u odnosu na gubitke energije neadekvatnom ugradnjom.

Ir - indeks odnosi se na probleme koji se javljaju iz razloga što se po postojećoj metodologiji stupanj energetske učinkovitosti za građevinske objekte projicira na temelju izrađene projektne dokumentacije. Problem takve metodologije je u tome što se često puta projektirano stanje razlikuje od stvarno izvedenog stanja. Taj način uzrokuje pogrešku u izračunu energetske učinkovitosti, a koju bi trebao navedeni indeks uzeti u obzir i time poboljšati konačnu projekciju kvalitete.

Ic - indeks odnosi se na sukladnost proizvoda koji se ugrađuju u cilju povećanja energetske učinkovitosti. Dosadašnja praksa pokazala je odstupanja u korištenju podataka preuzetih iz izdanih i verificiranih Izjava o svojstvima proizvoda u odnosu na podatke koji se koriste za proračun stupnja energetske učinkovitosti objekta. Cilj navedenog indeksa je takve greške svesti na minimum ili ih u potpunosti ukloniti.

Sukladno europskoj direktivi, procjena energetske učinkovitosti građevinskog objekta uglavnom je uniformna s malim odstupanjima uglavnom zbog geografskih, odnosno klimatskih faktora za koje postoje korektivni faktori.

1.1. Opis problema istraživanja

Prepoznavanje mjerljivih čimbenika koji utječu na preciznost procjene kvalitete energetske učinkovitosti građevinskih objekata, kada su prisutni rizici s vremenskim pomakom predmet je izučavanja ovog rada. Parametarski model koji će unaprijediti procjenu energetske učinkovitosti građevinskih objekata, oslonjen je na pokazatelje preciznosti procjene projekta i zahtijeva dopunu postojeće metodologije rada. Temelji se na višegodišnjem radu na projektima u sektoru energetskog građevinarstva, a rad na tom području iniciran je sve većim interesim za energetski pametnim zgradama što potvrđuju i istraživanja Nils Kok-a (Kok, 2012.) koji zaključuje kako se porast takvih zgrada udvostručio u zadnjih 10 godina. Istraživanja koja će biti provedena imaju za cilj definirati dodatne parametre preciznosti procjene kvalitete te na taj način uspostaviti bolji i pouzdaniji sustav upravljanja procjenom preko novog modela kojim će se značajno utjecati na konačne rezultate projekata. Pod tim se podrazumijeva definiranje i mjerenje dodatnih parametara koji utječu na preciznost procjene kvalitete provedbe projekta, njihovu obradu te istraživanje utjecaja odabranih parametara na konačnu učinkovitost projekta podizanja energetske učinkovitosti koja postaje neizostavni element svakog današnjeg projekta

u sektoru građevinarstva. Suvremena istraživanja na području upravljanja građevinskim projektima (Dunović Burcar, 2012.), (Dolaček, 2009.) definiraju ključne čimbenike takvih projekata, međutim rezultati najnovijih mjerenja ukazuju na nedostatke koji se javljaju koristeći postojeću metodologiju procjene energetske učinkovitosti objekata. Važnost projektiranja zgrada s visokom energetskom učinkovitošću naglašava i Roulet (Roulet, 2006.) koji svojim rezultatima istraživanja pronalazi vezu između energetski učinkovitih zgrada i zadovoljstva i zdravlja stanara bez obzira jesu li to stambene ili poslovne zgrade. Jones (Jones, 2010.) povezuje strategiju upravljanja energetski učinkovitim zgradama sa strategijom nacionalne politike suzbijanja emisija stakleničkih plinova. Navedena istraživanja potvrđuju i istraživanja na području Republike Hrvatske (Škrlec, 2015.) u kojima se ističe važnost strategija mjera energetske učinkovitosti na lokalnoj razini, a samim time i na gospodarstvu u cjelini (Škrlec, 2016.), (Certo, 2008.) kroz razne mjere potpore takvih mjera i učinaka na sve sudionike u takvim projektima (Škrlec, 2013.).

Praktično projektiranje i dosadašnje iskustvo vezano uz projekte energetske učinkovitosti u Republici Hrvatskoj započelo je donošenjem Direktive 2006/32 Europske unije o energetskoj učinkovitosti, a stupila je na snagu iste godine. Direktiva je usmjerena na poboljšanje učinkovitosti neposredne potrošnje energije, a kao takva smatra se instrumentom poboljšanja sveukupne sigurnosti opskrbe energijom, smanjenja ovisnosti o uvozu energenata, smanjenja emisije CO_2, ali i povećanju konkurentnosti europskog gospodarstva. Područje rada temelji se na dosadašnjim rezultatima istraživanja upravljanja projektima s naglaskom na definiranje čimbenika koji značajno utječu na kvalitetu projekta. Razni modeli upravljanja kvalitetom projekta poput PMI-a ili IPMA modela izvrsnosti projekata koji povezuje kvalitetu rezultata i upravljanje projektom pokazali su se prilično manjkavi u području upravljanja kvalitetom procjene energetske učinkovitosti projekta, iz razloga što nedostaje pouzdani alat mjerenja rezultata s vremenskim odmakom. Neki autori (Cerić, 2011.), (Dunović, 2012.) predlažu da upravljanje rizicima, čime se utječe na dinamičnost upravljanja projektom, bude ključan dio upravljanja kvalitetom projekta. Međutim, rezultati uspješnosti provedbe projekata i dalje su prilično slabi, a posebno ako se rizici očituju s vremenskim odmakom, a vezano na mjerenje učinaka, što možemo pripisati nedovoljnoj istraženosti tog dijela upravljanja projektima.

Postojeća nacionalna metodologija za procjenu kvalitete učinkovitosti građevinskog objekta propisuje model za definiranje parametara i kriterija koji utječu na objekt. Glavni nedostatak tog modela je što za izvor podataka koristi projektnu dokumentaciju dobivenu izračunom, a ne

stvarnim postojećim stanjem objekta. Pored toga, ne uzima u obzir kvalitetu sustava s vremenskim odmakom i pretpostavlja da je svaki dio idealno ugrađen i odgovara deklariranim podacima proizvođača.

1.2. Hipoteze i ciljevi istraživanja

Temeljni cilj ovog rada je razviti poboljšani model procjene kvalitete energetske učinkovitosti objekata koji će uključivati vremensku komponentu (posljedice starenja) građevine te uzimati u obzir diferenciju izvedenog stanja u odnosu na projektirano. Pored toga, istraživanja provedena u ovom radu imaju dva temeljna cilja:

1) Definirati glavne uzroke koji se javljaju kod projekata podizanja energetske učinkovitosti preko mjerljivih parametara te prikazati korelacijski odnos tih parametara na ukupni učinak projekata podizanja energetske učinkovitosti,

2) Oblikovati i razviti poboljšanu aplikaciju proračunskog dijela projekta temeljenu na informacijskom sustavu koji će na automatiziran način upravljati mjerljivim parametrima te nadograditi postojeću bazu podataka materijala koji će biti obuhvaćeni istraživanjem.

Iz navedenih ciljeva proizlaze i hipoteze:

H_1: Uvođenje novoidentificiranih indeksa kvalitete u postojeći model procjene energetske učinkovitosti objekta bitno će pridonijeti preciznijoj procjeni.

U tu svrhu potrebno je izgraditi prošireni konceptualni model procjene energetske učinkovitosti objekata temeljem kojeg će hipoteza H_1 biti potvrđena ili odbačena. Pri tome će za modeliranje biti korišteno simulacijsko modeliranje koje će omogućiti provođenje eksperimenata u svrhu oblikovanja parametarskog modela procjene i prepoznavanje mogućih rizika procjene. H_1 postupno će biti prihvaćena/odbijena kroz vrednovanje nezavisnih varijabli konceptualnog modela kao i značajnosti njihovih utjecaja na preciznost procjene.

H_2: Informacijski sustav temeljen na parametriziranom modelu procjene energetske učinkovitosti građevinskih objekta omogućit će statističku kontrolu procesa procjene ukupne kvalitete građevinskog objekta s vremenskim odmakom.

Informacijski sustav temeljen na navedenom modelu generirao bi potrebne podatke iz nadograđene baze podataka materijala, upravljao bi procjenom ukupne kvalitete građevinskog objekta, generirao korektivne mjere za poboljšanje učinkovitosti te projicirao buduće stanje objekta.

1.3. Metodologija istraživanja

Istraživanja u ovom radu bit će usmjerena na područje upravljanja projektima u sektoru energetskog građevinarstva, a uključuju teorijska i empirijska dostignuća. Teorijska istraživanja bit će provedena dubinskom analizom dosadašnjih istraživanja temeljem domaće i strane literature iz promatranog područja, te analize slučajeva projekata energetske učinkovitosti. U tu svrhu potrebno je provesti istraživanja i analize praktičnih studija slučajeva s ciljem prepoznavanja i određivanja ključnih čimbenika koji utječu na realizaciju, odnosno rezultate investicijskih projekata u sektoru energetskog građevinarstva. Bit će analizirana dosadašnja istraživanja iznesena u domaćoj i stranoj literaturi te će se pokušati pronaći odgovori na često postavljana pitanja vezana uz projekte podizanja energetske učinkovitosti.

Za potrebe istraživanja i traženja odgovora na postavljena pitanja, analizirat će se dosadašnje iskustvo na području upravljanja projektima iz područja energetskog građevinarstva te odgovarajućom metodologijom empirijski ukazati na eventualne pogreške, a sustavnim pristupom otkloniti nedostatke u cilju smanjenja pogrešaka i apliciranja novog načina projektiranja energetske učinkovitosti poboljšanjem postojećih računalnih aplikacija. Pored toga, potrebno je obraditi i analizirati podatke i rezultate postojećeg programskog paketa informacijskog sustava kao i baze podataka koje postojeći sustav koristi. Analiza će biti usmjerena na definiranje parametara potrebnih za logičko dizajniranje aplikacije te posebno informacija potrebnih za uspješno upravljanje kvalitetom projekta (Škrlec, 2012.), (Pavković, 2010.), a samim time i na konačnu ocjenu izvrsnosti takvih projekata.

Potreba za stalnim istraživanjem na području projektnog upravljanja vidljiva je i iz dugogodišnjeg rada na toj problematici grupe autora, koji ističu sustavni pristup (Omazić, 2005.) preko optimizacije veza, informacija, odluka, aktivnosti i dr. Posebno ističu nedostatak teorijskih znanja korisnih u praksi te ukazuju da će se doktrina projektnog upravljanja u budućnosti morati postaviti kao bitna smjernica razvoja.

U svrhu provedbe planiranog istraživanja koristit će se više znanstveno-istraživačkih metoda. Metode će se međusobno nadopunjavati u svrhu ostvarenja postavljenih ciljeva i dokazivanju postavljenih hipoteza. Korištenje metoda bit će koncipirano na način korištenja općih i posebnih metoda istraživanja obrađujući teorijski i empirijski dobivene podatke. Aktivnosti vezane uz pripremu podataka bit će usmjerene tako da se izmjere i obrade podaci dobiveni empirijskim istraživanjem, te se isti kompariraju s teorijskim podacima.

Teorijski dio istraživanja bit će podijeljen na dva dijela i odnosit će se na prva dva definirana indeksa kvalitete:

1. *R* indeks (I_r) – indeks koji prikazuje projektirano stanje u odnosu na izvedeno stanje,
2. *C* indeks (I_c) – indeks provjere sukladnosti proizvoda.

Prvi dio teorijskog istraživanja usmjeren je na (I_r) – indeks i odnosit će se na prikupljanje i obradu podataka dobivenih iz proračunskog dijela građevinskih projekata tzv. *fizike zgrade*. Provest će se analitika idealnih uvjeta vezanih uz gubitke energije te će se ti podaci *komparativnom metodom* usporediti s empirijski dobivenim parametrima istih objekata. Empirijski dobiveni parametri prikupljat će se mjerenjem za vrijeme energetskih pregleda objekata definiranih preko postojeće metodologije. Na taj način dobit će se odstupanja projektiranog stanja u odnosu na stvarno stanje objekta što upravo definira navedeni indeks. U drugom dijelu teorijskog istraživanja koji će biti usmjeren na (I_c) – indeks, *metodom studije slučaja* analizirat će se podaci dobiveni iz dokumentacije proizvođača o svojstvima proizvoda, gdje će se ti podaci statistički obraditi s ciljem dobivanja vrijednosti diferencija stvarnog stanja u odnosu na deklarirano stanje predviđeno projektnom dokumentacijom. Iznosi odstupanja nakon statističke obrade činit će korektivni faktor definiran kao *indeks* provjere sukladnosti proizvoda.

Empirijski dio istraživanja odnosi se na druga dva definirana indeksa kvalitete. Ti indeksi kvalitete su:

1. *S* indeks (I_s) – indeks održivosti ugrađene kvalitete sustava,
2. *I* indeks (I_i) – indeks ugradnje segmenata energetske učinkovitosti.

Empirijski dio istraživanja temeljen je na podacima prikupljenim sustavnim energetskim pregledima objekata. U ta istraživanja spadaju mjerenja svih veličina koje su definirane

projektnom dokumentacijom i utječu na ocjenu kvalitete energetske učinkovitosti. Ta mjerenja odnose se na vanjsku ovojnicu zgrade, u prvom redu na strukturu zida, poda i krovne konstrukcije, a nakon toga i na kvalitetu ugradnje građevinskih proizvoda što upravo i definira navedeni indeks ugradnje građevinskih proizvoda - (I_i). Za potrebe mjerenja parametara kojim će se definirati (I_i) indeks, koristit će se termovizijska kamera s ciljem detektiranja neadekvatno ugrađenih segmenata. Svi podaci bit će statistički obrađeni u svrhu dobivanja iznosa razlika koje će utjecati na konačan iznos definiranog indeksa kvalitete.

Najsloženiji dio empirijskog istraživanja odnosi se na (I_s) – indeks. Kod indeksa održivosti (I_s) presudnu ulogu u mjerenju ima koeficijent prolaska topline U (W/m^{2}K) što se i vidi iz navedenog izraza [1], [3], $\Phi_T=UA(\theta_i-\theta_e)$ (W), jer su sve ostale veličine konstante. Postojeći model procjene kvalitete definira i taj koeficijent prolaza kao konstantu, no s vremenom taj se koeficijent mijenja te na taj način bitno utječe na procjenu. Mjerenjem navedenog koeficijenta može se odrediti u kojem se iznosu on mijenja te simulacijom temeljenom na prikupljenim i obrađenim podacima u periodu od 3-5 godina odrediti promjenu u budućem vremenu starosti objekta. Za to mjerenje koristit će se informacijski sustav mjerenja i obrade podataka TESTO 435.

Testiranje hipoteza u empirijskom dijelu istraživanja planira se obaviti pomoću statističkih metoda (Šošić, 2004.), (Kmenta, 1997.) za obradu prikupljenih empirijskih podataka i simulacijskog modeliranja za izgradnju konceptualnog modela procjene. Za opisivanje i prikaz prikupljenih podataka koristit će se metode deskriptivne statistike (Šošić, 2004.) te prezentiranje dobivenih rezultata pomoću tablica i dijagrama. Za analizu razlike između dobivenih podataka kod indeksa održivosti kvalitete sustava koristit će se metoda regresijske i korelacijske analize u programskom paketu *SPSS* (Petz, 2012.), (Štambuk, 2013.), za prikaz razlike između vrijednosti egzaktnih parametara i onih dobivenih empirijskim mjerenjem, te korelacijska analiza u svrhu analize povezanosti parametara (Šuvak, 2013.), (Pivac, 2014.).

Na kraju će se provesti komparativna analiza rezultata dobivenih postojećom aplikacijom nasuprot rezultatima koje će dati nadograđena aplikacija izračuna parametarskih vrijednosti potrebnih za realizaciju projekta podizanja energetske učinkovitosti. Indeks ugradnje elemenata za podizanje energetske učinkovitosti (*Ii*) dobit će se preko mjerenja propusnosti pojedinog elementa nakon ugradnje. Temeljeno na podacima provedenih mjerenja i analiza, razvijeni

simulacijski model koristit će se za desetogodišnje prognoziranje energetske učinkovitosti objekta, a vjerojatno će se moći projicirati i na duži vremenski period.

Podaci dobiveni mjerenjem obradit će se pomoću statističkih metoda te će se sustavnom i dubinskom analizom utvrditi učinak navedenih indeksa na zavisnu varijablu koja predstavlja rezultat gotovog projekta.

2. ENERGETSKA UČINKOVITOST U ZGRADARSTVU

Projekti vezani uz suvremenu gradnju u današnjem poslovanju građevinskog sektora u centar svih potrebnih zahtjeva, postavljaju kao najvažniji zahtjev uvjet koji će omogućiti optimalno gospodarenje energijom, odnosno uvjet usmjeren prema energetskoj učinkovitosti pojedine zgrade. Takav uvjet zahtijeva mjerenje parametara preko kojih se može utjecati na povećanje učinkovitosti sustava. Drugim riječima, nužno je uspostavljanje modela upravljanja parametrima kako bi se moglo upravljati svim potrebnim rizicima koji se mogu pojaviti na takvim projektima. U ovom poglavlju će se opisati iz kojih se područja projekta učitavaju parametri nužni za daljnju obradu modela za procjenu kvalitete energetske učinkovitosti.

2.1. Energija i fizika zgrade

2.1.1. Zrak i vlažnost zraka

Uz pojam energije i fizike zgrade uvijek se vežu fizikalna svojstva zraka koji se nalazi u zgradama. U prvom redu tu je temperatura zraka, a velika važnost se daje vlažnosti zraka u prostorijama obzirom na namjenu. Zbog toga suvremeni projekti veliku važnost daju upravo svojstvima zraka prvenstveno zbog osiguravanja zdravih higijenskih uvjeta te postizanju udobnosti boravka u prostorijama.

Važno svojstvo vlage u zraku je da se ta vlaga uz određene uvjete kondenzira na unutrašnjim površinama vanjskog zida. Do kondenzacije vodene pare iz zraka na površini vanjskog zida dolazi uslijed neodgovarajuće izolacije takvog zida ili nekog dijela zida. Takav dio naziva se toplinski most i svakako ga treba izbjeći, odnosno svesti na najmanju moguću mjeru. Prema uzroku nastanka, toplinski mostovi dijele se na (Andrassy, 2010.):

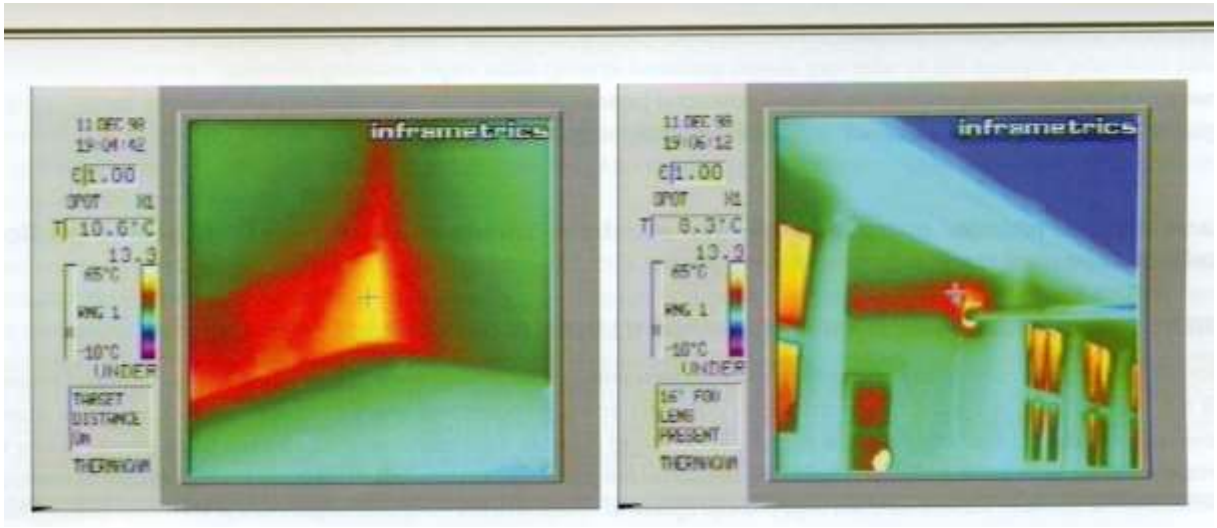
- konstrukcijske toplinske mostove,
- geometrijske toplinske mostove,
- konvektivne toplinske mostove,
- toplinske mostove uvjetovani okolinom.

Konstrukcijski toplinski mostovi javljaju se uslijed neprikladne kombinacije različitih vrsta materijala. Korekcija ovakvog tipa mosta izvodi se pomoću toplinske izolacije što je upravo područje istraživanja rada.

Geometrijski toplinski mostovi javljaju se uslijed promjene oblika konstrukcije. To se u pravilu pojavljuje na oštrim uglovima zgrade. Korekcija ovakvog tipa mosta izvodi se postavljanjem toplinske izolacije ili nekim drugim tehničkim zahvatom koji nije dio istraživanja ovog rada.

Konvektivni toplinski mostovi javljaju se uslijed strujanja zraka – slabo brtvljenje oko prozora ili na spojevima ugrađenih elemenata. Posljedica je gubitak topline zbog nepredviđene ventilacije unutarnjeg prostora. Pored toga, svi otvori na vanjskom zidu predstavljaju rizik od kondenzacije vodene pare iz zraka što je neželjena posljedica u projektu. Ovaj tip toplinskog mosta obuhvaćen je istraživanjem.

Toplinski mostovi uvjetovani okolinom jesu oni koji imaju povećani gubitak energije zbog povišene temperature okoline, međutim ovaj tip toplinskog mosta nije dio istraživanja ovog rada.



Slika 2-1. Toplinski most snimljen termovizijskom kamerom (Andrassy, 2010.)

2.1.2. Temperatura i toplina

Prema nultom zakonu termodinamike svaki sustav prepušten samom sebi prirodno teži postizanju ravnoteže i onog trenutka kad je postigne sve mjerljive promjene nestaju. Shodno tome može se zaključiti da će dva tijela biti u toplinskoj ravnoteži onda i samo onda kada imaju iste temperature. To je suštinska definicija temperature, a svoje fizikalno značenje dobiva kad je se poveže s gibanjem molekula tijela (Andrassy, 2010.). Prema Alfireviću i suradnicima (Alfirević, 1996.) temperatura je intenzivna veličina stanja. Definicija temperature glasi: dva

tijela koja su u toplinskoj ravnoteži imaju istu temperaturu. Temperatura se ne može mjeriti izravno, nego se za mjerenje iskorištavaju različite pojave, a koje su povezane s njom poput:

- promjene volumena tijela s temperaturom,
- promjena električnih svojstava tijela temperaturom,
- promjena značajki dozračene energije od površine tijela čiju temperaturu treba mjeriti,
- ostali načini mjerenja temperature.

Toplina ili toplinska energija je ona energija koja se izmijenjuje između dva tijela ili unutar samog tijela uslijed temperaturnih razlika. Toplina se može prenositi na tri načina:

- provođenjem ili kondukcijom,
- strujanjem ili konvekcijom,
- zračenjem ili radijacijom.

Ono što je bitno za područje istraživanja ovog rada je toplinska provodljivost materijala. Toplinska provodljivost materijala (λ) fizikalno je svojstvo materijala. Određuje se mjerenjem i jedan je od značajnih parametara u modelu procjene kvalitete energetske učinkovitosti. Jedinica navedenog parametra je W/mK. Toplinska provodljivost općenito raste s porastom temperature te se provodljivost materijala dobiva zbrojem svih triju efekata prijenosa topline. Zbog kompleksnosti vođenja kod poroznih materijala najčešće se definira vrijednost toplinskog otpora. Povećanje toplinskog otpora postiže se ili povećanjem debljine sloja ili izborom materijala s nižim vrijednostima toplinske provodljivosti.

Toplinski otpor postaje važan u istraživanom modelu iz razloga što je njegova recipročna vrijednost koeficijent prolaza topline *U*, a taj koeficijent je neizbježan parametar u modelu procjene kvalitete energetske učinkovitosti. Mjerna jedinica navedenog koeficijenta je W/m^2K.

2.2. Osnove zgradarstva i izvedbe zgrada

Prema Andrassy-u, podjela zgrada u ovisnosti o starosti i vrsti gradnje je područje kojemu nije posvećena dovoljna pažnja i o kojemu će u budućnosti trebati puno više voditi računa. Zbog karakteristika gradnje i nedostatka propisa o toplinskoj zaštiti u razdoblju najveće stambene izgradnje (1950.-1980.) izrađen je niz zgrada koje su danas vrlo veliki potrošači energije.

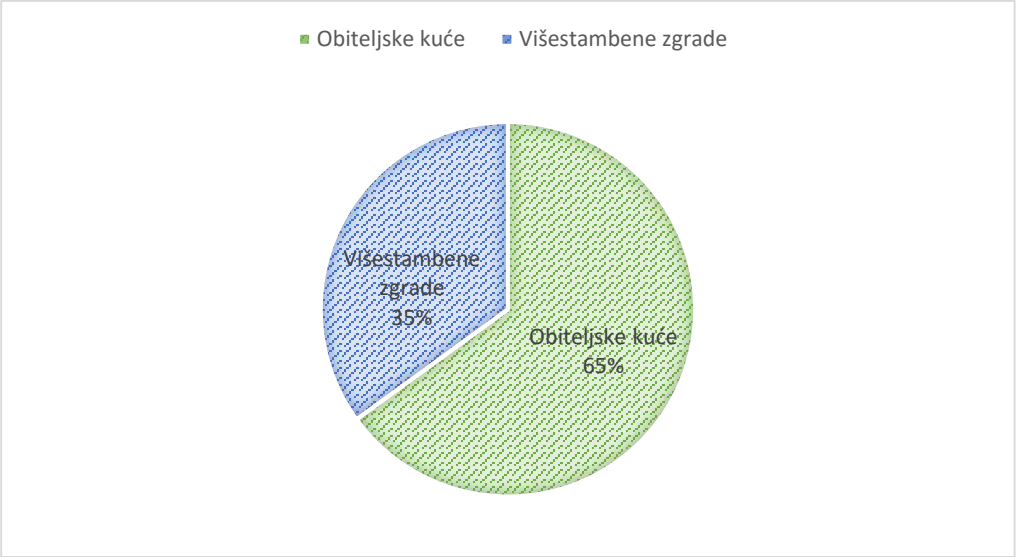
Osnovna podjela zgrada prema namjeni je na:

- stambene zgrade i
- nestambene zgrade.

Područje istraživanja ovog rada su stambene zgrade što je dodatno opisano u dijelu rada vezano uz ograničenja u istraživanju.

2.2.1. Stambene zgrade

Ukupan broj stanova u RH prema popisu stanovništva je oko 2 milijuna, odnosno oko 140 milijuna kvadratnih metara stambene izgradnje (Andrassy, 2010.). Iz tog je podatka vidljiv energetski potencijal zgrada u Republici Hrvatskoj. Uz pretpostavku da su stambene zgrade s jednim ili dva stana obiteljske kuće, udio takvih kuća je prosječno 65%.



Slika 2-2. Zastupljenost obiteljskih kuća u ukupnoj stambenoj izgradnji (Andrassy, 2010.)

Potencijal energetske obnove stambenih zgrada je vrlo velik, posebno preko projekata koje financira Europska unija. Iz tog razloga područje razmatranja energetske učinkovitosti postaje vrlo važno područje poslovanja u RH posebno iz razloga razvoja industrije, zapošljavanja te konkurentnosti cijelog gospodarstva. Na taj način lako je zaključiti da se projekti energetske učinkovitosti moraju sustavno planirati i u konačnici realizirati.

Tablica 2-1. Građevinske veličine stambenih i nestambenih zgrada za koje su izdane građevinske dozvole u razdoblju 1996.-2008.

	ZGRADE						
	UKUPNO		STAMBENE ZGRADE		NESTAMBENE ZGRADE		ODNOS POVRŠINA ST./NEST. %
	Površina m²	Volumen m³	Površina m²	Volumen m³	Površina m²	Volumen m³	
1996.	1 463 639	4 768 048	1 032 529	2 996 941	431 111	1 771 107	71% / 29%
1997.	1 912 222	6 050 695	1 277 332	3 667 044	634 890	2 383 651	67% / 33%
1998.	1 907 048	6 339 905	1 334 851	3 916 229	572 197	2 423 676	70% / 30%
1999.	1 899 648	6 070 278	1 367 927	4 039 407	531 721	2 030 871	72% / 28%
2000.	2 182 816	7 330 076	1 476 776	4 348 993	706 040	2 981 083	68% / 32%
2001	3 191 988	10 621 828	2 153 574	6 289 905	1 038 414	4 331 923	67% / 33%
2002.	3 596 308	12 187 775	2 393 281	6 977 036	1 203 027	5 210 739	66% / 34%
2003	4 103 471	14 552 605	2 455 370	7 252 104	1 648 101	7 300 501	60% / 40%
2004	4 202 942	14 839 468	2 434 488	7 189 454	1 768 454	7 650 014	58% / 42%
2005	4 773 236	16 925 965	2 840 236	8 394 718	1 933 000	8 531 247	60% / 40%
2006	5 155 445	18 249 379	3 167 992	9 373 883	1 987 453	8 875 496	61% / 39%
2007	5 524 936	20 473 930	3 009 703	8 883 354	2 515 233	11 590 576	55% / 45%
2008	5 156 169	18 356 838	3 054 229	9 057 543	2 101 940	9 299 295	59% / 41%

Izvor: (Andrassy, 2010.)

2.3. Energetski pregledi zgrada

2.3.1. Europske direktive i ciljevi za uštedu energije

Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju preuzete su mnoge smjernice i direktive propisane od strane Europskog parlamenta. Između ostalog i EU direktiva 2002/91/EC koja je s odmakom vremena promijenjena u Direktivu 2010/31/UE. Navedene direktive odnose se na povećanje učinkovitog korištenja energije te korištenja obnovljivih izvora energije. Pored toga od RH kao članice traži se da prema Direktivi 2006/32 o energetskoj učinkovitosti usmjeri svoje resurse prema poboljšanju učinkovitosti neposredne potrošnje energije, a kao takva smatra se instrumentom poboljšanja sveukupne sigurnosti opskrbe energijom, smanjenja ovisnosti o uvozu energenata, smanjenja emisije CO_2, ali i povećanju konkurentnosti europskog gospodarstva. Takva Direktiva naglašava potrebu izrade nacionalnih akcijskih planova, odnosno strategija o energetskoj učinkovitosti svake 3 godine te provedbu planova s ciljem ukupnog smanjenja potrošnje energije za 9%.

Države članice EU-a usvajaju i imaju za cilj postizanje sveobuhvatnog nacionalnog okvirnog cilja uštede energije. Određivanje ciljeva za uštedu energije na nacionalnoj razini zahtijeva poduzimanje određenih aktivnosti od strane zemalja članica:

- definiranje obveznih mjera za javni sektor uključujući uvođenje kriterija energetske učinkovitosti u postupke javne nabave,
- definiranje obveznih mjera energetskim subjektima vezanih uz ponudu energetskih usluga i drugih mjera energetske učinkovitosti krajnjim potrošačima,
- donošenje jedinstvene metodologije za izračun poboljšanja energetske učinkovitosti,
- redovito izvješćivanje o rezultatima uštede,
- osiguranje kvalitetnih neovisnih energetskih pregleda kod svih potrošača energije,
- uporabu fondova za energetsku učinkovitost za subvencioniranje mjera energetske učinkovitosti s većim investicijskim troškovima.

Republika Hrvatska također, do 2020., preuzima obvezu poznatu kao 3x20%, što znači podmirenje 20% potreba potrošnje energije iz obnovljivih izvora energije, smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20% te ostvarenje povećanja energetske učinkovitosti također za 20%.

2.3.2. Energetski pregledi zgrada

Energetski pregled zgrade je ključan korak u procesu detektiranja te mjerenja parametara potrebnih za procjenu kvalitete zgrade s obzirom na energetsku učinkovitost. Isto tako, energetski je pregled građevine ključan i nezaobilazan korak u analizi učinkovitosti potrošnje energije, kontroli potrošnje i smanjenja troškova i potrošnje energije, energenata i vode u građevinama. Sastavni je dio energetskog pregleda identificiranje preporuka za promjene načina rada postrojenja ili promjene ponašanja korisnika te preporuke za primjenu zahvata i realizaciju mjera kojima se poboljšava energetska učinkovitost građevine bez ugrožavanja ili uz poboljšanje radnih uvjeta, ugodnosti boravka, proizvodnog procesa ili kvalitete usluge u građevini. Energetski pregled građevine podrazumijeva analizu tehničkih i energetskih svojstava građevine i analizu svih tehničkih sustava u građevini koji troše energiju i vodu s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije i vode te donošenja zaključaka i preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti.

Osnovni cilj energetskog pregleda građevine je prikupljanjem i obradom podataka o građevini i svim tehničkim sustavima u građevini utvrđivanje energetskih svojstava građevine obzirom na:

- □ građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite i potrošnje energije,
- □ energetska svojstva sustava za grijanje, hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju,
- □ energetska svojstva sustava za pripremu potrošne tople vode,
- □ energetska svojstva sustava potrošnje električne energije,
- □ energetska svojstva sustava potrošnje pitke i sanitarne vode,
- □ energetska svojstva pojedinih grupa trošila i ostalih tehničkih sustava u građevini,
- □ način korištenja građevine i u njoj ugrađenih energetskih sustava i sustava potrošnje vode.

Na osnovi analize prikupljenih podataka odabiru se konkretne energetske, tehničko-ekološke i ekonomski optimalne mjere poboljšanja energetske učinkovitosti za građevinu te mjere nužne za zadovoljavanje minimalnih tehničkih uvjeta.

Svrha energetskog pregleda je:
analiza stanja i mogućnosti primjene mjera poboljšanja energetskih svojstava građevine i poboljšanja energetske učinkovitosti u skladu s realnim uvjetima eksploatacije i uporabe građevine,
prikupljanje svih potrebnih podataka i informacija o zgradama za provođenje postupka energetskog certificiranja zgrade i određivanja energetskog razreda zgrade u propisanim referentnim klimatskim podacima.
Prema pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 48/14., 150/14., 133/15., 22/16., 49/16., 87/16., 17/17.) energetski pregled uključuje:

- □ pripremne radnje,
- □ prikupljanje svih potrebnih podataka i informacija o zgradama koji su nužni za provođenje postupka energetskog certificiranja i određivanja energetskog razreda zgrade,
- □ provođenje kontrolnih mjerenja prema potrebi,
- □ analizu potrošnje i troškova svih oblika energije, energenata i vode za razdoblje od tri prethodne kalendarske godine,

- prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade, odnosno za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane s proračunom perioda povrata investicija i izvore cijena za provođenje predloženih mjera,
- izvješće i zaključak s preporukama i redoslijedom provedbe ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade, odnosno energetskih svojstava zgrade.

U postupku provođenja energetskog pregleda zgrada provode se analize koje se odnose na:

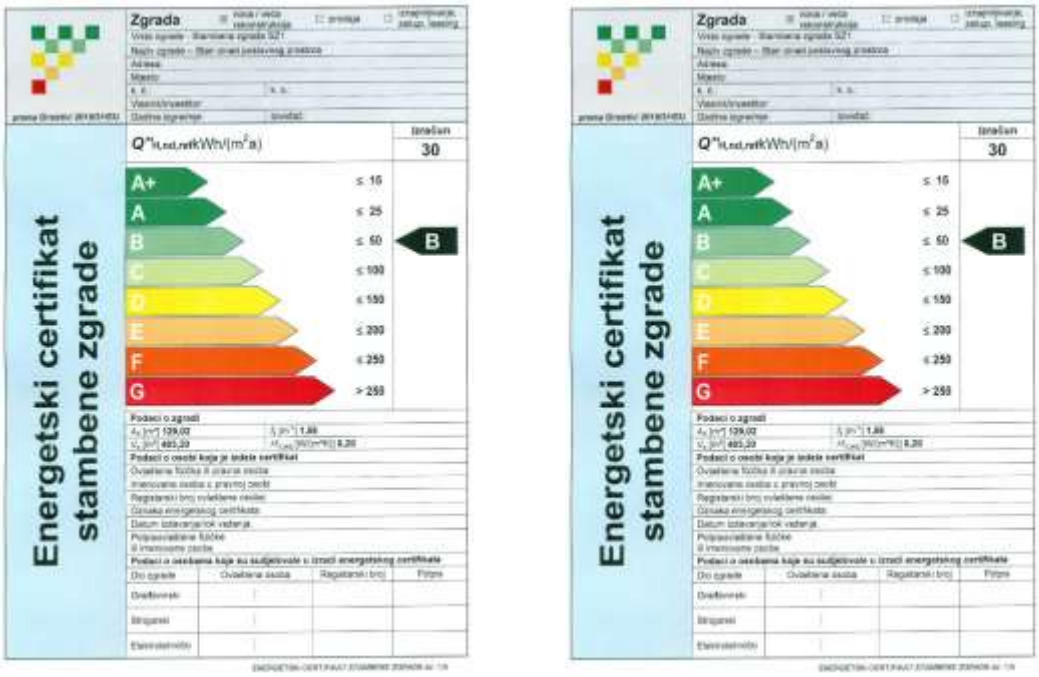
1. način gospodarenja energijom u zgradi,
2. toplinske karakteristike vanjske ovojnice,
3. sustav grijanja,
4. sustav hlađenja,
5. sustav ventilacije i klimatizacije,
6. sustav za pripremu potrošne tople vode,
7. sustav napajanja, razdiobe i potrošnje električne energije,
8. sustav električne rasvjete,
9. sustav opskrbe vodom,
10. sustav mjerenja, regulacije i upravljanja,
11. alternativne sustave za opskrbu energijom.

Mihić (Mihić, 2011.) definira takve radnje nazvavši to projekt energetske učinkovitosti u zgradarstvu kao složeni, neponovljivi poduhvat primjene mjera energetske učinkovitosti na izabranoj zgradi, koji se realizira u predviđenom vremenu i s predviđenim troškovima, a u cilju ostvarenja ušteda energije uz iste ili bolje životne uvjete za korisnike zgrade. Projekti energetske učinkovitosti ubrajaju se u grupu investicijskih projekata. Za njih je karakteristično jednokratno ili višekratno ulaganje sredstava na početku projekta i najčešće serija efekata tijekom dugogodišnjeg korištenja projekta. Navedeno je prikazano na slici 2-3:

2.4. Energetsko certificiranje zgrade

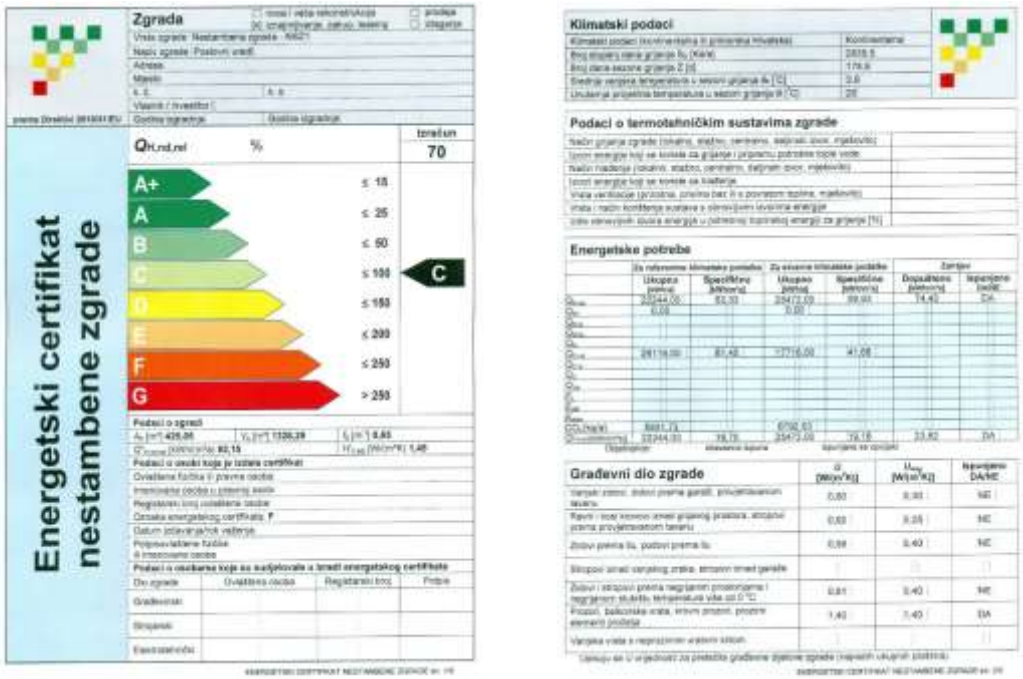
2.4.1. Općenito o energetskom certificiranju

Kvaliteta energetskih parametara građevine prikazuje se preko energetskog razreda zgrade koji se nalazi na obrascu propisanom od Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja koji se naziva energetski certifikat zgrade.



Slika 2-3. Obrazac energetskog certifikata (1. i 2. stranica) - stambene zgrade

Izvor: Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja



Slika 2-4. Obrazac energetskog certifikata (1. i 2. stranica) - nestambene zgrade

Izvor: Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja

Prema definiciji Ministarstva, energetsko certificiranje zgrade je: skup radnji i postupaka koji se provode u svrhu izdavanja energetskog certifikata. Energetski certifikat je dokument koji predočuje energetska svojstva zgrade. Sadrži opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade,

podatke o osobi koja je izdala energetski certifikat, podatke o termo-tehničkim sustavima, klimatske podatke, podatke o potrebnoj energiji za referentne i stvarne klimatske podatke, objašnjenja tehničkih pojmova te popis primijenjenih propisa i normi. Energetski certifikat za postojeće zgrade obvezno sadrži i prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje se temelje na prethodno provedenom energetskom pregledu građevine, dok za nove zgrade sadrži preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade.

Energetsko certificiranje regulirano je Zakonom o gradnji (NN broj 153/13, 20/17), Pravilnikom o osobama ovlaštenim za energetsko certificiranje, energetski pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi (NN broj 73/15, 133/15), Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN broj 48/14., 150/14., 133/15., 22/16., 49/16, 87/16, 17/17) i Pravilnikom o kontroli energetskog certifikata zgrade i izvješća o redovitom pregledu sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi (NN broj 73/15).

Svrha energetskog certificiranja je pružanje informacija vlasnicima i korisnicima zgrada o energetskom svojstvu zgrade ili njezine samostalne uporabne cjeline i usporedba zgrada u odnosu na njihova energetska svojstva.

2.4.2. Energetski razredi zgrade

Energetski razred zgrade je indikator energetskih svojstava zgrade koji se za stambene zgrade izražava preko godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke svedene na jedinicu ploštine korisne površine zgrade, a za nestambene zgrade preko relativne vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje (iz Pravilnika o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada, Narodne novine 81/12, 29/13, 78/13).

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske podatke.

Energetski razredi stambenih zgrada

U tablici 2-2. prikazane su vrijednosti specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, uz referentne klimatske podatke, prema kojima se određuju energetski razredi stambenih zgrada u kWh/(m²a).

Tablica 2-2. Energetski razredi stambenih zgrada

Energetski razred	**$Q''_{H,nd,ref}$ – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke u kWh/(m²a)**
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Izvor: (Andrassy, 2010.)

Energetski razred stambene zgrade, ovisno o specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje uz referentne klimatske podatke, podijeljen je u 8 kategorija koje su prikazane u gornjoj tablici.

Energetski razredi nestambenih zgrada

U tablici 2-3. prikazane su vrijednosti relativne godišnje potrebne toplinske energije za grijanje prema kojima se određuju energetski razredi nestambenih zgrada u postocima.

Tablica 2-3. Energetski razredi nestambenih zgrada

Energetski razred	**$Q_{H,nd,rel}$– relativna vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje u %**
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Izvor: (Andrassy, 2010.)

Energetski razred nestambene zgrade ovisi o relativnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje isto tako je podijeljen u 8 kategorija, od najbolje kategorije označene s A+ do kategorije G koja označava razred nestambenih zgrada s većom relativnom vrijednošću od 250%.

3. POSTOJEĆA METODOLOGIJA PROCJENE KVALITETE

Metodologiju provođenja procjene kvalitete zgrade na osnovi Europske direktive 2010/31/EU Europskog Parlamenta i Vijeća, sastavlja i propisuje svaka članica unije. Metodologija se može donijeti na nacionalnoj ili regionalnoj razini, a mora biti u skladu sa zajedničkim općim okvirom. Prema tom okviru energetska svojstva zgrade se utvrđuju na temelju izračunate ili stvarne godišnje potrošnje energije koja se utroši da bi se udovoljilo različitim potrebama povezanim s njezinom karakterističnom uporabom, a odražavaju potrebnu energiju za grijanje i potrebnu energiju za hlađenje da bi se mogli održavati predviđeni temperaturni uvjeti zgrade, te potrebnu energiju za pripremu potrošne tople vode. Metodologija mora voditi računa o europskim normama i biti usklađena s relevantnim zakonodavstvom Europske unije.

Postojeća metodologija u najvećoj mjeri za ulazne podatke koristi podatke definirane u projektnoj dokumentaciji koja se veže uz deklaracije pojedinih elemenata, a za zgrade koje ne posjeduju takvu dokumentaciju obavezan je energetski pregled zgrade u kojem se procjenjuje stanje zgrade te se definiraju podaci/parametri koji se koriste za procjenu energetskog razreda zgrade odnosno procjenjuje se kvaliteta zgrade s obzirom na korištenje energije za grijanje te eventualno za hlađenje.

Projekti takve vrste su projekti koji sadržavaju veliki broj rizika. Slijedom toga nameće se kao neophodno znanje iz područja upravljanja rizicima. Prema Aniti Cerić i Tamari Marić (Cerić, Marić, 2011.) upravljanje rizicima je kontinuirani proces i trebao bi obuhvatiti sve faze građevinskog projekta. Projekti se sastoje od niza povezanih aktivnosti. Rizici i njihovi učinci trebali bi se promatrati na svim ključnim mjestima odlučivanja u projektu i putem svih sudionika uključenih u proces donošenja odluka. Prepoznavanje uzroka koji mogu dovesti do štetnih učinaka za projekt, analiza mogućih štetnih posljedica i priprema odgovora na njih odvijaju se kontinuirano kroz cijeli životni vijek projekta. Najveća je odgovornost za prepoznavanje rizika, analizu i odgovor na njih na investitoru i njegovu timu koji upravlja projektom.

Prema Mihiću i suradnicima (Mihić, 2011), rizik je svojstven svakom projektu i predstavlja mogućnost da se cilj/ciljevi projekta ne postignu zbog toga što se dogodio neki nepredviđeni događaj. Upravljanje rizikom je proces identifikacije mogućih rizika, procjene njihovog potencijalnog utjecaja na projekt, izrade i provedbe planova za smanjenje negativnih posljedica

rizičnog događaja. Isti autor naglašava, da su neki od najčešće prisutnih rizika u realizaciji projekta energetske učinkovitosti u zgradarstvu: kašnjenje radova na primjeni mjera energetske učinkovitosti, neostvarivanje predviđenih ušteda, pojava dodatnih troškova, pojava efekta „odskoka“ u ponašanju korisnika (korisnici su skloni većoj potrošnji, kao reakcija na primjenu mjera energetske učinkovitosti) itd.

Mihić i suradnici ističu (Mihić, 2011), da analiza osjetljivosti kriterija uspješnosti projekta energetske učinkovitosti predstavlja računski postupak kojim se istražuje kako promjene pojedinih ulazih veličina, nastale usljed lošeg predviđanja ili drugih razloga, utječu na vrijednosti pojedinih kriterija i cjelokupnu ocjenu opravdanosti projekta. Neke od ulaznih varijabli koje mogu utjecati na kriterije uspješnosti i čija se promjena analizira su diskontna stopa, cijena električne energije, cijene energenata, troškovi realizacije projekta, nefinancijske koristi, cijene štetnih plinova na burzama itd.

Što se tiče provedbe projekta, tim koji upravlja projektom mora poduzeti akcije kojima se smanjuju ili eliminiraju učinci rizika odnosno nesigurnosti. Shodno tome, način prikupljanja podataka/parametara koji u konačnici utječu na kvalitetu zgrade od vrlo velikog je značaja za sve sudionike u poslovnom projektu.

3.1. Metodologija proračuna toplinske energije

Temeljni cilj projekata energetske učinkovitosti je priuštiti čovjeku ugodan boravak u prostorijama na koje se projekt odnosi bez obzira na vremenske prilike. Radi osiguranja željenog stanja potrebno je uložiti energiju. Na to koliko je potrebno uložiti energije u velikoj mjeri utječu meteorološki parametri. S obzirom da su meteorološki podaci potrebni za proračun potrošnje energije dobivaju mjerenjima, potrebno je definirati koji su podaci potrebni te kako ih mjeriti.

3.1.1. Osnove meteorologije

Za potrebe projiciranja energetske kvalitete zgrade potrebni su referentni i stvarni klimatski podaci koji se upisuju u tablicu koja je sastavni dio certifikata. Izračunavaju se višegodišnji prosjeci na dnevnoj, mjesečnoj ili godišnjoj razini. Meteorološki parametri mjere se u meteorološkim postajama, a mjerenja provodi Državni hidrometeorološki zavod.

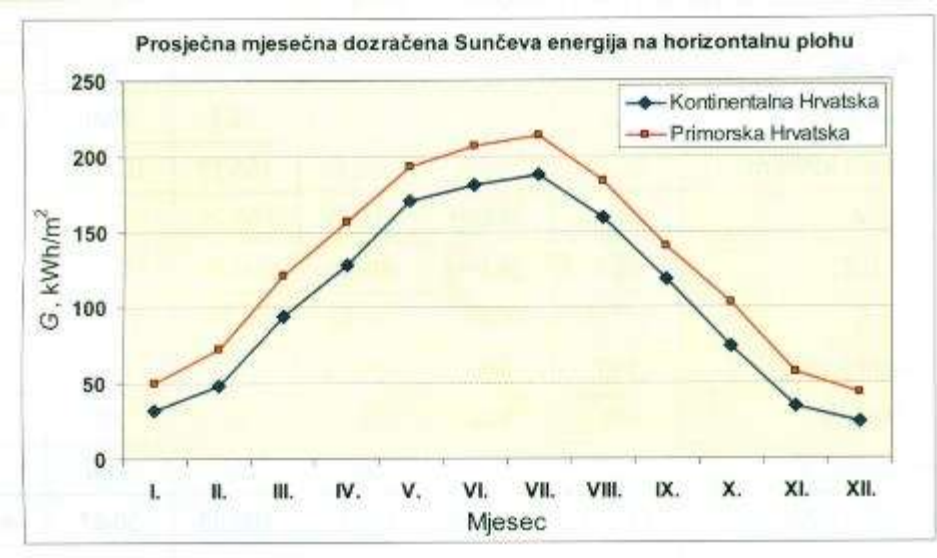
Osnovni meteorološki parametri koji utječu na potrošnju energije su:

- temperatura,
- vlažnost zraka,
- brzina i smjer vjetra,
- intenzitet i trajanje sunčeva zračenja.

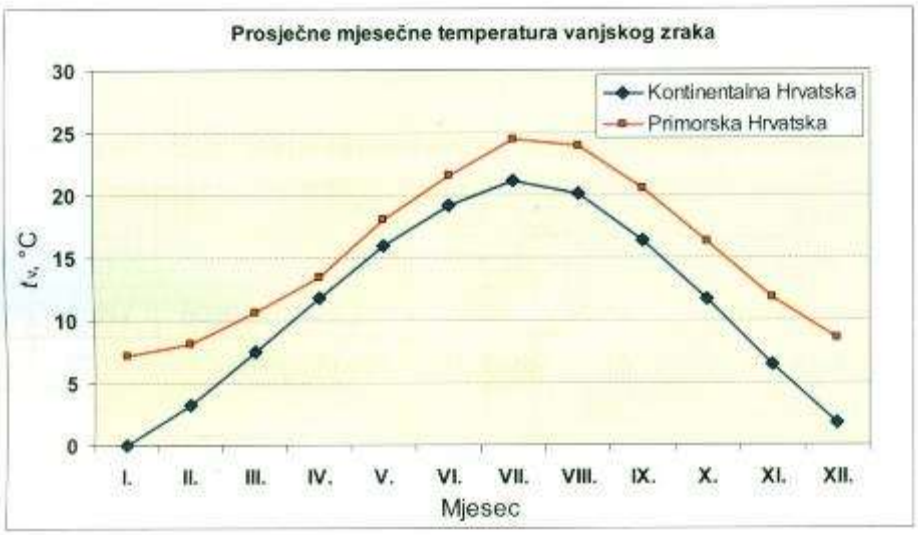
Iz razloga nejednolikog sunčevog zračenja, a u svrhu što relevantnije procjene kvalitete zgrade, prostor Republike Hrvatske podijeljen je na dva dijela:

1. kontinentalnu Hrvatsku i
2. primorsku Hrvatsku.

Stoga metodologija propisuje odvojene vrijednosti parametara obzirom gdje se promatrana zgrada nalazi.



Slika 3-1. Prosječne mjesečne količine Sunčeve energije za referentne klimatske podatke za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku (Andrassy, 2010.).



Slika 3-2. Prosječne mjesečne temperature vanjskog zraka za referentne klimatske podatke za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku (Andrassy, 2010.).

3.1.2. Referentni klimatski podaci

Referentni klimatski podaci predstavljaju skup meteoroloških parametara karakterističnih za neko geografsko ili klimatološko područje. Referentni klimatski podaci definirani su metodologijom i temelj su za određivanja razreda kvalitete zgrade.

Pravilnikom su definirani referentni klimatski podaci za dvije klimatske zone: kontinentalnu i primorsku Hrvatsku. Određivanje zone u koju spada promatrana lokacija zgrade vrši se u ovisnosti o stvarnom broju stupanj dana grijanja. Za gradove i mjesta koja imaju 2200 i više stupanj dana grijanja na godišnjoj razini, proračun energetskih potreba izrađuje se prema referentnim klimatskim podacima za kontinentalnu Hrvatsku. S druge strane, za gradove i mjesta koja imaju manje od 2200 stupanj dana grijanja proračun se vrši prema referentnim podacima za primorsku Hrvatsku. Broj stupanj dana grijanja definiran je uz uvjet da je unutarnja temperatura u zgradi 20^{o}C i da sezona grijanja započinje s padom vanjske temperature u tri uzastopna dana ispod 12^{o}C te da sezona grijanja završava s porastom vanjske temperature zraka u tri uzastopna dana iznad 12^{o}C.

Referentne vrijednosti za kontinentalnu Hrvatsku su:

- broj stupanj dana: SD = 2900
- broj dana u sezoni grijanja: Z = 180
- vanjska projektna temperatura: θ_{proj} = - 12°C.

Referentne vrijednosti za primorsku Hrvatsku:

- broj stupanj dana: SD = 1600
- broj dana u sezoni grijanja: Z = 135
- vanjska projektna temperatura: θ_{proj} = - 4°C.

Slika 3-3. prikazuje grafički odnos veličine *stupanj dana* (*SD*) za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku kroz svih 12 mjeseci u godini.



Slika 3-3. Broj stupanj dana za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku (Andrassy, 2010.).

Tablice 3-1. i 3-2. prikazuju referentne vrijednosti meteoroloških parametara za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku kroz svih 12 mjeseci u godini.

Tablica 3-1. Referentne vrijednosti meteoroloških parametara za kontinentalnu Hrvatsku (Andrassy, 2010.)

Mjesec	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Temperatura °C	0,3	3,2	7,5	11,8	15,9	19,2
Ozračenost kWh/m²	31,94	48,61	94,44	128,06	170,00	181,11
J	43,61	57,78	86,11	83,61	87,78	83,61
I, Z	23,61	35,56	66,94	86,39	110,56	116,11
S	14,17	20,00	35,00	45,28	57,78	59,44
Stupanj-dan	607	467	385	234	0	0
Mjesec	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**	**XI.**	**XII.**
Temperatura °C	21,1	20,1	16,4	11,7	6,5	1,8
Ozračenost kWh/m²	187,78	159,44	118,61	74,44	34,72	24,17
J	90,28	94,17	99,72	88,06	45,56	32,22
I, Z	121,94	106,94	84,72	55,56	25,56	17,22
S	59,44	51,67	37,78	26,67	15,28	11,39
Stupanj-dan	0	0	0	245	401	561

Tablica 3-2. Referentne vrijednosti meteoroloških parametara za primorsku Hrvatsku (Andrassy, 2010.)

Mjesec	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Temperatura °C	7,2	8,1	10,6	13,4	18,0	21,6
Ozračenost kWh/m²	50,28	73,06	121,39	156,39	192,78	206,94
J	85,83	103,06	116,39	100,28	93,61	87,78
I, Z	40,00	56,94	88,06	106,39	125,56	132,50
S	17,78	22,50	36,94	46,39	57,78	58,89
Stupanj-dan	393	330	286	0	0	0
Mjesec	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**	**XI.**	**XII.**
Temperatura °C	24,5	24,0	20,5	16,2	11,8	8,5
Ozračenost kWh/m²	213,89	183,61	140,28	103,33	56,67	43,33
J	94,72	104,44	118,33	134,72	95,00	80,28
I, Z	138,89	123,33	100,83	79,72	45,28	35,00
S	58,33	51,67	38,61	28,61	18,61	15,56
Stupanj-dan	0	0	0	0	239	352

3.1.3. Stvarni klimatski podaci

Stvarni klimatski podaci su statističke vrijednosti dobivene obradom izmjerenih meteoroloških parametara na najbližoj meteorološkoj postaji. Meteorološki podaci dani su za 32 meteorološke postaje i to: Bjelovar, Borovo, Brestovac Belje, Dubrovnik, Đurđevac, Gospić, Hvar, Karlovac, Knin, Križevci, Lipik, Mali Lošinj, Ogulin, Osijek, Pazin, Požega, Pula, Rijeka, Rovinj, Senj, Sinj, Sisak, Skrad, Slavonski Brod, Split-Marijan, Stubičke Toplice, Šibenik, Topusko, Varaždin, Zadar, Zagreb-Grič, Zagreb-Maksimir.

Svi podaci temeljeni su na prosječnim vrijednostima tridesetgodišnjeg niza, a sastoje se od sljedećih meteoroloških podataka:

a) Temperatura vanjskog zraka

Navedeni su sljedeći podaci o temperaturi zraka:

- srednje mjesečne i godišnje temperature zraka [°C]
- srednje minimalne i maksimalne temperature zraka[°C]
- standardne devijacije srednje temperature [°C]
- percentili srednje dnevne temperature zraka 1, 5, 10, 90, 95 i 99.

Percentili 1, 5 i 10 one su vrijednosti temperature zraka od kojih 1%, 5%, odnosno 10% srednjih dnevnih temperatura ima nižu vrijednost, a percentili 90, 95 i 99 one su vrijednosti temperature zraka koju premašuje 10%, 5%, odnosno 1% srednjih dnevnih temperatura.

b) Broj dana grijanja

Broj dana grijanja je broj dana čija je srednja dnevna temperatura zraka, tijekom hladnog dijela godine, manja od temperature početka grijanja. Broj dana grijanja definiran je za različite temperature početka grijanja i to 10°C, 12°C i 15°C. Dani su i percentili broja dana grijanja.

c) Broj stupanj dana

Stupanj dana jest umnožak broja dana grijanja i temperaturne razlike između dogovorene srednje unutarnje temperature zraka (najčešće 20°C) i srednje dnevne temperature vanjskog zraka. U zbroj stupanj dana uzimaju se samo oni dani u godini kod kojih je temperatura zraka niža od dogovorene temperature za temperaturnu granicu grijanja (10, 12 ili 15°C). U ovim meteorološkim podacima stupanj dani definirani su za temperaturu zraka u grijanom prostoru od 20°C i za različite temperature početka grijanja i to 10°C, 12°C i 15°C. Dani su i percentili stupanj dana.

d) Vlažnost zraka

Navedeni su sljedeći podaci o vlažnosti zraka:

- srednje mjesečne vrijednosti relativne vlažnosti zraka [%]
- srednje vrijednosti relativne vlažnosti zraka mjerene u 7 i 14 sati [%]
- srednje mjesečne vrijednosti parcijalnog tlaka vodene pare [hPa]
- srednje vrijednosti parcijalnog tlaka vodene pare *p* [hPa] mjerene u 7 i 14 sati.

e) Brzina vjetra

Dane su srednje mjesečne i godišnje brzine vjetra [m/s], izračunate su iz podataka o jačini vjetra.

f) Sunčevo zračenje

Navedene su mjesečne i godišnje dozračene energije globalnoga Sunčeva zračenja.
Podaci su dani za različite orijentacije plohe (S, SI, I, JI, J, JZ, Z, SZ) i različite nagibe ploha u odnosu na horizontalnu ravninu (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° i 90°).

3.1.4. Proračunski parametri

Na gubitke i dobitke topline zgrade, pored ostalih meteoroloških parametara, najviše utječu temperatura vanjskog zraka i željena temperatura unutar zgrade. Stvarna unutarnja temperatura prostora ovisna je o trenutnoj želji i potrebama korisnika tako da ju je nemoguće unaprijed točno predvidjeti. U proračunima se zato koristi vrijednost **unutarnje projektne temperature.** Vanjska temperatura zraka također je vrlo promjenjiva. Za određivanje učina komponenata termotehničkih sustava i za određivanje potrošnje energije, koristi se **vanjska projektna temperatura.**

Unutarnja projektna temperatura

Za proračun normiranog toplinskog opterećenja koriste se podaci unutarnje projektne temperature iz HRN EN 12831, a za različite namjene prostorija navedene su u tablici 3-3.

Tablica 3-3. Unutarnje projektne temperature prema vrsti prostora

Vrsta prostora	Unutarnja temperatura
Uredi	20
Konferencijske sale	20
Gledališta	20
Restorani, kafići	20
Učionice	20
Robne kuće	16
Stambeni prostori	20
Kupaonice	24
Crkve	15
Muzeji i galerije	16

Izvor: (Andrassy, 2010.)

Vanjska projektna temperatura zraka

Vanjska projektna temepratura zraka je proračunska vrijednost koja se uzima u obzir pri proračunu toplinskog opterećenja sustava grijanja ili hlađenja. Na temelju tih normiranih vrijednosti vanjskih temperatura za zimu i ljeto, određuju se nazivne snage uređaja termotehničkih sustava, odnosno vrši se izbor termotehničke opreme.

Vanjska projektna temperatura zraka prema HRN EN 12831 može biti određena na dva načina:

- izračunata prema normi HRN EN ISO 15927-5 i navedena u nacionalnom dodatku norme HRN EN 12831 ili
- usvojena vrijednost najmanje dvodnevne srednje temperature, koja je izmjerena barem 10 puta tijekom dvadesetogodišnjeg razdoblja. Za Hrvatsku nema nacionalnog dodatka normi HRN EN 12831, te se obično koriste podaci dostupni u stručnoj literaturi.

3.1.5. Utjecaj geometrije zgrade i faktora oblika na potrošnju energije

Faktor oblika zgrade, $f_0 = A/V_e$ (m^{-1}), jest količnik oplošja, A (m^2), i obujma, V_e (m^3), grijanog dijela zgrade. Oplošje grijanog dijela zgrade, A (m^2), jest ukupna ploština građevnih dijelova

koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (omotač grijanog dijela zgrade). Obujam grijanog dijela zgrade, V_e (m^3), jest bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje *A*.

Geometrija zgrade i faktor oblika zgrade direktno utječu na potrošnju energije u zgradi. Promjena oblika tijela zgrade, kao i raščlanjivanje tijela zgrade utječu na veličinu vanjskog oplošja zgrade. Veličina transmisijskih gubitaka topline kroz oplošje grijanog volumena zgrade ovisi o veličini oplošja: Što je veće oplošje, veća je transmisija (gubitak) topline. Uz isti volumen zgrade, njezino veće oplošje daje veći faktor oblika. Što je oblik zgrade "kompaktniji", to je faktor oblika manji.

3.2. Metodologija provođenja energetskih pregleda

Energetski pregled zgrade je ključan i nezaobilazan korak u analizi učinkovitosti potrošnje energije, kontroli potrošnje i smanjenja troškova i potrošnje energije, energenata u zgradama. Sastavni je dio energetskog pregleda identificiranje preporuka za promjene načina rada postrojenja ili promjene ponašanja korisnika te preporuke za primjenu zahvata i realizaciju mjera kojima se poboljšava energetska učinkovitost zgrade bez ugrožavanja ili uz poboljšanje radnih uvjeta, ugodnosti boravka, proizvodnog procesa ili kvalitete usluge u zgradi.

Osnovni cilj energetskog pregleda zgrade je prikupljanjem i obradom podataka o zgradi utvrđivanje energetskih svojstava obzirom na:

- građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite i potrošnje energije,
- energetska svojstva sustava za grijanje, hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju,
- energetska svojstva sustava za pripremu potrošne tople vode,
- energetska svojstva sustava potrošnje električne energije,
- energetska svojstva sustava potrošnje pitke i sanitarne vode,
- energetska svojstva pojedinih grupa trošila i ostalih tehničkih sustava u zgradi,
- način korištenja zgrade i u njoj ugrađenih energetskih sustava i sustava potrošnje vode.

Svrha energetskog pregleda je:

- analiza stanja i mogućnosti primjene mjera poboljšanja energetskih svojstava zgrade i poboljšanja energetske učinkovitosti u skladu s realnim uvjetima i uporabe zgrade,

 prikupljanje svih potrebnih podataka i informacija o zgradama za provođenje postupka energetskog certificiranja zgrade i određivanja energetskog razreda zgrade u propisanim referentnim klimatskim podacima prema definiranom algoritmu.

3.2.1. Provedbeni koraci energetskog pregleda

U postojećoj metodologiji definirani su provedbeni koraci za stambene zgrade, nestambene zgrade, ostale zgrade i samostalne uporabne cjeline, posebno za postojeće i nove zgrade. U ovom dijelu prikazat će se provedbeni koraci samo onog dijela koji se odnosi na područje istraživanja koje je provedeno za potrebe rada.

Za postojeće zgrade, za koje se izdaje energetski certifikat obvezno se provodi energetski pregled u kojemu se prikupljaju svi ulazni podaci i informacije o zgradi koji se koriste u postupku energetskog certificiranja. Proračun energetskih svojstava zgrade provodi se prema Algoritmu, te se određuje energetski razred zgrade.

Provedbeni koraci energetskog pregleda za postojeće stambene zgrade:

 obilazak lokacije i prikupljanje podataka o energetskim svojstvima zgrade, tehničkim sustavima u zgradi, stvarnom režimu i parametrima korištenja zgrade i stvarnoj potrošnji,
 analiza energetskih svojstava zgrade,
 analiza postojećeg načina gospodarenja energijom,
 proračun energije za stvarne i referentne klimatske podatke,
 izrada energetskih bilanci i modela prema stvarnom načinu korištenja,
 prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade,

Rezultati su:

 izrada izvješća o provedenom energetskom pregledu
 izrada energetskog certifikata

3.2.2. Pregled postojećeg stanja građevine

Pri obilasku zgrade potrebno je provjeriti podatke prikupljene upitnikom te prikupiti ostale bitne informacije i podatke koji nisu prikupljeni upitnikom ili se mogu prikupiti samo na terenu.

Neki od tipičnih podataka o zgradi koji se provjeravaju ili prikupljaju na terenu su:

 opće karakteristike zgrade kao što su površine prostorija, detalji građevnih dijelova vanjske ovojnice, orijentacija, opis elemenata vanjske ovojnice i drugo,

 raspoloživa projektna dokumentacija iz koje su vidljive toplinske karakteristike vanjske ovojnice te površine i raspored prostorija,
 opće tehničke karakteristike i parametri korišteni pri projektiranju i pri njihovom radu.

Svi podaci trebaju u izvješću o energetskom pregledu biti transparentno prikazani sukladno Algoritmu.

Tijekom pregleda vanjske ovojnice zgrade potrebno je obratiti pažnju na sljedeće elemente za koje je potrebno prikupiti podatke:

 dimenzije vanjske ovojnice ukoliko ne postoji projektna dokumentacija,
 sastav vanjske ovojnice ukoliko ne postoji projektna dokumentacija,
 toplinsku izolaciju vanjske ovojnice,
 stanje vanjske ovojnice zgrade,
 toplinske mostove,
 prodiranje vlage i oštećenja na vanjskoj ovojnici zgrade,
 stanje vanjske stolarije.

3.2.3. Analiza energetskih svojstava građevine

Cilj analize prikupljenih podataka o tehničkim i energetskim svojstvima zgrade je dobivanje svih potrebnih informacija koje će omogućiti identifikaciju mjesta nepotrebne ili neučinkovite potrošnje energije, prijedlog i analizu mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti te izračun i pripremu svih podataka koji su potrebni za energetsko certificiranje zgrada.

Pri analizi vanjske ovojnice potrebno je prikupiti sljedeće podatke:

- oplošje grijanog dijela zgrade, A [m^2],
- orijentacija, nagib i pripadajuća površina elemenata vanjske ovojnice zgrade (neprozirnih i prozirnih dijelova),
- obujam grijanog dijela zgrade, Ve [m^3],
- ploština korisne površine zgrade, A_K [m^2],
- pretpostavljeni/izračunati gubici otvora uslijed ventilacije i infiltracije,
- učešće ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja, f [m^2/m^2],
- oplošje hlađenog dijela zgrade, A [m^2],
- obujam hlađenog dijela zgrade, V_e [m^3],
- ploština hlađene površine zgrade.

Pri analizi vanjske ovojnice potrebno je analizirati sve građevne dijelove vanjske ovojnice prema vanjskom ili negrijanom prostoru, te prema tlu. Također, svi građevni dijelovi moraju biti podijeljeni prema orijentaciji i prema kategoriji i tipu (primjerice moguć je slučaj vanjskoga zida različitog sastava s više različitih koeficijenata prolaska topline). Rezultat analize toplinskih karakteristika vanjske ovojnice je proračun potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje, prema HRN EN 13790:2008, mjesečna metoda. U izvještaju o provedenom energetskom pregledu potrebno je dati ispis proračuna potrebe toplinske energije, s prikazom ulaznih i izlaznih podataka.

3.2.4. Prijedlog mjera poboljšanja

U sklopu ove analize potrebno je predložiti sve prepoznate mjere koje mogu biti:

Mjere energetske učinkovitosti

Cilj primjene mjera je ušteda energije i/ili vode uz zadržavanje ili poboljšanje udobnosti boravka, kvalitete usluge ili kvalitete proizvoda. Rezultat mjera je ušteda u potrošnji energije i/ili vode, troškova za energiju i/ili vodu te smanjenje emisija stakleničkih plinova.

Mjere s ciljem zadovoljavanja minimalnih propisanih tehničkih uvjeta

Cilj ove mjere je poboljšanje udobnosti boravka, kvalitete usluge ili kvalitete proizvoda te zadovoljavanje važećih minimalnih tehničkih uvjeta definiranih propisima. Takve mjere mogu rezultirati povećanjem potrošnje energije i/ili vode te nisu nužno mjere energetske i ekonomske učinkovitosti.

Sve predložene mjere poboljšanja energetskih svojstava zgrade moraju biti prikazane i analizirane u odnosu na stvarnu tzv. referentnu potrošnju, prema lokaciji odnosno klimatsko–geografskom području gdje je smještena zgrada te prema stvarnim uvjetima korištenja zgrade. Također, svi ulazni podaci za analizu i proračun mjera te rezultati istih moraju biti transparentno prikazani i provjerljivi kroz podatke dane u izvješću o energetskom pregledu.

3.3. Algoritmi modela za procjenu kvalitete zgrade

Procjena kvalitete ovojnice zgrade, po europskoj Direktivi 2010/31/EU, radi se po postojećoj metodologiji u koju su pored ostalog i uključeni razni algoritmi. Prema naputku Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja (*NN*, 48/14), u metodologiju su uključeni sljedeći algoritmi:

- Faktori primarne energije i emisije CO_2,
- Algoritam za proračun potrebne energije i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790,
- Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitosti termo-tehničkih sustava u zgradama,
- Algoritam za određivanje energetske učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama,
- Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade.

Provedena istraživanja u radu usmjerena su prema algoritmima:

1. Algoritam za proračun potrebne energije prema HRN EN ISO 13790 i
2. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termo-tehničkih sustava u zgradama.

3.3.1. Algoritam za proračun potrebne energije zgrade prema HRN EN ISO 13790

Navedeni algoritam se odnosi na proračun potrebne energije i za grijanje i za hlađenje. Za potrebe rada analiza je usmjerena samo prema grijanju, dok hlađenje nije predmet istraživanja rada.

Godišnja potrebna energija za grijanje (Soldo, V. i sur., 2014.) $Q_{H,nd}$ jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.

Potrebna toplinska energija za grijanje:

$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$ (kWh),

gdje su:

$Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh),

$Q_{H,ht}$ - ukupno izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh),

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka,

$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh).

Prema HRN EN ISO 13790, tri su pristupa proračunu potrošnje energije za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:

- kvazistacionarni proračun na bazi sezonskih vrijednosti,
- kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti,
- dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim.

Kod energetskog certificiranja zgrada, za proračun $Q_{H,nd,}$ koristiti se kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti.
Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti.

Energetski razredi iskazuju se za referentne klimatske podatke (prema podacima iz pravilnika koji se odnosi na energetsko certificiranje zgrada). Referentni klimatski podaci određuju se posebno za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja. Za gradove i mjesta koja imaju 2200 i više stupanj dana grijanja godišnje, proračun energetskih potreba se provodi prema referentnim klimatskim podacima za kontinentalnu Hrvatsku. Za gradove i mjesta koja imaju manje od 2200 stupanj dana grijanja godišnje, proračun energetskih potreba se provodi prema referentnim klimatskim podacima za primorsku Hrvatsku.

Ulazni podaci proračuna su:

- Klimatski podaci

v_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period, (°C),
S_S – srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period, (MJ/m^2).

- Proračunski parametri

v_{int} – unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona (°C),
n – broj izmjena zraka svake proračunske zone u jednom satu (h^{-1}).

- Podaci o zgradi

A_k – ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade (m^2);

Poput sljedećih:

vanjski zidovi, zidovi između stanova, zidovi prema garaži/tavanu, zidovi prema negrijanom stubištu, zidovi prema tlu, stropovi između stanova, stropovi prema tavanu, stropovi iznad vanjskog prostora, stropovi prema negrijanom podrumu, podovi na tlu, podovi s podnim grijanjem prema tlu, kosi krovovi iznad grijanih prostora, ravni krovovi iznad grijanih prostora.

V – obujam grijanog dijela zgrade (m^3).

Na osnovi gornjeg izraza dobiva se – godišnja potrebna energija za grijanje:

$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol})$ (kWh),

gdje je:

Q_{Tr} – izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

Q_{Ve} - potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh);

$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-);

Q_{int} - unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh);

Q_{sol} - toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh).

Za potrebe analize dobivenih rezultata istraživanjem u gornjem izrazu se zanemaruju sljedeći parametri:

$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + \underbrace{Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol})}$ (kWh).

Zanemareno = 0.

Pojednostavljeno, za potrebe ovog rada godišnja potrebna energija za grijanje je ekvivalent energiji koja se gubi preko transmisijskih gubitaka, dok se ostali parametri zanemaruju.

Dakle,

$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr}$, (kWh),

gdje je:

$Q_{Tr} = f(H_{Tr})$, (kWh), a

H_{Tr} – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K), odnosno gubici prema okolišu i negrijanom prostoru.

Interpretacija algoritma prema istraživanju:

Prema navedenom algoritmu kvalitetu projekata energetske učinkovitosti može se promatrati preko gubitaka energije iz prostora prema vanjskom okolišu kroz građevinske segmente, što je upravo i meritum istraživanja ovog rada.

3.3.2. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termo-tehničkih sustava u zgradama (Lončar i sur., 2015.) temelji se na normama na koje upućuje Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada (*NN* br. 36/10), a obuhvaća proračune konvencionalnih sustava grijanja prostora. Proračun je moguće provesti na godišnjoj, sezonskoj, mjesečnoj, dnevnoj razini ili satnoj razini, osim u slučaju sunčanih sustava i dizalica topline kada se proračun može provesti jedino na razini mjeseca i sati tijekom godine. Kod postupka računanja na mjesečnoj razini, u svim se mjesecima računa sa stvarnim brojem sati rada sustava, uzimajući u obzir dinamiku izmjene topline u zgradi, dnevni i tjedni broj dana rada sustava te broj dana grijanja u pojedinom mjesecu koristeći vrijednosti $Q_{H,nd}$ s uključenim redukcijskim faktorom sukladno proceduri opisanoj u Algoritmu prema HRN EN ISO 13790. Kod primjene jednostavne satne metode dinamika izmjene topline i dnevni broj sati rada su uključeni kroz proračun $Q_{H,nd}$ dok se tjedni broj sati rada i broj dana grijanja uzimaju u obzir kroz naknadne proračune.

Metoda proračuna temelji se na određivanju toplinskih gubitaka i energije za pogon pomoćnih uređaja u sljedećim podsustavima na koje se dijeli promatrani termo-tehnički sustav:

- podsustav predaje toplinske energije u prostor (ogrjevna tijela), uključujući regulaciju,
- podsustav razvoda ogrjevnog medija i potrošne tople vode, uključujući regulaciju,
- podsustav proizvodnje toplinske energije, uključujući spremnik i cjevovode primarne cirkulacije do generatora topline (kotla) te regulaciju.

Proračun se provodi u svrhu određivanja energetskih tokova u zgradi kako bi se izračunala isporučena i primarna energija zgrade za zadanu korisnu toplinsku energiju koju je potrebno isporučiti zgradi.

Potrebna toplinska energija za grijanje ovdje je definirana kao:

$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$ (kWh),

gdje je:

Q_{Tr} - transmisijski toplinski gubici (kWh),

Q_{Ve} - ventilacijski toplinski gubici (kWh),

$Q_{H,gn}$ - toplinski dobici od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja (kWh),

$\eta_{H,gn}$ - stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka, (-).

Kao i u prethodnom algoritmu zanemaruju se svi parametri osim transmisijskih gubitaka:

$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$ (kWh).

Zanemareno = 0.

Dakle,

$Q_{H,nd} = Q_{Tr}$ (kWh).

Kao što se vidi, i drugi navedeni algoritam ukazuje da se kvalitetu projekata energetske učinkovitosti može promatrati preko transmisijskih gubitaka energije iz prostora prema vanjskom okolišu što je i portal istraživanja ovog rada.

3.4. Termografija

Temperatura kao fizikalna veličina vjerojatno spada u najčešće mjerene veličine. Međutim, izravno mjerenje temperature nije moguće. Ono se može temeljiti na termodinamičkoj definiciji toplinske ravnoteže koja nastupa izjednačavanjem temperature. Pri tome se koriste instrumenti za mjerenje temperature čiji se osjetnik stavlja u dodir s mjerenim objektom kako bi s njime došao što bliže toplinskoj ravnoteži. No, mora se naglasiti da do potpunog izjednačenja u realnom vremenu ne može doći, već se želi dovoljno blizu približiti stanju toplinske ravnoteže.

Razlikuju se dva pristupa mjerenju temperature:

- kontaktno mjerenje temperature i
- beskontaktno mjerenje temperature.

Kontaktno mjerenje temperature temelji se na uspostavi dodira između mjerenog objekta i osjetnika temperature mjernog uređaja. S druge strane, beskontaktno mjerenje temperature služi određivanju temperature objekta bez fizičkog kontakta s njima. Takvo mjerenje je ograničeno samo na mjerenje temperature površine mjerenog objekta.

Termografija je beskontaktna metoda mjerenja toplinskog zračenja i njegove raspodjele na površinama objekta. Izraz potječe od grčkih riječi *therme* – toplina i *grafein* – pisati. To znači da termografija podrazumijeva da nakon mjerenja ostaje trajan zapis o izmjerenim veličinama. Taj se zapis naziva termogram.

Prema Pašagiću (Pašagić, 2008.), mjerenjem energije zračenja indirektno se mjeri temperatura površine promatrane građevine, što omogućuje zaključivanje o statičkim i dinamičkim značajkama te građevine. Prikazane su mogućnosti primjene infracrvene termografije u građevinarstvu. Opisana je fizikalna osnova termografije, princip mjerne metode, rad termografskog uređaja te odgovarajuće norme, uz primjere primjene.

3.4.1. Osnove termografije

Tri svojstva termografije su:

- beskontaktnost,
- dvodimenzionalnost i
- brzina.

Potrebno je istaknuti da termografija daje samo uvid u temperaturu površine promatranog objekta. Temperaturu unutrašnjosti može se odrediti samo računskim metodama. Termografija se oslanja na termografske uređaje. Termografski uređaji služe snimanju, prikazivanju, zapisivanju i obradi termograma. Termogram je prema definiciji vidljiva slika raspodjele infracrvenog zračenja koje dolazi s površine promatranog objekta. Na osnovi termograma moguće je odrediti temperaturu pojedinih mjesta na površini.

Detaljna obrada i evaluacija podataka odvija se pomoću programskih paketa na računalu. Može se zaključiti da suvremeno upravljanje kvalitetom u bilo kojem sektoru pa tako i u sektoru građevinarstva, nije moguće bez integralnog pristupa uz pomoć informacijskih tehnologija.

Termografski uređaji mogu se svrstavati u različite kategorije. Osnovna podjela može se učiniti prema:

- načinu skeniranja i
- vrstama osjetnika.

Ovisno o promatranim parametrima i uvjetu točnosti mogu se koristiti i različiti uređaji koji su na raspolaganju. Takvi uređaji nazivaju se još i termografske kamere koje svojim karakteristikama utječu na mogućnosti očitanja termograma.

Osnovni parametri termografske kamere su:

- □ područje mjerenja temperature,
- □ razlučivost temperaturnih razlika,
- □ prostorna razlučivost,
- □ točnost i
- □ brzina obnove slike – brzina skeniranja.

3.4.2. Termografske metode

Pristup termografskom snimanju može biti raznolik s obzirom na svrhu potrebne analize i prirodu pojave, odnosno objekta koji se ispituje. U tom smislu, razlikuje se kvalitativna od kvantitativne termografije i aktivna od pasivne termografije.

Kvalitativna termografija primjenjuje se u svim onim slučajevima kada nije potrebno određivati brojčane vrijednosti temperature ili razlike temperatura, već se na promatranom objektu ustanovljava područja ili pojedine točke s neuobičajenim pregrijanjima ili podhlađenjima. Takva termografska ispitivanja obično se rade u svrhu dobivanja osnovnih informacija o toplinskom stanju objekta, a prikazane anomalije se provjeravaju i njihove eventualne uzroke ustanovljavaju se naknadnim detaljnim ispitivanjima termografskim ili drugim metodama mjerenja. U tome se slučaju do rezultata dolazi brzo ili čak trenutačno, a snimanje nije povezano sa zadovoljavanjem složenih preduvjeta, kao što je određivanje emisijskih svojstava, stanja okoline itd. Pri tome dakako treba biti oprezan i zaključke temeljiti na iskustvu, jer anomalije mogu biti posljedica neočekivanih nehomogenosti razdiobe emisijskog faktora, koncentriranih izvora toplinskog zračenja i tome slično. Kvalitativnom se termografijom također služe službe za nadzor objekata kao npr. granica ili za čuvanje imovine. Termografijom se vrlo efikasno prikazuju pokreti osoba i u potpunom mraku, a u navedenim slučajevima kamera obično nije niti opremljena za kvantifikaciju temperature. U toj primjeni termografija često nosi naziv „termovizija".

Kvantitativna termografija za razliku od kvalitativne, podrazumijeva određivanje brojčane vrijednosti temperature. Pri tome kvantifikacija zahtijeva poznavanje svih utjecajnih

parametara, prije svega emisijskog faktora objekta i stanja okoline. O točnosti tih podataka bitno ovisi i točnost dobivenih vrijednosti temperature, koja dakako nikad ne može biti veća od točnosti termografskog sustava. Kvantifikacija se pri tome može odnositi na temperaturu pojedinih točaka na termogramu ili na srednju temperaturu odabranih područja. Tada će točnost izmjerene veličine ovisiti i o točnosti kamere. Ako se kvantificira samo razlika temperatura između točaka ili područja termograma, točnost podataka je načelno neovisna o točnosti sustava, već ovisi samo o točnosti ulaznih podataka. Za kvantitativnu termografiju potrebno je obično više priprema što zahtijeva određeno vrijeme, iako suvremeni termografski sustavi pružaju mogućnosti računalnih obrada koje to vrijeme mogu znatno skratiti, a termografske kamere više kategorije dopuštaju podešavanje najvažnijih utjecajnih parametara već prilikom snimanja termograma.

Pasivna termografija je metoda termografskog snimanja objekta u ustaljenom (stacionarnom) temperaturnom stanju kakvo je postignuto duljim boravljenjem toga objekta u okolini, čija se temperatura ne mijenja. Ako je zračenje odašiljano s površine objekta različito od zračenja koje odašilje njegova okolina, ono će na termogramu biti vidljivo. Kaže se da objekt daje toplinski kontrast.

Aktivna termografija je metoda dobivanja toplinskog kontrasta objekta koji je na istoj temperaturi kao i njegova okolina te stoga nije vidljiv na termogramu bez intervencije izvana. Radi se o različitim načinima toplinske pobude objekta dovođenjem ili odvođenjem topline. Pri tome će objekt mijenjati temperaturu te će postati vidljiv termografskoj kameri, tj. moći će se odrediti njegova trenutačna temperatura. Aktivna se termografija, međutim obično provodi sa svrhom određivanja svojstava objekta ispod njegove površine. Tako se npr. snimanjem termograma u određenim vremenskim razmacima nakon pobude dobivaju podaci iz kojih je moguće računski određivati neka svojstva materijala objekta kao što je debljina, nehomogenosti, pukotine i si. Pasivna termografija je u većini slučajeva kvalitativna, dok se aktivna primjenjuje u kvantitativne svrhe, najčešće u laboratorijskim uvjetima pri istraživačkim i razvojnim disciplinama.

3.4.3. Analiza termograma

Pod analizom termograma podrazumijeva se analiza temperaturnog uzorka na prikazu dobivenom s infracrvene kamere. Infracrvene kamere raspolažu s alatima koji se mogu

primijeniti u dvije svrhe:

- poboljšanje vidljivosti/uočljivosti temperaturnog uzorka i
- kvantitativna analiza termografskog prikaza.

Alati koji se koriste za poboljšanje uočljivosti temperaturnog uzorka na termogramu su: izbor odgovarajuće temperaturne razine i temperaturnog raspona, prikaz pomoću izotermi te izbor najpogodnije palete boja.

Temperaturno podešavanje je prilagodba temperaturne skale prikaza prema objektu analize, u cilju postizanja optimalnog kontrasta. Infracrvena kamera pruža mogućnost izbora temperaturne razine (srednja temperatura) i temperaturnog raspona.

Pod nazivom izoterma na termografskoj kameri podrazumijeva se odabrani interval "prividnih", a ne stvarnih temperatura. Korištenjem alata "izoterma" odabranom se bojom (najčešće izraženog kontrasta) osjenčuje područje (interval) prividnih temperatura.

Vrlo koristan alat pri analizi termograma je izbor palete boja. Njime se omogućuje da se različite boje pridruže određenim razinama "prividnih temperatura". Izabrana paleta boja može dati manje ili više izražen kontrast, ovisno o bojama koje sadržava.

3.4.4. Termografska mjerenja u zgradarstvu

Termografija se u zgradarstvu najčešće primjenjuje s ciljem ustanovljavanja trenutnog stanja toplinske izolacije (eventualnih oštećenja ili propusta prilikom njezinog postavljanja), za procjenu stanja objekta prije poduzimanja poslova sanacije (procjena opsega radova i troškova), pronalaženje mjesta prodora vlage (uzrok pojave plijesni i oštećenja građevnog dijela uslijed vlage, analiza šteta izazvanih vlagom), za pronalaženje skrivenih elemenata u građevinskom dijelu ispod sloja vanjske žbuke te u održavanju spomeničke baštine.

Termografska mjerenja u zgradarstvu provode se u razdobljima kada je objekt u stacionarnom ili kvazistacionarnom stanju. Svaka je nestacionarnost uvijek vezana uz toplinsku tromost objekta. Primjena infracrvene termografije za pronalaženje i analizu mjesta s toplinskim nedostacima ili oštećenjima u tim uvjetima, ne bi dala pouzdane i ispravne podatke. Uvjeti izmjene topline na vanjskim stijenkama građevine razlikuju se od uvjeta koji vladaju na unutarnjim stijenkama i najčešće ih je teško obuhvatiti i definirati. Iz toga razloga je kvantitativna infracrvena termografija uglavnom vezana na mjerenja koja se obavljaju unutar

objekta, a termografska mjerenja obavljena na objektu s vanjske strane uglavnom se odnose na kvalitativnu termografiju.

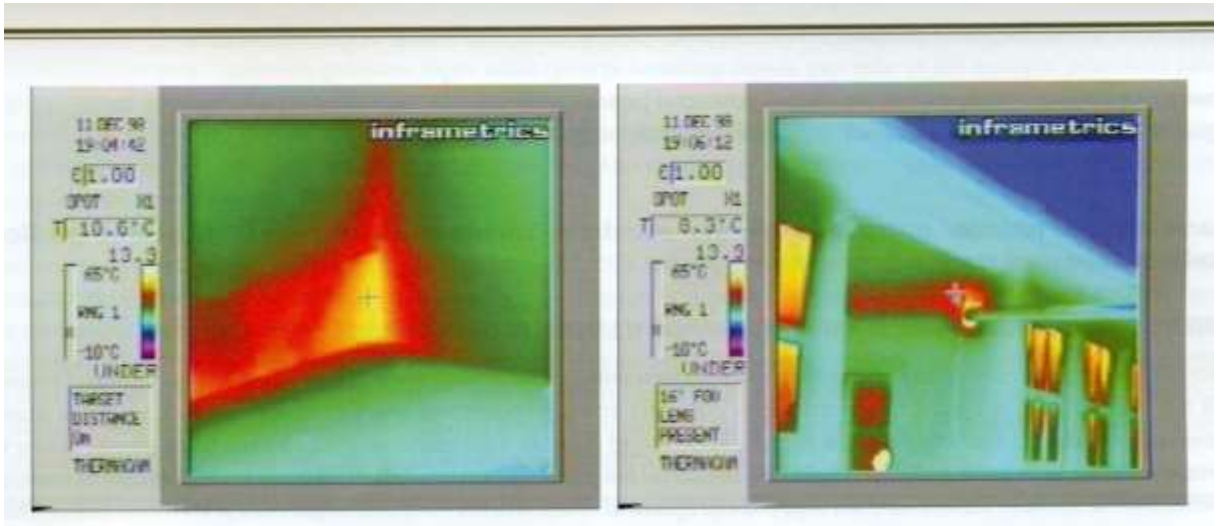
Vanjska termografija pruža širi pregled objekta i omogućuje sagledavanje objekta kao cjeline (slika 3-4.), te se sve nepravilnosti u temperaturnoj raspodjeli lakše uočavaju. Ako prostorni uvjeti oko objekta dopuštaju, moguće je promijeniti kut snimanja i objekt promatrati iz različitih pozicija što je nekad vrlo korisno radi uklanjanja smetnji iz okoliša. Međutim, ako je prostor oko građevnog objekta skučen, snimanje će biti teško provedivo uslijed male udaljenosti do objekta, te će i kut snimanja biti loš. Poteškoće kod mjerenja može uzrokovati pokrivenost fasade zelenilom i sjenom drveća. Osim toga, vanjska je termografija izrazito ovisna o vremenskim uvjetima prije i tijekom obavljanja mjerenja.



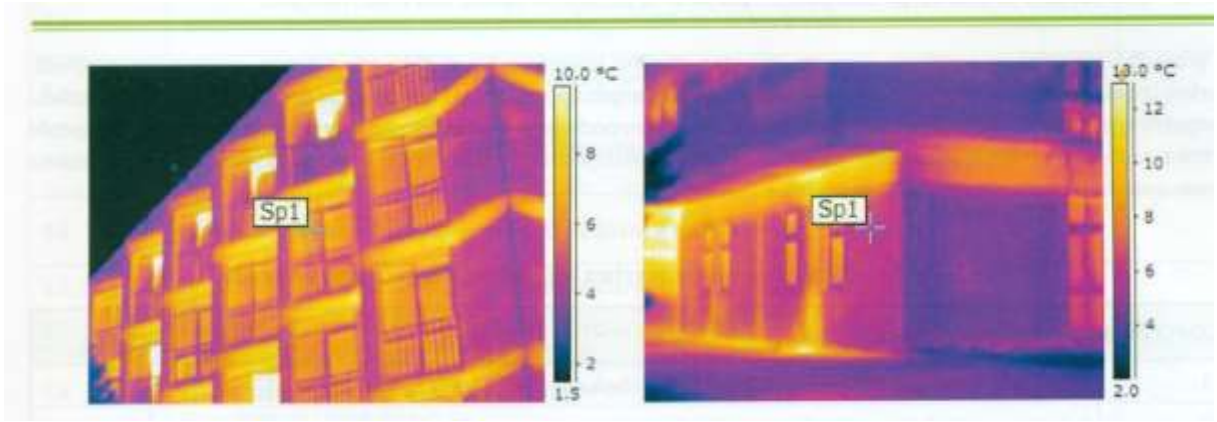
Slika 3-4. Termografski snimak zgrade iz okoliša

Izvor: (Andrassy, 2010.)

Kod unutarnje termografije vremenski uvjeti nemaju izravnog utjecaja, pa se ona može provesti tijekom cijelog dana. Poteškoće se mogu pojaviti u slučajevima kada je za mjerenje pristupačan samo dio površina i kada je u prostorijama prisutan namještaj. Unutarnja termografija obično zahtijeva više vremena za provedbu mjerenja, a nužno je odobrenje i razumijevanje korisnika prostora u kojem se provodi mjerenje.



Slika 3-5. Termografski snimak unutar zgrade (Andrassy, 2010.)



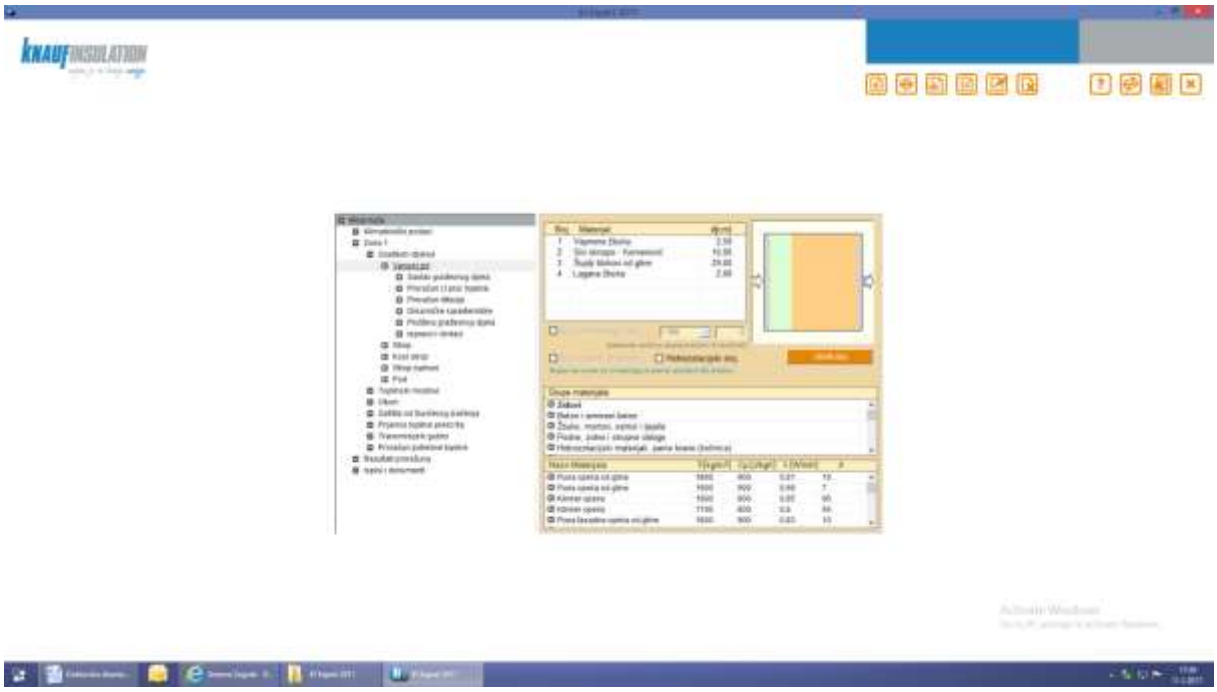
Slika 3-6. Termografski snimak izvan zgrade (Andrassy, 2010.)

3.4.5. Postojeći računski programi za izračun gubitaka energije

Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja za sada prihvaća više programskih paketa za izračun gubitaka energije te za određivanje energetskog razreda zgrade. Oni se jedan od drugog vrlo malo razlikuju, a najčešće korišteni paketi su KI Expert paketni programi za izračunavanje potrošnje energije i određivanja razreda građevinskog objekta tvrtke Knauf insulation iz Novog Marofa, odnosno autora računskog paketa Silvija Novaka.

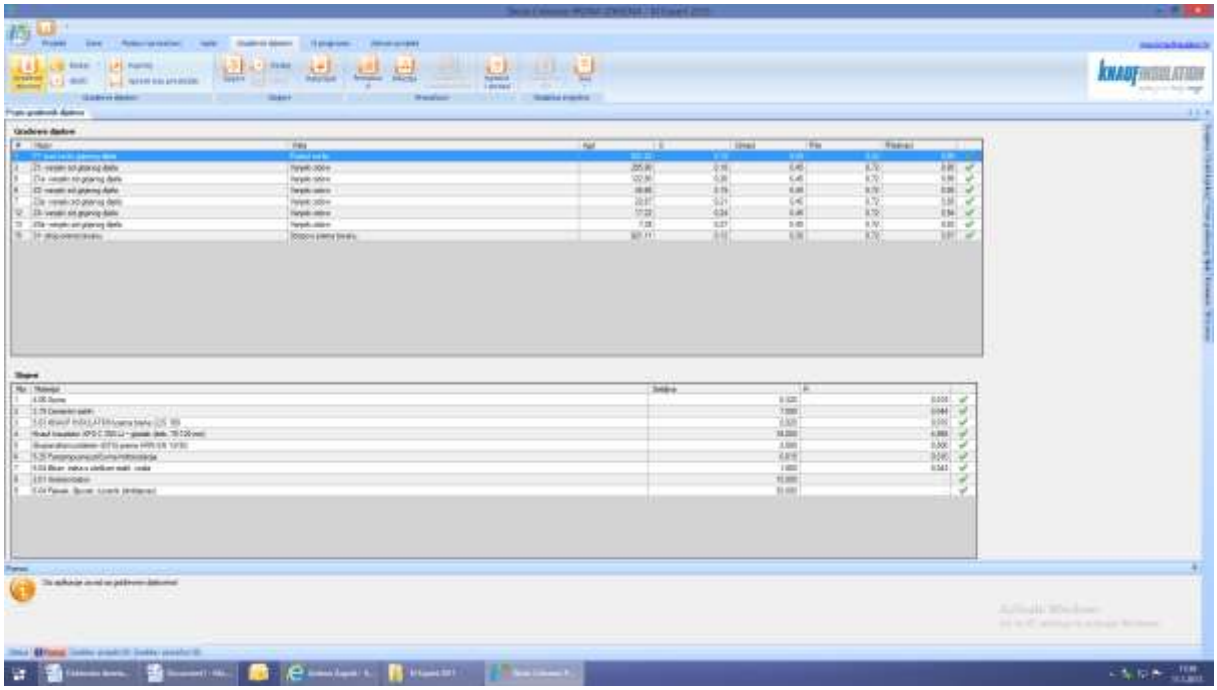
Do sada su izdane dvije generacije programskog paketa i to *KI Expert 2011* te *KI Expert 2013* te je u pripremi i nova generacija navedenog paketa. Upravo taj proračunski paket poslužit će u obradi mjerenih podataka te u konačnici u komparaciji proračunskih parametara nasuprot mjerenim stvarnim podacima.

Na slikama 3-7. i 3-8. prikazana su sučelja tih dviju generacija proračunskih paketa.



Slika 3-7. Sučelje programskog paketa KI Expert 2011

Izvor: (www.knaufinsulation.hr)



Slika 3-8. Sučelje programskog paketa KI Expert 2013

Izvor: (www.knaufinsulation.hr)

4. ISTRAŽIVANJE

4.1. Ciljevi istraživanja

Istraživanje koje je provedeno za potrebe ove doktorske disertacije integrira znanstvena područja informacijskih i tehničkih znanosti. Iz tog razloga istraživanja su usmjerena na empirijska istraživanja koja su povezana s analitičkim alatima obrade ulaznih podataka dobivenih mjerenjem. To se u prvom redu odnosi na rezultate istraživanja koji su interpretirani kvantitativnim metodama poput: deskriptivne statistike, korelacijske analize te na kraju regresijskom analizom dobivenog modela kojim utječemo na preciznost projekata preko definiranih indeksa kvalitete.

Temeljni cilj ovog rada je razviti poboljšani model procjene kvalitete energetske učinkovitosti zgrada koji će uključivati vremensku komponentu (posljedice starenja) građevine te uzimati u obzir diferenciju izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje. Iz toga proizlaze dva podcilja:

1. Definirati glavne uzroke koji se javljaju kod projekata podizanja energetske učinkovitosti preko mjerljivih parametara te prikazati korelacijski odnos tih parametara na ukupni učinak projekata podizanja energetske učinkovitosti,
2. Oblikovati i razviti poboljšanu aplikaciju proračunskog dijela projekta temeljenu na informacijskom sustavu koji će na automatiziran način upravljati mjerljivim parametrima te nadograditi postojeću bazu podataka materijala koji će biti obuhvaćeni istraživanjem.

Iz navedenih ciljeva proizlaze i hipoteze:

H_1: Uvođenje novoidentificiranih indeksa kvalitete u postojeći model procjene energetske učinkovitosti objekta bitno će pridonijeti preciznijoj procjeni.

U tu svrhu potrebno je izgraditi prošireni konceptualni model procjene energetske učinkovitosti objekata temeljem kojeg će hipoteza H_1 biti potvrđena ili odbačena. Pri tome će za modeliranje biti korišteno simulacijsko modeliranje koje će omogućiti provođenje eksperimenata u svrhu oblikovanja parametarskog modela procjene i prepoznavanje mogućih rizika procjene. H_1 postupno će biti prihvaćena/odbijena kroz vrednovanje

nezavisnih varijabli konceptualnog modela kao i značajnosti njhovih utjecaja na preciznost procjene.

H_2: Informacijski sustav temeljen na parametriziranom modelu procjene energetske učinkovitosti građevinskih objekata, omogućit će statističku kontrolu procesa procjene ukupne kvalitete građevinskog objekta s vremenskim odmakom.

Infromacijski sustav temeljen na navedenom modelu generirao bi potrebne podatke iz nadograđene baze podataka materijala, upravljao bi procjenom ukupne kvalitete građevinskog objekta, generirao korektivne mjere za poboljšanje učinkovitosti te projicirao buduće stanje objekta. Takav informacijski sustav pridonijet će kvaliteti postavljene infrastrukture simulacijskog modela temeljem bitnih utjecajnih čimbenika.

4.2. Metode istraživanja

U okviru istraživanja ove doktorske disertacije korištene su različite znanstveno-istraživačke metode (Mejovšek, 2003.). Metode se međusobno nadopunjavaju u svrhu ostvarenja postavljenih ciljeva i dokazivanju postavljenih hipoteza. Korištenje metoda koncipirano je na način korištenja općih i posebnih metoda istraživanja obrađujući teorijski i empirijski dobivene podatke. Aktivnosti vezane uz pripremu podataka bit će usmjerene tako da se obave vjerodostojne izmjere i obrade podaci dobiveni empirijskim istraživanjem, te se isti kompariraju s teorijskim podacima.

Testiranje hipoteza u empirijskom dijelu istraživanja planira se obaviti pomoću statističkih metoda (Mejovšek, 2003.) za obradu prikupljenih empirijskih podataka i simulacijskog modeliranja za izgradnju konceptualnog modela procjene. Za opisivanje i prikaz prikupljenih podataka koristit će se metode deskriptivne statistike (Šošić, 2004.) te prezentiranje dobivenih rezultata pomoću tablica i dijagrama. Za analizu razlike između dobivenih podataka kod indeksa održivosti kvalitete sustava koristit će se metoda testiranja razlike između vrijednosti egzaktnih parametara i onih dobivenih simulacijskim eksperimentima, te korelacijska analiza u svrhu analize povezanosti parametara.

Na kraju će se provesti komparativna analiza rezultata dobivenih postojećom aplikacijom nasuprot rezultatima koje će dati nadograđena aplikacija izračuna parametarskih vrijednosti potrebnih za realizaciju projekta podizanja energetske učinkovitosti. Indeks ugradnje elemenata za podizanje energetske učinkovitosti (*Ii*) dobit će se preko mjerenja propusnosti pojedinog

elementa nakon ugradnje. Temeljeno na podacima provedenih mjerenja i analiza, razvijeni simulacijski model koristit će se za 10-ogodišnje prognoziranje energetske učinkovitosti objekta, a vjerojatno će se moći projicirati i na duži vremenski period.
Podaci dobiveni mjerenjem obradit će se pomoću statističkih metoda te će se sustavnom i dubinskom analizom (Vujević, 2002.) utvrditi učinak navedenih indeksa na zavisnu varijablu koja predstavlja rezultat gotovog projekta.

4.2.1. Metoda studije slučaja

Kako je istaknuto ranije, provedeno istraživanje za potrebe ovog doktorskog rada povezuje dva znanstvena područja te je u tu svrhu potrebno istraživanja provesti kroz različite faze. Analogno tome, i metode istraživanja moraju biti korištene kroz pojedine faze istraživanja. Metoda istraživanja u prvoj fazi rada je metoda studije slučaja preko koje se dobivaju strukturirani podaci koji se žele kasnije analizirati.

Prema Žugaju i suradnicima (Žugaj, 2006.) metoda studije slučaja povezana je i s metodom promatranja što je upravo i potrebno kod ovakve vrste istraživanja. Isti autori metodu studije slučaja definiraju kao postupak kojim se proučava neki pojedinačni slučaj iz nekog znanstvenog područja, pritom se proučava neko specijalno i karakteristično obilježje slučaja (vanjska ovojnica zgrade preko tri definirana segmenta: *vanjski zid*, *strop* i *vanjska stolarija*). Ta metoda je uvod u precizan prikaz odabranog slučaja što je upravo meritum ovog doktorskog rada.

4.2.2. Komparativna metoda

Komparativna metoda (Žugaj, 2006.) je metoda koja postupkom komparacije među događajima, pojavama ili objektima uočava sličnost, zajednička obilježja ili različitosti. Uspoređivanje je jedna od temeljnih logičkih radnji. Usporedba između dva događaja, pojave ili objekta „x“ i „y“ odvija se tako da se utvrde njihove zajedničke značajke, a zatim one po kojima se razlikuju.

Komparativna metoda omogućuje usporedbu građevinskih objekata, u ovom slučaju i potrošnju energije, po unaprijed definiranim parametrima. Isti autori naglašavaju da primjena ove metode zahtijeva posebnu točnost u obradi definiranih pokazatelja – parametara, kao i opreznost u zaključcima.

S obzirom na problematiku koja se rješava u provedenom istraživanju koje veliku pažnju pridaje točnosti u obradi parametara, a s druge strane parametri su mjerljivi čime se izbjegava nelogičnost u zaključcima, ova metoda predstavlja vrlo važan alat u definiranju konačnog modela koji će povećati preciznost procjene projekata energetske učinkovitosti.

4.2.3. Deskriptivna statistika

Statistika je (Zelenika, 2000.) posebna znanstvena disciplina koja u svrhu realizacije postavljenih ciljeva istraživanja na organiziran način prikuplja, odabire, grupira, prezentira i vrši analizu informacija ili podataka, te interpretira rezultate provedene analize. U raznim segmentima društva u ekonomiji statističke se metode i tehnike koriste na razini poduzeća i na makroekonomskoj razini. Statistika se može podijeliti na deskriptivnu i inferencijalnu statistiku.

Deskriptivna ili opisna statistika temelji se na potpunom obuhvatu statističkog skupa, čiju masu podataka organizirano prikuplja, odabire, grupira, prezentira i interpretira dobivene rezultate analize. Na taj način se, izračunavanjem različitih karakteristika statističkog skupa, sirova statistička građa svodi na lakše razumljivu i jednostavniju formu. Ako se statističke metode i tehnike primjenjuju na čitav statistički skup, dakle ako su istraživanjem obuhvaćeni svi elementi skupa oni tvore populaciju.

Inferencijalna statistika temelji se na dijelu (uzorku) jedinica izabranih iz cjelovitog statističkog skupa, pomoću kojeg se uz primjenu odgovarajućih statističkih metoda i tehnika donose zaključci o čitavom statističkom skupu. Uvijek je prisutan odgovarajući stupanj rizika kada se koriste rezultati iz uzorka, za kojeg je poželjno da bude izabran na slučajan način i da bude reprezentativan.

Jedan od zadataka statistike jest izgradnja metoda kojim će se ovakvi problemi moći rješavati egzaktno. Mogu se izdvojiti tri glavna koraka:

1. Biranje uzorka, priprema i provođenje pokusa,
2. Obrada dobivenih podataka,
3. Vršenje procjena i donošenje odluka.

Uzorak znači slučajno izabrani podskup. Pod uzorkom smatra se slučajni uzorak (Šošić, 2006.). Razlikuju se dvije osnovne vrste varijabli: numeričke i kategorijalne, no u ovom doktorskom

radu naglasak je na numeričke varijable. Tako da se analiza rezultata usmjerava prema izračunavanju:

- ☐ aritmetičke sredine,
- ☐ frekvencije,
- ☐ relativne frekvencije,
- ☐ medijana,

} Mjere centralnih tendencija skupa podataka

te:

- ☐ standardne devijacije,
- ☐ varijance,
- ☐ koeficijenata varijacije,
- ☐ raspona.

} Mjere raspršenja podataka

Izrazi za korištene veličine u radu (Šošić, 2006.) prikazani su u tablicama 4-1. i 4-2.:

Tablica 4-1. Mjere centralnih tendencija skupova podataka (Šošić, 2006.)

Mjere centralnih tendencija skupova podataka	**Objašnjenje**
Aritmetička sredina	Ako su zadane pojedinačne vrijednosti numeričke varijable X, x_1, x_2,....., x_n njenih N vrijednosti, odnosno niz brojeva, aritmetička sredina brojeva je: $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i$
Medijan	Medijan nekog skupa podataka je vrijednost od X za koju vrijedi da je 50% svih podataka u skupu manje ili jednako toj vrijednosti i 50% svih podataka joj je veće ili jednako. Za neparan broj podataka n, $n = 2k - 1$, medijan $m = x_{(k)}$. Medijan skupa s parnim brojem podatakan, $n = 2k$, medijan je: $m = (x_{(k)} + x_{(k+1)})/2$

Tablica 4-2. Mjere raspršenja podataka (Šošić, 2006.), (Lulić, 2014.)

Mjere raspršenja podataka	Objašnjenje
Standardna devijacija	Standardna devijacija je pozitivan korijen iz varijance i izražena je u originalnim jedinicama mjere. Stoga je kao potpuna i apsolutna mjera disperzije vrlo često u upotrebi. Može se definirati kao prosječno odstupanje vrijednosti numeričkog obilježja od aritmetičke sredine. Pomoću standardne devijacije u originalnim mjernim jedinicama obilježja može se uspoređivati raspršenost oko aritmetičke sredine nizova koji su grupirani po jednakom obilježju.
Varijanca	Varijanca je prosječno kvadratno odstupanje vrijednosti numeričkog obilježja od aritmetičke sredine (Pivac, 2014.). Varijanca spada u potpune mjere raspršenosti, jer obuhvaća sve elemente odabranog numeričkog statističkog niza. Ovaj pokazatelj mjeri odstupanja, tj. raspršenost elemenata skupa od aritmetičke sredine.
Koeficijent varijacije	Koeficijent varijacije je relativna mjera disperzije, a služi za mjerenje i uspoređivanje disperzije u različitim distribucijama. Pomoću standardne devijacije ne može se uspoređivati intenzitet disperzije u različitim distribucijama, naročito ako su jedinice mjere različite. Koeficijent varijacije je omjer između standardne devijacije i aritmetičke sredine. Taj omjer se može pomnožiti sa 100, i onda predstavlja postotak standardne devijacije od aritmetičke sredine. U određenim slučajevima može biti i veći od 100%.
Raspon	Raspon skupa podataka je razlika između maksimalne i minimalne vrijednosti podataka u uzorku.

4.2.4. Korelacijska i regresijska analiza

Odnos između nekih pojava može biti:

- deterministički (funkcionalni) ili
- stohastički (statistički).

Kod deterministočkog se odnosa za svaku vrijednost jedne pojave točno zna vrijednost druge pojave. S druge strane, kod stohastičkog se odnosa na osnovi vrijednosti jedne pojave ne može sa sigurnošću predvidjeti vrijednost druge pojave.

Istraživanjem i kvantificiranjem povezanosti među promatranim pojavama, odnosno parametrima ili varijablama bavi se - korelacijska analiza.

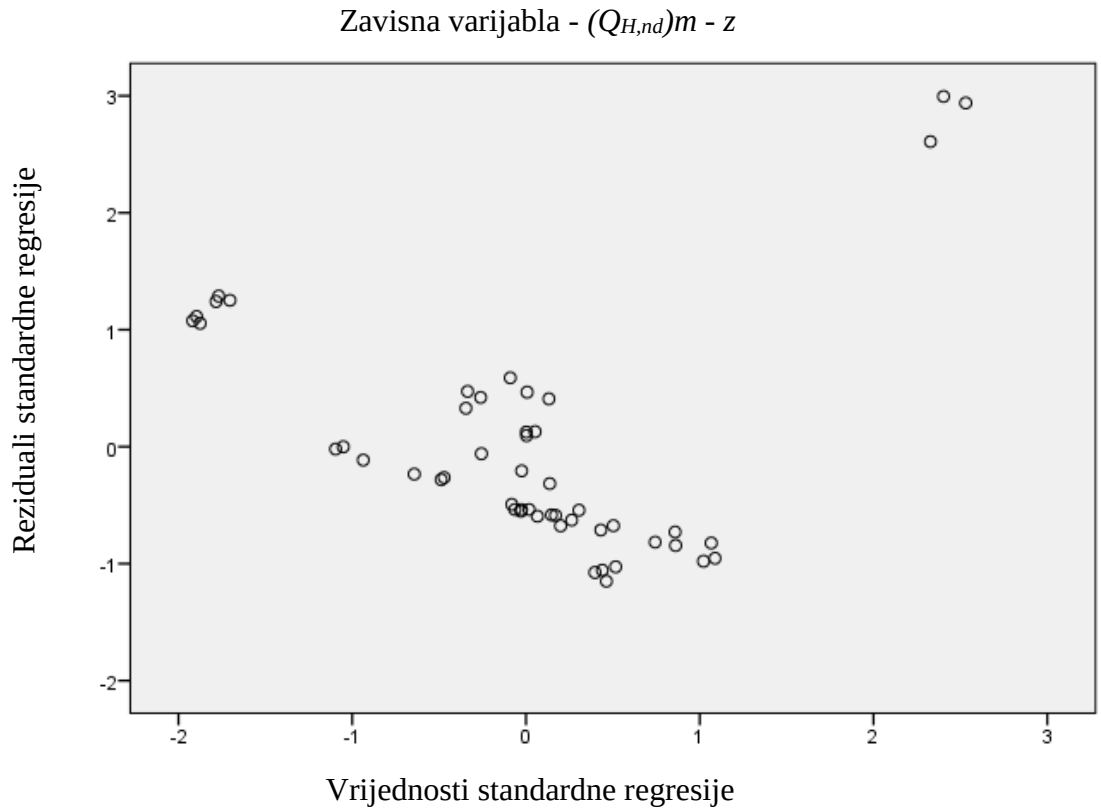
Utvrđivanjem analitičkog izraza povezanosti između pojava bavi se - regresijska analiza.

Cilj istraživanja odnosa medu pojavama je utvrditi statističku ovisnost i pokazatelje jakosti takve ovisnosti. U tu svrhu koriste se metode regresijske i korelacijske analize (regresija = statistički odnos među pojavama; korelacija = uzajamna ovisnost). Polazna točka u korelacijskoj i regresijskoj analizi je dijagram raspršenja. To je grafički prikaz točaka u koordinatnom sustavu koje predstavljaju niz uređenih parova. Uoči li se neka pravilnost u rasporedu točaka u dijagramu raspršenja, može se zaključiti jesu li varijable korelirane.

Koeficijent korelacije – pokazatelj je stupnja statističke povezanosti. U slučaju da se istražuje veza između dviju varijabli i ako je ta veza linearna, stupanj povezanosti izražava se - koeficijentom linearne korelacije. Istražuje li se postojanje linearne veze jedne varijable u ovisnosti o dvije ili više drugih varijabli, stupanj povezanosti izražava se - koeficijentom višestruke linearne korelacije.

U nastavku su prikazani primjeri (primjer 1 i primjer 2) istraživanja odnosa dviju fizikalnih veličina preko vrijednosti standardne regresije. Slika 4-1. prikazuje dijagram raspršenja fizikalnih veličina $Q_{H,nd}$ i površine zida A_z, dok slika 4-2. prikazuje dijagram raspršenja fizikalnih veličina $Q_{H,nd}$ i faktora oblika zgrade f_o. U tablicama 4-3. i 4-7 prikazane su promatrane veličine za navedene primjere, a u tablicama 4-4. i 4-8. sažeti modeli statističke obrade promatranih veličina. Rezultati regresijske analize promatranih veličina prikazani su u tablicama 4-5., 4-6. i tablicama 4-9., 4-10.

Primjer 1: Rezultati istraživanja odnosa *Potrošnje energije ($Q_{H,nd}$)m - z -* u odnosu na *površinu vanjskog zida* (*Az* (m^2)) - statističkom obradom u računalnom programu *SPSS*.



Slika 4-1. Dijagram raspršenja $Q_{H,nd}$ i površine zida A_z

Izvor: autor

Statistička obrada:

Tablica 4-3. Promatrane varijable u izračunu – *primjer 1*

Unešene/uklonjene varijable

Model	Unešene varijable	Uklonjene varijable	Metoda
1	*Az (m^2)*[b]	.	Enter

a. zavisne varijable: ($Q_{H,nd}$)m - z

b. sve tražene varijable.

Izvor: autor

Tablica 4-4. Sažeti model statističke obrade *($Q_{H,nd}$)m – z* i *A_z (m^2)*

Sažeti Model

Model	R	R kvadrat	Prilagođeni R kvadrat	Standardna greška procjene	Durbin-Watson
1	,685[a]	,469	,458	2112,190	1,966

a. Predikatori: (constanta), A_z (m^2)

b. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m – z

Izvor: autor

Tablica 4-5. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *A_z (m^2)*

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	188966309,460	1	188966309,460	42,356	,000[b]
	Rezidual	214144633,520	48	4461346,532		
	Ukupna	403110942,980	49			

a. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m – z

b. Predikatori: (constanta), A_z (m^2)

Izvor: autor

Tablica 4-6. Rezultati regresije – *koeficijenti modela ($Q_{H,nd}$)m – z* i *A_z (m^2)*

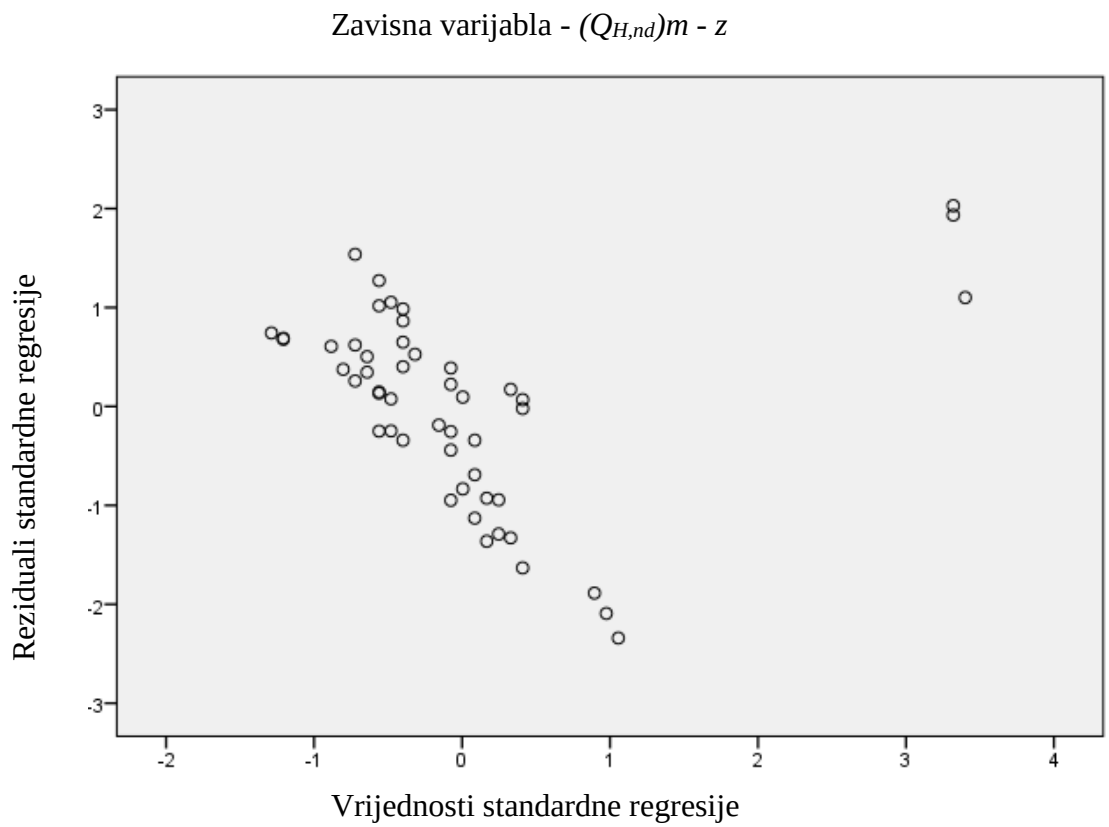
Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B	
		B	St. greška	Beta			gornja granica	donja granica
1	(konst.)	-2444,350	894,349		-2,733	,009	-4242,559	-646,141
	Az (m^2)	32,272	4,959	,685	6,508	,000	22,302	42,243

a. *Zavisna varijabla*: *($Q_{H,nd}$)m – z*

Izvor: autor

Primjer 2: Rezultati istraživanja odnosa *Potrošnje energije* ($Q_{H,nd}$)*m - z* - u odnosu na *faktor oblika zgrade* (f_o) - statističkom obradom u računalnom programu *SPSS*.



Slika 4-2. Dijagram raspršenja $Q_{H,nd}$ i faktora oblika zgrade f_o

Izvor: autor

Statistička obrada:

Tablica 4-7. Promatrane varijable u izračunu – *primjer 2*

Unešene/uklonjene varijable

Model	Unešene varijable	Uklonjene varijable	Metoda
1	fo[b]	.	Enter

a. zavisne varijable: (QH,nd)m – z

b. sve tražene varijable.

Izvor: autor

Tablica 4-8. Sažeti model statističke obrade $Q_{H,nd} - z$ i f_o

Sažeti Model

Model	R	R kvadrat	Prilagođeni R kvadrat	Standardna greška procjene	Durbin-Watson
1	,875[a]	,766	,761	1401,329	2,552

a. Predikatori: (constanta), f_o

b. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m - z$

Izvor: autor

Tablica 4-9. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara $Q_{H,nd} - z$ i f_o

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	308852208,004	1	308852208,004	157,279	,000[b]
	Rezidual	94258734,976	48	1963723,645		
	Ukupna	403110942,980	49			

a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m - z$

b. Predikatori: (constanta), f_o

Izvor: autor

Tablica 4-10. Rezultati regresije – *koeficijenti modela* $Q_{H,nd} - z$ i f_o

Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B	
		B	St. greška	Beta				B
1	(Konst.)	17871,138	1198,938		14,906	,000	15460,511	20281,765
	fo	-20297,232	1618,459	-,875	-12,541	,000	-23551,361	-17043,102

a. *Zavisna varijabla*: *$(Q_{H,nd})m - z$*

Izvor: autor

4.3. Prikupljanje podataka za istraživanje

Prvi korak u razvoju modela je skupljanje ulaznih podataka, što je u pravilu dugotrajan proces za koji je potreban plan (Čerić, 1993.). Prema istom autoru (Čerić, 1993.), potrebno je plan prikupljanja ulaznih podataka strukturirati na sljedeći način:

- što će se mjeriti – nezavisne i zavisne varijable koje su u međusobnoj povezanosti – korelaciji,
- kako će se mjeriti – način mjerenja - uređaji, dokumentacija i sl.,
- točnost mjerenja – mjerne jedinice parametara ili varijabli,
- veličina uzorka – broj mjerenja za svaku veličinu, varijablu ili parametar,
- kada će se mjeriti – neki parametri iziskuju specifično vrijeme mjerenja poput gubitka energije vanjskog zida koji se zbog točnosti može mjeriti samo u zimskom vremenskom periodu,
- gdje će se mjeriti – lokacija mjerenja parametara odnosno varijabli.

S obzirom na područje istraživanja rada, prikupljanje podataka odgovara u svim predloženim koracima planiranja, a ujedno i provedbe prikupljanja potrebnih ulaznih podataka.

Prikupljanje podataka za istraživanje s obzirom na specifičnost teme podijeljeno je na više dijelova:

1. Energetski pregledi građevinskih objekata,
2. Analiza projektne dokumentacije pojedinih projekata,
3. Analiza izvedenog stanja,
4. Rezultati dobiveni mjerenjem određenih segmenata u projektu.

Takvo prikupljanje podataka je nužno s obzirom da su istraživanja podijeljena na dio koji obrađuje teorijski dio istraživanja i empirijski dio istraživanja, a koji svaki potražuje specifične ulazne podatke.

U teorijski dio istraživanja spadaju podaci dobiveni iz:

- analize projektne dokumentacije i
- analize izvedenog stanja.

S druge strane, za empirijska istraživanja podaci se izvode iz:

- energetskih pregleda zgrade i
- mjerenja mjernim instrumentima za dobivanje odstupanja mjerenih veličina.

4.3.1. Energetski pregledi zgrada

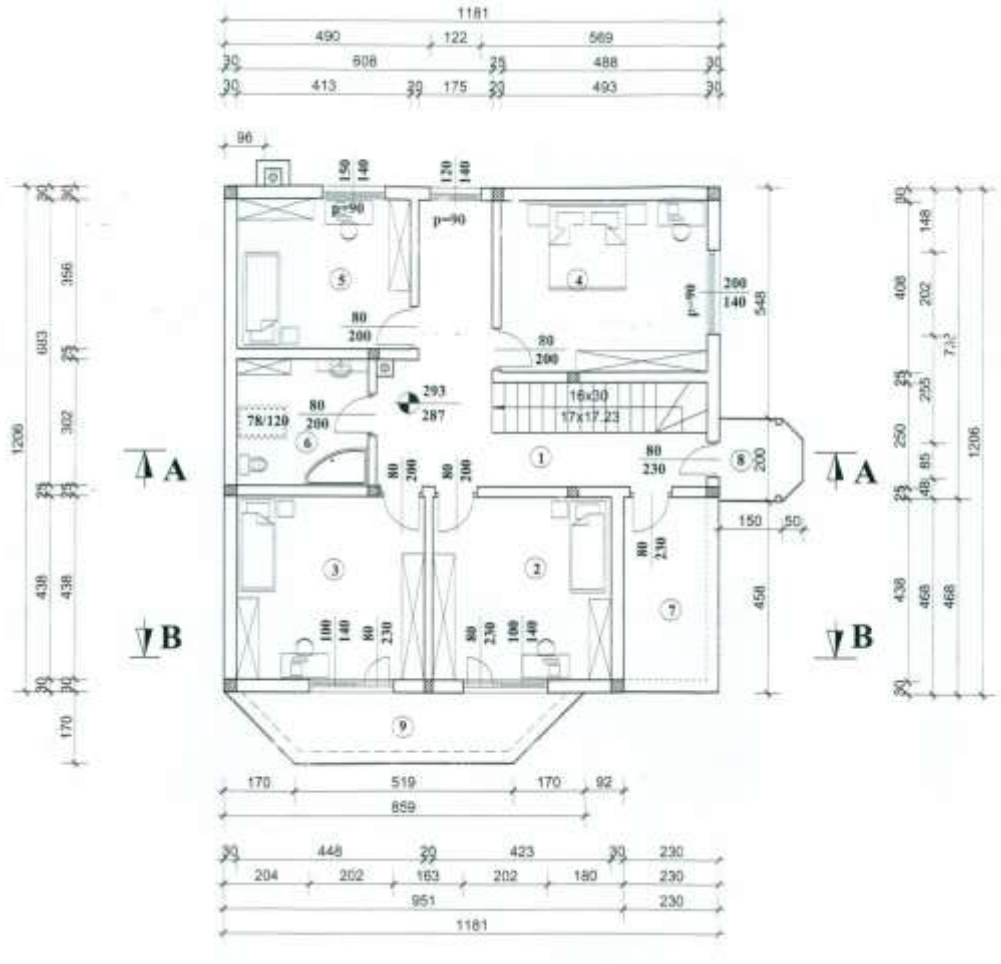
Empirijski dio istraživanja temeljen je na podacima prikupljenim energetskim pregledima objekata. U ta istraživanja spadaju mjerenja svih veličina koje su definirane projektnom dokumentacijom i utječu na ocjenu kvalitete energetske učinkovitosti. Ta mjerenja odnose se na vanjsku ovojnicu zgrade, u prvom redu na strukturu zida, vanjske stolarije i krovne konstrukcije, a nakon toga i na kvalitetu ugradnje građevinskih proizvoda što upravo i definira navedeni indeks ugradnje građevinskih proizvoda - (I_i).

Najsloženiji dio empirijskog istraživanja odnosi se na (I_s) – indeks. Kod indeksa održivosti (I_s) presudnu ulogu u mjerenju ima koeficijent prolaska topline U (W/m^{2}K) što se i vidi iz navedenog izraza [1], [3]$\Phi_T = UA(\theta_i - \theta_e)$ (W), jer su sve ostale veličine konstante. Postojeći model procjene kvalitete definira i taj koeficijent prolaza kao konstantu, no s vremenom taj se koeficijent mijenja te na taj način bitno utječe na procjenu. Mjerenjem navedenog koeficijenta može se odrediti u kojem se iznosu on mijenja te simulacijom temeljenom na prikupljenim i obrađenim podacima u periodu od 0-10 godina odrediti promjenu u budućem vremenu starosti objekta.

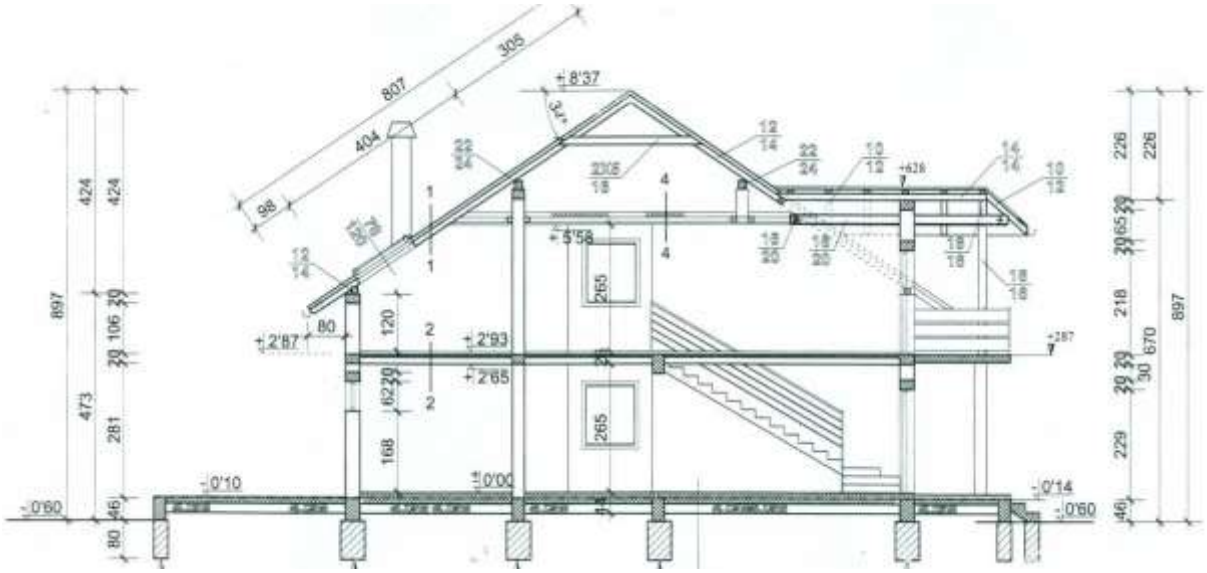
4.3.2. Analiza projektne dokumentacije

Analiza projektne dokumentacije važan je korak u istraživanju. Podaci dobiveni analizom projektne dokumentacije ulazni su podaci za komparativnu analizu projektiranih podataka u odnosu na podatke dobivene mjerenjem i energetskim pregledom stvarnog stanja zgrade. Podaci se analiziraju iz nekoliko važnih segmenata projektne dokumentacije poput:

- tlocrta zgrade (slika 4-3.),
- presjeka zgrade (slika 4-4.),
- opisa segmenata zgrade,
- opisa projektnog sustava zgrade.



Slika 4-3. Tlocrt zgrade, *Izvor: autor*



Slika 4-4. Presjek zgrade zgrade, *Izvor: autor*

4.3.3. Mjerni instrumenti u istraživanju

Za potrebe određivanja parametara kojima će se izmjeriti odstupanje postojećeg modela upravljanja preciznošću procjene nasuprot novo definiranom modelu koristit će se dva instrumenta.

1. informacijski sustav mjerenja i obrade podataka *TESTO 435* (slike 4-5. i 4-6.) i
2. termovizijska kamera (slika 4-7.).

Svi podaci bit će statistički obrađeni u svrhu dobivanja iznosa razlika koje će utjecati na iznose definiranih indeksa kvalitete.



Slika 4-5. Uređaj *TESTO 435*

Izvor: autor



Slika 4-6. Mjerenje parametra uređajem *TESTO 435*

Izvor: autor



Slika 4-7. Termovizijska kamera

Izvor: (Andrassy, 2010.)

4.4. Definiranje promatranih parametara

Projekti vezani uz energetsku učinkovitost zgrada vrlo su kompleksni. U prvom redu to je tako, jer na kvalitetu takvih projekata utječu mnogi parametri. Iz tog razloga je i upravljanje preciznošću kvalitetom dosta složen posao. Da bi se ipak moglo upravljati takvim projektima potrebni su alati poput ovog modela da bi se moglo optimalno utjecati na sve čimbenike koji posredno i neposredno utječu na ciklus izvedbe projekata takve vrste.

Slijedom toga, nameće se zaključak da se na upravljanje takvim projektima može utjecati jedino preko prioritetnih parametara, odnosno parametara koji u najvećoj mjeri utječu na kvalitetu implementacije projekta. Odgovor na pitanje koji su to prioritetni parametri bit će rezultat ove doktorske disertacije. Za potrebe analize prioritetnosti parametara, kao ulazni podaci bit će sljedeći parametri prikazani u tablici 4.1.

Tablica 4-11. Utjecajni parametri kvalitete

Parametar	Naziv	Mjerna jedinica
$(Q_{H,nd})p$ - k	Potrebna energija za grijanje zgrade zbog stropa - projektna	kWh
$(Q_{H,nd})m$ - k	Potrebna energija za grijanje zgrade zbog stropa - mjerena	kWh

Parametar	Naziv	Mjerna jedinica
A_k	Ploština površine	m^2
d - bez izolacije	Debljina zida	cm
d-izolacije	Debljina izolacije zida	cm
V - str	Volumen stropne konstrukcije	m^3
Λ_{iz}	Koeficijent toplinske provodljivosti stropne izolacije	W/mK
Λ_d	Koeficijent toplinske provodljivosti stropne konstrukcije	W/mK
U_k	Koeficijent prijelaza topline stropa	W/m^2K
CO_2 *- k*	Generirani ugljični dioksid stropa	t
t - strop	Starost stropne konstrukcije	godina
$(Q_{H,nd})p$ *- S*	Potrebna energija za grijanje zgrade zbog stolarije - projektna	kWh
$(Q_{H,nd})m$ *- S*	Potrebna energija za grijanje zgrade zbog stolarije - mjerena	kWh
A_{zid}	Površina vanjskog zida	m^2
A_s	Površina vanjske stolarije	m^2
U_w	Koeficijent prijelaza topline prozora	W/m^2K

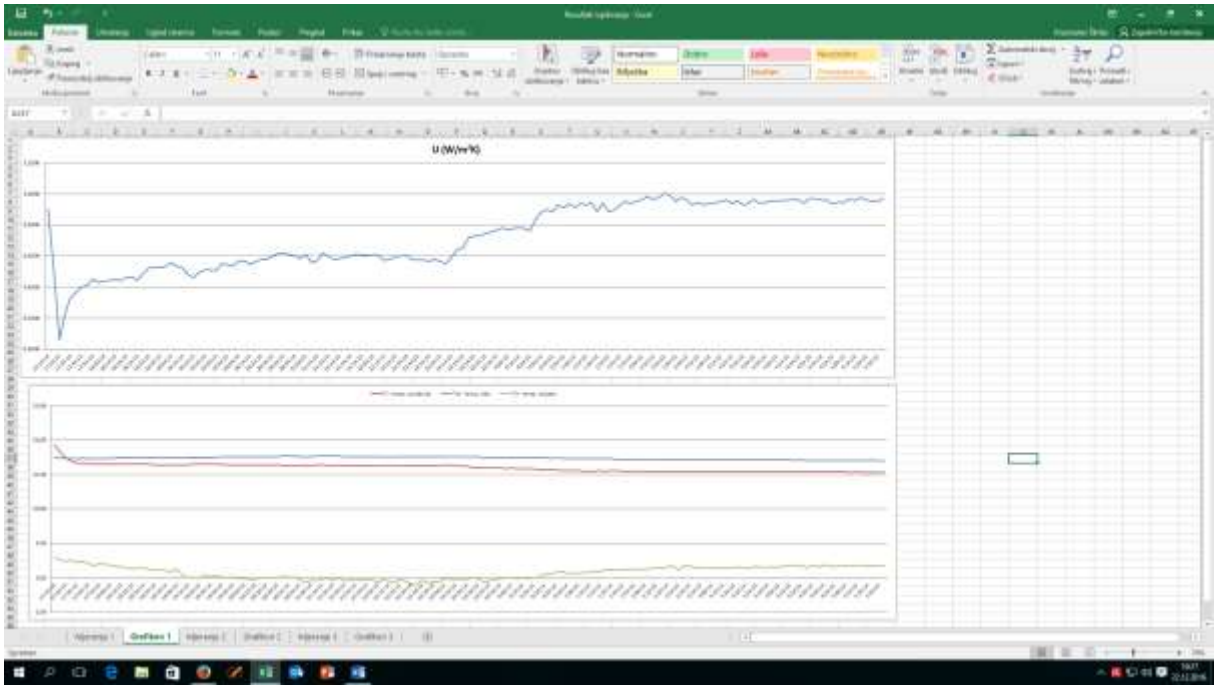
Parametar	Naziv	Mjerna jedinica
L	Duljina veze prozora i zida	m
A_g	Površina stakla na prozoru	m^2
A_f	Površina okvira na prozoru	m^2
U_g	Koeficijent prijelaza topline stakla	W/m^2K
CO_2 - *s*	Generirani ugljični dioksid stolarije	t
t - stol	Starost vanjske stolarije	godina
$(Q_{H,nd})p$ - *z*	Potrebna energija za grijanje zgrade zbog vanjskog zida - projektna	kWh
$(Q_{H,nd})m$ - *z*	Potrebna energija za grijanje zgrade zbog vanjskog zida - mjerena	kWh
A_z	Površina vanjskog zida	m^2
d - opeke	Debljina opeke vanjskog zida	cm
d-izol	Debljina izolacije vanjskog zida	cm
V - GDZ	Volumen grijanog dijela zgrade	m^3
Λ_{op}	Koeficijent toplinske provodljivosti vanjskog zida	W/mK
Λ_{izol}	Koeficijent toplinske provodljivosti	W/mK

Parametar	Naziv	Mjerna jedinica
	izolacije vanjskog zida	
CO_2 - z	Generirani ugljični dioksid vanjskog zida	t
f_o	Faktor oblika zgrade	-
U_z	Koeficijent prijelaza topline zida	W/m^2K
t - zid	Starost vanjskog zida	godina

Izvor: autor

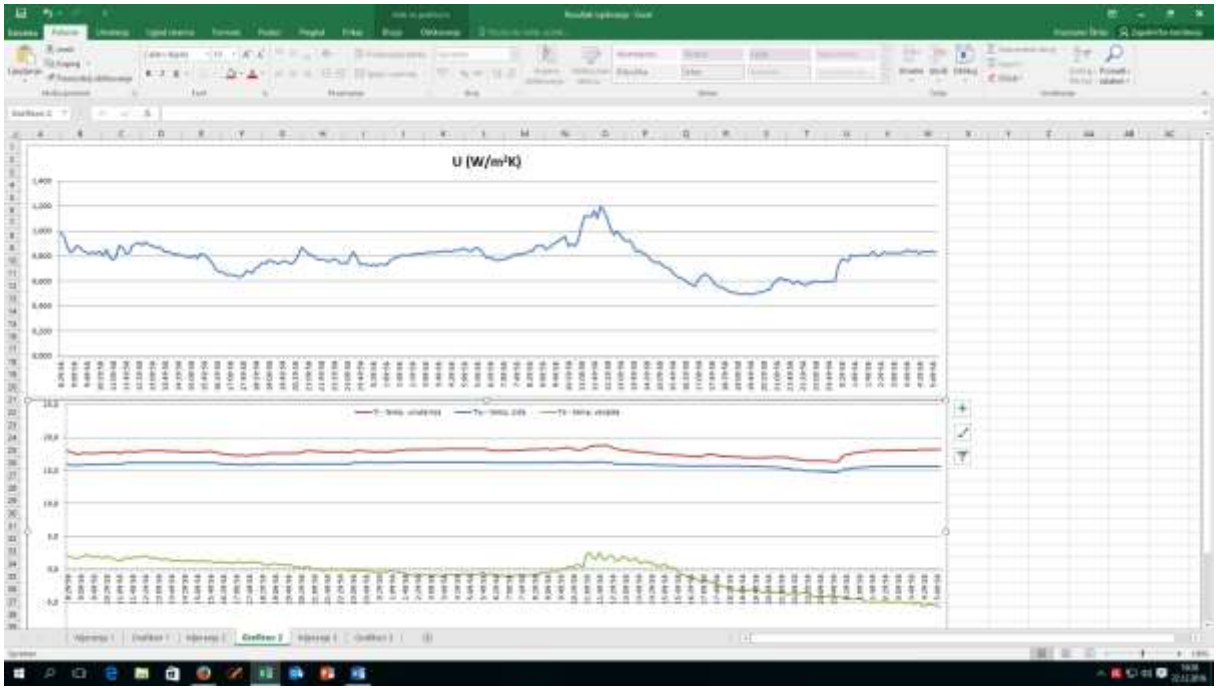
4.5. Rezultati mjerenja uređajem TESTO

Na slikama 4-8. i 4-9. prikazani su rezultati mjerenja koeficijenta prolaza topline u ovisnosti o promjeni vanjske i unutarnje temperature te prolasku vremena. Cilj mjerenja je istražiti da li dolazi do promjene koeficijenta prolaska topline nakon odmaka vremena (starenja objekta).



Slika 4-8. Mjerenje koeficijenta topline zida u ovisnosti o temperaturi i vremenu – primjer 1

Izvor: autor



Slika 4-9. Mjerenje koeficijenta topline zida u ovisnosti o temperaturi i vremenu – primjer 2

Izvor: autor

4.5.1. Rezultati mjerenja parametara

Strukturirani rezultati mjerenja parametara koji utječu na procjenu kvalitete projekata energetske učinkovitosti prikazani su u tablicama 4-2., 4-3. i 4-4. Tako strukturirani podaci dalje će se statističkim metodama obraditi s ciljem dobivanja modela upravljanja preko novo definiranih indeksa kvalitete.

U tablicama 4-12., 4-13. i 4-14. prikazani su rezultati mjerenja promatranih parametara strukturiranih prema dijelovima vanjske ovojnice zgrade. Dijelovi vanjske ovojnice zgrade podijeljeni su u tri parcijalna dijela na kojima se provodi istraživanje. Tako strukturirana vanjska ovojnica stambene zgrade podijeljena je na:

- parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade – *vanjski zid,*
- parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog prostora (strop IGP)* i
- parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade – *vanjska stolarija*

Mjerenja parametara provedena su na 50 odabranih projektnih zadataka povećanja energetske učinkovitosti zgrade. U prvom stupcu svih tablica prikazana je računski dobivena potrošnja energije (*($Q_{H,nd}$)p – z, ($Q_{H,nd}$)p – s, ($Q_{H,nd}$)p - k*) prema postojećoj metodologiji, a u drugom stupcu navedenih tablica je prikazana stvarna potrošnja energije (*($Q_{H,nd}$)m – z, ($Q_{H,nd}$)m – s, ($Q_{H,nd}$)m - k*) dobivena mjerenjem (empirijski) u odnosu na definirane parametre koji su istraživani u doktorskom radu.

4.5.2. Rezultati mjerenja – *vanjski zid*

Tablica 4-12. Rezultati mjerenja parametara *vanjskog zida*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - z	$(Q_{H,nd})m$ - z	A_z (m^2)	d - opeke (cm)	d-izol	V - GDZ (m^3)	λ_{op}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
1	1580,00	2528,00	196,71	29,00	14,00	772,00	0,25	0,036	420,00	0,72	0,24	2,00
2	2874,00	3187,00	222,23	30,00	12,00	714,65	0,48	0,040	770,00	0,73	0,25	3,00
3	2645,00	3058,00	148,96	25,00	7,00	474,00	0,81	0,038	725,00	0,80	0,41	10,00
4	2637,00	2950,00	222,40	29,00	10,00	529,00	0,44	0,042	726,00	0,78	0,27	5,00
5	2115,00	2233,00	186,01	30,00	12,00	635,60	0,39	0,039	573,00	0,74	0,25	2,00
6	1419,00	1549,00	53,28	20,00	8,00	344,00	0,42	0,036	370,00	0,83	0,37	6,00
7	2369,00	2558,00	168,50	29,00	8,00	497,86	0,42	0,038	631,00	0,61	0,35	5,00
8	2845,00	3416,00	173,18	25,00	8,00	511,48	0,42	0,038	759,00	0,80	0,37	10,00
9	1998,00	2098,00	178,91	25,00	15,00	454,25	0,39	0,039	532,00	0,82	0,21	2,00
10	1880,00	1942,00	171,06	32,00	15,00	477,00	0,60	0,039	520,00	0,79	0,23	1,00
11	1246,00	1284,00	130,87	34,00	12,00	274,00	0,42	0,040	1296,00	0,80	0,25	2,00
12	815,00	848,00	103,32	30,00	16,50	205,92	0,45	0,040	219,00	0,89	0,22	3,00
13	3312,00	4107,00	164,48	27,00	5,00	459,00	0,48	0,044	883,00	0,69	0,54	8,00
14	1730,00	1782,00	166,11	26,50	15,00	594,00	0,45	0,040	461,00	0,68	0,22	1,00
15	1801,00	2161,00	61,45	27,50	6,00	417,50	0,55	0,070	480,00	0,71	0,66	10,00
16	11715,00	13121,00	311,61	35,00	5,00	1047,00	0,42	0,090	3123,00	0,31	1,01	9,00
17	1580,00	2528,00	196,71	29,00	14,00	772,00	0,25	0,036	420,00	0,72	0,24	2,00
18	2874,00	3187,00	222,23	30,00	12,00	714,65	0,48	0,040	770,00	0,73	0,25	3,00
19	2645,00	3058,00	148,96	25,00	7,00	474,00	0,81	0,038	725,00	0,80	0,41	10,00
20	2637,00	2950,00	222,40	29,00	10,00	529,00	0,44	0,042	726,00	0,78	0,27	5,00
21	2115,00	2233,00	186,01	30,00	12,00	635,60	0,39	0,039	573,00	0,74	0,25	2,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - z	$(Q_{H,nd})m$ - z	A_z (m^2)	d - opeke (cm)	d-izol	V - GDZ (m^3)	λ_{op}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
22	1419,00	1549,00	53,28	20,00	8,00	344,00	0,42	0,036	370,00	0,83	0,37	6,00
23	2369,00	2558,00	168,50	29,00	8,00	497,86	0,42	0,038	631,00	0,61	0,35	5,00
24	2845,00	3416,00	173,18	25,00	8,00	511,48	0,42	0,038	759,00	0,80	0,37	10,00
25	1998,00	2098,00	178,91	25,00	15,00	454,25	0,39	0,039	532,00	0,82	0,21	2,00
26	1880,00	1942,00	171,06	32,00	15,00	477,00	0,60	0,039	520,00	0,79	0,23	1,00
27	1246,00	1284,00	130,87	34,00	12,00	274,00	0,42	0,040	1296,00	0,80	0,25	2,00
28	815,00	848,00	103,32	30,00	16,50	205,92	0,45	0,040	219,00	0,89	0,22	3,00
29	3312,00	4107,00	164,48	27,00	5,00	459,00	0,48	0,044	883,00	0,69	0,54	8,00
30	1730,00	1782,00	166,11	26,50	15,00	594,00	0,45	0,040	461,00	0,68	0,22	1,00
31	1801,00	2161,00	61,45	27,50	6,00	417,50	0,55	0,070	480,00	0,71	0,66	10,00
32	11715,00	13121,00	311,61	35,00	5,00	1047,00	0,42	0,090	3123,00	0,31	1,01	9,00
33	1580,00	2528,00	196,71	29,00	14,00	772,00	0,25	0,036	420,00	0,72	0,24	2,00
34	2874,00	3187,00	222,23	30,00	12,00	714,65	0,48	0,040	770,00	0,73	0,25	3,00
35	2645,00	3058,00	148,96	25,00	7,00	474,00	0,81	0,038	725,00	0,80	0,41	10,00
36	2637,00	2950,00	222,40	29,00	10,00	529,00	0,44	0,042	726,00	0,78	0,27	5,00
37	2115,00	2233,00	186,01	30,00	12,00	635,60	0,39	0,039	573,00	0,74	0,25	2,00
38	1419,00	1549,00	53,28	20,00	8,00	344,00	0,42	0,036	370,00	0,83	0,37	6,00
39	2369,00	2558,00	168,50	29,00	8,00	497,86	0,42	0,038	631,00	0,61	0,35	5,00
40	2845,00	3416,00	173,18	25,00	8,00	511,48	0,42	0,038	759,00	0,80	0,37	10,00
41	1998,00	2098,00	178,91	25,00	15,00	454,25	0,39	0,039	532,00	0,82	0,21	2,00
42	1880,00	1942,00	171,06	32,00	15,00	477,00	0,60	0,039	520,00	0,79	0,23	1,00
43	1246,00	1284,00	130,87	34,00	12,00	274,00	0,42	0,040	1296,00	0,80	0,25	2,00
44	815,00	848,00	103,32	30,00	16,50	205,92	0,45	0,040	219,00	0,89	0,22	3,00
45	3312,00	4107,00	164,48	27,00	5,00	459,00	0,48	0,044	883,00	0,69	0,54	8,00
46	1730,00	1782,00	166,11	26,50	15,00	594,00	0,45	0,040	461,00	0,68	0,22	1,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - z	$(Q_{H,nd})m$ - z	A_z (m^2)	d - opeke (cm)	d-izol	V - GDZ (m^3)	λ_{op}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
47	1801,00	2161,00	61,45	27,50	6,00	417,50	0,55	0,070	480,00	0,71	0,66	10,00
48	11715,00	13121,00	311,61	35,00	5,00	1047,00	0,42	0,090	3123,00	0,31	1,01	9,00
49	1580,00	2528,00	196,71	29,00	14,00	772,00	0,25	0,036	420,00	0,72	0,24	2,00
50	2874,00	3187,00	222,23	30,00	12,00	714,65	0,48	0,040	770,00	0,73	0,25	3,00

Izvor: autor

4.5.3. Rezultati mjerenja – *vanjska stolarija*

Tablica 4-13. Rezultati mjerenja parametara *vanjske stolarije*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - s	$(Q_{H,nd})m$ - s	A_{zid} (m^2)	A_s (m^2)	U_w	L (m)	A_g	A_f	U_g	CO_2 - s	t_{stol}
1	3100,00	3350,00	196,71	45,64	0,90	120,00	34,98	10,66	0,60	830,00	3,00
2	3640,00	4176,00	222,23	32,17	1,40	85,00	25,74	6,43	1,00	970,00	3,00
3	3134,00	3764,00	148,96	24,28	2,60	65,00	19,42	4,86	2,20	836,00	10,00
4	2020,00	2348,00	222,40	29,70	2,40	45,00	23,76	5,94	2,00	510,00	6,00
5	1423,00	1658,00	186,01	24,26	1,80	60,00	19,40	4,86	1,60	380,00	4,00
6	713,00	1231,00	53,28	12,80	1,60	26,00	9,41	2,99	1,20	201,00	8,00
7	1510,00	1718,00	168,50	33,50	1,80	46,00	26,80	6,70	1,10	403,00	5,00
8	4740,00	5498,00	173,18	36,60	1,60	68,00	25,78	10,82	0,90	1264,00	10,00
9	2435,00	2654,00	178,91	32,50	1,30	74,00	20,82	10,70	0,80	650,00	2,00
10	2052,00	2219,00	171,06	26,52	1,60	54,00	19,61	6,91	1,10	550,00	4,00
11	2494,00	2893,00	138,87	12,60	1,40	42,00	9,46	2,36	1,10	665,00	7,00
12	800,00	920,00	103,32	18,16	1,60	38,00	15,16	3,00	1,20	220,00	5,00
13	1010,00	1112,00	164,48	26,89	1,50	60,00	21,53	5,36	1,10	270,00	6,00
14	2423,00	2578,00	166,11	44,40	1,40	68,00	28,74	14,66	1,00	646,00	4,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - s	$(Q_{H,nd})m$ - s	A_{zid} (m^2)	A_s (m^2)	U_w	L (m)	A_g	A_f	U_g	CO_2 - s	t_{stol}
15	833,00	867,00	61,45	10,01	1,20	42,00	8,00	2,01	0,90	222,00	2,00
16	2778,00	3333,00	311,61	65,03	1,60	162,00	52,03	13,00	1,10	741,00	7,00
17	3150,00	3370,00	198,16	48,20	1,00	121,00	35,44	12,20	0,60	847,00	3,00
18	3555,00	4075,00	215,24	31,15	1,40	84,00	24,88	6,27	1,00	940,00	3,00
19	3050,00	3664,00	149,56	24,24	2,50	63,00	18,00	5,78	2,10	795,00	10,00
20	2080,00	2450,00	232,16	30,70	2,40	48,00	24,98	5,72	2,00	530,00	6,00
21	1468,00	1695,00	188,56	24,84	1,80	59,00	19,00	5,00	1,60	388,00	4,00
22	758,00	1225,00	54,65	12,80	1,60	29,00	10,05	2,75	1,20	240,00	8,00
23	1620,00	1845,00	178,32	35,65	1,80	50,00	30,80	4,85	1,10	480,00	5,00
24	4540,00	5400,00	170,12	36,44	1,60	62,00	22,65	13,35	0,90	1115,00	10,00
25	2565,00	2688,00	180,35	34,55	1,30	78,00	23,12	11,43	0,80	700,00	2,00
26	1900,00	2050,00	165,00	24,00	1,60	50,00	16,00	8,00	1,10	460,00	4,00
27	2549,00	2954,00	140,32	12,32	1,40	41,00	9,94	2,38	1,10	680,00	7,00
28	980,00	1150,00	113,00	24,80	2,00	47,00	19,84	4,16	1,20	280,00	5,00
29	1200,00	1312,00	178,00	32,16	1,50	64,00	24,54	7,62	1,10	370,00	6,00
30	1240,00	2556,00	168,45	44,68	1,40	70,00	29,74	14,94	1,00	698,00	4,00
31	945,00	1050,00	66,32	14,52	1,20	45,00	10,40	4,12	0,90	280,00	2,00
32	2900,00	3423,00	324,00	68,54	1,60	174,00	55,64	12,90	1,10	856,00	7,00
33	2950,00	3250,00	194,15	42,65	1,10	100,00	29,16	13,49	0,70	720,00	3,00
34	3720,00	4224,00	236,20	36,18	1,60	98,00	30,10	6,08	1,10	1170,00	3,00
35	3200,00	3784,00	154,12	25,22	2,40	66,00	20,22	5,00	2,00	1020,00	10,00
36	1980,00	2158,00	200,60	30,46	2,30	48,00	22,64	7,82	1,80	610,00	6,00
37	1488,00	1845,00	196,20	26,32	1,80	60,00	18,40	7,92	1,40	520,00	9,00
38	814,00	1289,00	55,90	14,80	1,60	30,00	10,20	4,00	1,20	250,00	8,00
39	1490,00	1620,00	154,40	32,16	1,80	45,00	24,30	7,86	1,20	380,00	5,00
40	4400,00	5104,00	170,20	38,60	1,60	66,00	24,80	13,80	0,90	1150,00	10,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - s	$(Q_{H,nd})m$ - s	A_{zid} (m^2)	A_s (m^2)	U_w	L (m)	A_g	A_f	U_g	CO_2 - s	t_{stol}
41	2348,00	2530,00	174,00	32,16	1,30	72,00	21,50	10,66	0,70	676,00	2,00
42	1958,00	2184,00	168,22	24,40	1,60	52,00	18,40	6,00	1,10	478,00	4,00
43	2590,00	2944,00	141,35	12,90	1,40	43,00	10,40	2,50	1,00	605,00	7,00
44	960,00	1022,00	106,00	20,60	1,60	40,00	16,80	3,40	1,10	330,00	5,00
45	1210,00	1380,00	170,40	30,45	1,50	61,00	22,40	8,05	1,10	358,00	6,00
46	2540,00	2956,00	182,12	48,40	1,40	71,00	30,20	18,20	1,00	729,00	9,00
47	924,00	960,00	62,40	12,48	1,20	43,00	8,65	2,65	0,90	236,00	2,00
48	2923,00	3452,00	316,22	68,22	1,60	164,00	54,20	14,02	1,00	856,00	7,00
49	2829,00	2986,00	201,40	48,23	1,20	124,00	35,29	12,94	0,60	984,00	3,00
50	3524,00	4198,00	234,88	36,80	1,40	85,00	26,90	9,28	0,90	1070,00	8,00

Izvor: autor

4.5.4. Rezultati mjerenja – *strop iznad grijanog prostora*

Tablica 4-14. Rezultati mjerenja parametara *stropa iznad grijanog prostora*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - k	$(Q_{H,nd})m$ - k	A_k (m^2)	d - bez izolacije	d-izolacije	V - str	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2 - k	t_{strop}
1	648,00	726,00	196,71	18,00	26,00	86,55	0,032	0,40	0,16	170,00	3,00
2	1413,00	1510,00	134,84	20,00	20,00	53,94	0,039	1,30	0,20	380,00	3,00
3	1089,00	1266,00	108,96	22,50	17,00	43,04	0,036	0,38	0,20	310,00	10,00
4	2654,00	3134,00	81,27	20,00	5,00	20,32	0,098	1,15	0,94	730,00	8,00
5	3050,00	3477,00	134,75	16,00	6,00	29,65	0,036	0,36	0,58	810,00	6,00
6	1188,00	1410,00	82,46	5,50	10,00	12,78	0,040	0,34	0,33	310,00	9,00
7	545,00	626,00	52,76	26,00	12,00	20,05	0,036	0,52	0,25	180,00	5,00
8	1420,00	1720,00	100,00	8,00	10,00	18,00	0,038	0,38	0,36	377,00	10,00
9	2471,00	2958,00	81,00	16,00	3,00	15,39	0,040	1,12	1,80	660,00	12,00
10	823,00	914,00	92,93	6,00	18,00	22,30	0,038	0,30	0,17	225,00	4,00
11	602,00	614,00	105,50	20,00	22,00	44,31	0,037	1,32	0,15	153,00	1,00
12	726,00	837,00	39,60	21,50	4,00	10,10	0,035	1,20	0,65	560,00	7,00
13	2831,00	3453,00	85,00	19,00	2,00	17,85	0,035	1,25	0,97	755,00	10,00
14	1049,00	1111,00	99,00	7,50	10,00	17,33	0,038	0,42	0,23	280,00	4,00
15	2756,00	3197,00	140,88	4,00	8,00	16,91	0,044	0,24	0,39	735,00	10,00
16	3312,00	3809,00	129,37	20,00	2,00	28,46	0,025	0,64	0,73	883,00	7,00
17	648,00	726,00	196,71	18,00	26,00	86,55	0,032	0,40	0,16	170,00	3,00
18	1413,00	1510,00	134,84	20,00	20,00	53,94	0,039	1,30	0,20	380,00	3,00
19	1089,00	1266,00	108,96	22,50	17,00	43,04	0,036	0,38	0,20	310,00	10,00
20	2654,00	3134,00	81,27	20,00	5,00	20,32	0,098	1,15	0,94	730,00	8,00
21	3050,00	3477,00	134,75	16,00	6,00	29,65	0,036	0,36	0,58	810,00	6,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - k	$(Q_{H,nd})m$ - k	A_k (m^2)	d - bez izolacije	d-izolacije	V - str	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2 - k	t_{strop}
22	1188,00	1410,00	82,46	5,50	10,00	12,78	0,040	0,34	0,33	310,00	9,00
23	545,00	626,00	52,76	26,00	12,00	20,05	0,036	0,52	0,25	180,00	5,00
24	1420,00	1720,00	100,00	8,00	10,00	18,00	0,038	0,38	0,36	377,00	10,00
25	2471,00	2958,00	81,00	16,00	3,00	15,39	0,040	1,12	1,80	660,00	12,00
26	823,00	914,00	92,93	6,00	18,00	22,30	0,038	0,30	0,17	225,00	4,00
27	602,00	614,00	105,50	20,00	22,00	44,31	0,037	1,32	0,15	153,00	1,00
28	726,00	837,00	39,60	21,50	4,00	10,10	0,035	1,20	0,65	560,00	7,00
29	2831,00	3453,00	85,00	19,00	2,00	17,85	0,035	1,25	0,97	755,00	10,00
30	1049,00	1111,00	99,00	7,50	10,00	17,33	0,038	0,42	0,23	280,00	4,00
31	2756,00	3197,00	140,88	4,00	8,00	16,91	0,044	0,24	0,39	735,00	10,00
32	3312,00	3809,00	129,37	20,00	2,00	28,46	0,025	0,64	0,73	883,00	7,00
33	648,00	726,00	196,71	18,00	26,00	86,55	0,032	0,40	0,16	170,00	3,00
34	1413,00	1510,00	134,84	20,00	20,00	53,94	0,039	1,30	0,20	380,00	3,00
35	1089,00	1266,00	108,96	22,50	17,00	43,04	0,036	0,38	0,20	310,00	10,00
36	2654,00	3134,00	81,27	20,00	5,00	20,32	0,098	1,15	0,94	730,00	8,00
37	3050,00	3477,00	134,75	16,00	6,00	29,65	0,036	0,36	0,58	810,00	6,00
38	1188,00	1410,00	82,46	5,50	10,00	12,78	0,040	0,34	0,33	310,00	9,00
39	545,00	626,00	52,76	26,00	12,00	20,05	0,036	0,52	0,25	180,00	5,00
40	1420,00	1720,00	100,00	8,00	10,00	18,00	0,038	0,38	0,36	377,00	10,00
41	2471,00	2958,00	81,00	16,00	3,00	15,39	0,040	1,12	1,80	660,00	12,00
42	823,00	914,00	92,93	6,00	18,00	22,30	0,038	0,30	0,17	225,00	4,00
43	602,00	614,00	105,50	20,00	22,00	44,31	0,037	1,32	0,15	153,00	1,00
44	726,00	837,00	39,60	21,50	4,00	10,10	0,035	1,20	0,65	560,00	7,00
45	2831,00	3453,00	85,00	19,00	2,00	17,85	0,035	1,25	0,97	755,00	10,00
46	1049,00	1111,00	99,00	7,50	10,00	17,33	0,038	0,42	0,23	280,00	4,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$ - k	$(Q_{H,nd})m$ - k	A_k (m^2)	d - bez izolacije	d-izolacije	V - str	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2 - k	t_{strop}
47	2756,00	3197,00	140,88	4,00	8,00	16,91	0,044	0,24	0,39	735,00	10,00
48	3312,00	3809,00	129,37	20,00	2,00	28,46	0,025	0,64	0,73	883,00	7,00
49	648,00	726,00	196,71	18,00	26,00	86,55	0,032	0,40	0,16	170,00	3,00
50	1413,00	1510,00	134,84	20,00	20,00	53,94	0,039	1,30	0,20	380,00	3,00

Izvor: autor

5. REGRESIJSKA ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Višestruka regresijska analiza za potrebe ovog rada provedena je računalnim programom Statistics package for the social sciences (*SPSS*).

5.1. Regresijska analiza

Regresijska se analiza (Šošić, 2006.), (Cajner, 2012.) sastoji od primjene različitih metoda ispitivanja ovisnosti jedne varijable o drugoj varijabli ili o više drugih varijabli. Varijable predočuju pojave koje su u nekom odnosu. Varijabla čije se varijacije objašnjavaju pomoću drugih naziva se *zavisnom varijablom,* a varijable kojima se objašnjava varijacija zavisne varijable nazivaju se *nezavisnim varijablama.*

Osnova je svake analize *regresijski model.* Regresijski model je algebarski model kojim se analitički izražava statistički odnos među pojavama. Statistički odnosi među pojavama razlikuju se od determinističkih (funkcionalnih) odnosa. Statistički odnosi pojava pod utjecajem su nesistematskih, stohastičkih varijacija, čija prisutnost izvire iz prirode tih odnosa. Svaki regresijski model sadrži (slučajnu) varijablu kojom se predočuju nesistematski utjecaji i po kojoj se statistički model razlikuje od determinističkog modela. Regresijski modeli služe u analitičke, često prediktivne svrhe. Oni se primjenjuju gotovo u svim stručnim i znanstvenim područjima. Regresijski model, kao i svaki model, pojednostavljena je slika stvarnih pojava.

Regresijski model je jednadžba ili skup jednadžbi s konačnim brojem parametara i varijabli.

Oblici modela su različiti i ovise o danom slučaju primjene. Postupak kojim se izabire oblik modela, izabiru i definiraju varijable, određuje njihov status, postavljaju hipoteze i tome slično naziva se *građenjem modela.* Postupak građenja modela u uskoj je svezi s područjem primjene modela. Teorija upućuje na pojave koje su povezane, na prirodu njihova odnosa i na druge relevantne činjenice. Budući da su regresijski modeli statistički modeli, važno je pri izboru i primjeni metoda analize poznavati i njihova formalna svojstva, na primjer jesu li linearni, nesimultani ili simultani i tome slično.

Regresijska analiza (Lulić, 2014.), (Montgomery, 2010.) uključuje mnoge tehnike za modeliranje i analizu varijabli, gdje se fokus stavlja na odnos između zavisne varijable i jedne ili više nezavisnih varijabli. Konkretnije, regresijska analiza pomaže razumjeti kako se mijenja vrijednost zavisne varijable kada bilo koja nezavisna varijabla varira, dok su ostale nezavisne varijable fiksne. Najčešće, regresijska analiza procjenjuje uvjetno očekivanje zavisne varijable s obzirom na nezavisne varijable - to jest, prosječnu vrijednost zavisne varijable kada su

nezavisne varijable fiksne. Ciljana procjena je funkcija nezavisnih varijabli odnosno regresijska funkcija. U regresijskoj analizi važno je karakterizirati varijacije zavisne varijable oko regresijske funkcije, a to se može opisati pomoću distribucije vjerojatnosti.

Regresijska analiza često se koristi za predviđanje i prognoziranje. Također, koristi se za razumijevanje odnosa nezavisnih o zavisnim varijablama i istraživanje oblika tih odnosa. U određenim okolnostima, regresijska analiza se može koristiti za zaključivanje uzročnih odnosa između nezavisnih i zavisnih varijabli. Međutim, to može dovesti do pogrešnih ili lažnih odnosa iz razloga što korelacija ne podrazumijeva uzročnost, tako da je poželjan oprez.

Razvijene su mnoge tehnike regresijske analize kao što su jednostavna, višestruka, linearna i nelinearna. Najpoznatije metode su linearna regresija i metoda najmanjih kvadrata gdje se regresijska funkcija definira preko konačnog broja nepoznatih parametara koji se procjenjuju na temelju podataka.

5.1.1. Osnovni regresijski model

Regresijski su modeli u općem obliku:

$$(1)\quad Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_j, \ldots, X_K) + e$$

$$(2)\quad Y = f\{X_1, X_2, \ldots, X_j, \ldots, X_K)e,$$

gdje je Y zavisna varijabla. Funkcionalni dio modela $f(X_1, X_2, \ldots, Xj, \ldots, X_K)$ različit je i ovisi o danom slučaju primjene. $X_1, X_2, \ldots, Xj, \ldots, X_K$ nezavisne su varijable, a e stohastička je varijabla koja predočuje nesustavne utjecaje na zavisnu varijablu. U prvom izrazu stohastička se varijabla nalazi u zbroju s funkcionalnim dijelom modela, a u drugome u umnošku s njim.

Regresijski model analizira se polazeći od stvarnih vrijednosti pojava, odnosno od stvarnih (empirijskih) vrijednosti varijabli. Podaci za regresijsku analizu potječu iz primarnih ili sekundarnih izvora. Oni nastaju opažanjem ili mjerenjem u statističkim pokusima.

Modeli se dijele na *nesimultane* i *simultane.* Nesimultani se model sastoji od *jedne jednadžbe.* Sadrži li model *dvije jednadžbe ili više povezanih jednadžbi,* riječ je o simultanom modelu.

Regresijski model koji se sastoji od jedne jednadžbe ima zavisnu varijablu i jednu ili više

nezavisnih varijabli. Kada su u modelu jedna zavisna i jedna nezavisna varijabla, riječ je o *modelu jednostavne regresije.* Sadrži li model jednu zavisnu i dvije ili više nezavisnih varijabli, govorimo o *modelu višestruke* (*multiple*) *regresije.* Svaki regresijski model, osim zavisne varijable i nezavisnih varijabli, ima slučajnu varijablu koja ga čini statističkim modelom.

Među regresijskim modelima važnu skupinu čine linearni regresijski modeli. *Linearnost regresijskog modela* po pravilu se povezuje s dimenzijom (potencijom) varijabli i dimenzijom nepoznatih parametara. Model je *linearan u varijablama* ako svaka varijabla u modelu ima potenciju jednaku jedan. Model je *linearan u parametrima* ako svaki parametar u njemu ima potenciju jedan. Model u kojemu su parametri u umnošku ili u kvocijentu, nelinearan je u parametrima. Prema spomenutim kriterijima, regresijski model može biti linearan u varijablama i linearan u parametrima, zatim nelinearan u varijablama i linearan u parametrima, linearan u varijablama i nelinearan u parametrima te nelinearan u varijablama i nelinearan u parametrima.

Sa stajališta metoda statističke analize model je linearan ako je linearan u parametrima. U sklopu metoda statističke analize modeli se dijele na: (1) linearne i nelinearne koji se prikladnom transformacijom mogu transformirati u linearne i (2) nelinearne modele. Mogućnost transformacije nelinearnih modela u linearne modele ovisi i o položaju slučajne varijable *e.* Razlikovanje linearnih modela od nelinearnih važno je pri izboru analitičkih metoda. Linearni modeli sa stajališta statističke analize po pravilu se jednostavnije analiziraju.

Regresijski model analizira se primjenom različitih metoda deskriptivne i inferencijalne statistike. Osnovna je *zadaća deskriptivne statistike procijeniti nepoznate parametre i druge statističko-analitičke veličine.* Pri tome se *ne specificira model koji generira pojavu.* Dobiveni rezultati ne generaliziraju se, nego služe isključivo za statistički opis danih podataka. U sklopu *inferencijalne statistike procjenjuju se parametri* i *testiraju hipoteze o parametrima,* odnosno *varijablama* u modelu, te provode drugi analitički postupci. Osobito je važan dio regresijske analize koji se odnosi na ispitivanje kvalitete dobivenih rezultata, tj. provjeru teorijskih pretpostavki na kojima počivaju primijenjene metode analize. Tome služi poseban skup metoda *regresijske dijagnostike.* Konkretizirani regresijski model rabi se u gospodarskoj i poslovnoj analizi *za donošenje različitih sudova o* pojavi koju predočuje model. Uz određene uvjete, regresijski se model primjenjuje za *predviđanje* razine zavisne varijable za pretpostavljene vrijednosti nezavisnih varijabli.

Ako je cilj analize regresijskog modela utvrditi analitički izraz određenih svojstava koji predočuje odnose među varijablama, iskoristit će se *metode deskriptivne statistike.* Vrijednosti

varijable *e* u tom se slučaju smatraju odstupanjima od funkcionalnoga dijela modela i po pravilu ne podliježu nikakvoj posebnoj specifikaciji svojstava. Kako je već rečeno, deskriptivno statistička analiza regresijskog modela svodi se na procjenjivanje parametara, varijance regresije i drugih veličina.

Model jednostavne linearne regresije - analitički se izražava statistički odnos između dviju pojava predočenim vrijednostima numeričkih varijabli. Model sadrži zavisnu i jednu nezavisnu varijablu.

Deskriptivno statistička analiza modela jednostavne linearne regresije svodi se na utvrđivanje analitičkog izraza koji u određenom smislu najbolje predočuje empirijske podatke. Opći je oblik modela jednostavne regresije:

$Y = f(X) + e.$

Ako je funkcionalni dio modela oblika:

$f(X) = a + \beta X,$

model postaje:

$Y = a + \beta X + e.$

Regresijska analiza provodi se na temelju *n parova vrijednosti varijabli X* i *Y,* tj. parova $(x_1y_1),(x_2,y_2),...,(x_i,y_i), ...,(x_n,y_n),$pa se model predočuje sustavom *n* jednadžbi:

$yi = f(x_i) + e_i$ odnosno: $y_i = \alpha + \beta x_i + e_i$, $i=1,2,\ldots,n.$

5.1.2. Primjeri osnovnih regresijskih modela odabranih parametara vanjske ovojnice zgrade u odnosu na potrošnju energije

U nastavku su dani primjeri osnovnih regresijskih modela potrošnje energije vanjskog zida u odnosu na debljinu zida bez izolacije (primjer 1), te model potrošnje energije stropne konstrukcije u odnosu na površinu krova (primjer 2).

U tablicama 5-1. i 5-4. prikazan je korelacijski odnos istraživanih parametara preko Pearson-ovog koeficijenta korelacije i signifikantnosti, a u tablicama 5-2., 5-3., 5-5. i 5-6. prikazani su rezultati regresijake analize (*ANOVA*) gdje su u konačnici izvedeni nestandardni koeficijenti regresijskog modela promatranih parametara.

1. *Primjer:* model potrošnje energije zbog vanjskog zida u odnosu na debljinu zida bez izolacije:

Tablica 5-1. Korelacija parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *d - opeke (cm)*

Korelacije

		($Q_{H,nd}$)m - z	*d - opeke (cm)*
Pearson-ov koeficijent korelacije	*($Q_{H,nd}$)m - z*	1,000	,379
	d - opeke (cm)	,379	1,000
Signifikantnost (jednostrana)	*($Q_{H,nd}$)m - z*	.	,003
	d - opeke (cm)	,003	.
N	*($Q_{H,nd}$)m - z*	50	50
	d - opeke (cm)	50	50

Izvor: autor

Tablica 5-2. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara *($Q_{H,nd}$)m – z* i *d - opeke (cm)*

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	57838790,928	1	57838790,928	8,041	,007[b]
	Rezidual	345272152,052	48	7193169,834		
	Ukupna	403110942,980	49			

a. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - z

b. Predikatori: (constanta), d – opeke (cm)

Izvor: autor

Tablica 5-3. Rezultati regresije – *koeficijenti modela ($Q_{H,nd}$)m – z* i *d - opeke (cm)*

Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B	
		B	St. greška	Beta				B
1	*(Konst.)*	-6100,560	3246,400		-1,879	,066	-12627,884	426,764
	d – opeke (cm)	324,664	114,495	,379	2,836	,007	94,457	554,871

a. *Zavisna varijabla*: *($Q_{H,nd}$)m - z*
Izvor: autor

Jednostavni regresijski model potrošnje energije u ovisnosti o debljini zida:

***($Q_{H,nd}$)m - Z* = - 6100,56 + 324,66 d_{opeke} (kWh).**

2. *Primjer:* model potrošnje energije zbog stropne konstrukcije u odnosu na površinu krova:

Tablica 5-4. Korelacija parametara $(Q_{H,nd})m - k$ i A_k - (m^2)

Korelacije

		$(Q_{H,nd})m$ - k	A_k (m^2)
Pearson-ov koeficijent korelacije	$(Q_{H,nd})m$ - k	1,000	,381
	A_k – (m^2)	,381	1,000
Signifikantnost (jednostrana)	$(Q_{H,nd})m$ - k	.	,003
	A_k – (m^2)	,003	.
N	$(Q_{H,nd})m$ - k	50	50
	A_k – (m^2)	50	50

Izvor: autor

Tablica 5-5. Rezultati regresije – *ANOVA* odnosa parametara $(Q_{H,nd})m - k$ i A_k - (m^2)

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	9699162,750	1	9699162,750	8,130	,006[b]
	Rezidual	57263048,470	48	1192980,176		
	Ukupna	66962211,220	49			

a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m$ - k

b. Predikatori: (constanta), A_k – (m^2)

Izvor: autor

Tablica 5-6. Rezultati regresije – *koeficijenti modela* $(Q_{H,nd})m - k$ i A_k - (m^2)

Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B	
		B	St. greška	Beta				B
1	*(Konst.)*	320,646	582,582		,550	,585	-850,714	1492,007
	A_k – (m^2)	15,622	5,479	,381	2,851	,006	4,606	26,639

a. *Zavisna varijabla*: $(Q_{H,nd})m$ - z

Izvor: autor

Jednostavni regresijski model potrošnje energije u ovisnosti o debljini zida:

$(Q_{H,nd})m$ - k = 320,65 + 15,62 A_k (kWh).

5.1.3. Osnovni višestruki regresijski model

Modelom višestruke regresije analitički se predočuje statistička kovarijacija jedne numeričke varijable pomoću dviju ili više drugih numeričkih varijabli. Model višestruke regresije poprima različite oblike. Izbor modela ovisi o danom slučaju primjene. Analiza modela višestruke regresije provodi se u sklopu deskriptivne ili inferencijalne statistike. S *formalnog* stajališta, određeni broj rezultata deskriptivne statistike identičan je rezultatima u sklopu inferencijalne statistike.

Model višestruke linearne regresije temeljni je regresijski model. Taj se model rabi za analitičko predočavanje kovarijacija mnogobrojnih pojava. Osim toga, veći broj modela nelinearnih u varijablama pripada skupini linearnih modela, koji se analiziraju na isti način kao i model višestruke linearne regresije. Specifičnim modelom višestruke linearne regresije mogu se predočiti i različiti dizajni eksperimenata.

Prvi se korak u analizi modela sastoji u *utvrđivanju njegova oblika* te svojstava varijabli i parametara (faza specifikacije), a zatim se prelazi na *procjene* parametara, varijance, standardne devijacije, prognostičkih vrijednosti i drugih statističko-analitičkih veličina. Slijede drugi postupci koji se odnose na *testiranje hipoteza, ispitivanje kvalitete* dobivenih rezultata i dr.

Opći linearni regresijski model osnovnog skupa oblika je:

$$Y = \alpha+\beta_1X_1+\beta_2X_2 + ... + \beta_jX_j + ...+\beta_KX_K+e,$$

odnosno, za *n* vrijednosti:

$$y_i = \alpha + \beta_1x_{i1} + \beta_2x_{i2} + ... + \beta_jx_{ij} + ... + \beta_Kx_{iK} + e_i,\ i = 1,2,...,\ n.$$

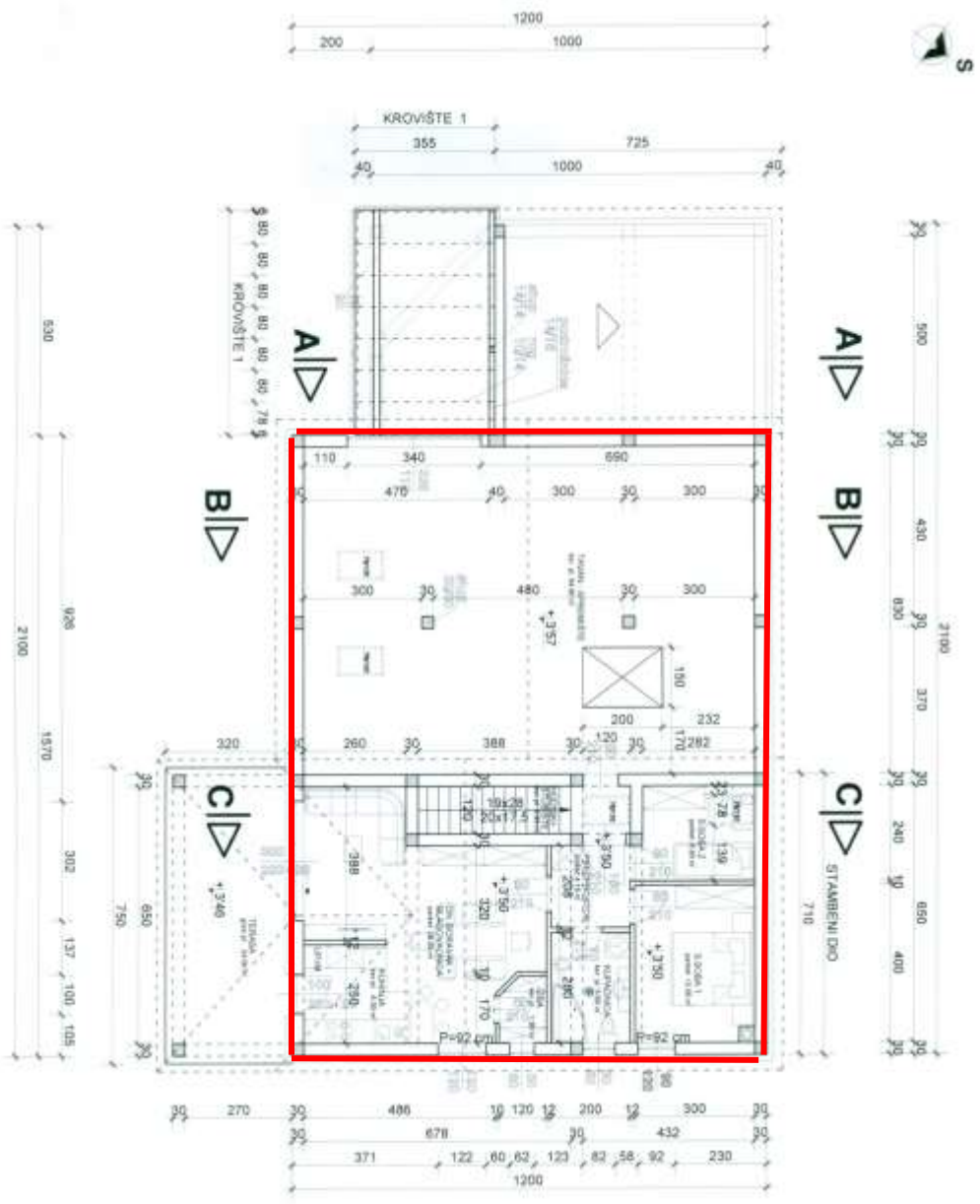
U navedenom modelu y_i, $i=1,2,...,n$ vrijednosti su zavisne varijable Y, a x_{ij}, $i = 1,2,...,$ $n_j = 1,2,...,K$ vrijednosti nezavisnih varijabli X_j. Iz oblika modela vidljivo je da je vrijednost zavisne varijable y_i linearna kombinacija vrijednosti K nezavisnih varijabli x_{ij}, nepoznate vrijednosti slučajne varijable e_i i vrijednosti nepoznatih parametara α, $\beta j = 1,2,\ldots,\ K$. Slučajna varijabla e zove se *pogreška relacije,* a njezina prisutnost je posljedica statističke prirode odnosa među pojavama.

5.2. Područja regresijske analize

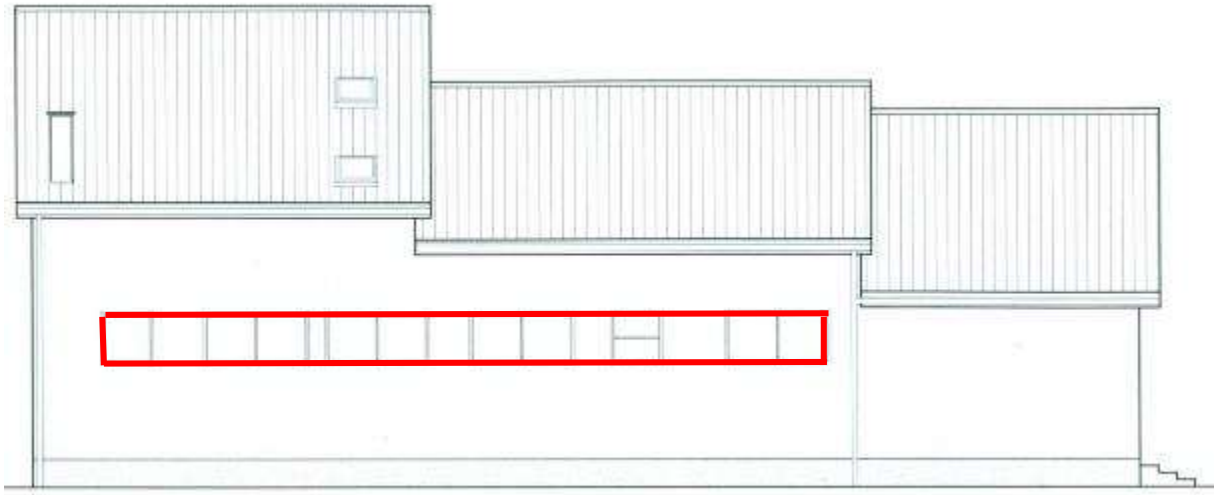
5.2.1. Ovojnica zgrade i njezini dijelovi

Istraživanje provedeno u ovom radu usmjereno je prema vanjskoj ovojnici zgrade. Pod vanjskom ovojnicom zgrade podrazumijevaju se sljedeći dijelovi:

- vanjski zid (slika 5-1.),
- strop ili kosi krov (slika 5-2.),
- vanjska stolarija (slika 5-3.),
- podna konstrukcija.



Slika 5-1. *Vanjski zid zgrade, Izvor: autor*



Slika 5-2. *Vanjska stolarija,* *Izvor: autor*



Slika 5-3. *Strop iznad grijanog prostora,* *Izvor: autor*

5.2.2. Ograničenja u istraživanju

U radu je potrebno istaknuti nekoliko ograničenja koja se postavljaju pred istraživanje. Područje istraživanja parametara koji utječu na definirane indekse kvalitete bit će ograničeno na različita okvirna područja kojima se bavi doktorski rad.

Ograničenja u istraživanju dijele se prema:

1. namjeni zgrade,
2. veličini zgrade,
3. dijelovima vanjske ovojnice zgrade,
4. starosti zgrade.

5.2.3. Ograničenje istraživanja prema namjeni zgrade

U ranijem dijelu rada spomenuta je podjela zgrada na:

- stambene zgrade i
- nestambene zgrade.

Prema pravilniku o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada (*NN 81/2012.*), zgrade se dijele na:

A. stambene zgrade:

1. s jednim stanom i stambene zgrade u nizu s jednim stanom za koje se izrađuje jedan energetski certifikat,

2. sa dva i više stana i zgrade za stanovanje zajednica (npr.: domovi umirovljenika, đački, studentski, radnički odnosno dječji domovi, zatvori, vojarne i slično) za koje se u pravilu izrađuje jedan zajednički certifikat, a može se izraditi i zasebni energetski certifikat.

B.1. nestambene zgrade:

1. uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene,

2. školske i fakultetske zgrade, vrtići i druge odgojne i obrazovne ustanove,

3. bolnice i ostale zgrade namijenjene zdravstveno-socijalnoj i rehabilitacijskoj svrsi,

4. hoteli i restorani i slične zgrade za kratkotrajni boravak (uključivo apartmani),

5. sportske građevine,

6. zgrade veleprodaje i maloprodaje (trgovački centri, zgrade s dućanima),

7. druge nestambene zgrade koje se griju na temperaturu +18°C ili višu (npr.: zgrade za promet i komunikacije, terminali, postaje, zgrade za promet, pošte, telekomunikacijske zgrade, zgrade za kulturno-umjetničku djelatnost i zabavu, muzeji i knjižnice i sl.),

B.2. ostale nestambene zgrade u kojima se koristi energija radi ostvarivanja određenih uvjeta

Područje istraživanja ovog rada odnosi se na stambene zgrade do tri jedinice kako je navedno u Pravilniku.

5.2.4. Ograničenje istraživanja prema veličini zgrade

Navedeni pravilnik koji je sastavni dio opisane metodologije svrstava stambene zgrade u dvije skupine i to:

- stambene zgrade do 400 m^2, iznimno do 600 m^2 i
- stambene zgrade preko gore navedenih vrijednosti.

Mjerenja provedena u istraživanju vezana su samo za prvu skupinu stambenih zgrada, dakle do 400 m^2.

5.2.5. Ograničenje istraživanja prema dijelovima ovojnice

U poglavlju 5.2. navedena je podjela vanjske ovojnice zgrade na četiri karakteristična dijela: vanjski zid, strop ili kosi krov iznad grijanog dijela zgrade, vanjska stolarija i pod, odnosno segment zgrade koji se spaja s tlom.

Istraživanja gubitaka energije preko dijela vanjske ovojnice – poda nisu provedena. Iako je i taj segment vrlo bitan, mjerenja nisu provedena iz razloga što je teško izmjeriti, odnosno provjeriti razliku između projektiranog i stvarno izvedenog stanja. Za takvo mjerenje bilo bi potrebno vaditi uzorke poda što bi ekonomski bilo prilično skupo.

5.2.6. Ograničenje istraživanja prema starosti zgrade

U provedenom istraživanju i mjerenju gubitaka energije promatrane su zgrade do 10 godina starosti izuzev jedne zgrade stare 12 godina, no kod nje je samo jedan dio toliko star, dok su ostali dijelovi unutar 10 godina starosti. Takav raspon je namjerno izabran iz razloga što se po postojećoj metodologiji razred kvalitete izdaje na period od 10 godina.

5.2.7. Višestruka regresijska analiza – *vanjski zid*

U nastavku je prikazna višestruka regresijska analiza parametara koji utječu na dio modela koji se odnosi na parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade – vanjski zid. U tablici 5-7. statističkom obradom vrijednosti prikazani su odabrani parametri na uzorku od 50 obrađenih projekata podizanja energetske učinkovitosti stambenih zgrada.

```
GET DATA
  /TYPE=XLS
  /SHEET=name 'Sheet1'
  /CELLRANGE=full
  /READNAMES=on
  /ASSUMEDSTRWIDTH=32767.

DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
REGRESSION
  /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA COLLIN TOL
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT QHndmz
  /METHOD=ENTER Azm2 dopekecmdizol VGDZm3 λορλizol CO2 fo Uz tzid
  /SCATTERPLOT=(*ZRESID ,*ZPRED)
  /RESIDUALS DURBIN HISTOGRAM(ZRESID)
  /SAVE PRED ZPRED.
```

Tablica 5-7. Statistička analiza odabranih i definiranih parametara – *vanjski zid*

Statistička analiza parametara

	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
$(Q_{H,nd})m$ - z	3041,98	2868,232	50
A_z (m^2)	170,0010	60,85043	50
d - opeke (cm)	28,16	3,346	50
d-izol	10,65	3,640	50
V - GDZ (m^3)	542,41	201,603	50
λ_{op}	,4544	,12002	50
λ_{izol}	,05888	,113386	50
CO_2	784,60	655,543	50
f_o	,7306	,12369	50
U_z	,3608	,20469	50
t_{zid}	5,24	3,172	50

Izvor: autor

Nadalje, u tablici 5-8. prikazana je Pearsonova korelacija odabranih parametara kao i njihova međusobna veza preko koeficijenta signifikantnosti. U tablici 5-9. prikazane su skupno sve promatrane zavisne varijable u modelu, dok je u tablici 5-10. prikazan koeficijent determinacije koji nam ukazuje na vezu zavisne varijable u odnosu na promatrane varijable. U tablici 5-11. prikazana je analiza varijanci (ANOVA) u modelu. Konačno, u tablici 5-12. prikazani su rezultati regresijske analize gdje su dobiveni nestandardni i standardni koeficijenti regresijske analize, kao i signifikantnost dobivenih koeficijenata.

Tablica 5-8. Pearsonova korelacija i signifikantnost promatranih parametara – *vanjski zid*

	Parametri	$Q_{H,nd}$ - m	A_z	d_{opeke}	d_{izol}	V_{GDZ}	λ_{OP}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
Pearson – ova korelacija	$Q_{H,nd}$ - m	1,000	,685	,379	-,533	,709	,029	,621	,940	-,875	,852	,425
	A_z	,685	1,000	,574	-,020	,827	-,216	,365	,655	-,649	,268	-,087
	d_{opeke}	,379	,574	1,000	,175	,371	-,149	,202	,511	-,460	,178	-,196
	d_{izol}	-,533	-,020	,175	1,000	-,181	-,287	-,236	-,469	,480	-,770	-,836
	V_{GDZ}	,709	,827	,371	-,181	1,000	-,235	,404	,607	-,761	,454	,057
	λ_{OP}	,029	-,216	-,149	-,287	-,235	1,000	-,032	-,003	,144	,154	,339
	λ_{izol}	,621	,365	,202	-,236	,404	-,032	1,000	,572	-,544	,534	,217
	CO_2	,940	,655	,511	-,469	,607	-,003	,572	1,000	-,829	,780	,388
	f_o	-,875	-,649	-,460	,480	-,761	,144	-,544	-,829	1,000	-,784	-,277
	U_z	,852	,268	,178	-,770	,454	,154	,534	,780	-,784	1,000	,685
	t_{zid}	,425	-,087	-,196	-,836	,057	,339	,217	,388	-,277	,685	1,00
Signifikantnost	$Q_{H,nd}$ - m	.	,000	,003	,000	,000	,422	,000	,000	,000	,000	,001
	A_z	,000	.	,000	,445	,000	,066	,005	,000	,000	,030	,275
	d_{opeke}	,003	,000	.	,112	,004	,151	,080	,000	,000	,108	,086
	d_{izol}	,000	,445	,112	.	,104	,022	,050	,000	,000	,000	,000
	V_{GDZ}	,000	,000	,004	,104	.	,051	,002	,000	,000	,000	,347
	λ_{OP}	,422	,066	,151	,022	,051	.	,412	,492	,159	,142	,008
	λ_{izol}	,000	,005	,080	,050	,002	,412	.	,000	,000	,000	,065
	CO_2	,000	,000	,000	,000	,000	,492	,000	.	,000	,000	,003
	f_o	,000	,000	,000	,000	,000	,159	,000	,000	.	,000	,026
	U_z	,000	,030	,108	,000	,000	,142	,000	,000	,000	.	,000
	t_{zid}	,001	,275	,086	,000	,347	,008	,065	,003	,026	,000	.

	Parametri	$Q_{H,nd}$ - m	A_z	d_{opeke}	d_{izol}	V_{GDZ}	λ_{OP}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
Broj projektnih parametara	$Q_{H,nd}$ - m	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	A_z	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d_{opeke}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d_{izol}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	V_{GDZ}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λ_{OP}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λ_{izol}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	CO_2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	f_o	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	U_z	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t_{zid}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Izvor: autor

Tablica 5-9. Promatrane varijable u analizi – *vanjski zid*

Unešene/Uklonjene varijable

Model	Unešene varijable	Uklonjene varijable	Metoda
1	t_{zid}, V - GDZ (m^3), λ_{op}, d - opeke (cm), λ_{izol}, CO_2, d-izol, A_z (m^2), f_o, Uz[b]	.	Enter

a. zavisne varijable: ($Q_{H,nd}$)m - z

b. sve tražene varijable.

Izvor: autor

Tablica 5-10. Sažeti model statističke obrade za – *vanjski zid*

Sažeti Model

Model	R	R kvadrat	Prilagođeni R kvadrat	Standardna greška procjene	Durbin-Watson
1	,993[a]	,985	,982	387,783	2,238

a. Predikatori: (constanta), f_o, U_z, t_{zid}, V_{GDZ} (m^3), λ_{op}, d_{opeke} (cm), λ_{izol}, CO_2, d_{izol}, A_z (m2),

b. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - z

Izvor: autor

Tablica 5-11. Rezultati višestruke regresije – *ANOVA* odnosa parametara za – *vanjski zid*

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	397246279,538	10	39724627,954	264,169	,000[b]
	Rezidual	5864663,442	39	150375,986		
	Ukupna	403110942,980	49			

a. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - z

b. Predikatori: (constanta), f_o, U_z, t_{zid}, V_{GDZ} (m^3), λ_{op}, d_{opeke} (cm), λ_{izol}, CO_2, d_{izol}, A_z (m^2),

Izvor: autor

Tablica 5-12. Rezultati višestruke regresije – *koeficijenti modela* za – *vanjski zid*

Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B		Kolinearna statistika	
		B	St. greška	Beta			Gornja granica	Donja granica	tolerancija	VIF
1	*(Constant)*	-1886,901	1536,655		-1,228	,227	-4995,080	1221,278		
	A_z *(m^2)*	19,706	2,540	,418	7,760	,000	14,569	24,843	,129	7,782
	d - opeke (cm)	-138,096	25,791	-,161	-5,354	,000	-190,263	-85,929	,412	2,427
	d-izol	74,148	37,690	,094	1,967	,056	-2,088	150,384	,163	6,132
	V - GDZ (m^3)	-,630	,690	-,044	-,913	,367	-2,026	,766	,159	6,306
	λ_{op}	886,241	531,690	,037	1,667	,104	-189,203	1961,685	,754	1,327
	λ_{izol}	704,093	643,380	,028	1,094	,281	-597,264	2005,451	,577	1,734
	CO_2	1,599	,234	,365	6,843	,000	1,126	2,072	,131	7,645
	f_o	666,874	1431,856	,029	,466	,644	-2229,328	3563,075	,098	10,221
	U_z	8813,540	959,376	,629	9,187	,000	6873,018	10754,061	,080	12,566
	t_{zid}	-66,084	38,382	-,073	-1,722	,093	-143,719	11,550	,207	4,831

a. *Zavisna varijabla*: $(Q_{H,nd})m$ - z

Izvor: autor

Tablica 5-13. Rezultati višestruke regresije – *kolinearna analiza* za – *vanjski zid*

Kolinearna analiza

Model	Vrijednost svojstva	Indeks stanja	Odstupanje										
			(konst.)	***Az***	d_{oprke}	d_{izol}	V_{GDZ}	***λop***	***λizol***	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
1	9,166	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	,992	3,040	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,24	,01	,00	,00	,00
3	,404	4,764	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,26	,00	,00	,01	,05
4	,256	5,984	,00	,01	,00	,00	,01	,01	,35	,06	,00	,00	,03
5	,071	11,355	,00	,01	,00	,01	,11	,06	,01	,22	,00	,00	,06
6	,043	14,569	,00	,03	,00	,00	,02	,02	,02	,09	,00	,22	,28
7	,042	14,729	,00	,02	,00	,04	,01	,74	,01	,00	,00	,02	,03
8	,012	27,926	,01	,26	,07	,39	,26	,10	,03	,19	,01	,03	,18
9	,007	35,250	,02	,18	,07	,35	,19	,04	,01	,41	,13	,09	,28
10	,005	41,694	,00	,47	,59	,16	,24	,01	,06	,02	,03	,37	,01
11	,001	102,811	,97	,00	,27	,04	,17	,02	,01	,00	,84	,26	,08

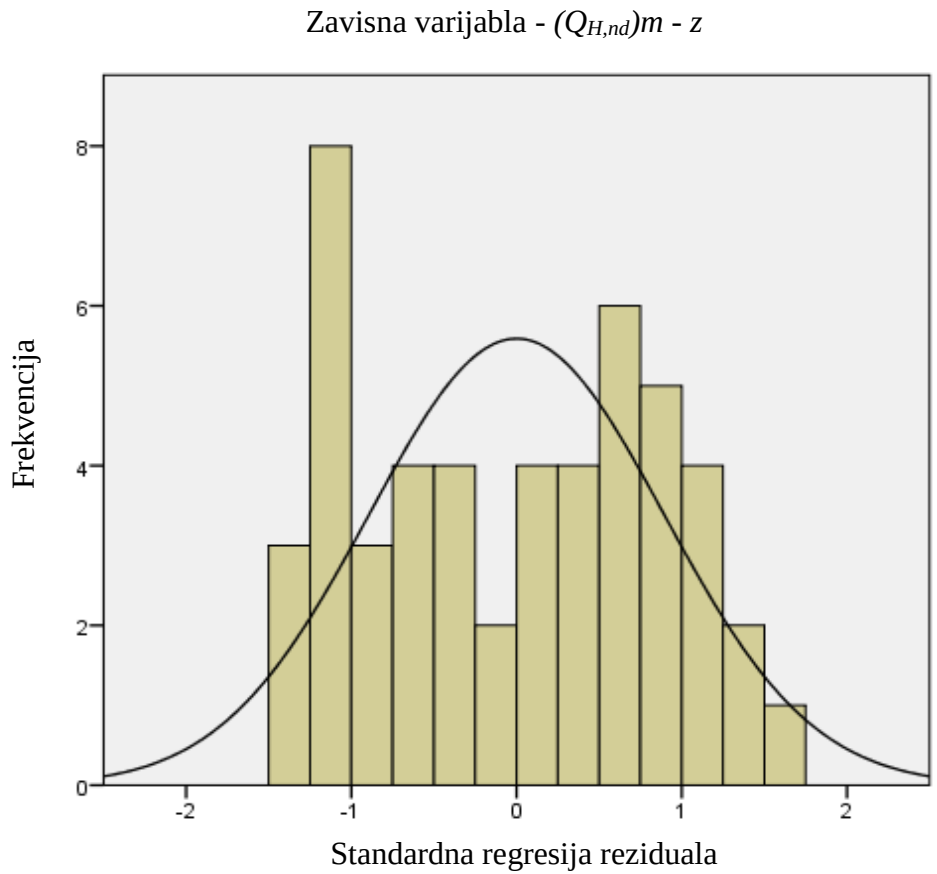
a. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - z
Izvor: autor

Tablica 5-14. Rezultati statističke obrade reziduala za – *vanjski zid*

Statistika reziduala

	Minimum	Maksimum	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
Vrijednost predikatora	211,40	14062,31	3041,98	2847,291	50
Rezidual	-542,504	636,605	,000	345,958	50
Standardna vrijednost predikatora	-,994	3,870	,000	1,000	50
Standardni rezidual	-1,399	1,642	,000	,892	50

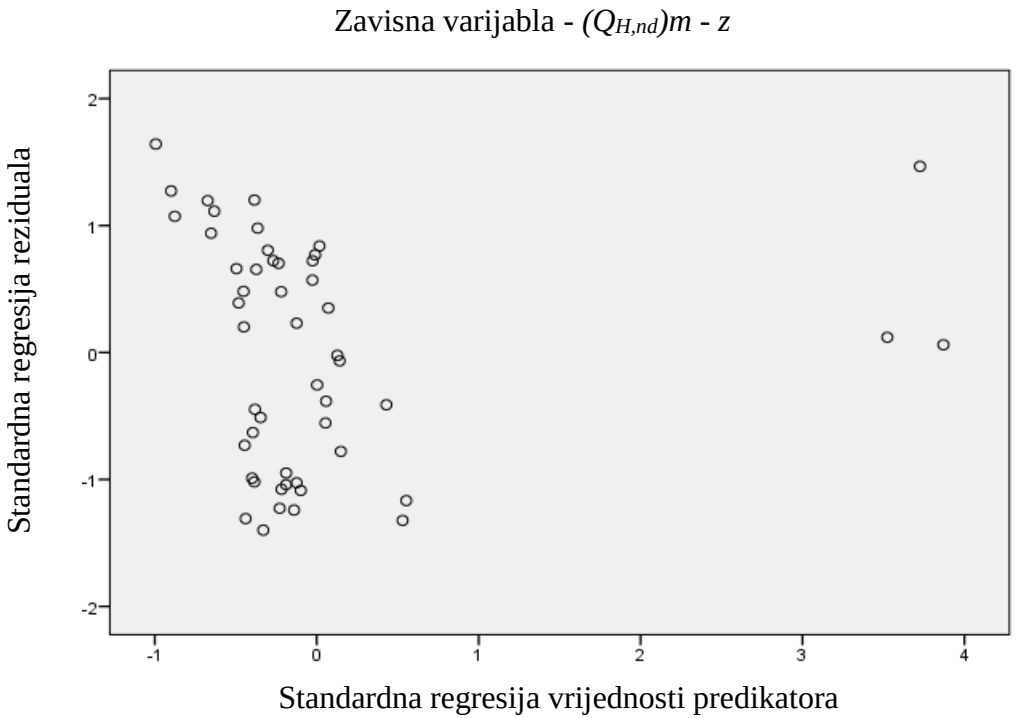
a. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - z, Izvor: autor



Slika 5-4. Dijagram frekvencija, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m - z* - za *vanjski zid*, *Izvor: autor*

Na slici 5-4. grafički je prikazan dijagram frekvencija reziduala u odnosu na promatranu varijablu potrebne energije za grijanje koju je potrebno dovesti u grijani prostor da se održi zadana temperatura, a gubi se preko parcijalnog dijela vanjske ovojnice zgrade – *vanjskog zida*.

Na slici 5-5. grafički je prikazan odnos regresijskih vrijednosti predikatora u odnosu na reziduale. Slikovito se vidi raspršenost podataka koji projiciraju pravac regresije s iznimkom tri podatka triju projekata.



Slika 5-5. Dijagram raspršenja predikatora, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m - z* - za *vanjski zid*, *Izvor: autor*

5.2.8. Višestruka regresijska analiza – *strop iznad grijanog prostora*

Analogno višestrukoj regresijskoj analizi parametara *vanjskog zida*, u nastavku je prikazana višestruka regresijska analiza parametara koji utječu na dio modela koji se odnosi na parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade – strop iznad grijanog prostora. Opis dobivenih rezultata kod parametara *vanjskog zida* opisno prati rezultate dobivene za *strop iznad grijanog prostora* (*strop IGP*) s tom razlikom što su dobiveni rezultati vezani za parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade - *strop iznad grijanog prostora.*

```
GET DATA
  /TYPE=XLS
  /FILE='C:\Users\
  /SHEET=name 'Sheet1'
  /CELLRANGE=full
  /READNAMES=on
  /ASSUMEDSTRWIDTH=32767.


DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
REGRESSION
  /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA COLLIN TOL
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT QHndmk
  /METHOD=ENTER Akm2 dbezizolacijedizolacijeVstrλizλdUk CO2k tstrop
  /SCATTERPLOT=(*ZRESID ,*ZPRED)
  /RESIDUALS DURBIN HISTOGRAM(ZRESID)
  /SAVE PRED ZPRED.
```

Tablica 5-15. Statistička analiza odabranih i definiranih parametara – *strop IGP*

Statistička analiza parametara

	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
$(Q_{H,nd})m$ - *k*	1922,34	1169,006	50
A_k (m^2)	102,53	28,479	50
d - bez izolacije	15,67	6,549	50
d-izolacije	11,44	7,527	50
V - str	28,0617	14,77937	50
λ_{iz}	,05748	,129307	50
λ_d	,713	,4146	50
U_k	,4946	,42825	50
CO_2 - *k*	492,26	271,777	50
t_{strop}	6,48	3,112	50

Izvor: autor

Tablica 5-16. Pearsonova korelacija i signifikantnost promatranih parametara za - *strop iznad grijanog prostora*

	Parametri	$Q_{H,nd}$ - m	A_k	$d_{bezizol}$	d_{izol}	V_{str}	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2	t_{strop}
Pearson – ova korelacija	$Q_{H,nd}$ - m	1,000	,381	-,060	-,709	-,254	,161	,104	,625	,947	,556
	A_k	,381	1,000	-,165	,271	,589	-,124	-,219	-,257	,263	-,169
	$d_{bezizol}$	-,060	-,165	1,000	,095	,446	,069	,534	,108	,020	-,228
	d_{izol}	-,709	,271	,095	1,000	,778	-,126	-,138	-,715	-,789	-,690
	V_{str}	-,254	,589	,446	,778	1,000	-,096	,129	-,459	-,320	-,598
	λ_{iz}	,161	-,124	,069	-,126	-,096	1,000	,165	,164	,133	,086
	λ_d	,104	-,219	,534	-,138	,129	,165	1,000	,425	,175	-,137
	U_k	,625	-,257	,108	-,715	-,459	,164	,425	1,000	,642	,547
	CO_2	,947	,263	,020	-,789	-,320	,133	,175	,642	1,000	,552
	t_{strop}	,556	-,169	-,228	-,690	-,598	,086	-,137	,547	,552	1,000
Signifikantnost	$Q_{H,nd}$ - m	.	,003	,340	,000	,038	,132	,237	,000	,000	,000
	A_k	,003	.	,125	,028	,000	,196	,063	,036	,032	,121
	$d_{bezizol}$	,340	,125	.	,256	,001	,317	,000	,228	,444	,055
	d_{izol}	,000	,028	,256	.	,000	,191	,169	,000	,000	,000
	V_{str}	,038	,000	,001	,000	.	,253	,186	,000	,012	,000
	λ_{iz}	,132	,196	,317	,191	,253	.	,126	,127	,179	,277
	λ_d	,237	,063	,000	,169	,186	,126	.	,001	,113	,172
	U_k	,000	,036	,228	,000	,000	,127	,001	.	,000	,000
	CO_2	,000	,032	,444	,000	,012	,179	,113	,000	.	,000
	t_{strop}	,000	,121	,055	,000	,000	,277	,172	,000	,000	.

	Parametri	$Q_{H,nd}$ - m	A_k	$d_{bezizol}$	d_{izol}	V_{str}	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2	t_{strop}
Broj projektnih parametara	$Q_{H,nd}$ - m	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	A_k	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	$d_{bezizol}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d_{izol}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	V_{str}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λ_{iz}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λ_d	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	U_k	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	CO_2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t_{strop}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Izvor: autor

Tablica 5-17. Promatrane varijable u analizi za – *strop iznad grijanog prostora*

Unešene/Uklonjene varijable

Model	Unešene varijable	Uklonjene varijable	Metoda
1	t_{strop}, λ_{iz}, A_k (m2), d - bez izolacije, λ_d, d-izolacije, U_k, CO_2 - k, V - str[b]	.	Enter

a. zavisne varijable: ($Q_{H,nd}$)m - k

b. sve tražene varijable.

Izvor: autor

Tablica 5-18. Sažeti model statističke obrade za - *strop iznad grijanog prostora*

Sažeti Model

Model	R	R kvadrat	Prilagođeni R kvadrat	Standardna greška procjene	Durbin-Watson
1	,975[a]	,951	,940	286,381	2,502

a. Predikatori: (constanta), U_k, t_{strop}, V_{str}, λ_d, d_{izol}, λ_{izol}, CO_2, d_{izol}, A_k.

b. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m - k$

Izvor: autor

Tablica 5-19. Rezultati višestruke regresije – *ANOVA* odnosa parametara za - *strop iznad grijanog prostora*

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	63681638,866	9	7075737,652	86,274	,000[b]
	Rezidual	3280572,354	40	82014,309		
	Ukupna	66962211,220	49			

a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m - k$

b. Predikatori: (constanta), U_k, t_{strop}, V_{str}, λ_d, d_{izol}, λ_{izol}, CO_2, d_{izol}, A_k.

Izvor: autor

Tablica 5-20. Rezultati višestruke regresije – *koeficijenti modela* za - *strop iznad grijanog prostora*

Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B		Kolinearna statistika	
		B	St. greška	Beta			Gornja granica	Donja granica	tolerancija	VIF
1	*(Constant)*	-2012,195	748,860		-2,687	,010	-3525,697	-498,694		
	A_k *(m^2)*	25,599	6,594	,624	3,882	,000	12,272	38,926	,047	21,069
	d - bez izolacije	37,164	21,333	,208	1,742	,089	-5,951	80,279	,086	11,660
	d-izolacije	8,474	31,954	,055	,265	,792	-56,108	73,056	,029	34,565
	V - str	-34,773	20,446	-,440	-1,701	,097	-76,097	6,550	,018	54,557
	λ_{iz}	702,716	330,463	,078	2,126	,040	34,825	1370,607	,917	1,091
	λ_d	45,146	158,549	,016	,285	,777	-275,293	365,586	,387	2,582
	U_k	618,522	173,858	,227	3,558	,001	267,141	969,903	,302	3,312
	CO_2 *- k*	2,015	,555	,468	3,629	,001	,893	3,137	,074	13,601
	t_{strop}	36,451	20,641	,097	1,766	,085	-5,267	78,168	,406	2,465

a. *Zavisna varijabla*: $(Q_{H,nd})m$ *- k*

Izvor: autor

Tablica 5-21. Rezultati višestruke regresije – *kolinearna analiza* za – *strop iznad grijanog prostora*

Kolinearna analiza

Model	Vrijednost svojstva	Indeks stanja	Odstupanje									
			(konst.)	***Ak***	$d_{bezizol}$	d_{izol}	V_{str}	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2	t_{strop}
1	7,596	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	1,027	2,719	,00	,00	,00	,00	,00	,16	,00	,03	,00	,00
3	,739	3,205	,00	,00	,00	,00	,00	,76	,00	,01	,00	,00
4	,305	4,992	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,14	,03	,00	,05
5	,131	7,605	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,07	,05	,13
6	,092	9,065	,00	,00	,06	,01	,00	,00	,00	,39	,00	,09
7	,072	10,240	,00	,00	,04	,00	,00	,00	,55	,37	,00	,03
8	,029	16,072	,04	,00	,01	,01	,04	,00	,09	,01	,01	,62
9	,006	34,803	,03	,16	,01	,38	,01	,04	,00	,03	,92	,00
10	,001	85,092	,93	,83	,87	,59	,95	,00	,22	,07	,02	,08

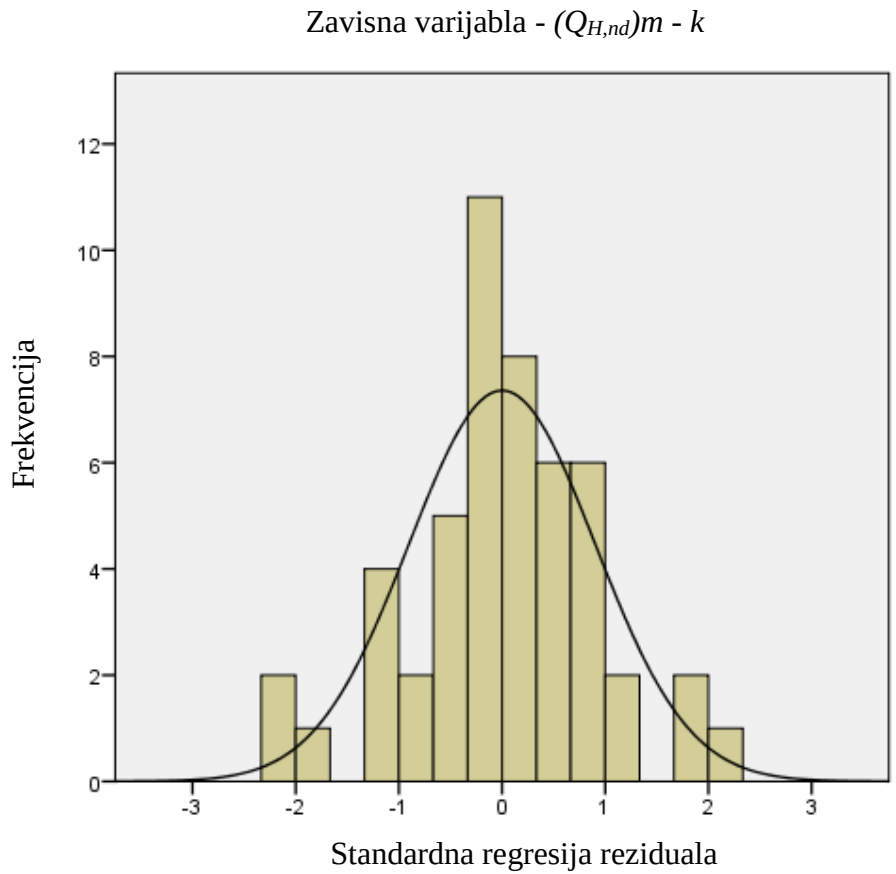
a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m$ - k
Izvor: autor

Tablica 5-22. Rezultati statističke obrade reziduala za - *strop iznad grijanog prostora*

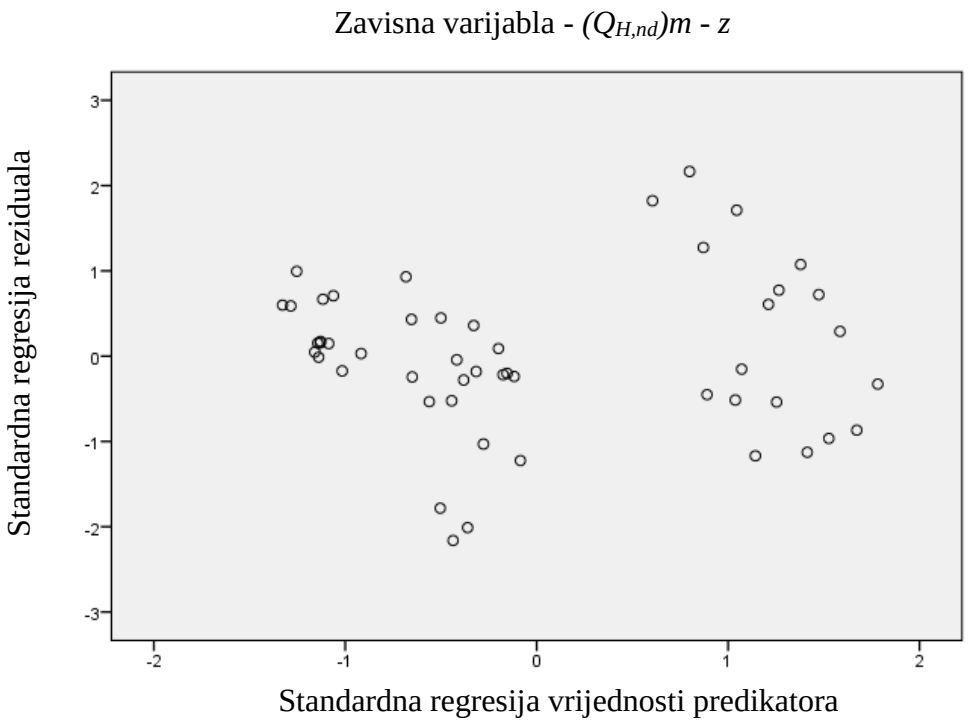
Statistika reziduala

	Minimum	Maksimum	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
Vrijednost predikatora	408,38	3953,83	1922,34	1140,011	50
Rezidual	-619,059	620,269	,000	258,748	50
Standardna vrijednost predikatora	-1,328	1,782	,000	1,000	50
Standardni rezidual	-2,162	2,166	,000	,904	50

a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m$ - k
Izvor: autor



Slika 5-6. Dijagram frekvencija, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m - k* - za *strop IGP*, *Izvor: autor*



Slika 5-7. Dijagram raspršenja predikatora, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m - k* - za *strop IGP*, *Izvor: autor*

5.2.9. Višestruka regresijska analiza – *vanjska stolarija*

Posljednja višestruka regresijska analiza dobivenih podataka modela odnosi se na parcijalni dio vanjske ovojnice zgrade – *vanjsku stolariju*. Kao i u prethodne dvije regresijske analize tako i ovdje naredne tablice opisno prate dobivene parametre s razlikom što se rezultati analize odnose na rezultate vezane uz parcijalni dio – *vanjske stolarije*.

```
GET
  FILE='C:\Users\
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.


REGRESSION
  /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA COLLIN TOL
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT QHndmS
  /METHOD=ENTER Azidm2 Asm2 Uw Lm Ag AfUg CO2s tstol
  /SCATTERPLOT=(*ZRESID ,*ZPRED)
  /RESIDUALS DURBIN HISTOGRAM(ZRESID)
  /SAVE PRED ZPRED.
```

Tablica 5-23. Statistička analiza odabranih i definiranih parametara – *vanjska stolarija*

Statistička analiza parametara

	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
$(Q_{H,nd})m$ - S	2582,24	1213,992	50
A_{zid} (m^2)	170,1610	60,75589	50
A_s (m^2)	31,1136	13,89438	50
U_w	1,602	,3808	50
L (m)	68,23	33,573	50
A_g	23,2044	10,67514	50
A_f	7,7280	4,14860	50
U_g	1,148	,3852	50
CO_2 - s	623,18	289,784	50
t_{stol}	5,58	2,556	50

Izvor: autor

Tablica 5-24. Pearsonova korelacija i signifikantnost promatranih parametara za - *vanjsku stolariju*

	Parametri	$Q_{H,nd}$ - m	A_z	A_s	U_w	L	A_g	A_f	U_g	CO_2	t_{stol}
Pearson – ova korelacija	$Q_{H,nd}$ - m	1,000	,531	,478	,030	,491	,429	,506	-,080	,969	,361
	A_z	,531	1,000	,830	,091	,799	,862	,583	,010	,580	,027
	A_s	,478	,830	1,000	-,128	,886	,977	,849	-,257	,544	,014
	U_w	,030	,091	-,128	1,000	-,252	-,060	-,267	,938	-,016	,533
	L	,491	,799	,886	-,252	1,000	,905	,650	-,302	,565	-,084
	A_g	,429	,862	,977	-,060	,905	1,000	,719	-,183	,497	,007
	Af	,506	,583	,849	-,267	,650	,719	1,000	-,386	,553	,037
	U_g	-,080	,010	-,257	,938	-,302	-,183	-,386	1,000	-,129	,457
	CO_2	,969	,580	,544	-,016	,565	,497	,553	-,129	1,000	,269
	t_{stol}	,361	,027	,014	,533	-,084	,007	,037	,457	,269	1,000
Signifikantnost	$Q_{H,nd}$ - m	.	,000	,000	,419	,000	,001	,000	,291	,000	,005
	A_z	,000	.	,000	,264	,000	,000	,000	,472	,000	,426
	A_s	,000	,000	.	,187	,000	,000	,000	,036	,000	,461
	U_w	,419	,264	,187	.	,039	,340	,030	,000	,457	,000
	L	,000	,000	,000	,039	.	,000	,000	,017	,000	,280
	A_g	,001	,000	,000	,340	,000	.	,000	,102	,000	,481
	Af	,000	,000	,000	,030	,000	,000	.	,003	,000	,400
	U_g	,291	,472	,036	,000	,017	,102	,003	.	,186	,000
	CO_2	,000	,000	,000	,457	,000	,000	,000	,186	.	,030
	t_{stol}	,005	,426	,461	,000	,280	,481	,400	,000	,030	.

	Parametri	$Q_{H,nd}$ - m	A_z	A_s	U_w	L	A_g	A_f	U_g	CO_2	t_{stol}
Broj projektnih parametara	$Q_{H,nd}$ - m	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	A_z	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	A_s	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	U_w	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	L	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	A_g	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Af	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	U_g	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	CO_2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t_{stol}	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Izvor: autor

Tablica 5-25. Promatrane varijable u analizi za - *vanjsku stolariju*

Unešene/Uklonjene varijable

Model	Unešene varijable	Uklonjene varijable	Metoda
1	*t - stol, Ag, Uw, As, Ug, CO2 - s, Af, Azid (m2), L (m)*[b]	.	Enter

a. zavisne varijable: ($Q_{H,nd}$)m - s

b. sve tražene varijable.

Izvor: autor

Tablica 5-26. Sažeti model statističke obrade za - *vanjsku stolariju*

Sažeti Model

Model	R	R kvadrat	Prilagođeni R kvadrat	Standardna greška procjene	Durbin-Watson
1	,976[a]	,953	,943	290,691	1,210

a. Predikatori: (constanta), A_z, A_s, U_w, L, A_g, A_f, U_g, CO_2, t_{stol}

b. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - s

Izvor: autor

Tablica 5-27. Rezultati višestruke regresije – *ANOVA* odnosa parametara za - *vanjsku stolariju*

ANOVA[a]

Model		Zbroj kvadrata	df – stupanj slobode	Prosječni kvadrat	F	Sig.
1	Regresija	68835040,973	9	7648337,886	90,512	,000[b]
	Rezidual	3380039,290	40	84500,982		
	Ukupna	72215080,263	49			

a. Zavisna varijabla: ($Q_{H,nd}$)m - s

b. Predikatori: (constanta), A_z, A_s, U_w, L, A_g, A_f, U_g, CO_2, t_{stol}

Izvor: autor

Tablica 5-28. Rezultati višestruke regresije – *koeficijenti modela* za - *vanjsku stolariju*

Koeficijenti

Model		nestandardni koeficijenti		standardni koeficijenti	t	Sig.	95,0% interval pouzdanosti za B		Kolinearna statistika	
		B	St. greška	Beta			Gornja granica	Donja granica	tolerancija	VIF
1	*(Constant)*	-30,725	301,092		-,102	,919	-639,255	577,804		
	A_{zid} (m^2)	1,856	1,672	,093	1,110	,274	-1,524	5,235	,167	5,986
	A_s (m^2)	89,363	132,078	1,023	,677	,503	-177,576	356,303	,001	1952,869
	U_w	-100,934	447,135	-,032	-,226	,823	-1004,627	802,759	,059	16,810
	L (m)	-1,210	4,359	-,033	-,278	,783	-10,019	7,599	,081	12,417
	A_g	-99,504	131,026	-,875	-,759	,452	-364,316	165,309	,001	1134,474
	A_f	-89,578	135,399	-,306	-,662	,512	-363,229	184,073	,005	182,964
	U_g	-37,744	409,994	-,012	-,092	,927	-866,373	790,886	,069	14,465
	CO_2 - *s*	3,961	,243	,946	16,272	,000	3,469	4,453	,347	2,885
	t_{stol}	60,403	21,749	,127	2,777	,008	16,447	104,360	,558	1,792

a. *Zavisna varijabla*: $(Q_{H,nd})m$ - *s*

Izvor: autor

Tablica 5-29. Rezultati višestruke regresije – *kolinearna analiza* za – *vanjsku stolariju*

Kolinearna analiza

Model	Vrijednost svojstva	Indeks stanja	Odstupanje									
			(konst.)	A_z	A_s	U_w	L	A_g	A_f	U_g	CO_2	t_{stol}
1	9,135	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	,506	4,250	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,03
3	,139	8,118	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,13	,21
4	,086	10,280	,00	,01	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,33	,07
5	,069	11,481	,05	,00	,00	,00	,02	,00	,00	,00	,05	,44
6	,035	16,107	,26	,06	,00	,00	,08	,00	,00	,02	,03	,06
7	,016	23,651	,11	,54	,00	,00	,19	,00	,00	,07	,03	,11
8	,012	27,962	,02	,31	,00	,02	,21	,00	,01	,03	,21	,07
9	,002	70,151	,53	,05	,00	,97	,47	,00	,00	,86	,22	,01
10	5,182E-5	419,843	,03	,02	1,00	,00	,01	,99	,98	,00	,00	,00

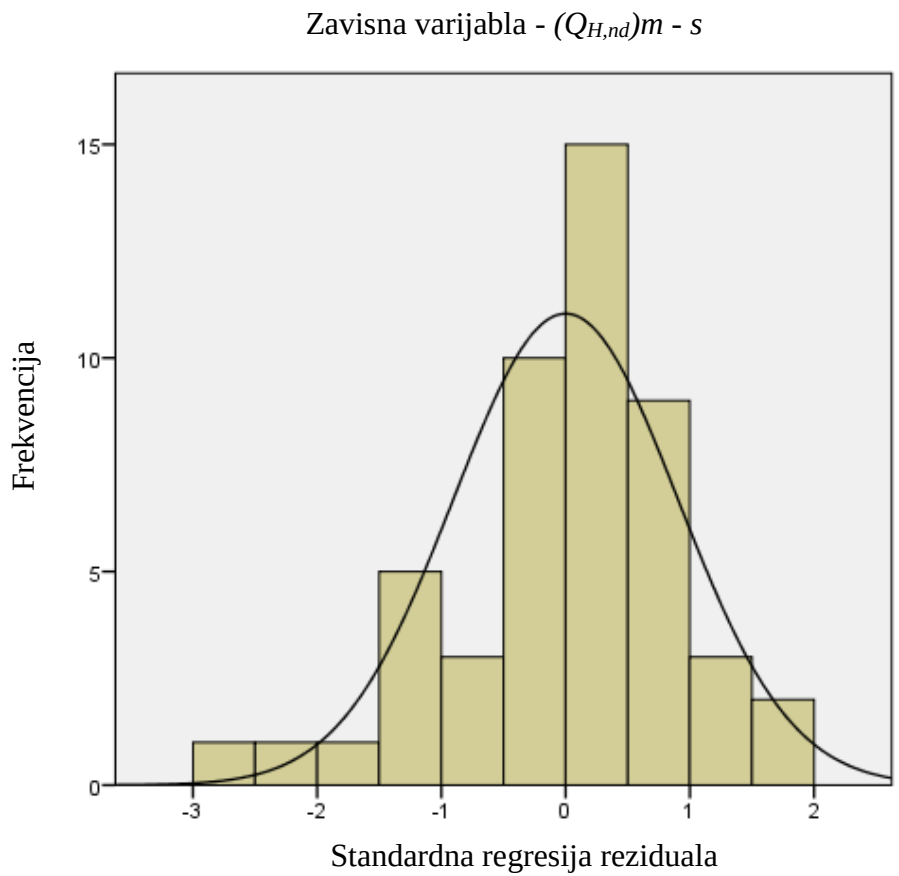
a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m$ - s
Izvor: autor

Tablica 5-30. Rezultati statističke obrade reziduala za - *vanjsku stolariju*

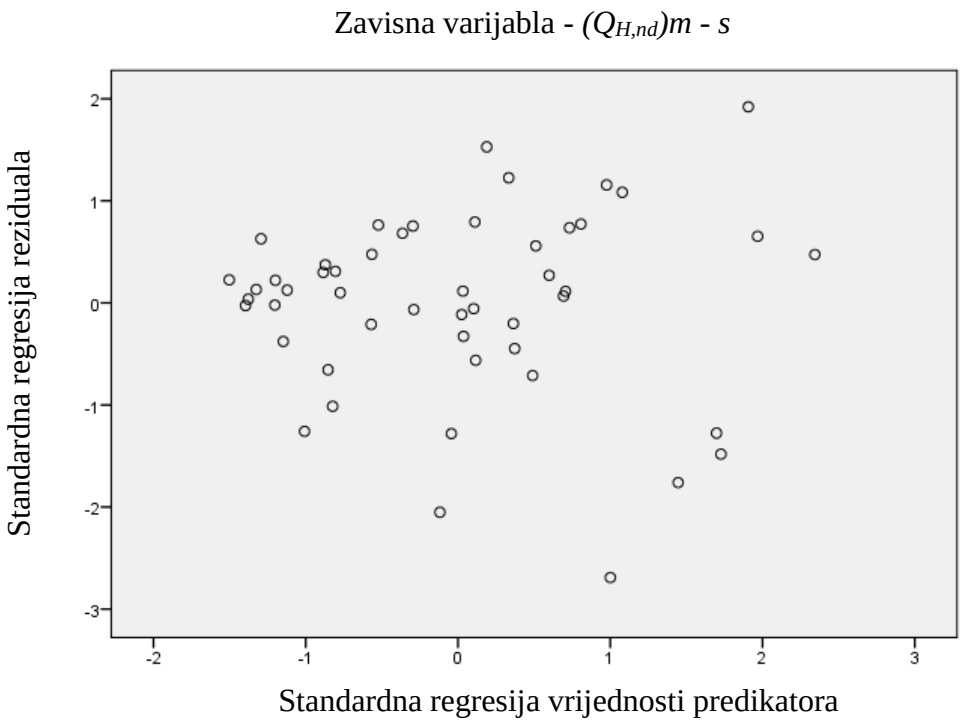
Statistika reziduala

	Minimum	Maksimum	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
Vrijednost predikatora	801,34	5360,30	2582,24	1185,241	50
Rezidual	-782,018	558,443	,000	262,641	50
Standardna vrijednost predikatora	-1,503	2,344	,000	1,000	50
Standardni rezidual	-2,690	1,921	,000	,904	50

a. Zavisna varijabla: $(Q_{H,nd})m$ - s
Izvor: autor



Slika 5-8. Dijagram frekvencija, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m - s* - za *vanjsku stolariju*, *Izvor: autor*



Slika 5-9. Dijagram raspršenja predikatora, reziduala te zavisne varijable *(QH,nd)m - s* - za *vanjsku stolariju*, *Izvor: autor*

6. NOVI MODEL PROCJENE KVALITETE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI ZGRADE

6.1. Opis modela

Model procjene kvalitete energetske učinkovitosti zgrade kao ulazne podatke koristi definirane parametre karakteristične za vanjsku ovojnicu zgrade. Takvim modelom moguće je preko opisanih parametara upravljati kvalitetom projekta energetske učinkovitosti bez obzira na odmak vremena.

Model omogućava praćenje starenja zgrade te pruža pravu informaciju koju mjeru treba poduzeti kako bi se održala očekivana kvaliteta vanjske ovojnice zgrade. Pored toga, model omogućava simulaciju promjena uzrokovanih odmakom vremena te utjecajem vremenskih i drugih prilika na stanje pojedinih segmenata zgrade dajući uvid u buduće stanje zgrade u slučaju da se ne provode odgovarajuće mjere.

Važno je istaknuti da model može dati procjenu starosti objekta te procjenu nedostataka upravljanja racionalnog gospodarenja energijom, ali i održavanjem same zgrade. Ukoliko se informacijskim sustavom poveže s bazom ekonomskih parametara pojedinih građevinskih segmenata ili energenata, omogućava uvid u ekonomsku isplativost pojedinih mjera te može optimizirati investiciju te prikazati vremenski period otplate pojedine mjere.

6.2. Dijelovi modela

Model upravljanja preciznošću procjene projekta energetske učinkovitosti zgrade podijeljen je na tri glavna dijela:

- dio modela koji se odnosi na dio vanjske ovojnice zgrede – *vanjski zid*,
- dio modela koji se odnosi na dio vanjske ovojnice zgrede – *strop IGP*,
- dio modela koji se odnosi na dio vanjske ovojnice zgrede – *vanjska stolarija*.

U analizi modela bit će prikazani i analizirani parcijalni dijelovi modela, a na kraju i integralni model s prikazanim indeksima kvalitete.

6.2.1. Opis modela za – *vanjski zid*

Višestrukom regresijskom analizom ulaznih parametara dobiven je parcijalni dio modela koji se odnosi na dio vanjske ovojnice zgrade – vanjski zid. Ulazni parametri analize prikazani su u tablici 6-1.

Tablica 6-1. Parametri analize za *vanjski zid*

Parametar	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
$(Q_{H,nd})_m$ - **Z**	3041,98	2868,232	50
A_z	170,0010	60,85043	50
d_{opeke}	28,16	3,346	50
d_{izol}	10,65	3,640	50
V_{GDZ}	542,41	201,603	50
λ_{OP}	0,4544	0,12002	50
λ_{izol}	0,05888	0,113386	50
CO_{2z}	784,60	655,543	50
f_o	0,7306	0,12369	50
U_z	0,3608	0,20469	50
t_{zid}	5,24	3,172	50

Izvor: autor

Koeficijenti modela za *vanjski zid*, dobiveni višestrukom regresijskom analizom, prikazani su u tablici 6-2.

Tablica 6-2. Koeficijenti modela za *vanjski zid*

Model	Nestandardni koeficijenti		Standardni koeficijenti	t	Sig.
	B	Standardna pogreška	Beta		
Konstanta	-1886,901	1536,655		-1,228	0,227
A_z	19,706	2,540	0,418	7,760	0,000
d_{opeke}	-138,096	25,791	-0,161	-5,354	0,000
d_{izol}	74,148	37,690	0,094	1,967	0,056
V_{GDZ}	-0,630	,690	-0,044	-,913	0,367
λ_{OP}	886,241	531,690	0,037	1,667	0,104
λ_{izol}	704,093	643,380	0,028	1,094	0,281
CO_{2z}	1,599	,234	0,365	6,843	0,000
f_o	667,074	1431,856	0,029	,466	0,644
U_z	8813,540	959,376	0,629	9,187	0,000
t_{zid}	-66,084	38,382	-0,073	-1,722	0,093

Izvor: autor

Računski oblik modela definiran je na sljedeći način:

$$(Q_{H,nd})m - Z = -1886{,}9 + 19{,}71\,A_z - 0{,}63\,V_{GDZ} + 667{,}07\,f_o + 886{,}24\,\lambda_{op} + 704{,}09\,\lambda_{iz} -$$

I_R - index $\qquad$ I_C - index

$$- 138{,}10\,d_{opeke} + 74{,}15\,d_{izol} + 8813{,}54\,U_Z + 1{,}60\,CO_{2z} - 66{,}08\,t_{zid}$$

I_I - index $\qquad$ I_S - index

6.2.2. Opis modela za – *strop iznad grijanog prostora*

Višestrukom regresijskom analizom ulaznih parametara dobiven je parcijalni dio modela koji se odnosi na dio vanjske ovojnice zgrade – strop iznad grijanog prostora. Ulazni parametri analize prikazani su u tablici 6-3.

Tablica 6-3. Parametri analize za *strop iznad grijanog prostora*

Parametar	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
$(Q_{H,nd})_m$ - **K**	1922,34	1169,006	50
A_k	102,53	28,479	50
$d_{bezizol}$	15,67	6,549	50
d_{izol}	11,44	7,527	50
V_{str}	28,0617	14,77937	50
λ_{iz}	0,05748	0,129307	50
λ_d	0,713	0,4146	50
U_k	0,4946	0,42825	50
CO_{2k}	492,26	271,777	50
t_{strop}	6,48	3,112	50

Izvor: autor

Koeficijenti modela za *strop iznad grijanog prostora*, dobiveni višestrukom regresijskom analizom, prikazani su u tablici 6-4.

Tablica 6-4. Koeficijenti modela za *strop iznad grijanog prostora*

Model	Nestandardni koeficijenti		Standardni koeficijenti	t	Sig.
	B	Standardna pogreška	Beta		
Konstanta	-2012,195	748,860		-2,687	0,010
A_k	25,599	6,594	0,624	3,882	0,000
$d_{bezizol}$	37,164	21,333	0,208	1,742	0,089
d_{izol}	8,474	31,954	0,055	0,265	0,792
V_{str}	-34,773	20,446	-0,440	-1,701	0,097
λ_{iz}	702,716	330,463	0,078	2,126	0,040
λ_d	45,146	158,549	0,016	0,285	0,777
U_k	618,522	173,858	0,227	3,558	0,001
CO_{2k}	2,015	0,555	0,468	3,629	0,001
t_{strop}	36,451	20,641	0,097	1,766	0,085

Izvor: autor

Računski oblik modela definiran je na sljedeći način:

$$(Q_{H,nd})m - K = -2012{,}19 + 25{,}60\,A_k - 34{,}77\,V_{str} + 702{,}72\,\lambda_{iz} + 45{,}15\,\lambda_d +$$

I_R - index ($25{,}60\,A_k - 34{,}77\,V_{str}$); I_C - index ($702{,}72\,\lambda_{iz} + 45{,}15\,\lambda_d$)

$$+ 37{,}16\,d_{bezizol} + 8{,}47\,d_{izol} + 618{,}52\,U_k + 2{,}02\,CO_{2k} + 36{,}45\,t_{strop}$$

I_I - index ($37{,}16\,d_{bezizol} + 8{,}47\,d_{izol}$); I_S - index ($618{,}52\,U_k + 2{,}02\,CO_{2k} + 36{,}45\,t_{strop}$)

6.2.3. Opis modela za – *vanjsku stolariju zgrade*

Višestrukom regresijskom analizom ulaznih parametara dobiven je parcijalni dio modela koji se odnosi na dio vanjske ovojnice zgrade – *vanjska stolarija*. Ulazni parametri analize prikazani su u tablici 6-5.

Tablica 6-5. Parametri analize za *vanjsku stolariju*

Parametar	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija	N
$(Q_{H,nd})_m$ - **S**	2582,24	1213,992	50
A_{zid}	170,1610	60,75589	50
A_s	31,1136	13,89438	50
U_w	1,602	,3808	50
L	68,23	33,573	50
A_g	23,2044	10,67514	50
A_f	7,7280	4,14860	50
U_g	1,148	,3852	50
CO_{2s}	623,18	289,784	50
t_{stol}	5,58	2,556	50

Izvor: autor

Koeficijenti modela za *vanjsku stolariju*, dobiveni višestrukom regresijskom analizom, prikazani su u tablici 6-6.

Tablica 6-6. Koeficijenti modela za *vanjsku stolariju*

Model	Nestandardni koeficijenti		Standardni koeficijenti	t	Sig.
	B	Standardna pogreška	Beta		
Konstanta	-30,725	301,092		-,102	,919
A_{zid}	1,856	1,672	,093	1,110	,274
A_s	89,363	132,078	1,023	,677	,503
U_w	-100,934	447,135	-,032	-,226	,823
L	-1,210	4,359	-,033	-,278	,783
A_g	-99,504	131,026	-,875	-,759	,452
A_f	-89,578	135,399	-,306	-,662	,512
U_g	-37,744	409,994	-,012	-,092	,927
CO_{2s}	3,961	,243	,946	16,272	,000
t_{stol}	60,403	21,749	,127	2,777	,008

Izvor: autor

Računski oblik modela definiran je na sljedeći način:

$$(Q_{H,nd})m - S = -30{,}73 + 1{,}86\,A_{zid} + 89{,}36\,A_s - 99{,}5\,A_g - 89{,}58\,A_f - 37{,}74\,U_g -$$

I_R - index (A_{zid}, A_s, A_g, A_f) I_C - index (U_g)

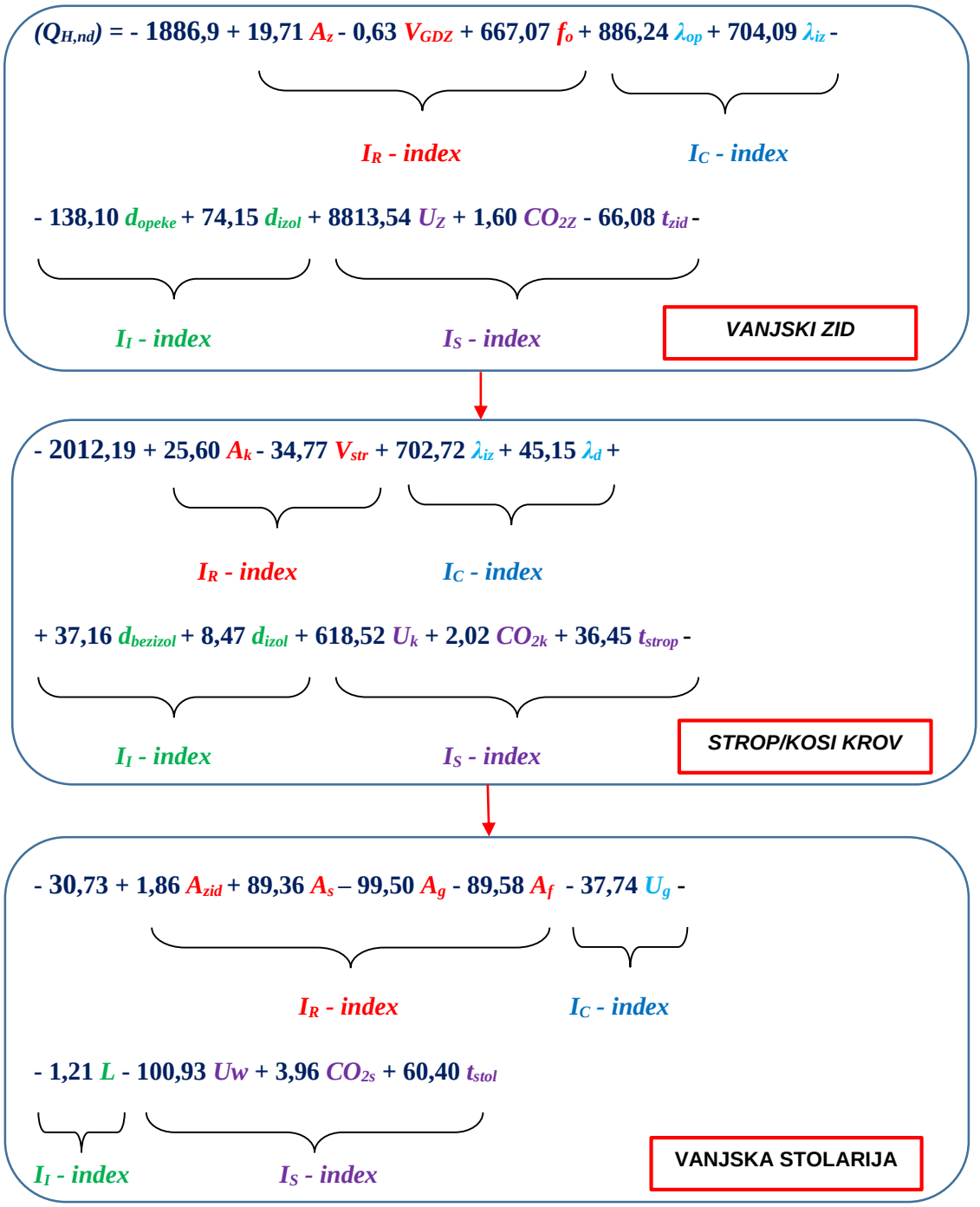
$$- 1{,}21\,L - 100{,}93\,Uw + 3{,}96\,CO_{2s} + 60{,}40\,t_{stol}$$

I_I - index (L) I_S - index (Uw, CO_{2s}, t_{stol})

6.3. Integralni model procjene preciznosti projekta preko indeksa kvalitete

Integralni model procjene preciznosti projekta energetske učinkovitosti zgrade preko novouvedenih indeksa kvalitete definira se kao: $\sum(QH,nd)$ za sva tri promatrana dijela vanjske ovojnice zgrade.

Računski model definiran je izrazom:



6.4. Informacijski sustav u modelu

Prema Čeriću (Čerić, 1998.) efikasno obavljanje bilo kojeg posla, u bilo kojem poslovnom sustavu, popraćeno je podacima i informacijama. Stoga, svaki poslovni sustav mora imati svoj informacijski sustav koji prikuplja, pohranjuje, čuva, obrađuje i isporučuje informacije. Cilj je informacijskog sustava pribaviti informacije potrebne pri izvođenju poslovnog procesa i upravljanju poslovnim procesom, sustavom ili projektom. Prema Moynihanu (Moynihanu, 2012.) za inženjerski menadžemnt neophodna je informacijska aplikacija koja omogućuje upravljanje energetskom potrošnjom, no pored toga ističe se kako postoje ograničenja koja se moraju usavršavati.

Analogno prethodnom, optimalno upravljanje modelom za procjenu kvalitete projekata energetske učinkovitosti preko definiranih indeksa kvalitete neizvedivo je bez dobro strukturiranog informacijskog sustava koji povezuje indekse kvalitete i korektivne mjere kao funkcionalnu cjelinu upravljanja takvim projektima.

Drugim riječima, upravljanje preciznošću procjene projekata funkcionalno povezuje primarni i sekundarni dio modela koji se može podijeliti na:

- □ računski model izračuna potrošnje energije preko indeksa kvalitete – kao primarni dio,
- □ bazu korektivnih mjera – kao sekundarni dio modela.

Navedena dva dijela modela moraju biti povezani tako da čine integralno upravljanje projektom ili projektima preko korektivnih mjera koje su u funkcijskom odnosu na učinke parametara definiranih preko indeksa kvalitete. Na taj način postiže se kvalitetno upravljanje projektima energetske učinkovitosti za vrijeme implementacije projekta, odnosno izgradnje zgrade, ali i za gospodarenje energijom tijekom vremena starenja zgrade. Upravo taj segment gospodarenja energijom zgrade tijekom vremena predstavlja prioritet u istraživanju i rezultatima ovog rada.

Informacijski sustav u modelu mora biti koncipiran tako da se rezultat modela, preko ulaznih parametara, očituje na način sugestije koju mjeru treba prioritetno realizirati i kada. Slijedom toga, jasno je da se model mora parcijalizirati na dijelove kako bi se moglo uvidjeti koje su mjere u prioritetu. Stoga se model promatra parcijalno preko tri dijela vanjske ovojnice zgrade, ali i preko ukupne potrošnje energije kako bi se jasnije mogla vidjeti razlika u procjeni kvalitete zgrade s obzirom na energetski razred.

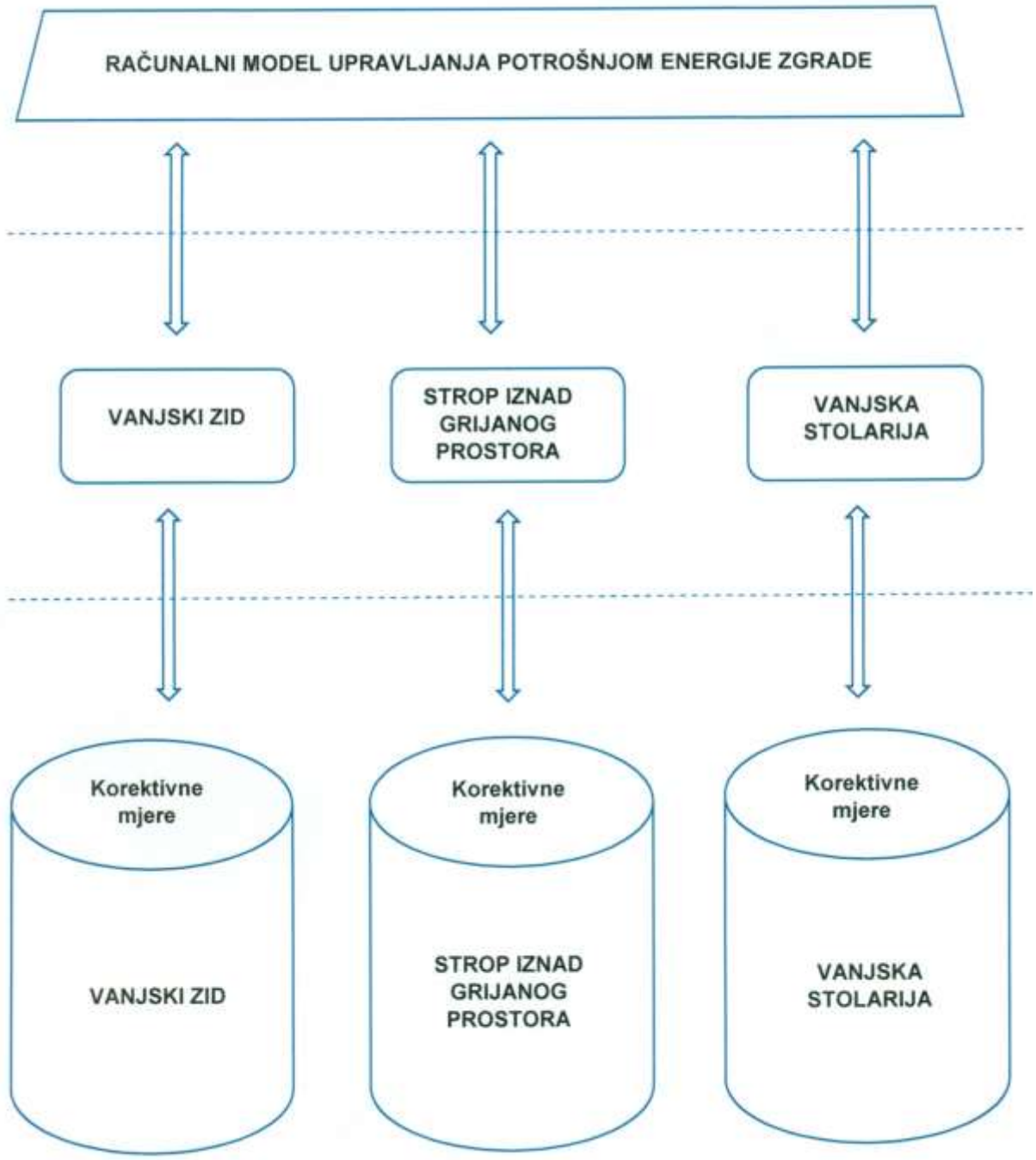
6.4.1. Postavke informacijskog sustava

Računski model izračuna potrošnje energije podijeljen je na tri manja modela:

1. Model potrošnje energije zbog gubitaka kroz - *vanjski zid*,
2. Model potrošnje energije zbog gubitaka kroz - *strop iznad grijanog prostora*,
3. Model potrošnje energije zbog gubitaka kroz - *vanjsku stolariju*.

Shodno tome, i postavke sustava baza korektivnih mjera povezanih s računskim modelom (slika 6-1.) moraju biti koncipirane na isti način, tako da imamo tri baze s korektivnim mjerama. Dakle, drugi dio modela podijeljen je na:

1. Baza podataka korektivnih mjera za *vanjski zid*,
2. Baza podataka korektivnih mjera za *strop iznad grijanog prostora*,
3. Baza podataka korektivnih mjera za *vanjsku stolariju*.



Slika 6-1. Konceptualni model upravljanja potrošnjom energije zgrade, *Izvor: autor*

6.4.2. Baza podataka korektivnih mjera za *vanjski zid*

Indeksi kvalitete za vanjski zid definirani su na sljedeći način:

I_R - indeks projektiranog stanja u odnosu na izvedeno stanje (Škrlec, 2014.), odnosi se na probleme koji se javljaju iz razloga što se po postojećoj metodologiji stupanj energetske učinkovitosti za stambene zgrade projicira na temelju izrađene projektne dokumentacije. Problem takve metodologije u odnosu na vanjski zid zgrade je u tome što se često puta projektirano stanje razlikuje od stvarno izvedenog stanja. Taj način uzrokuje pogrešku u izračunu energetske učinkovitosti, a koju bi trebao navedeni indeks uzeti u obzir i time poboljšati konačnu projekciju kvalitete.

Novi model upravljanja kvalitetom za dio koji se odnosi na vanjski zid I_R indeks definira:
I_R = **19,71 A_z - 0,63 V_{GDZ} + 667,07 f_o**, što znači da je:
$I_R = f\,(A_z, V_{GDZ}, f_o)$.

Rezultati istraživanja pokazali su da je kod ovog indeksa najčešći uzrok pogreške nepridržavanje definiranih parametara u projektnoj dokumentaciji. Drugim riječima, u izvedenom stanju se najčešće:

- ☐ povećavaju tlocrtne dimenzije zgrade, a to utječe na
- ☐ površinu zidova (A_z),
- ☐ volumen grijanog dijela zgrade (V_{GDZ}) što u konačnici rezultira i
- ☐ drugačijim faktorom oblika zgrade (f_o).

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- ☐ premaz fasade,
- ☐ unutarnja izolacija,
- ☐ spuštanje stropova,
- ☐ vanjska izolacija,
- ☐ korekcija unesenih podataka.

Ic - indeks odnosi se na sukladnost proizvoda koji se ugrađuju u cilju povećanja energetske učinkovitosti. Dosadašnja praksa pokazala je odstupanja u korištenju podataka preuzetih iz

izdanih i verificiranih *Izjava o svojstvima* proizvoda u odnosu na podatke koji se koriste za proračun stupnja energetske učinkovitosti objekta. Cilj navedenog indeksa je takve greške svesti na minimum ili ih u potpunosti ukloniti.

Novi model upravljanja kvalitetom za dio koji se odnosi na vanjski zid I_C indeks definira:
I_C = **886,24** λ_{op} **+ 704,09** λ_{iz}, što znači da je:
$I_C = f(\lambda_{op}, \lambda_{iz})$.

Rezultati istraživanja pokazali su da podaci s navedenih izjava o svojstvima ne odgovaraju u potpunosti podacima izvedenog stanja. To se događa iz nekoliko razloga:

- ☐ različite vrste opeke ugrađene u zgradu od projektirane,
- ☐ preuzeti podaci od opeke ili izolacije bolje kvalitete,
- ☐ gubitak termo-tehničkih svojstava promatranih parametara uzrokovanih odmakom vremena.

Kada se jednom ugrade pojedini elementi vezani uz I_C indeks, vrlo često je ekonomski neispaltivo iste mijenjati, odnosno provesti mjere zamjene, veće se mogu provesti mjere zaštite poput već spomenutih mjera kod indeksa I_R. Mjere koje su ovdje provedive jesu:

- ☐ korekcija unesenih podataka opeke,
- ☐ korekcija unesenih podataka izolacije.

Ii - indeks ugradnje proizvoda koji utječe na energetsku učinkovitost odnosi se na gubitak energije koji se ostvaruje neadekvatnom ugradnjom pojedinih građevnih proizvoda. Navedeni indeks predstavlja omjer gubitaka energije ispravnom ugradnjom u odnosu na gubitke energije nestručnom ugradnjom.

I_I = **- 138,10** d_{opeke} **+74,15** d_{izol}, što znači da je:
$I_I = f(d_{opeke}, d_{izol})$.

Iz naziva indeksa vidi se da je problem koji opisuje navedeni indeks vezan uz nestručan način postavljanja dijelova vanjskog zida te izolacije koja se u najvećem dijelu odnosi na izolaciju toplinskih mostova. Opisano se u najvećoj mjeri događa zbog:

- ☐ needuciranosti izvođača,
- ☐ brzine gradnje,

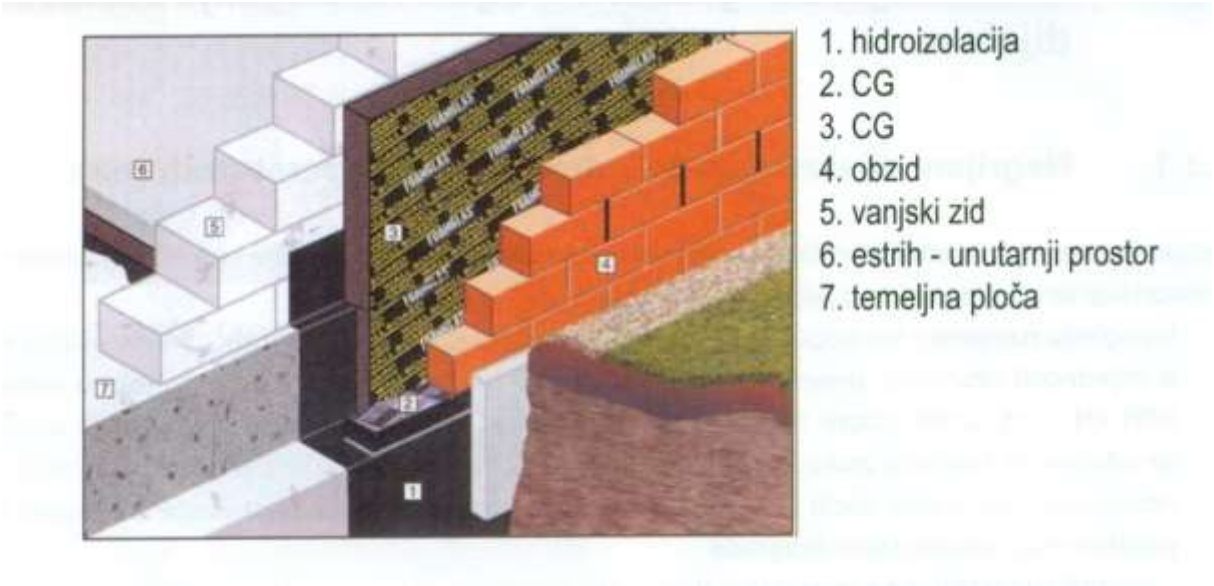
- nekvalitete materijala (navedno uzima u obzir I_c indeks)

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

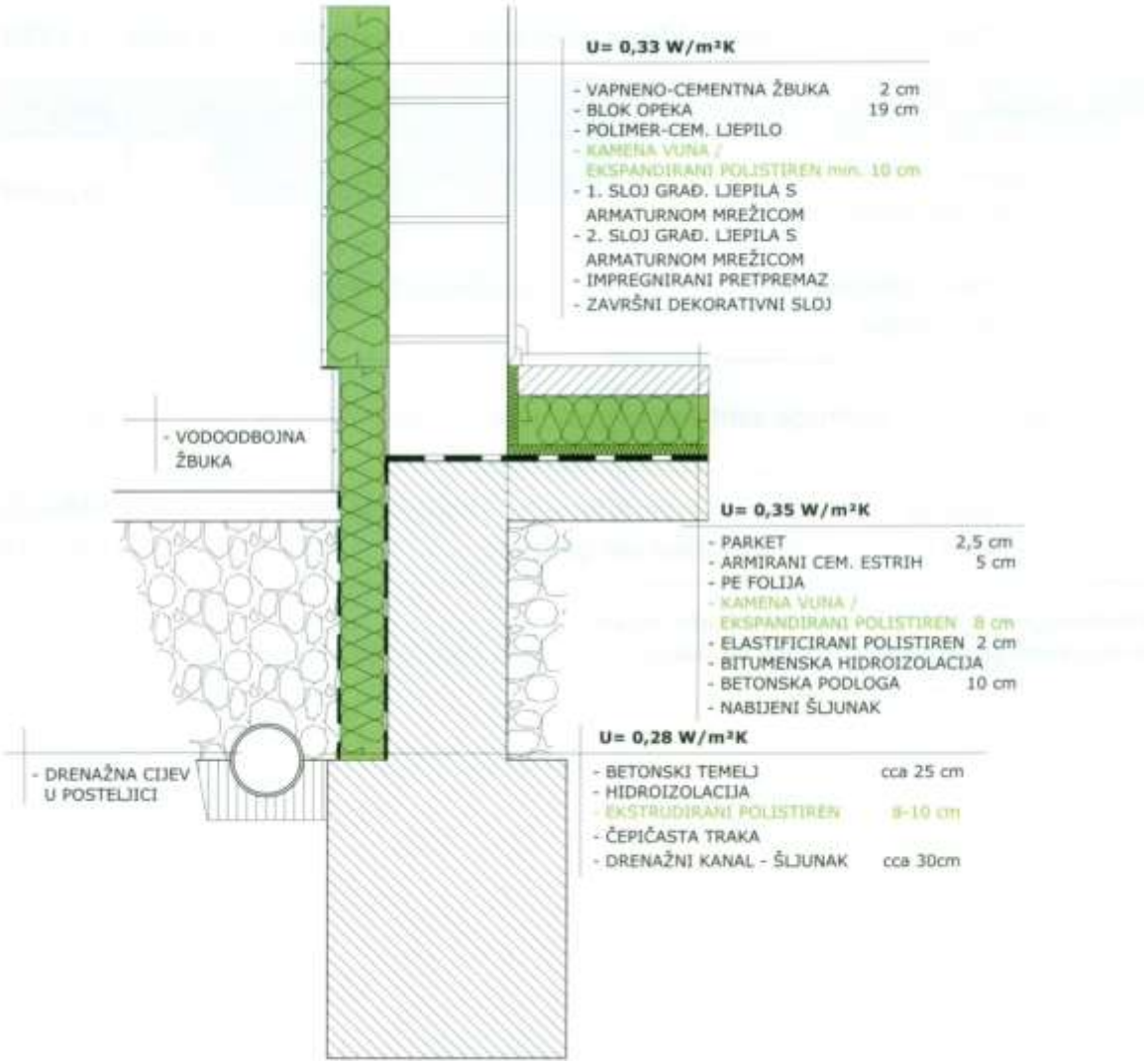
- dodatna izolacija mjesta propuštanja energije,
- dodatno brtvljenje mjesta gubitka energije,
- ispravna postava segmenata,
- promjena debljine izolacije,
- edukacija sudionika.

Prema Štirmer (Štirmer, 2013.), usklađivanje edukacije s potrebama tržišta rada podrazumijeva da strukovno obrazovanje ima ključnu ulogu u razvijanju ljudskih potencijala te je potrebno kontinuirano praćenje potrebnih vještina i zanimanja za provođenje projekata energetske učinkovitsti, što je upravo i jedna od korektivnih mjera modela.

Slike 6-2 i 6-3 prikazuje ispravnu ugradnju pojedinih segmenata vanjskog zida.



Slika 6-2. Ispravno postavljena izolacija vanjskog zida (Andrassy, 2010.)



Slika 6-3. Ispravno postavljena izolacija vanjskog zida ventilirana fasada (Andrassy, 2010.)

Is - Indeks održivosti ugrađene kvalitete sustava definiran je omjerom početne kvalitete ugrađenog sustava u odnosu na kvalitetu sustava nakon odmaka vremena (starenja).

I_S = **8813,54** U_Z **+ 1,60** CO_{2Z} **- 66,08** t_{ZID}, što znači da je:

$I_S = f\,(U_z, CO_{2Z}, t_{ZID})$.

Postojeći model procjene kvalitete ne uzima u obzir opadanje kvalitete zgrade odmakom vremena. Drugim riječima, zgrada ima isti razred kvalitete i prvi dan izgradnje i nakon odmaka od deset godina. Logično je zaključiti da kvaliteta ne može biti ista, što potvrđuje istraživanje Milovanovića i suradnika (Milovanović, 2012,) gdje se navodi da povećanje vlažnosti sloja toplinske izolacije znatno utječe na toplinska svojstva, no može se zadržati razina kvalitete

ukoliko se pravovremeno implementiraju korektivne mjere. Ukoliko se predložene mjere ne izvedu, postojeća zgrada ne može zadržati adekvatan energetski razred.

Gubitak energetske kvalitete zgrade u pravilu se događa iz raznih razloga, no najučestaliji razlozi su:

- ☐ neracionalno gospodarenje zgradom,
- ☐ promjene temperature,
- ☐ vlaga,
- ☐ nestručna ugradnja,
- ☐ slabija kvaliteta materijala,
- ☐ ostalo.

Shodno tome, korektivne mjere za ovaj tip problema su:

- ☐ racionalno gospodarenje energijom,
- ☐ ugradnja (nadogradnja) kvalitetnijih materijala,
- ☐ ugradnja dodatne izolacije (termodinamičke ili protiv vlage),
- ☐ brtvljenje spojeva.

6.4.3. Baza podataka korektivnih mjeta za *strop iznad grijanog prostora*

Kao i kod dijela modela vezanog uz vanjski zid, i kod stropa iznad grijanog prostora indeksi kvalitete definiraju se na sličan način:

I_R - indeks projektiranog stanja u odnosu na izvedeno stanje (Škrlec, 2014.). I ovdje se problemi javljaju iz razloga što se prema postojećoj metodologiji stupanj energetske učinkovitosti projicira na temelju zadane projektne dokumentacije. Sudjelovanje u vidu nadzora izrade zgrada na brojnim projektima takve vrste, daje uvid u situacije ugradnje stropne izolacije koja ne odgovara zadanom projektu. Takve situacije uzrokuju pogrešku u izračunu energetske učinkovitosti po postojećem modelu izračuna.

Novi model upravljanja kvalitetom za dio koji se odnosi na strop iznad grijanog prostora, I_R indeks definira:
I_R = **25,60** A_k **- 34,77** V_{str}, što znači da je:
$I_R = f\,(A_k, V_{str})$.

Rezultati istraživanja i ovdje su pokazali da je najčešći uzrok pogreške nepridržavanje definiranih parametara u projektnoj dokumentaciji. Drugim riječima, u izvedenom stanju se najčešće:

- ☐ povećavaju tlocrtne dimenzije krova/stropa,
- ☐ mijenja definirani pokrov,
- ☐ povećavaju ili smanjuju debljine izolacije, a što u konačnici utječe na
- ☐ volumen stropne konstrukcije.

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- ☐ premaz stropa izolacijskim materijalom,
- ☐ unutarnja izolacija,
- ☐ spuštanje stropova,
- ☐ vanjska izolacija stropa.

Ic - indeks odnosi se na sukladnost proizvoda koji se ugrađuju u cilju povećanja energetske učinkovitosti. Dosadašnja praksa pokazala je odstupanja u korištenju podataka preuzetih iz

izdanih i verificiranih *Izjava o svojstvima* proizvoda u odnosu na podatke koji se koriste za proračun stupnja energetske učinkovitosti objekta.

Novi model upravljanja kvalitetom za dio koji se odnosi na strop iznad grijanog prostora I_C indeks definira:
I_C = **702,72** λ_{iz} **+ 45,15** λ_d, što znači da nam je
$I_C = f(\lambda_{iz}, \lambda_d)$.

Rezultati istraživanja pokazali su da podaci iz navedenih izjava o svojstvima ne odgovaraju u potpunosti podacima izvedenog stanja. To se događa iz nekoliko razloga:

- ☐ vrste stropne izolacije ugrađene u zgradu različite su od projektiranih,
- ☐ promjena površine stropa,
- ☐ podaci izolacije prikazuju izolaciju bolje kvalitete od stvarne,
- ☐ odmak vremena te gubitak toplinskih svojstava promatranih parametara.

Kad se jednom ugrade pojedini elementi vezani uz I_C indeks, ponekad je zbog površine stropa ekonomski neisplativo mijenjati izolaciju, međutim u većini slučajeva to je moguće, pa i nužno. Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- ☐ korekcija unesenih podataka površine,
- ☐ zamjena izolacije,
- ☐ dodatna izolacija (ukoliko dopuštaju dimenzije),
- ☐ korekcija unesenih podataka izolacije.

Ii - Indeks ugradnje segmenata koji utječu na energetsku učinkovitost odnosi se na gubitak energije koji se ostvaruje neadekvatnom ugradnjom građevinskih proizvoda. Navedeni indeks predstavlja omjer gubitaka energije ispravnom ugradnjom u odnosu na gubitke energije nestručnom ugradnjom.

I_I = **37,16** $d_{bezizol}$ **+ 8,47** d_{izol}, što znači da je:
$I_I = f(d_{bezizol}, d_{izol})$.

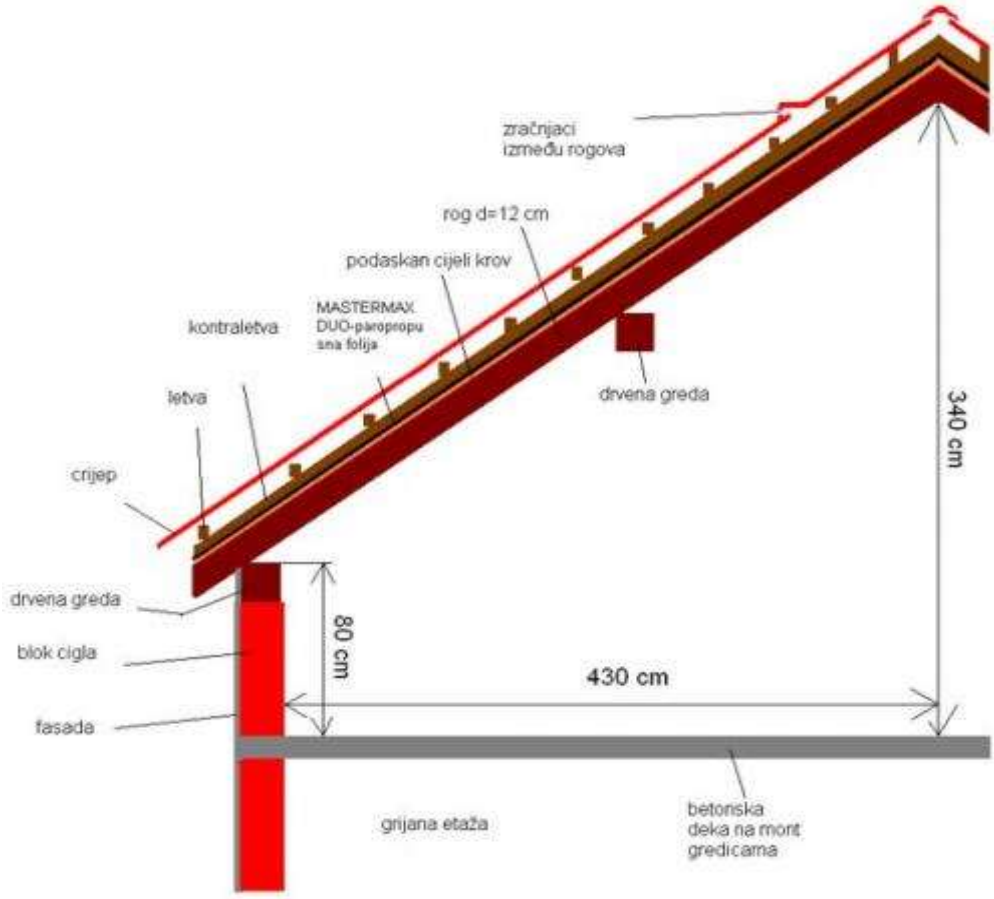
Iz naziva indeksa vidi se da je problem koji opisuje navedeni indeks vezan uz nestručan način postavljanja dijelova stropne izolacije te izolacije koja se odnosi na izolaciju toplinskih mostova. Opisano se u najvećoj mjeri događa zbog:

- needuciranosti izvođača,
- brzine izrade stropne konstrukcije,
- smanjene kvalitete materijala (navedno uzima u obzir I_c indeks)

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- dodatna izolacija mjesta propuštanja energije,
- dodatno brtvljenje mjesta kod kojih nije ostvarena zrakonepropusnost,
- ispravna ugradnja,
- promjena debljine izolacije,
- edukacija sudionika.

Slike 6-4. i 6-5. prikazuju ispravnu ugradnju pojedinih segmenata kosog krova ili stropa iznad grijanog dijela zgrade.



Slika 6-4. Ispravno postavljena izolacija kosog krova (www.knaufinsulation.hr)



Slika 6-5. Ispravno postavljena izolacija stropa (www.knaufinsulation.hr)

Is - Indeks održivosti ugrađene kvalitete sustava definiran je omjerom početne kvalitete ugrađenog sustava u odnosu na kvalitetu sustava nakon odmaka vremena (starenja).

I_S = **618,52** U_k **+ 2,02** CO_{2k} **+ 36,45** t_{strop}, što znači da je:

$I_S = f\,(U_k, CO_{2k}, t_{strop})$.

Postojeći model procjene kvalitete ne uzima u obzir opadanje kvalitete zgrade odmakom vremena. Ukoliko se predložene mjere ne izvedu, postojeća zgrada ne može zadržati adekvatan energetski razred. Gubitak energetske kvalitete zgrade događa se iz raznih razloga, no najučestaliji razlozi su:

- ☐ neracionalno gospodarenje zgradom,
- ☐ promjene temperature,
- ☐ vlaga,
- ☐ nestručna ugradnja,
- ☐ slabija kvaliteta materijala,

Shodno tome, korektivne mjere za ovaj tip problema su:

- ☐ racionalno gospodarenje energijom,
- ☐ ugradnja kvalitetnijih materijala,
- ☐ ugradnja dodatne izolacije (termodinamičke ili protiv vlage),
- ☐ korektivni premazi spojeva.

6.4.4. Baza podataka korektivnih mjera za *vanjsku stolariju*

Indeksi kvalitete za vanjski zid definirani su na sljedeći način:

I_R - indeks projektiranog stanja u odnosu na izvedeno stanje (Škrlec, 2014.), odnosi se na probleme koji se javljaju iz razloga što se prema postojećoj metodologiji stupanj energetske učinkovitosti za stambene zgrade projicira na temelju izrađene projektne dokumentacije. Problem takve metodologije u odnosu na vanjsku stolariju zgrade je u tome što se često puta projektirano stanje razlikuje od stvarno izvedenog stanja. Taj način uzrokuje pogrešku u izračunu energetske učinkovitosti, a koju bi navedeni indeks trebao uzeti u obzir i time poboljšati konačnu projekciju kvalitete.

Novi model upravljanja kvalitetom za dio koji se odnosi na vanjsku stolariju I_R indeks definira:
$I_R = \mathbf{1{,}86\ A_{zid} + 89{,}36\ A_s - 99{,}50\ A_g - 89{,}58\ A_f}$, što znači da je:
$I_R = f\,(A_z, A_s, A_g, A_f)$.

Rezultati istraživanja pokazali su da je kod ovog indeksa najčešći uzrok pogreške nepridržavanje definiranih parametara u projektnoj dokumentaciji. Drugim riječima, u izvedenom stanju se najčešće:

- ☐ povećava ili smanjuje broj prozora,
- ☐ smanjuje definirana kvaliteta prozora ili vrata,
- ☐ nestručno postavljaju doprozornici,
- ☐ neadekvatna izolacija doprozornika.

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- ☐ korekcija površina otvora,
- ☐ korekcija parametara kvalitete stolarije,
- ☐ zamjena stakala veće kvalitete,
- ☐ edukacija izvođača,
- ☐ dodatna unutarnja izolacija doprozornika.

Ic - indeks odnosi se na sukladnost proizvoda koji se ugrađuju u cilju povećanja energetske učinkovitosti. Dosadašnja praksa pokazala je odstupanja u korištenju podataka preuzetih iz izdanih i verificiranih *Izjava o svojstvima* proizvoda u odnosu na podatke koji se koriste za proračun stupnja energetske učinkovitosti objekta. Cilj navedenog indeksa je takve greške svesti na minimum ili ih u potpunosti ukloniti.

Novi model upravljanja kvalitetom za dio koji se odnosi na vanjsku stolariju I_C indeks definira:
I_C = **- 37,74 U_g**, što znači da je:
$I_C = f(\boldsymbol{U_g})$.

Rezultati istraživanja pokazali su da podaci s navedenih izjava o svojstvima ne odgovaraju u potpunosti podacima izvedenog stanja. To se događa iz nekoliko razloga:

- ugrađena kvaliteta različita od projektirane,
- preuzeti podaci od proizvoda bolje kvalitete,
- odmak vremena te gubitak svojstava stakala (gubitak izolacijskog plina).

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- zamjena cjelokupne stolarije,
- zamjena stakala,
- nadopuna izolacijskog plina,
- korekcija unesenih podataka izolacije.

Ii - indeks ugradnje proizvoda koji utječe na energetsku učinkovitost odnosi se na gubitak energije koji se ostvaruje neadekvatnom ugradnjom vanjske stolarije. Navedeni indeks predstavlja omjer gubitaka energije ispravnom ugradnjom u odnosu na gubitke energije nestručnom ugradnjom.

I_I = **- 1,21 *L***, što znači da je:
$I_I = f(\boldsymbol{L})$.

Iz naziva indeksa vidi se da je problem koji opisuje navedeni indeks vezan uz nestručan način postavljanja vanjske stolarije, odnosno izolacije spojnih mjesta cijelom dužinom *L*. Opisano se u najvećoj mjeri događa zbog:

- □ needuciranosti izvođača,
- □ brzine ugradnje,
- □ nedovoljne izolacije rubnih dijelova.

Ukoliko se pojave ovakva odstupanja izvedenog stanja u odnosu na projektirano stanje, korektivne mjere su:

- □ edukacija sudionika,
- □ ispravna ugradnja,
- □ dodatna unutarnja izolacija doprozornika.

Slike 6-6. i 6-7. prikazuje ispravnu ugradnju pojedinih segmenata vanjske stolarije.



Slika 6-6. Ispravno postavljena izolacija oko vanjske stolarije (www.knaufinsulation.hr)



Slika 6-7. Ispravno postavljena izolacija vanjskog zida oko vanjske stolarije (www.knaufinsulation.hr)

Is - indeks održivosti ugrađene kvalitete sustava definiran je omjerom početne kvalitete ugrađenog sustava u odnosu na kvalitetu sustava nakon odmaka vremena (starenja).

I_S = **- 100,93 *Uw* + 3,96 CO_{2s} + 60,40 t_{stol}**, što znači da je:

$I_S = f\,(U_w, CO_{2s}, t_{stol})$.

Postojeći model procjene kvalitete ne uzima u obzir opadanje kvalitete vanjske stolarije odmakom vremena. Ukoliko se predložene mjere ne izvedu, postojeća zgrada ne može zadržati adekvatan energetski razred. Gubitak energetske kvalitete stolarije događa se zbog:

- promjene temperature,
- vlage,
- nestručne ugradnje,
- slabije kvalitete ugrađenih materijala,

Shodno tome, korektivne mjere za ovaj tip problema su:

- nadopuna izolacijskog plina,
- zamjena stakala,
- ugradnja kvalitetnijih materijala,
- ugradnja dodatne unutarnje/vanjske izolacije.

6.4.5. Nadogradnja sustava podataka

Nadogradnja sustava podataka vrlo je važan segment upravljanja preciznošću procjene projekata, odnosno upravljanja kvalitetom takvih projekata. To je u prvom redu zato što je današnje dinamično poslovanje u svim gospodarskim granama, a posebno u građevinskom poslovanju i poslovnim segmentima koji utječu na taj sektor, podložno velikim i brzim promjenama. Takve promjene posljedica su napretka tehnologije, a isto tako i utrke u konkurentnosti svih poslovnih subjekata uključenih na globalnom tržištu, a to lančano utječe i na promjene u svim aspektima vezanim i za područje interesa ovog rada.

Upravo zbog takve dinamike poslovanja i ubrzane promjene svih čimbenika u takvim projektima, predstavljeni model koji je rezultat istraživanja ovog rada, postaje vrlo važan segment upravljanja, a slobodno se može istaknuti i neophodan ukoliko se želi ostati konkurentan. Kako je sve podložno promjenama, lako se može zaključiti kako i takav model mora pratiti promjene ukoliko se želi kvalitetno upravljati kvalitetom.

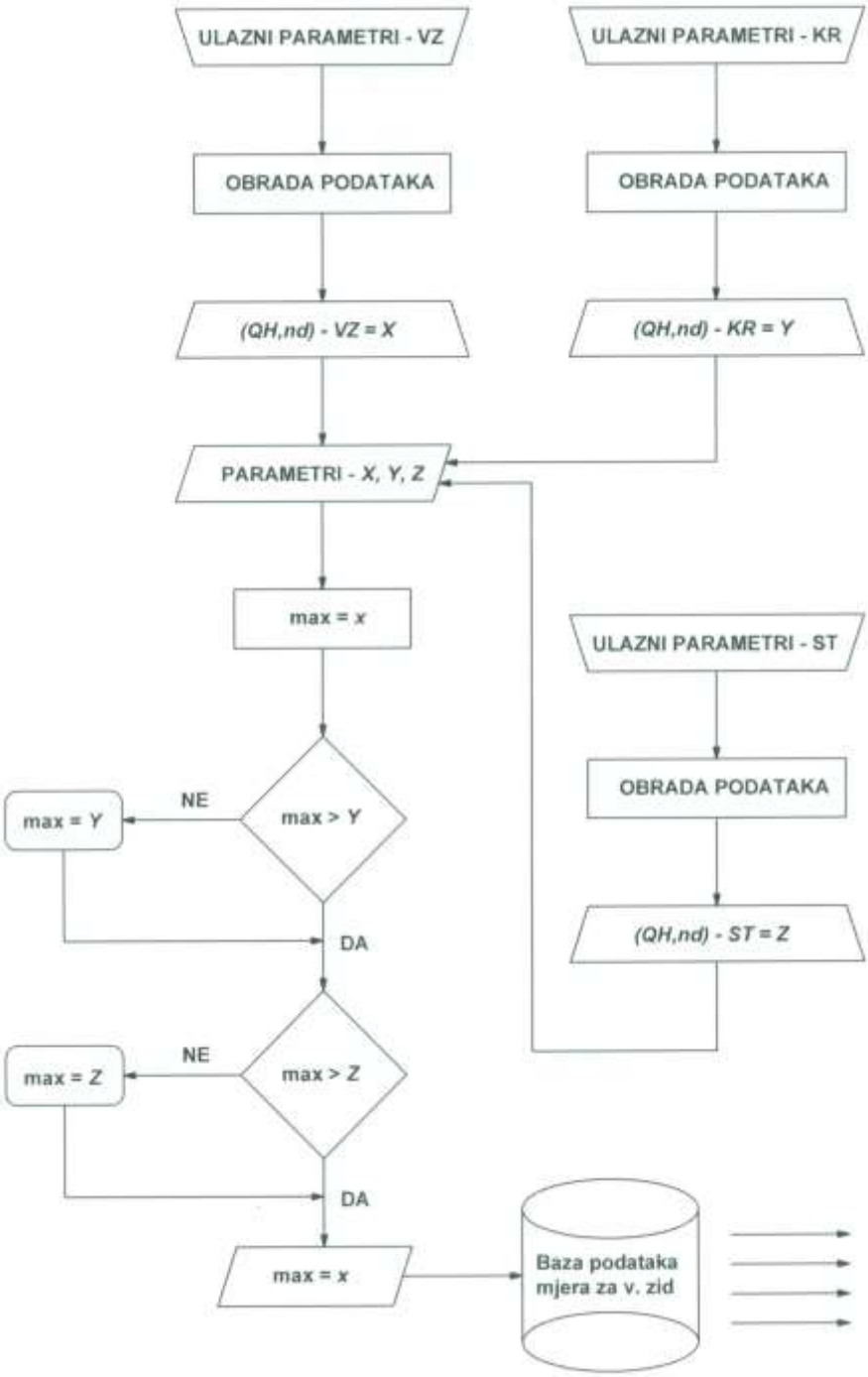
Dinamika promjena nije u svim segmentima poslovanja ista. Tako na primjer, kvaliteta vanjske stolarije u zadnjih desetak godina znatno brže postiže bolje rezultate, nego kvaliteta vanjskog zida. Iz tog razloga, logično je i praktično sustav podijeliti na način kako je i podijeljen u ovom radu na baze podataka vezanih uz predložene segmente vanjske ovojnice zgrade:

1. Baza podataka za *vanjski zid*,
2. Baza podataka za *strop iznad grijanog prostora*,
3. Baza podataka za *vanjsku stolariju*.

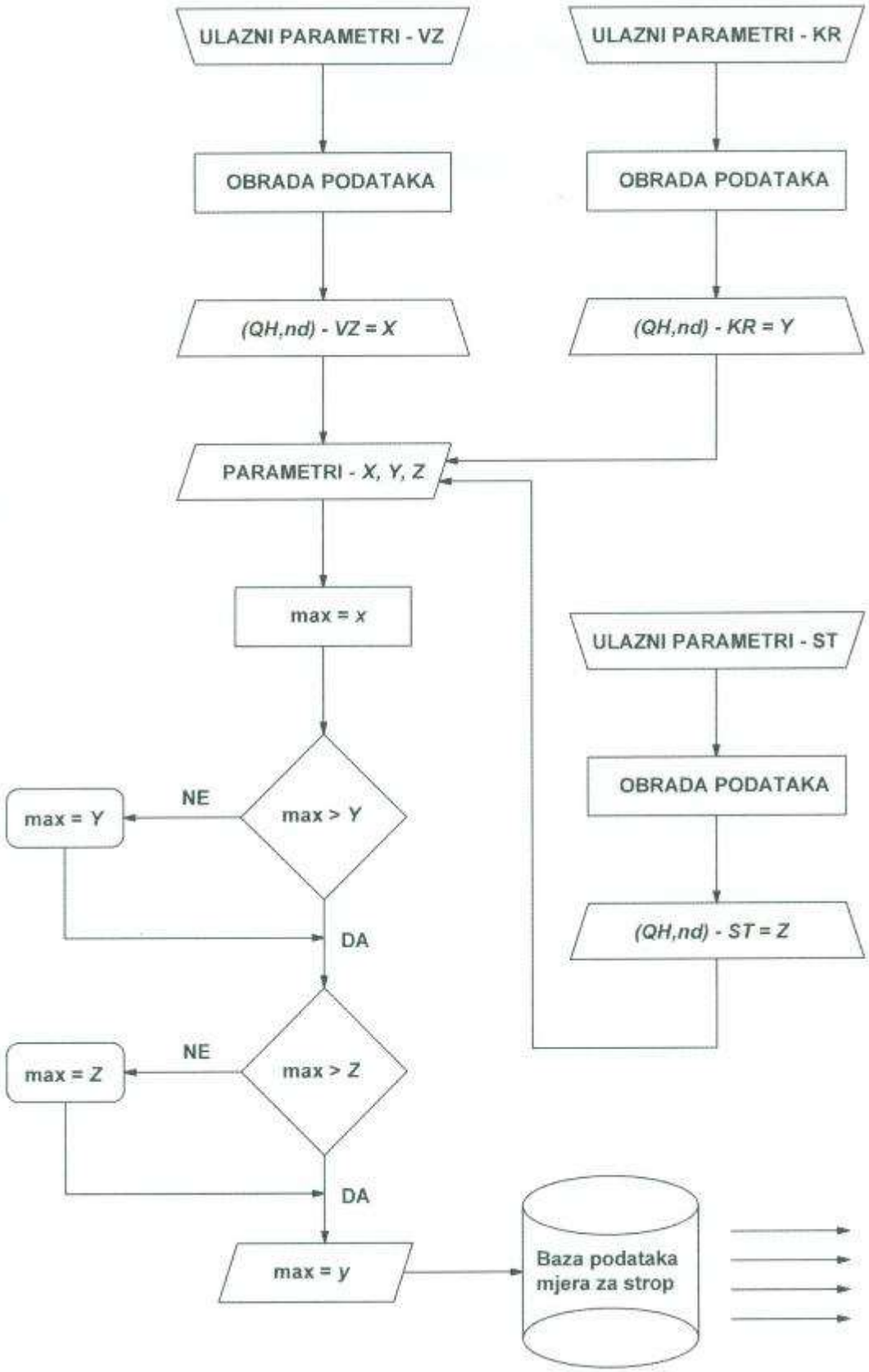
Na taj način se, neovisno o brzini napretka pojedinih elemenata, može upravljati modelom. Drugim riječima, sustav se mora kvalitetno ažurirati ukoliko se pojavi novi ili učinkovitiji proizvod na tržištu, a vezan je uz jedan od tri navedena segmenta vanjske ovojnice zgrade.

6.5. Određivanje prioriteta korektivnih mjera u modelu

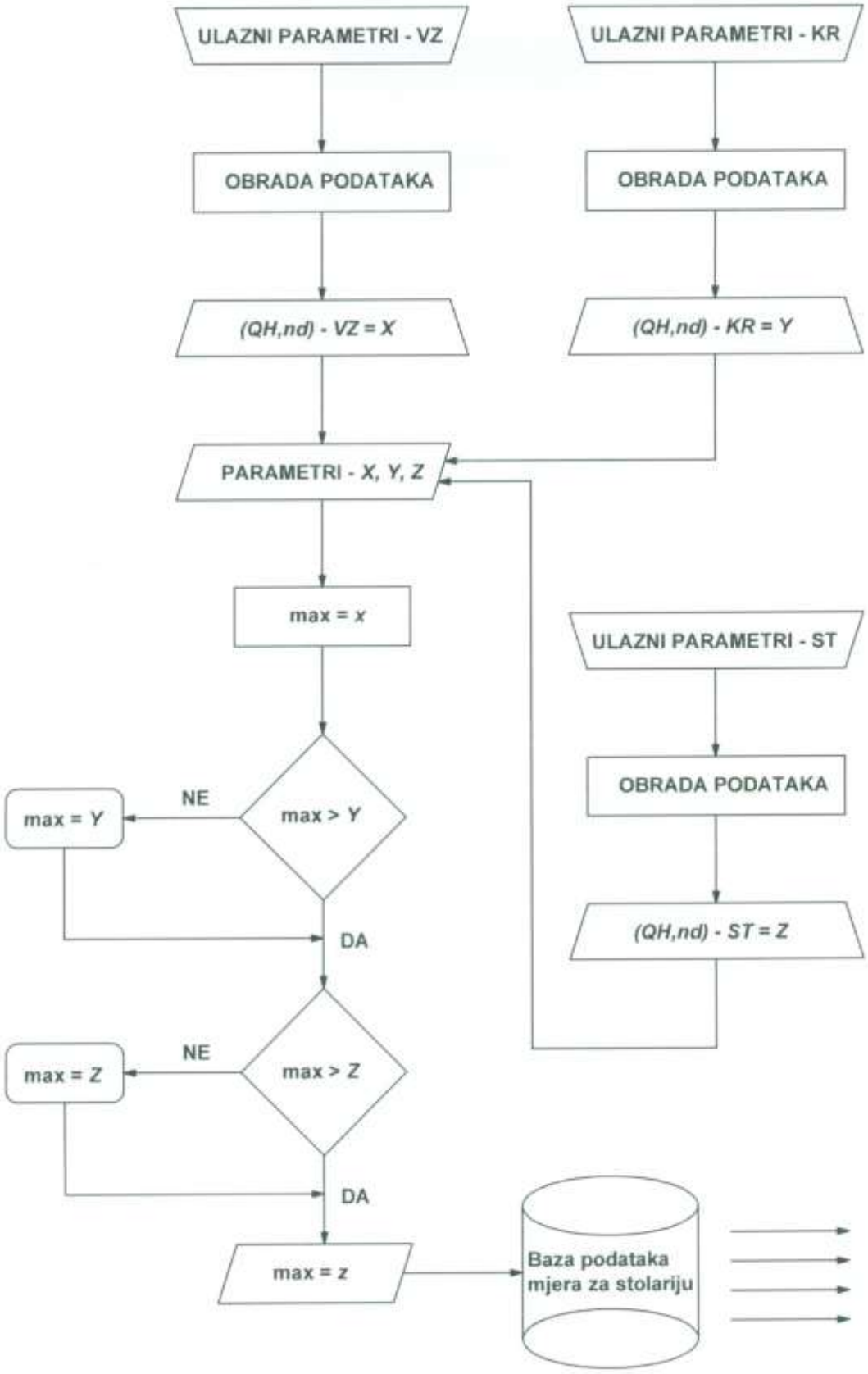
Temeljni cilj informacijskog sustava kao portala modela upravljanja preciznošću projekata energetske učinkovitosti je određivanje prioriteta korektivnih mjera. Stoga će se u radu prikazati konceptualni način određivanja prioriteta korektivnih mjera. Slike 7-2, 3 i 4., prikazuju konceptualni način određivanja prioriteta korektivnih mjera.



Slika 6-8. Određivanje prioriteta mjera za *vanjski zid zgrade*



Slika 6-9. Određivanje prioriteta mjera za *strop iznad grijanog prostora*



Slika 6-10. Određivanje prioriteta mjera za *vanjsku stolariju zgrade*, *Izvor: autor*

7. KOMPARACIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA NOVIM MODELOM U ODNOSU NA POSTOJEĆI MODEL

U završnom dijelu doktorskog rada bit će prikazane razlike dobivenih rezultata novim modelom u odnosu na rezultate koji se dobivaju po postojećem, najčešće korištenom, modelu izračuna potrošnje energije stambenih zgrada te klasifikaciji dobivenih rezultata u energetske razrede što čini energetsku kvalitetu pojedine stambene zgrade. Pored toga, analizirat će se rezultati s ciljem dokazivanja ili odbacivanja postavljenih hipoteza doktorskog rada.

Rezultati će biti prikazani na način da se vide razlike u potrošnji energije te utječu li postojeće razlike na energetski razred odnosno kvalitetu zgrade. Komparacija će se provesti na polovici odabranih projekata te će se prikazati preko tablica i komparacijskih grafova.

7.1. Odabrani projekti i iznosi analiziranih parametara

Odabrani projekti i iznosi parametara strukturirani su prema kriteriju podjele vanjske ovojnice zgrade:

- parametri *vanjskog zida*,
- parametri *stropa/kosog krova iznad grijanog prostora*,
- parametri *vanjske stolarije*.

U tablicama 7-1, 7-2 i 7-3, prikazani su računski dobiveni i mjereni parametri pojedinih segmenata vanjske ovojnice zgrade s istaknutim vrijednostima dobivenih gubitaka energije prema postojećem modelu ($(Q_{H,nd})p$), nasuprot stvarnim gubicima dobivenim novim modelom ($(Q_{H,nd})m$).

Preko tih vrijednosti jasno će se vidjeti razlika u dobivenim iznosima parametara preko dvaju modela, te će se statistički obraditi te razlike s ciljem potvrđivanja/odbacivanja postavljenih hipoteza. **Fizikalne jedinice parametara definirane su u tablici 4.11**.

Tablica 7-1. Odabrani projekti - komparacija rezultata – *vanjski zid*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_z	d - opeke	d-izol	V - GDZ	λ_{op}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t
1	**2874,00**	**3187,00**	222,23	30,00	12,00	714,65	0,48	0,040	770,00	0,73	0,25	3,00
2	**2645,00**	**3058,00**	148,96	25,00	7,00	474,00	0,81	0,038	725,00	0,80	0,41	10,00
3	**2637,00**	**2950,00**	222,40	29,00	10,00	529,00	0,44	0,042	726,00	0,78	0,27	5,00
4	**2115,00**	**2233,00**	186,01	30,00	12,00	635,60	0,39	0,039	573,00	0,74	0,25	2,00
5	**1419,00**	**1549,00**	53,28	20,00	8,00	344,00	0,42	0,036	370,00	0,83	0,37	6,00
6	**2845,00**	**3416,00**	173,18	25,00	8,00	511,48	0,42	0,038	759,00	0,80	0,37	10,00
7	**1998,00**	**2098,00**	178,91	25,00	15,00	454,25	0,39	0,039	532,00	0,82	0,21	2,00
8	**1880,00**	**1942,00**	171,06	32,00	15,00	477,00	0,60	0,039	520,00	0,79	0,23	1,00
9	**1246,00**	**1284,00**	130,87	34,00	12,00	274,00	0,42	0,040	1296,00	0,80	0,25	2,00
10	**815,00**	**848,00**	103,32	30,00	16,50	205,92	0,45	0,040	219,00	0,89	0,22	3,00
11	**3312,00**	**4107,00**	164,48	27,00	5,00	459,00	0,48	0,044	883,00	0,69	0,54	8,00
12	**1730,00**	**1782,00**	166,11	26,50	15,00	594,00	0,45	0,040	461,00	0,68	0,22	1,00
13	**1801,00**	**2161,00**	61,45	27,50	6,00	417,50	0,55	0,070	480,00	0,71	0,66	10,00
14	**2658,00**	**2778,00**	215,24	30,00	11,00	680,00	0,48	0,039	720,00	0,72	0,25	3,00
15	**2842,00**	**3382,00**	149,56	25,00	8,00	494,00	0,82	0,038	745,00	0,82	0,40	10,00
16	**2750,00**	**2980,00**	232,16	29,00	10,00	603,00	0,43	0,042	736,00	0,77	0,27	5,00
17	**2432,00**	**2494,00**	188,56	29,00	12,00	640,00	0,39	0,038	584,00	0,74	0,25	2,00
18	**1520,00**	**1672,00**	54,65	20,00	8,00	360,00	0,42	0,036	390,00	0,84	0,37	6,00
19	**2470,00**	**2643,00**	178,32	30,00	8,00	512,00	0,42	0,038	656,00	0,62	0,35	5,00
20	**2750,00**	**3312,00**	170,12	25,00	8,00	500,32	0,42	0,037	804,00	0,79	0,36	10,00
21	**2015,00**	**2136,00**	180,35	25,00	14,00	436,00	0,39	0,038	587,00	0,81	0,22	4,00
22	**1790,00**	**1838,00**	165,00	31,00	15,00	455,00	0,59	0,039	504,00	0,80	0,23	1,00
23	**925,00**	**962,00**	113,00	29,00	16,00	215,00	0,42	0,040	215,00	0,88	0,23	3,00
24	**3524,00**	**4164,00**	178,00	26,00	5,00	530,00	0,48	0,044	936,00	0,68	0,53	8,00
25	**1820,00**	**1856,00**	168,45	26,50	15,00	614,00	0,45	0,039	494,00	0,70	0,22	1,00

Izvor: autor

Tablica 7-2. Odabrani projekti - komparacija rezultata – *strop iznad grijanog prostora*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_k	d - bez izolacije	d-izolacije	V - str	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2	t
1	**1413,00**	**1510,00**	134,84	20,00	20,00	53,94	0,039	1,30	0,20	380,00	3,00
2	**1089,00**	**1266,00**	108,96	22,50	17,00	43,04	0,036	0,38	0,20	310,00	10,00
3	**2654,00**	**3134,00**	81,27	20,00	5,00	20,32	0,098	1,15	0,94	730,00	8,00
4	**3050,00**	**3477,00**	134,75	16,00	6,00	29,65	0,036	0,36	0,58	810,00	6,00
5	**1188,00**	**1410,00**	82,46	5,50	10,00	12,78	0,040	0,34	0,33	310,00	9,00
6	**1420,00**	**1720,00**	100,00	8,00	10,00	18,00	0,038	0,38	0,36	377,00	10,00
7	**2471,00**	**2958,00**	81,00	16,00	3,00	15,39	0,040	1,12	1,80	660,00	12,00
8	**823,00**	**914,00**	92,93	6,00	18,00	22,30	0,038	0,30	0,17	225,00	4,00
9	**602,00**	**614,00**	105,50	20,00	22,00	44,31	0,037	1,32	0,15	153,00	1,00
10	**726,00**	**837,00**	39,60	21,50	4,00	10,10	0,035	1,20	0,65	560,00	7,00
11	**2831,00**	**3453,00**	85,00	19,00	2,00	17,85	0,035	1,25	0,97	755,00	10,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_k	d - bez izolacije	d- izolacije	V - str	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2	t
12	**1049,00**	**1111,00**	99,00	7,50	10,00	17,33	0,038	0,42	0,23	280,00	4,00
13	**2756,00**	**3197,00**	140,88	4,00	8,00	16,91	0,044	0,24	0,39	735,00	10,00
14	**1340,00**	**1407,00**	129,00	20,00	19,00	50,31	0,039	1,25	0,20	360,00	3,00
15	**1236,00**	**1434,00**	112,00	22,00	18,00	44,80	0,038	0,39	0,19	324,00	10,00
16	**2878,00**	**3280,00**	96,24	19,00	5,00	23,10	0,084	1,15	0,88	780,00	8,00
17	**3112,00**	**3587,00**	136,44	15,50	6,50	30,02	0,037	0,35	0,57	836,00	6,00
18	**1100,00**	**1300,00**	84,60	6,00	10,00	13,54	0,039	0,35	0,34	300,00	9,00
19	**648,00**	**684,00**	58,00	25,00	12,00	21,46	0,037	0,55	0,26	240,00	5,00
20	**1360,00**	**1660,00**	94,00	8,50	10,00	17,39	0,042	0,37	0,38	440,00	10,00
21	**2488,00**	**2890,00**	82,00	15,00	3,50	15,17	0,042	1,14	1,82	766,00	9,00
22	**740,00**	**778,00**	84,00	6,50	18,50	21,00	0,037	0,29	0,16	200,00	4,00
23	**842,00**	**935,00**	56,00	21,00	3,50	13,72	0,034	1,19	0,66	504,00	7,00
24	**3100,00**	**3802,00**	100,00	18,00	2,50	20,50	0,039	1,26	1,00	944,00	10,00
25	**1064,00**	**1130,00**	102,00	7,00	10,00	17,34	0,037	0,43	0,23	302,00	4,00

Izvor: autor

Tablica 7-3. Odabrani projekti - komparacija rezultata – *vanjska stolarija*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_z	A_s	U_w	L (m)	A_g	A_f	U_g	CO_2	t
1	**3640,00**	**4176,00**	222,23	32,17	1,40	84,90	25,74	6,43	1,00	970,00	3,00
2	**3134,00**	**3764,00**	148,96	24,28	2,60	64,80	19,42	4,86	2,20	836,00	10,00
3	**2020,00**	**2348,00**	222,40	29,70	2,40	45,30	23,76	5,94	2,00	510,00	6,00
4	**1423,00**	**1658,00**	186,01	24,26	1,80	59,70	19,40	4,86	1,60	380,00	4,00
5	**713,00**	**1231,00**	53,28	12,40	1,60	26,30	9,41	2,99	1,20	201,00	8,00
6	**4740,00**	**5498,00**	173,18	36,60	1,60	67,80	25,78	10,82	0,90	1264,00	10,00
7	**2435,00**	**2654,00**	178,91	31,52	1,30	73,60	20,82	10,70	0,80	650,00	2,00
8	**2052,00**	**2219,00**	171,06	26,52	1,60	54,20	19,61	6,91	1,10	550,00	4,00
9	**2494,00**	**2893,00**	138,87	11,82	1,40	42,40	9,46	2,36	1,10	665,00	7,00
10	**800,00**	**920,00**	103,32	18,16	1,60	37,80	15,16	3,00	1,20	220,00	5,00
11	**1010,00**	**1112,00**	164,48	26,89	1,50	59,70	21,53	5,36	1,10	270,00	6,00
12	**2423,00**	**2578,00**	166,11	43,40	1,40	68,40	28,74	14,66	1,00	646,00	4,00
13	**833,00**	**867,00**	61,45	10,01	1,15	42,40	8,00	2,01	0,88	222,00	2,00
14	**3555,00**	**4075,00**	215,24	31,15	1,40	83,98	24,88	6,27	1,00	940,00	3,00
15	**3050,00**	**3664,00**	149,56	23,78	2,50	62,56	18,00	5,78	2,10	795,00	10,00
16	**2080,00**	**2450,00**	232,16	30,70	2,40	48,36	24,98	5,72	2,00	530,00	6,00
17	**1468,00**	**1695,00**	188,56	24,00	1,80	58,60	19,00	5,00	1,60	388,00	4,00
18	**758,00**	**1225,00**	54,65	12,80	1,60	28,65	10,05	2,75	1,20	240,00	8,00
19	**1620,00**	**1845,00**	178,32	35,65	1,80	50,24	30,80	4,85	1,10	480,00	5,00
20	**4540,00**	**5400,00**	170,12	36,00	1,60	62,32	22,65	13,35	0,90	1115,00	10,00
21	**2565,00**	**2688,00**	180,35	34,55	1,30	78,45	23,12	11,43	0,80	700,00	2,00
22	**1900,00**	**2050,00**	165,00	24,00	1,60	50,00	16,00	8,00	1,10	460,00	4,00
23	**980,00**	**1150,00**	113,00	24,00	12,00	46,52	19,84	4,16	1,20	280,00	5,00

Projekt	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_z	A_s	U_w	L (m)	A_g	A_f	U_g	CO_2	t
24	**1200,00**	**1312,00**	178,00	32,16	1,50	64,23	24,54	7,62	1,10	370,00	6,00
25	**1240,00**	**2556,00**	168,45	44,68	1,40	70,20	29,74	14,94	1,00	698,00	4,00

Izvor: autor

7.2. Postojeći model upravljanja preciznošću kvalitete energetskih projekata

Postojećim modelom procjene energetske učinkovitosti stambene zgrade, koji ne uzima u obzir indekse kvalitete, dobivaju se sljedeći rezultati potrošnje energije prikazani u tablici te u grafičkom prikazu. Obzirom na parcijalnu podjelu modela i rezultati će biti prikazani parcijalno za svaki dio promatrane vanjske ovojnice zgrade kao i ukupan prikaz potrošnje energije cijele zgrade kroz promatrane parcijalne dijelove kako slijedi:

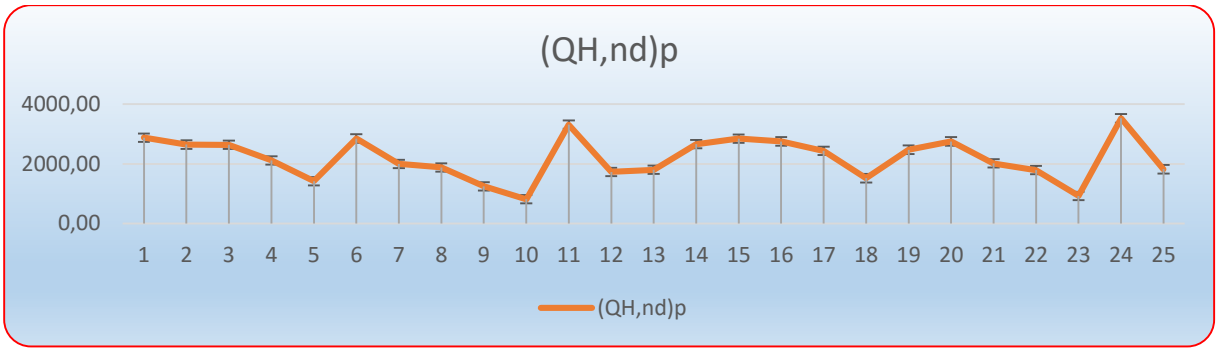
- Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjski zid,*
- Parcijalni dio ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog prostora,*
- Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjska stolarija,*
- Ukupni prikaz potrošnje energije cijele zgrade.

Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjski zid*:

Tablica 7-4. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjski zid*

Projekt	1	2	3	4	5
$(Q_{H,nd})p$	**2874,00**	**2645,00**	**2637,00**	**2115,00**	**1419,00**
Projekt	6	7	8	9	10
$(Q_{H,nd})p$	**2845,00**	**1998,00**	**1880,00**	**1246,00**	**815,00**
Projekt	11	12	13	14	15
$(Q_{H,nd})p$	**3312,00**	**1730,00**	**1801,00**	**2658,00**	**2842,00**
Projekt	16	17	18	19	20
$(Q_{H,nd})p$	**2750,00**	**2432,00**	**1520,00**	**2470,00**	**2750,00**
Projekt	21	22	23	24	25
$(Q_{H,nd})p$	**2015,00**	**1790,00**	**925,00**	**3524,00**	**1820,00**

Izvor: autor



Slika 7-1. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjski zid*,

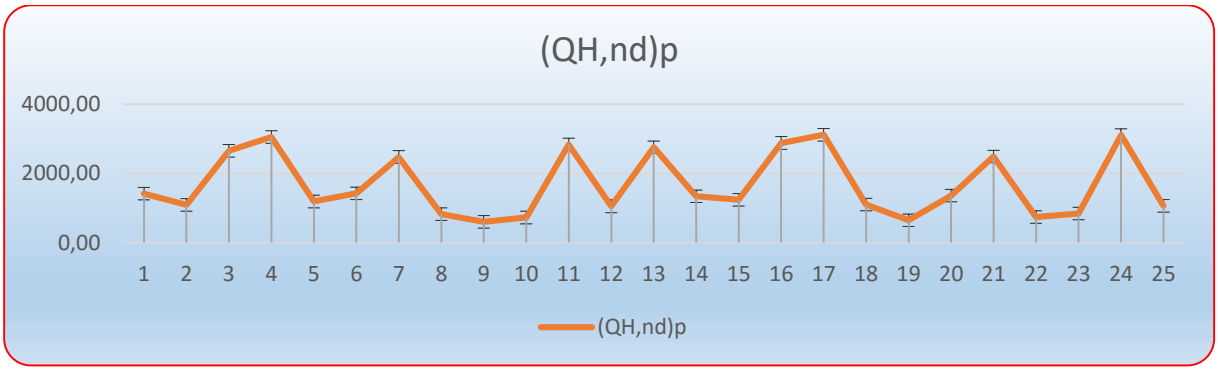
Izvor: autor

Parcijalni dio ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog prostora*:

Tablica 7-5. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora*

Projekt	1	2	3	4	5
(Q$_{H,nd}$)p	**1413,00**	**1089,00**	**2654,00**	**3050,00**	**1188,00**
Projekt	6	7	8	9	10
(Q$_{H,nd}$)p	**1420,00**	**2471,00**	**823,00**	**602,00**	**726,00**
Projekt	11	12	13	14	15
(Q$_{H,nd}$)p	**2831,00**	**1049,00**	**2756,00**	**1340,00**	**1236,00**
Projekt	16	17	18	19	20
(Q$_{H,nd}$)p	**2878,00**	**3112,00**	**1100,00**	**648,00**	**1360,00**
Projekt	21	22	23	24	25
(Q$_{H,nd}$)p	**2488,00**	**740,00**	**842,00**	**3100,00**	**1064,00**

Izvor: autor



Slika 7-2. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora*

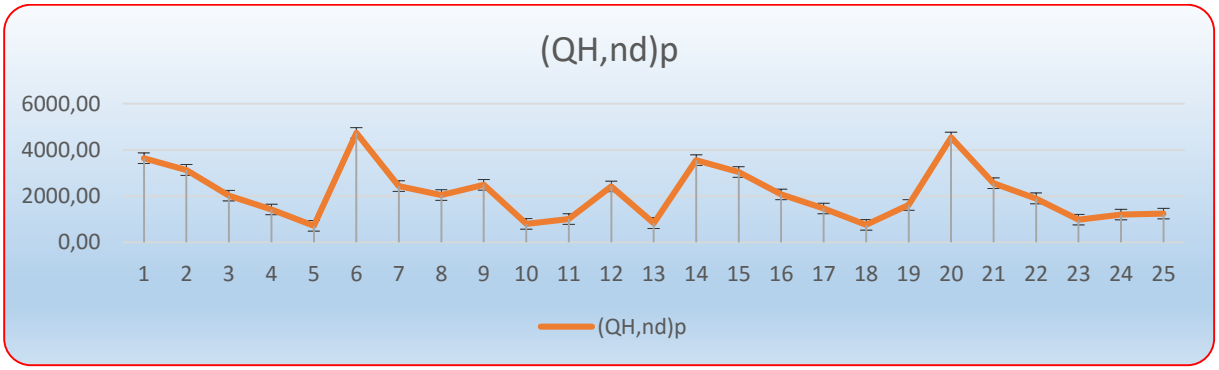
Izvor: autor

Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjska stolarija*:

Tablica 7-6. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjska stolarija*

Projekt	1	2	3	4	5
(QH,nd)p	**3640,00**	**3134,00**	**2020,00**	**1423,00**	**713,00**
Projekt	6	7	8	9	10
(QH,nd)p	**4740,00**	**2435,00**	**2052,00**	**2494,00**	**800,00**
Projekt	11	12	13	14	15
(QH,nd)p	**1010,00**	**2423,00**	**833,00**	**3555,00**	**3050,00**
Projekt	16	17	18	19	20
(QH,nd)p	**2080,00**	**1468,00**	**758,00**	**1620,00**	**4540,00**
Projekt	21	22	23	24	25
(QH,nd)p	**2565,00**	**1900,00**	**980,00**	**1200,00**	**1240,00**

Izvor: autor



Slika 7-3. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *vanjska stolarija*

Izvor: autor

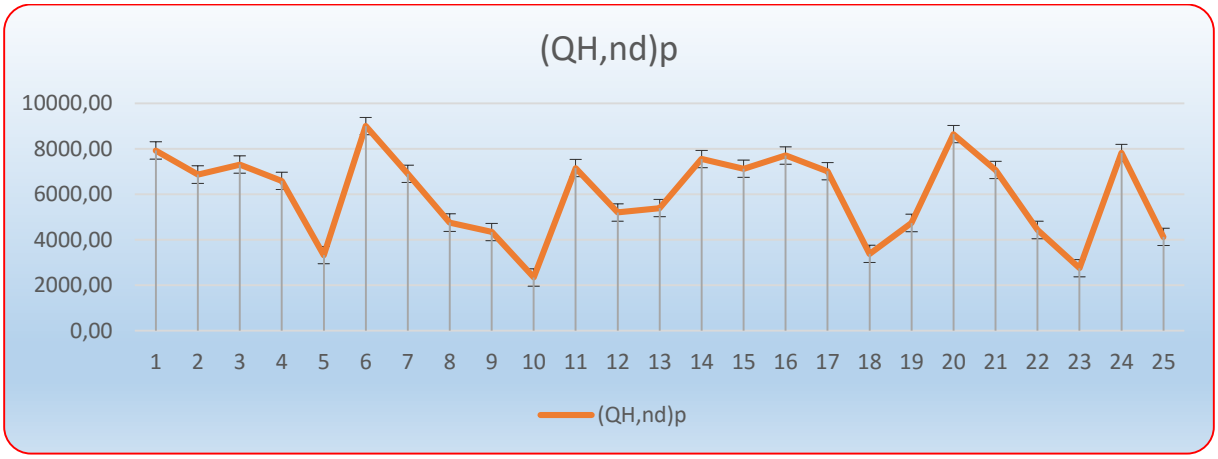
U prikazanim tablicama i grafikonima vidi se parcijalna potrošnja energije po segmentima vanjske ovojnice zgrade, što je neophodno za analizu upravljanja mjerama poboljšanja kvalitete zgrade u odnosu na energetsku učinkovitost.

Cijela vanjska ovojnica zgrade:

Tablica 7-7. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *cijela vanjska ovojnica zgrade*

Projekt	1	2	3	4	5
(QH,nd)p	**7927,00**	**6868,00**	**7311,00**	**6588,00**	**3320,00**
Projekt	6	7	8	9	10
(QH,nd)p	**9005,00**	**6904,00**	**4755,00**	**4342,00**	**2341,00**
Projekt	11	12	13	14	15
(QH,nd)p	**7153,00**	**5202,00**	**5390,00**	**7553,00**	**7128,00**
Projekt	16	17	18	19	20
(QH,nd)p	**7708,00**	**7012,00**	**3378,00**	**4738,00**	**8650,00**
Projekt	21	22	23	24	25
(QH,nd)p	**7068,00**	**4430,00**	**2747,00**	**7824,00**	**4124,00**

Izvor: autor



Slika 7-4. Potrošnja energije projiciranog stanja (kWh) – *cijela zgrada*

Izvor: autor

7.3. Novi model upravljanja preciznošću kvalitete energetskih projekata

Novim modelom procjene energetske učinkovitosti stambene zgrade, koji uzima u obzir indekse kvalitete, dobivaju se rezultati potrošnje energije prikazani u tablici te u grafičkom prikazu. Obzirom na parcijalnu podjelu modela i ovdje će rezultati biti prikazani parcijalno za svaki dio promatrane vanjske ovojnice zgrade te sumarni prikaz potrošnje energije cijele zgrade kako slijedi:

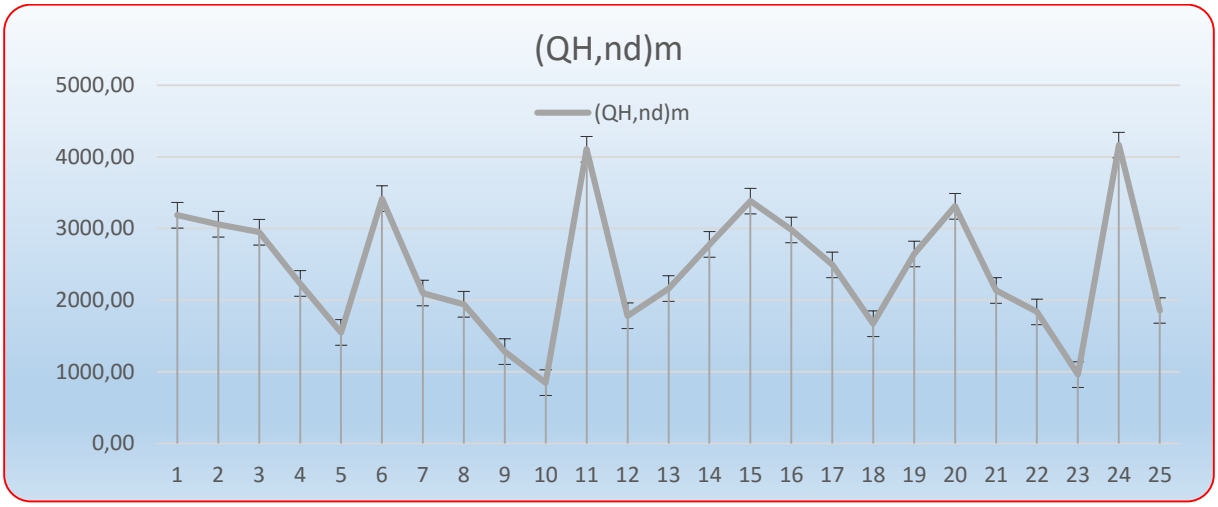
- ☐ Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjski zid*,
- ☐ Parcijalni dio ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog prostora*,
- ☐ Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjska stolarija*,
- ☐ Ukupni prikaz potrošnje energije cijele zgrade.

Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjski zid*:

Tablica 7-8. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjski zid*

Projekt	1	2	3	4	5
$(Q_{H,nd})m$	**3187,00**	**3058,00**	**2950,00**	**2233,00**	**1549,00**
Projekt	6	7	8	9	10
$(Q_{H,nd})m$	**3416,00**	**2098,00**	**1942,00**	**1284,00**	**848,00**
Projekt	11	12	13	14	15
$(Q_{H,nd})m$	**4107,00**	**1782,00**	**2161,00**	**2778,00**	**3382,00**
Projekt	16	17	18	19	20
$(Q_{H,nd})m$	**2980,00**	**2494,00**	**1672,00**	**2643,00**	**3312,00**
Projekt	21	22	23	24	25
$(Q_{H,nd})m$	**2136,00**	**1838,00**	**962,00**	**4164,00**	**1856,00**

Izvor: autor



Slika 7-5. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjski zid*

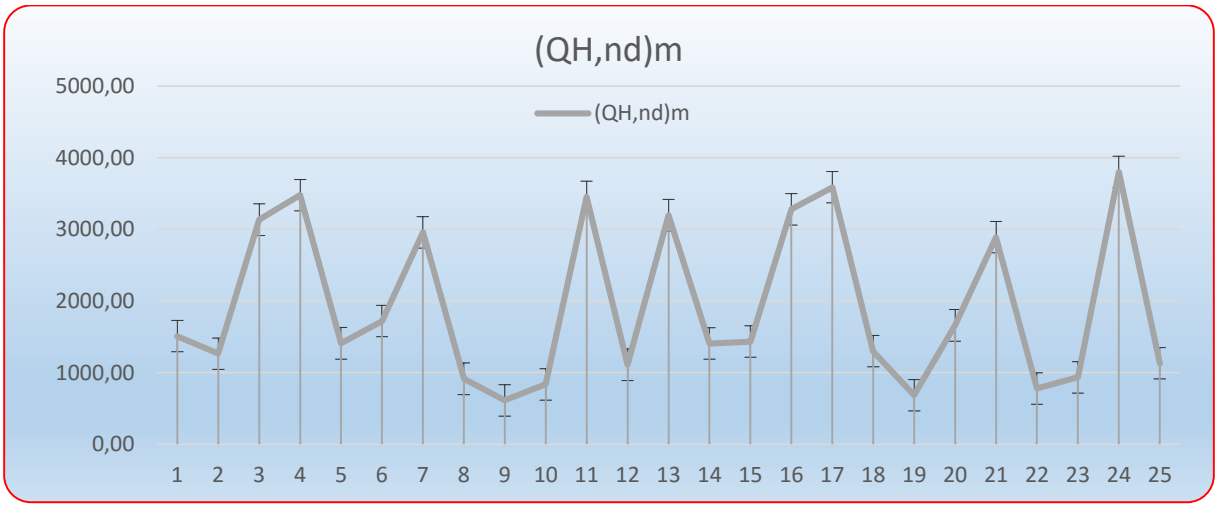
Izvor: autor

Parcijalni dio ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog prostora*:

Tablica 7-9. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora*

Projekt	1	2	3	4	5
(QH,nd)m	**1510,00**	**1266,00**	**3134,00**	**3477,00**	**1410,00**
Projekt	6	7	8	9	10
(QH,nd)m	**1720,00**	**2958,00**	**914,00**	**614,00**	**837,00**
Projekt	11	12	13	14	15
(QH,nd)m	**3453,00**	**1111,00**	**3197,00**	**1407,00**	**1434,00**
Projekt	16	17	18	19	20
(QH,nd)m	**3280,00**	**3587,00**	**1300,00**	**684,00**	**1660,00**
Projekt	21	22	23	24	25
(QH,nd)m	**2890,00**	**778,00**	**935,00**	**3802,00**	**1130,00**

Izvor: autor



Slika 7-6. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora*

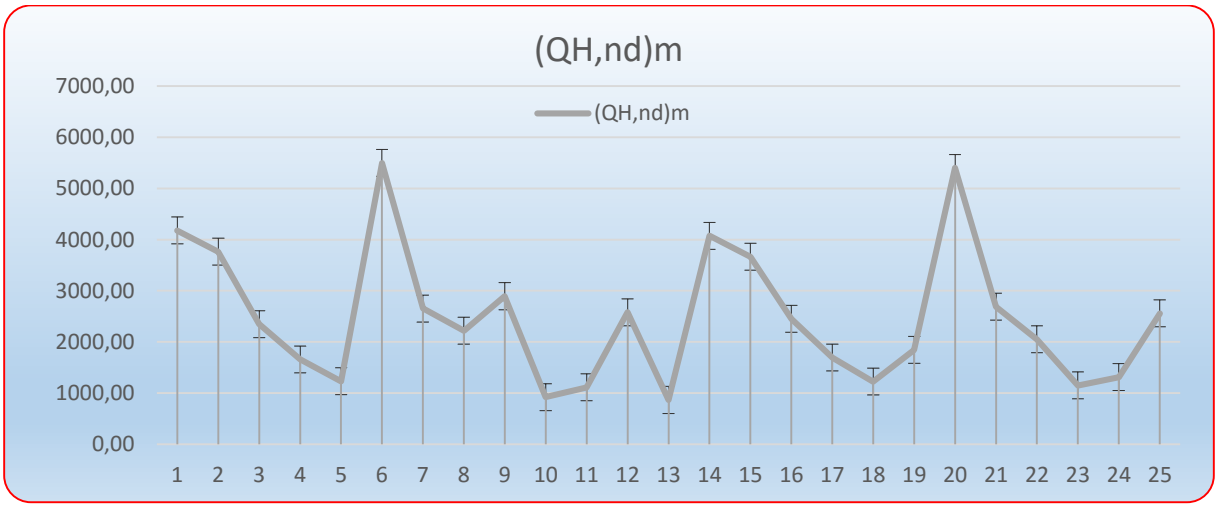
Izvor: autor

Parcijalni dio ovojnice zgrade – *vanjska stolarija*:

Tablica 7-10. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjska stolarija*

Projekt	1	2	3	4	5
$(Q_{H,nd})m$	**4176,00**	**3764,00**	**2348,00**	**1658,00**	**1231,00**
Projekt	6	7	8	9	10
$(Q_{H,nd})m$	**5498,00**	**2654,00**	**2219,00**	**2893,00**	**920,00**
Projekt	11	12	13	14	15
$(Q_{H,nd})m$	**1112,00**	**2578,00**	**867,00**	**4075,00**	**3664,00**
Projekt	16	17	18	19	20
$(Q_{H,nd})m$	**2450,00**	**1695,00**	**1225,00**	**1845,00**	**5400,00**
Projekt	21	22	23	24	25
$(Q_{H,nd})m$	**2688,00**	**2050,00**	**1150,00**	**1312,00**	**2556,00**

Izvor: autor



Slika 7-7. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *vanjska stolarija*

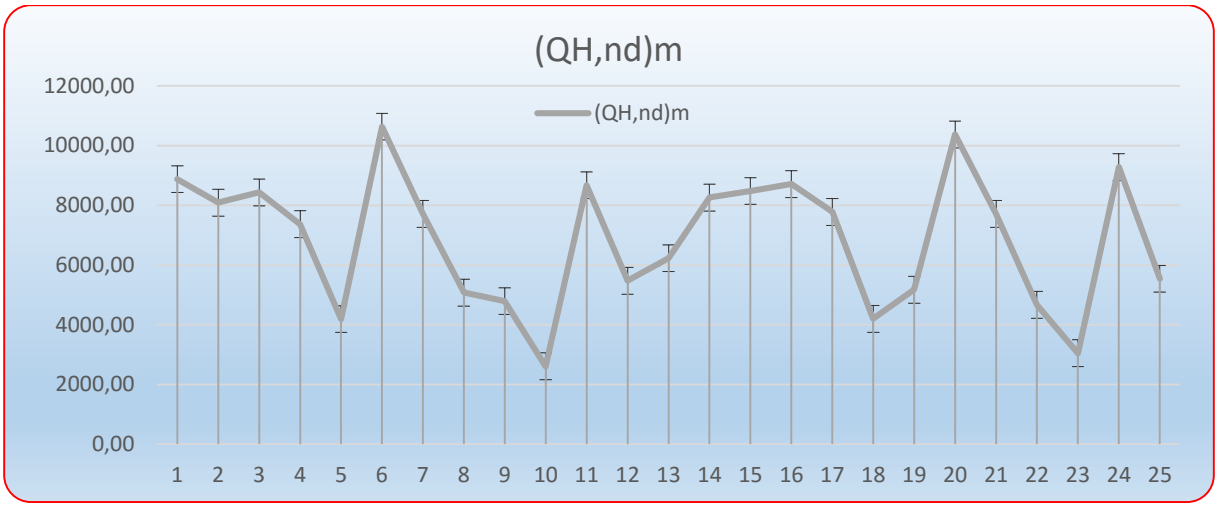
Izvor: autor

Cijela vanjska ovojnica zgrade:

Tablica 7-11. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *cijela zgrada*

Projekt	1	2	3	4	5
$(Q_{H,nd})m$	**8873,00**	**8088,00**	**8432,00**	**7368,00**	**4190,00**
Projekt	6	7	8	9	10
$(Q_{H,nd})m$	**10634,00**	**7710,00**	**5075,00**	**4791,00**	**2605,00**
Projekt	11	12	13	14	15
$(Q_{H,nd})m$	**8672,00**	**5471,00**	**6225,00**	**8260,00**	**8480,00**
Projekt	16	17	18	19	20
$(Q_{H,nd})m$	**8710,00**	**7776,00**	**4197,00**	**5172,00**	**10372,00**
Projekt	21	22	23	24	25
$(Q_{H,nd})m$	**7714,00**	**4666,00**	**3047,00**	**9278,00**	**5542,00**

Izvor: autor



Slika 7-8. Potrošnja energije stvarnog stanja (kWh) – *cijela zgrada*

Izvor: autor

7.4. Komparativni prikaz rezultata istraživanja

U komparativnom prikazu dobivenih rezultata jasno se mogu vidjeti odstupanja u potrošnji energije dobivena postojećim modelom u odnosu na novi model procjene potrošnje energije, a što je u biti odraz kvalitete vanjske ovojnice zgrade.

Kada se znaju odstupanja u procjeni kvalitete, jednostavnije je upravljati takvim projektima preko korektivnih mjera ili unaprijed pretpostaviti probleme, pa u samom planiranju projekata poduzeti neke korake kako bi se odstupanja smanjila.

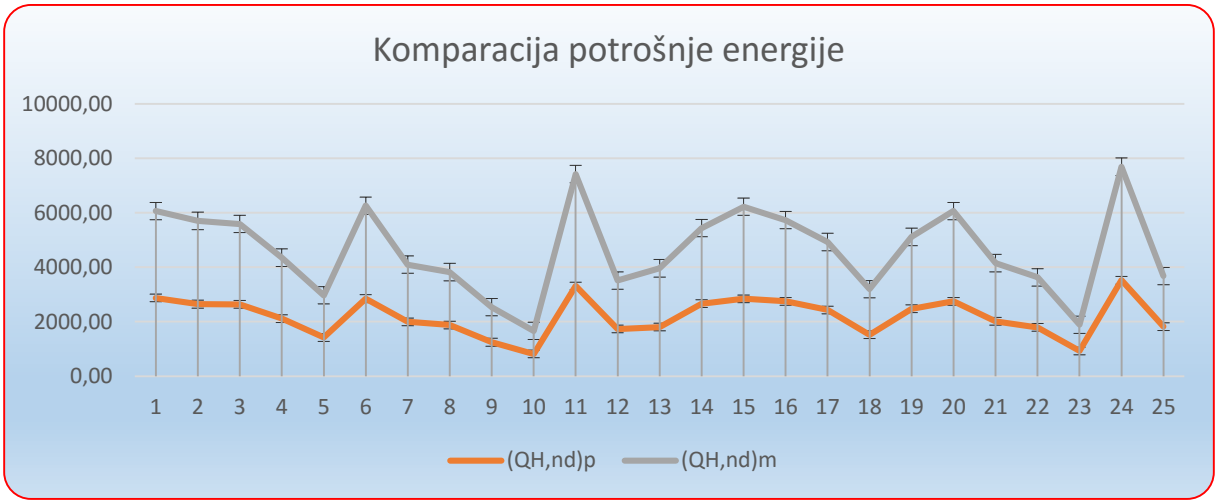
U ovom poglavlju bit će prikazani parcijalni komparativni prikazi gubitaka energije iz razloga vidljivosti određivanja prioriteta vezano uz korektivne mjere koje se moraju poduzeti, ali i ukupni prikaz s ciljem dokazivanja hipoteze.

Dakle, poglavlje se dijeli na:

- ☐ parcijalni komparativni prikaz gubitaka energije,
- ☐ ukupni komparativni prikaz rezultata istraživanja potrošnje energije cijele zgrade.

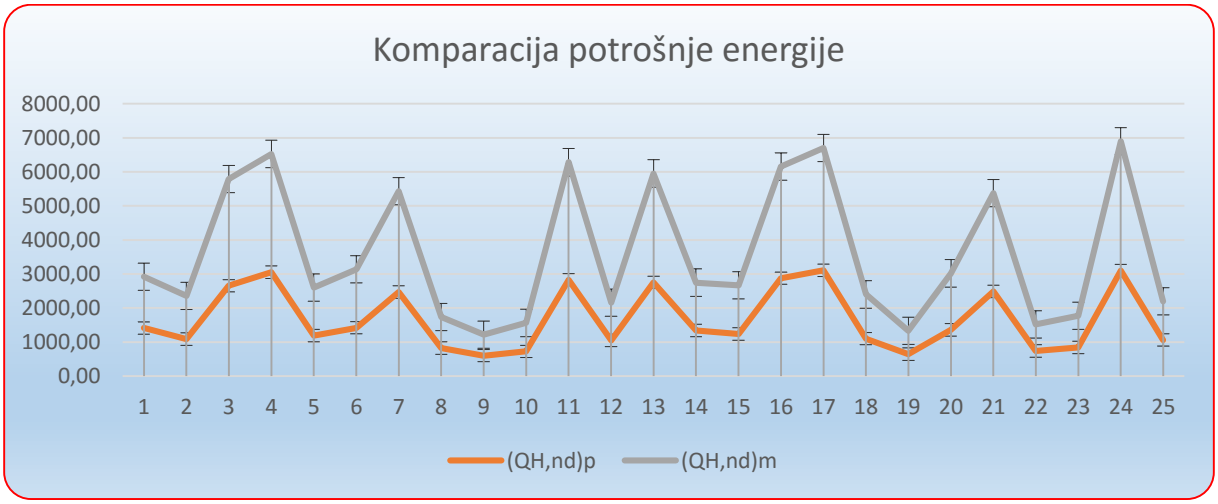
7.4.1. Parcijalni komparativni prikaz gubitaka energije

Na slici 7-9. grafički je prikazana potrošnja energije grijane stambene zgrade dobivena (izračunata) postojećim modelom izračuna u odnosu na stvarnu potrošnju energije za grijanje koja je dobivena mjerenjem i to kod parcijalnog dijela vanjske ovojnice zgrade – *vanjski zid*. Na slici se jasno mogu vidjeti razlike u potrošnji izrađene na temelju 25 odabranih projekata podizanja energetske učinkovitosti.



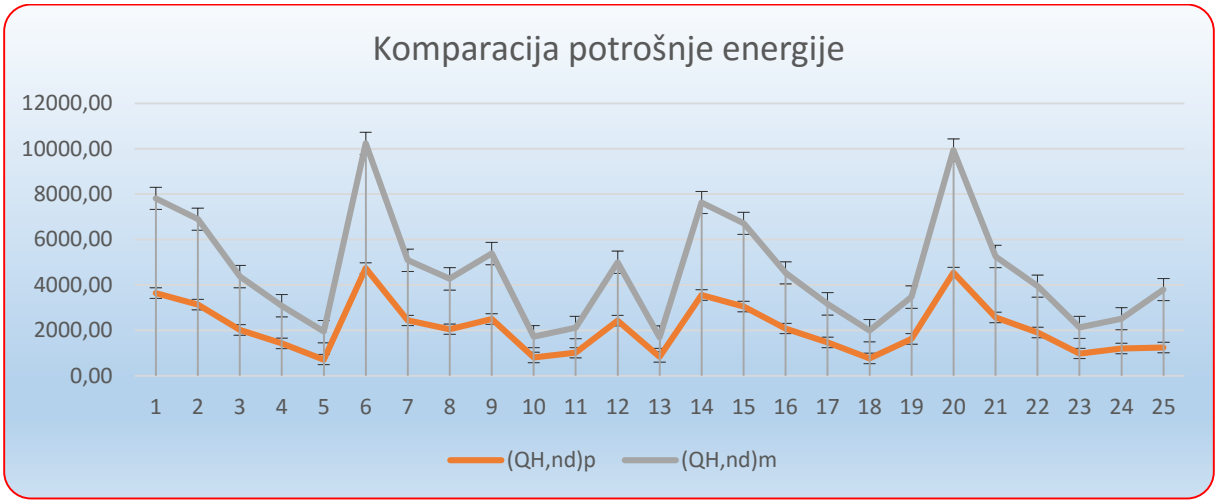
Slika 7-9. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *vanjski zid*, *Izvor: autor*

Na slici 7-10. isto tako je prikazan grafički prikaz potrošnje energije za grijanje stambene zgrade postojećim modelom u odnosu na mjereno stanje stvarne potrošnje dobivene novim modelom, ali kod parcijalnog dijela vanjske ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog prostora*.



Slika 7-10. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *strop iznad grijanog prostora*, *Izvor: autor*

Na kraju komparativnog prikaza dobivenih rezultata na slici 7-11. prikazan je grafički prikaz potrošnje energije za grijanje stambene zgrade postojećim modelom u odnosu na mjereno stanje stvarne potrošnje dobivene novim modelom, ali kod parcijalnog dijela vanjske ovojnice zgrade – *vanjska stolarija*. Kao i kod prethodna dva prikaza, rezultati su uspoređeni na temelju 25 odabranih projekata podizanja energetske učinkovitosti.



Slika 7-11. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *vanjska stolarija*, *Izvor: autor*

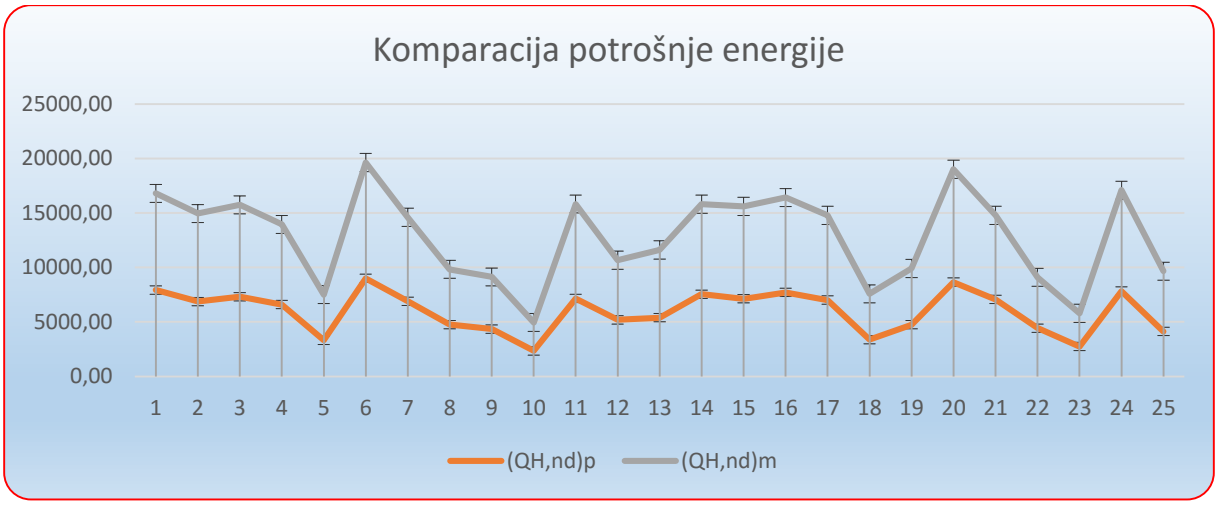
7.4.2. Ukupni komparativni prikaz rezultata istraživanja

U tablici 7-12. te slici 7-12., prikazana je komparacija dobivenih rezultata za cijelu vanjsku ovojnicu zgrade uz pregled parcijalnih rezultata za definirane dijelove stambene zgrade. Iz rezultata se može analitički i grafički vidjeti razlika u preciznosti dobivene kvalitete stambene zgrade postojećim modelom u odnosu na novi model procjene kvalitete.

Tablica 7-12. Komparativni prikaz potrošnje energije (kWh) – *cijela zgrada*

Projekt	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	vanjski zid - p	strop - p	stolarija - p	vanjski zid - m	strop - m	stolarija - m
1	7927,00	8873,00	2874,00	1413,00	3640,00	3187,00	1510,00	4176,00
2	6868,00	8088,00	2645,00	1089,00	3134,00	3058,00	1266,00	3764,00
3	7311,00	8432,00	2637,00	2654,00	2020,00	2950,00	3134,00	2348,00
4	6588,00	7368,00	2115,00	3050,00	1423,00	2233,00	3477,00	1658,00
5	3320,00	4190,00	1419,00	1188,00	713,00	1549,00	1410,00	1231,00
6	9005,00	10634,00	2845,00	1420,00	4740,00	3416,00	1720,00	5498,00
7	6904,00	7710,00	1998,00	2471,00	2435,00	2098,00	2958,00	2654,00
8	4755,00	5075,00	1880,00	823,00	2052,00	1942,00	914,00	2219,00
9	4342,00	4791,00	1246,00	602,00	2494,00	1284,00	614,00	2893,00
10	2341,00	2605,00	815,00	726,00	800,00	848,00	837,00	920,00
11	7153,00	8672,00	3312,00	2831,00	1010,00	4107,00	3453,00	1112,00
12	5202,00	5471,00	1730,00	1049,00	2423,00	1782,00	1111,00	2578,00
13	5390,00	6225,00	1801,00	2756,00	833,00	2161,00	3197,00	867,00
14	7553,00	8260,00	2658,00	1340,00	3555,00	2778,00	1407,00	4075,00
15	7128,00	8480,00	2842,00	1236,00	3050,00	3382,00	1434,00	3664,00
16	7708,00	8710,00	2750,00	2878,00	2080,00	2980,00	3280,00	2450,00
17	7012,00	7776,00	2432,00	3112,00	1468,00	2494,00	3587,00	1695,00
18	3378,00	4197,00	1520,00	1100,00	758,00	1672,00	1300,00	1225,00
19	4738,00	5172,00	2470,00	648,00	1620,00	2643,00	684,00	1845,00
20	8650,00	10372,00	2750,00	1360,00	4540,00	3312,00	1660,00	5400,00
21	7068,00	7714,00	2015,00	2488,00	2565,00	2136,00	2890,00	2688,00
22	4430,00	4666,00	1790,00	740,00	1900,00	1838,00	778,00	2050,00
23	2747,00	3047,00	925,00	842,00	980,00	962,00	935,00	1150,00
24	7824,00	9278,00	3524,00	3100,00	1200,00	4164,00	3802,00	1312,00
25	4124,00	5542,00	1820,00	1064,00	1240,00	1856,00	1130,00	2556,00

Izvor: autor



Slika 7-12. Potrošnja energije projiciranog/stvarnog stanja (kWh) – *cijela zgrada*, *Izvor: autor*

7.5. Utjecaj rezultata istraživanja na postavljene hipoteze

U radu su postavljene dvije hipoteze:

H₁: Uvođenje novoidentificiranih indeksa kvalitete u postojeći model procjene energetske učinkovitosti objekta bitno će pridonijeti preciznjoj procjeni.

U tu svrhu potrebno je izgraditi prošireni konceptualni model procjene energetske učinkovitosti objekata temeljem kojeg će hipoteza H_1 biti potvrđena ili odbačena. Pri tome će za modeliranje biti korišteno simulacijsko modeliranje koje će omogućiti provođenje eksperimenata u svrhu oblikovanja parametarskog modela procjene i prepoznavanje mogućih rizika procjene. H_1 postupno će biti prihvaćena/odbijena kroz vrednovanje nezavisnih varijabli konceptuanog modela kao i značajnosti njihovih utjecaja na preciznost procjene.

H₂: Informacijski sustav temeljen na parametriziranom modelu procjene energetske učinkovitosti građevinskih objekata omogućit će statističku kontrolu procesa procjene ukupne kvalitete građevinskog objekta s vremenskim odmakom.

Informacijski sustav temeljen na navedenom modelu generirao bi potrebne podatke iz nadograđene baze podataka materijala, upravljao bi procjenom ukupne kvalitete građevinskog objekta, generirao korektivne mjere za poboljšanje učinkovitosti te projicirao buduće stanje objekta.

Rezultati istraživanja koji potvrđuju ili odbacuju postavljene hipoteze prikazat će se preko analize dobivenih rezultata odvojeno za hipotezu 1 te hipotezu 2.

7.5.1. Utjecaj rezultata istraživanja na H_1

U svrhu dokazivanja prve hipoteze koja kaže da preko novoidentificiranih indeksa kvalitete dobivamo točniji rezultat procjene kvalitete, dobiveni rezultati, odnosno odstupanja bit će analizirani metodom deskriptivne statistike te prikazani grafički i to po segmentima vanjske ovojnice zgrade te u konačnici i sumarno za cijelu stambenu zgradu kako slijedi:

- Statistički pokazatelji parametara – *vanjski zid*,
- Statistički pokazatelji parametara – *strop iznad grijanog prostora*,
- Statistički pokazatelji parametara – *vanjska stolarija*,
- Statistički pokazatelji parametara – *cijela stambena zgrada*.

U nastavku su ispod navedenih tablica također i tablice u kojima se vide statistički pokazatelji odstupanja za parcijalne dijelove zgrade kako slijedi:

- Statistički pokazatelji odstupanja – *vanjski zid*,
- Statistički pokazatelji odstupanja – *strop iznad grijanog prostora*,
- Statistički pokazatelji odstupanja – *vanjska stolarija*,
- Statistički pokazatelji odstupanja – *cijela stambena zgrada*.

Na taj način dobit će se jasan uvid u razlike dobivenih rezultata parametara koji utječu na stupanj kvalitete zgrade postojećim modelom u odnosu na novi model s definiranim indeksima kvalitete. Moći će se jasno prikazati iznose odstupanja te postotnu razliku u rezultatima.

Tablica 7-13. Statistički pokazatelji parametara za – *vanjski zid*

	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_z	d_{opeke}	d_{izol}	V_{gdz}	λ_{op}	λ_{izol}	CO_2	f_o	U_z	t_{zid}
Aritmetička sredina	**2718,18**	**3041,98**	170,00	28,16	10,65	542,41	0,45	0,06	784,60	0,73	0,36	5,24
Medijan	**2065,00**	**2315,00**	170,73	29,00	11,50	497,43	0,42	0,04	590,50	0,75	0,26	5,00
Standardna devijacija	**2446,50**	**2868,23**	60,85	3,35	3,64	201,60	0,12	0,11	655,54	0,12	0,20	3,17
Varijanca	**5865665,03**	**8062218,86**	3628,72	10,97	12,98	39830,77	0,01	0,01	421141,60	0,01	0,04	9,86
Koeficijent Varijance	**90,01**	**94,29**	35,79	11,88	34,18	37,17	26,41	192,57	83,55	16,93	56,73	60,54
min	**815,00**	**848,00**	53,28	20,00	5,00	205,92	0,24	0,04	215,00	0,31	0,21	1,00
max	**12050,00**	**14219,00**	324,00	35,00	16,50	1087,00	0,82	0,84	3287,00	0,89	1,02	10,00
Raspon	**11235,00**	**13371,00**	270,72	15,00	11,50	881,08	0,58	0,80	3072,00	0,58	0,81	9,00

Izvor: autor

Tablica 7-14. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *vanjski zid*

	Postojeći model	Novi model	Razlika	Razlika u %1	Razlika u %2	Srednja vrijednost razlike u %
$(Q_{H,nd})$	2718,18	3041,98	323,80	11,91%	10,64%	11,28%

Izvor: autor

Tablica 7-15. Statistički pokazatelji parametara za – *strop iznad grijanog prostora*

	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_k	$d_{bezizol}$	d_{izol}	V_{str}	λ_{iz}	λ_d	U_k	CO_2	t_{strop}
Aritmetička sredina	**1678,80**	**1922,34**	102,53	15,67	11,44	28,06	0,06	0,71	0,49	492,26	6,48
Medijan	**1289,00**	**1477,50**	101,00	19,00	10,00	20,75	0,04	0,48	0,35	413,50	7,00
Standardna devijacija	**987,36**	**1169,01**	28,48	6,55	7,53	14,78	0,13	0,41	0,43	271,78	3,11
Varijanca	**955380,92**	**1339244,22**	794,82	42,03	55,53	214,06	0,02	0,17	0,18	72385,55	9,49
Koeficijent Varijance	**58,81**	**60,81**	27,78	41,79	65,80	52,67	224,96	58,14	86,59	55,21	48,02
min	**500,00**	**580,00**	39,60	4,00	2,00	10,10	0,03	0,24	0,14	144,00	1,00
max	**3516,00**	**3860,00**	148,00	26,00	26,00	56,80	0,95	1,32	1,82	1020,00	12,00
Raspon	**3016,00**	**3280,00**	108,40	22,00	24,00	46,70	0,93	1,08	1,68	876,00	11,00

Izvor: autor

Tablica 7-16. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *strop iznad grijanog prostora*

	Postojeći model	**Novi model**	**Razlika**	**Razlika u %1**	**Razlika u %2**	**Srednja vrijednost razlike u %**
$(Q_{H,nd})$	**1678,80**	**1922,34**	**243,54**	**14,51%**	**12,67%**	**13,59%**

Izvor: autor

Tablica 7-17. Statistički pokazatelji parametara za – *vanjska stolarija*

	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	A_{zid}	A_s	U_w	L	A_g	A_f	U_g	CO_2	t_{stol}
Aritmetička sredina	**2229,00**	**2581,42**	169,51	30,36	1,79	68,00	23,14	7,22	1,16	603,50	5,48
Medijan	**2251,50**	**2567,00**	171,06	30,20	1,60	59,70	22,09	6,35	1,10	646,00	5,00
Standardna devijacija	**1099,26**	**1243,59**	60,42	13,78	1,53	33,80	10,67	3,84	0,41	284,58	2,52
Varijanca	**1184209,12**	**1515574,04**	3577,28	186,16	2,29	1119,48	111,59	14,44	0,16	79366,93	6,21
Koeficijent Varijance	**49,32**	**48,17**	35,64	45,39	85,22	49,70	46,11	53,16	34,90	47,16	45,93
min	**713,00**	**867,00**	53,28	10,01	0,90	26,30	8,00	2,01	0,60	201,00	2,00
max	**4740,00**	**5498,00**	324,00	68,54	12,00	174,00	55,64	14,94	2,20	1264,00	10,00
Raspon	**4027,00**	**4631,00**	270,72	58,53	11,10	147,70	47,64	12,93	1,60	1063,00	8,00

Izvor: autor

Tablica 7-18. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *vanjska stolarija*

	Postojeći model	Novi model	Razlika	Razlika u %1	Razlika u %2	Srednja vrijednost razlike u %
$(Q_{H,nd})$	2229,00	2581,42	352,42	15,81%	13,65%	14,73%

Izvor: autor

Tablica 7-19. Statistički pokazatelji parametara za – *cijelu vanjsku ovojnicu zgrade*

	$(Q_{H,nd})p$	$(Q_{H,nd})m$	*Vanjski zid-p*	*Strop-p*	*Vanjska stolarija-p*	*Vanjski zid-p*	*Strop-p*	*Vanjska stolarija-p*
Aritmetička sredina	**6625,98**	**7545,74**	2718,18	1678,80	2229,00	3041,98	1922,34	2581,42
Medijan	**6147,00**	**7072,00**	2065,00	1289,00	2251,50	2315,00	1477,50	2567,00
Standardna devijacija	**3415,79**	**3985,31**	2446,50	987,36	1099,26	2868,23	1169,01	1243,59
Varijanca	**11434240,86**	**15565029,51**	5865665,03	955380,92	1184209,12	8062218,86	1339244,22	1515574,04
Koeficijent Varijance	**51,55**	**52,82**	90,01	58,81	49,32	94,29	60,81	48,17
min	**2341,00**	**2605,00**	815,00	500,00	713,00	848,00	580,00	867,00
max	**18466,00**	**21502,00**	12050,00	3516,00	4740,00	14219,00	3860,00	5498,00
Raspon	**16125,00**	**18897,00**	11235,00	3016,00	4027,00	13371,00	3280,00	4631,00

Izvor: autor

Tablica 7-20. Statistički pokazatelji odstupanja preciznosti kvalitete za – *cijelu vanjsku ovojnicu zgrade*

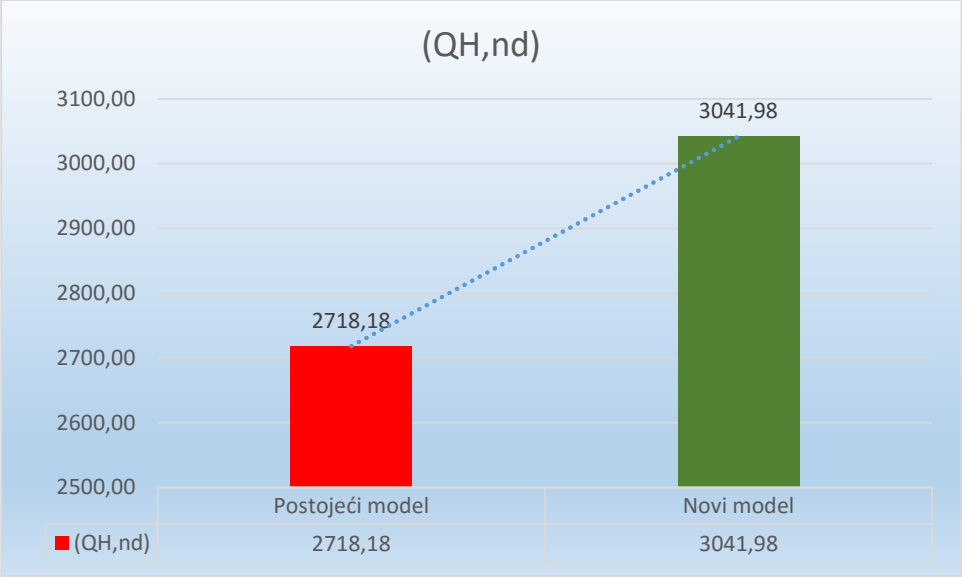
	Postojeći model	Novi model	Razlika	Razlika u $\%_1$	Razlika u $\%_2$	Srednja vrijednost razlike u %
$(Q_{H,nd})$	**6625,98**	**7545,74**	**919,76**	**13,88%**	**12,19%**	**13,04%**

Izvor: autor

7.5.2. Interpretacija rezultata istraživanja vezano uz H_1

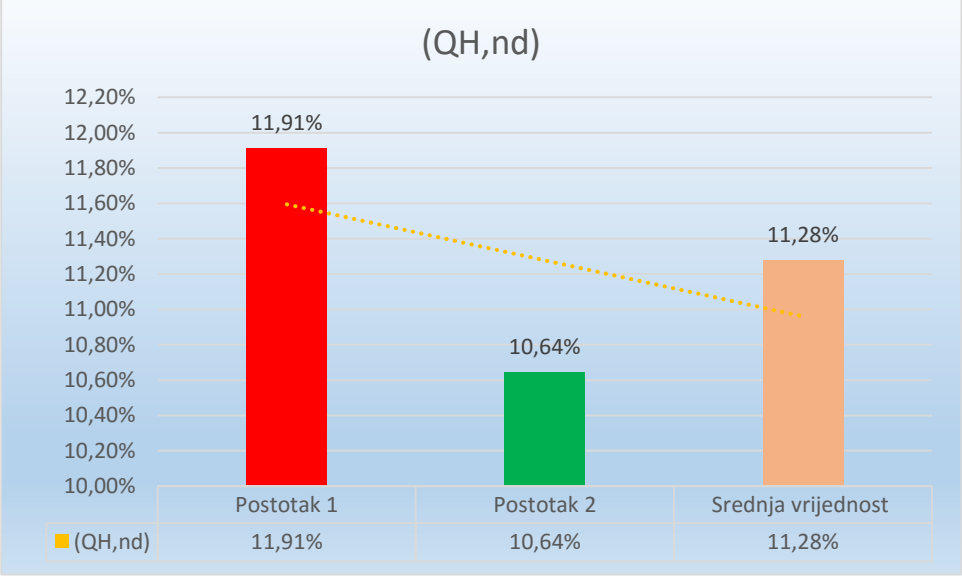
Statističkom obradom dobivenih rezultata dobivene su razlike, odnosno odstupanja u pokazateljima koji utječu na konačni stupanj kvalitete promatrane zgrade, između dva modela. Iz rezultata obrade jasno je vidljivo da promatrane razlike nisu jednake u svim promatranim segmentima vanjske ovojnice zgrade, već postoje male razlike i međusobno između parcijalnih segmenata vanjske ovojnice, pa će tako biti i u grafičkom prikazu.

Parcijalni segment vanjske ovojnice zgrade – *vanjski zid*:



Slika 7-13. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *vanjski zid*

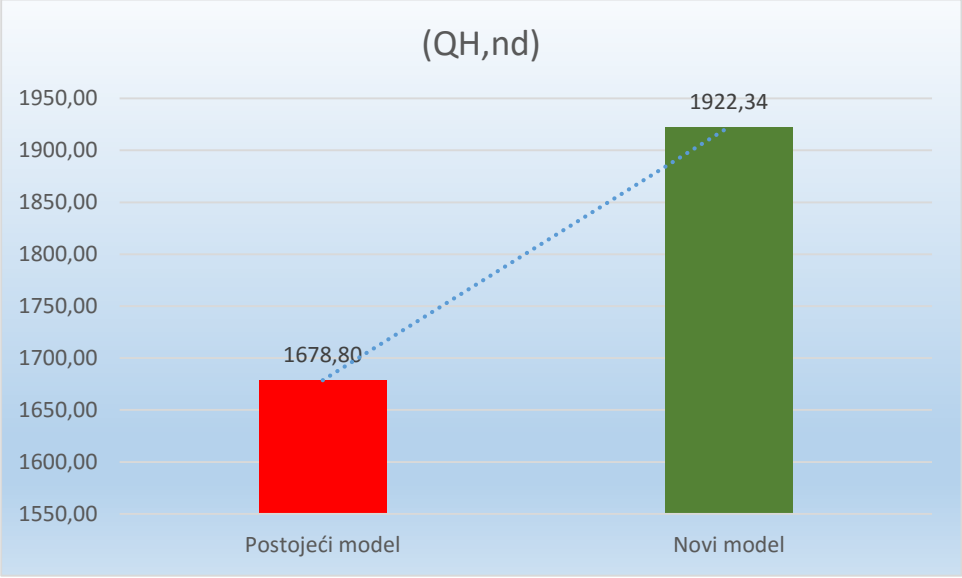
Izvor: autor



Slika 7-14. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *vanjski zid*, *Izvor: autor*

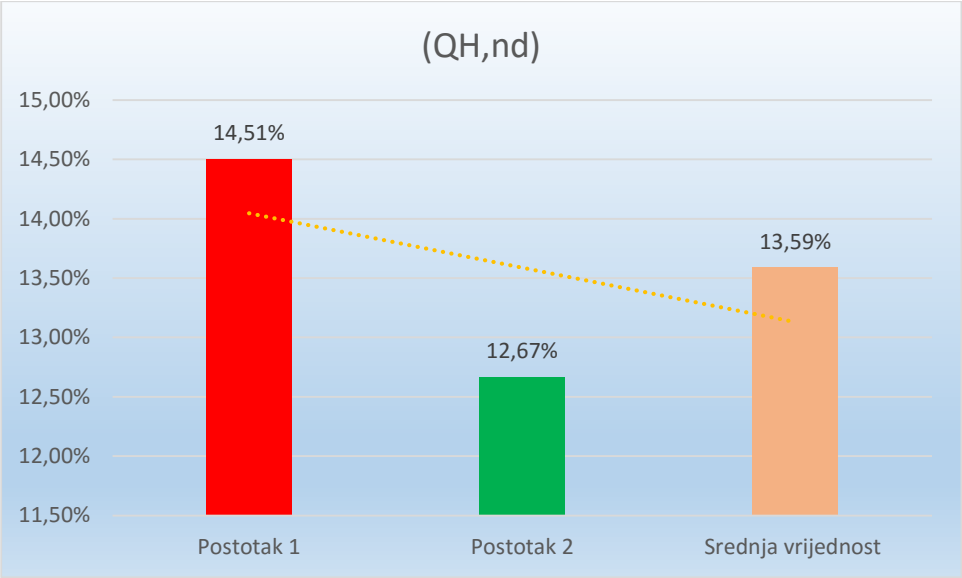
Na slici 7-13. grafički je prikazano odstupanje rezultata gubitaka energije zgrade dobivenih po postojećem modelu proračuna u odnosu na dobivene rezultate novim modelom preko novo definiranih indeksa kvalitete za *vanjski zid*. Na slici 7-14. prikazani su isti rezultati, ali u postocima, gdje postotak 1 (11,91%) predstavlja povećanje gubitaka energije u odnosu na postojeći model, a postotak 2 (10,64%) predstavlja razliku gubitaka energije novim modelom u odnosu na postojeći model. Iz dobivenih rezultata jasno je vidljiva razlika u preciznosti između dva modela i to u srednjoj postotnoj vrijednosti od 11,28%. Promatrajući samo taj dio vanjske ovojnice zgrade uočljiva je razlika u preciznosti što potvrđuje postavljenu hipotezu H_1.

Parcijalni segment vanjske ovojnice zgrade – *strop iznad grijanog dijela zgrade*:



Slika 7-15. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *strop iznad grijanog dijela zgrade*

Izvor: autor

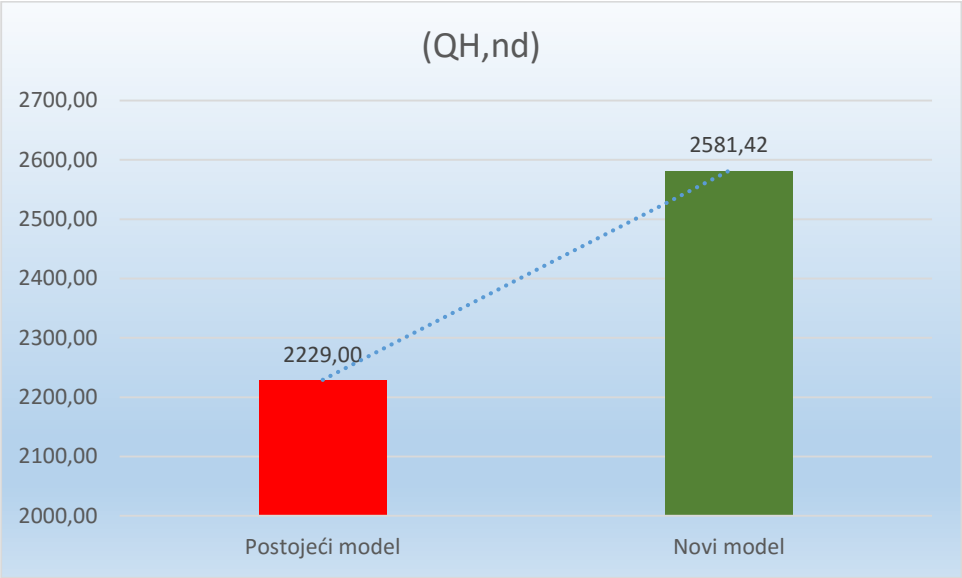


Slika 7-16. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *strop iznad grijanog dijela zgrade*

Izvor: autor

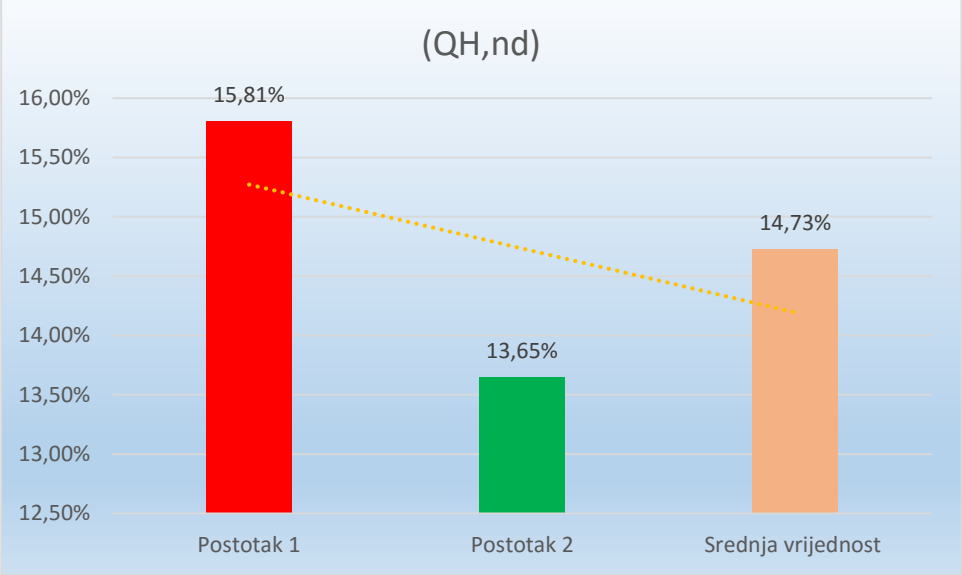
Na slici 7-15. grafički je prikazano odstupanje rezultata gubitaka energije zgrade dobivenih po postojećem modelu proračuna u odnosu na dobivene rezultate novim modelom preko novo definiranih indeksa kvalitete za *strop iznad grijanog prostora*. Na slici 7-16. prikazani su isti rezultati, ali u postocima, gdje postotak 1 (14,51%) predstavlja povećanje gubitaka energije u odnosu na postojeći model, a postotak 2 (12,67%) predstavlja razliku gubitaka energije novim modelom u odnosu na postojeći model. Iz dobivenih rezultata jasno je vidljiva razlika u preciznosti između dva modela i to u srednjoj postotnoj vrijednosti od 13,59%. Iz rezultata je vidljivo i to da je taj segment vanjske ovojnice zgrade (13,59%) dodatno neprecizniji u odnosu na vanjski zid (11,28) za 2,31%. Promatrajući samo taj dio vanjske ovojnice zgrade uočljiva je razlika u preciznosti što dodatno potvrđuje postavljenu hipotezu H_1.

Parcijalni segment vanjske ovojnice zgrade – *vanjsku stolariju*:



Slika 7-17. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *vanjsku stolariju*

Izvor: autor



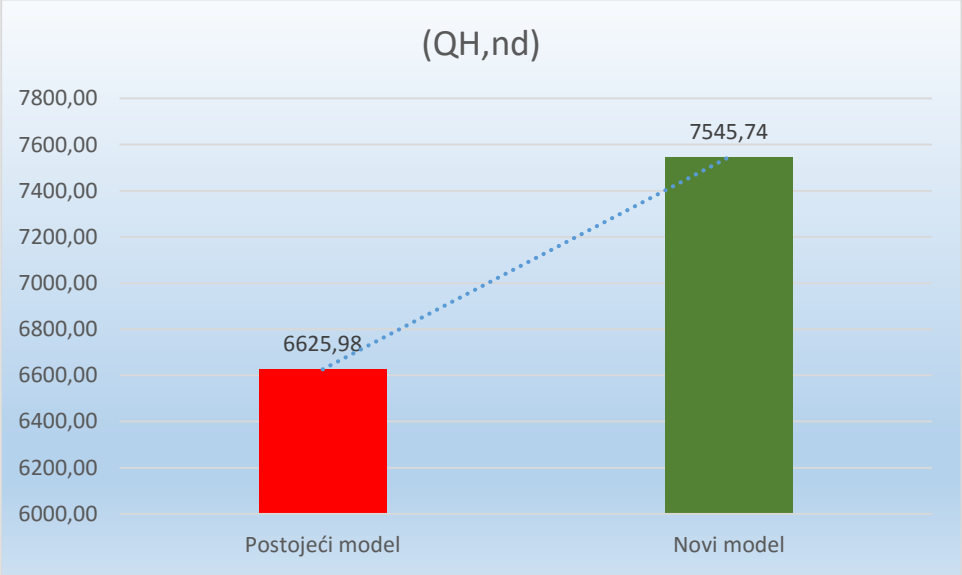
Slika 7-18. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *vanjsku stolariju*

Izvor: autor

Na slici 7-17. grafički je prikazano odstupanje rezultata gubitaka energije zgrade dobivenih po postojećem modelu proračuna u odnosu na dobivene rezultate novim modelom preko novo definiranih indeksa kvalitete za *vanjsku stolariju*. Na slici 7-18. prikazani su isti rezultati, ali u postocima, gdje postotak 1 (15,81%) predstavlja povećanje gubitaka energije u odnosu na

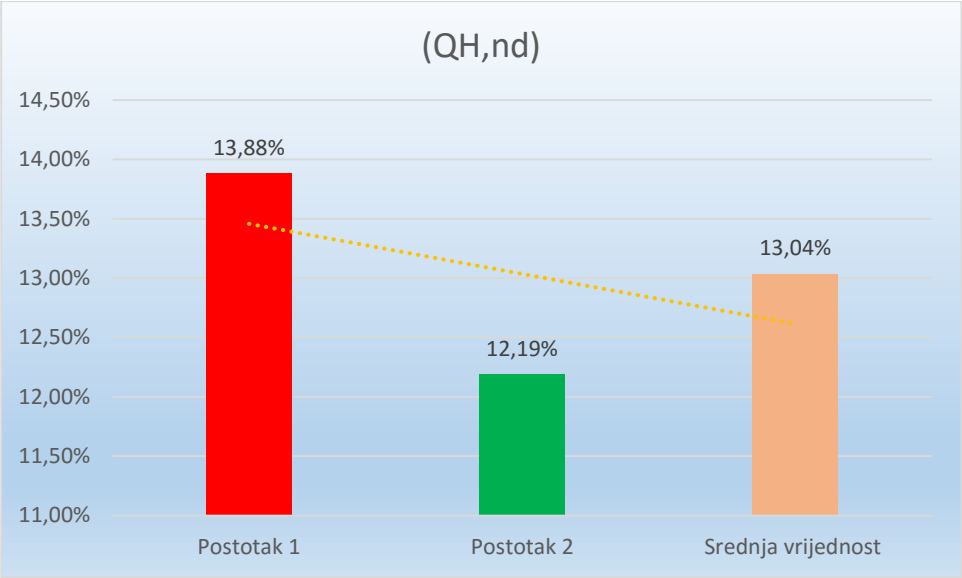
postojeći model, a postotak 2 (13,65%) predstavlja razliku gubitaka energije novim modelom u odnosu na postojeći model. Iz dobivenih rezultata jasno je vidljiva razlika u preciznosti između dva modela i to u srednjoj postotnoj vrijednosti od 14,73%. Iz rezultata je vidljivo i to da je taj dio vanjske ovojnice zgrade (14,73%) dodatno neprecizniji u odnosu na vanjski zid (11,28) za 3,45%. Taj dio vanjske ovojnice zgrade ujedno je i najneprecizniji dio vanjske ovojnice zgrade, što praktično znači da je taj segment najosjetljiviji dio upravljanja projektima energetske učinkovitosti. Promatrajući samo taj dio vanjske ovojnice zgrade uočljiva je razlika u preciznosti što dodatno potvrđuje postavljenu hipotezu H_1.

Vanjska ovojnica zgrade – *cijela ovojnica zgrade*:



Slika 7-19. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (kWh) za – *cijelu ovojnicu zgrade*

Izvor: autor



Slika 7-20. Grafički prikaz odstupanja gubitaka (%) za – *cijelu ovojnicu zgrade*

Izvor: autor

Na slici 7-19. grafički je prikazano odstupanje rezultata gubitaka energije zgrade dobivenih postojećim modelom proračuna u odnosu na dobivene rezultate novim modelom preko novo definiranih indeksa kvalitete za *cijelu ovojnicu zgrade*. Na slici 7-20. prikazani su isti rezultati, ali u postocima, gdje postotak 1 (13,88%) predstavlja povećanje gubitaka energije u odnosu na postojeći model, a postotak 2 (12,19%) predstavlja razliku gubitaka energije novim modelom u odnosu na postojeći model. Iz dobivenih rezultata jasno je vidljiva razlika u preciznosti između dva modela i to u srednjoj postotnoj vrijednosti od 13,04%.

Na kraju je važno istaknuti da je u cjelokupnom promatranju vanjske ovojnice zgrade novi model precizniji od postojećeg modela za srednju vrijednost od 13,04% što apsolutno potvrđuje postavljenu hipotezu H_1.

7.5.3. Utjecaj rezultata istraživanja na H_2

Postavljena hipoteza H_2 ističe važnost informacijskog sustava temeljenog na parametriziranom modelu procjene energetske učinkovitosti građevinskih objekata, što će omogućiti statističku kontrolu procesa procjene ukupne kvalitete građevinskog objekta s vremenskim odmakom. Drugim riječima, infromacijski sustav temeljen na navedenom modelu generirao bi potrebne podatke iz nadograđene baze podataka materijala, upravljao bi procjenom ukupne kvalitete građevinskog objekta, generirao korektivne mjere za poboljšanje učinkovitosti te projicirao buduće stanje objekta.

U poglavlju 6.4. prikazan je opis informacijskog sustava te kako bi se moralo upravljati novim modelom. Model je strukturiran na primarni i sekundarni dio gdje se sekundarni dio modela odnosi na baze podataka korektivnih mjera. Iako su radi lakšeg objašnjenja dijelovi modela prikazani kao primarni i sekundarni, oni predstavlaju jednu cjelinu s jednakom važnošću. Samo na takav način se postiže kvalitetno upravljanje projektima energetske učinkovitosti za vrijeme implementacije projekta, odnosno izgradnje zgrade, ali i za gospodarenje energijom tokom vremena starenja zgrade.

Dakle, naglasak je na korektivnim mjerama koje su prikazane u poglavlju od 6.4.2. – 6.4.5. Međutim, nije dovoljno samo znati koju mjeru preporučiti već je potrebno i odabrati prioritetnu mjeru. Način odabira prioriteta mjere prikazan je u poglavlju 6.5., gdje se preko dijagrama toka jasno uočava način odabira prioriteta mjere koja se odnosi na navedene segmente vanjske ovojnice zgrade:

- *vanjski zid,*
- *strop iznad grijanog prostora* ili
- *vanjsku stolariju*.

Zaključno, rezultatima obrade parametara vidljivi su gubici po pojedinim segmentima vanjske ovojnice zgrade. Lako se može uočiti, prema apsolutnim iznosima gibitaka, kolika su odstupanja u kvaliteti i u kojem segmentu vanjske ovojnice zgrade, što dodatno ističe važnost statističkog praćenja energetskog upravljanja nekom zgradom, a ujedno i potvrđuje postavljenu hipotezu H_2.

7.6. Dodatno razvijanje modela

Rezultatima istraživanja u ovom doktorskom radu dobivena je jasna strategija upravljanja projektima ovakve vrste. Pored toga, pokazano je i dokazano kako se suvremenim projetima ne može pristupati isključivo iz stručne perspektive jer je projekt vrlo kompleksna cjelina (Škrtić, 2011.), (Hauc, 2011.) sačinjena od vrlo mnogo raznih čimbenika koji dolaze iz raznih segmenata poslovanja. Drugačija strategija znatno bi umanjila kvalitetu (Lazibat, 2009.), a time i preciznost upravljanja kojom između ostalog stječemo i konkurentsku prednost bez koje nema opstanka gospodarstva (Tipurić, 2009.), (Muntean, 2008.) bilo koje države, a posebno male države poput Republike Hrvatske. Upravo je ovaj doktorski rad to i dokazao.

Prateći takav trend i logiku, jasno je da se model može i mora dodatno razvijati. Područje daljnjeg razvoja modela može se usmjeriti na dva dijela:

- segmentalno razvijanje modela i
- ekonomsko razvijanje modela.

Pod segmentalnim razvojem modela podrazumijeva se razvoj modela u sljedećim segmentima, koji bi se mogli implementirati u model:

- segment uključivanja gubitaka kroz dio vanjske ovojnice – *poda*,
- proširenje modela na višestambene zgrade, a ne samo na samostojeće zgrade,
- proširenje modela na nestambene (poslovne) zgrade,
- proširenje modela na dobitke energije (ne samo gubitke) preko obnovljivih izvora energije.

S druge strane, pod ekonomskim razvojem modela podrazumjeva se nadogradnja modela s aplikacijom izračuna ukupne cijene korektivnih mjera. Popescu (Popescu, 2010.) ističe vrlo veliki utjecaj energetske učinkovitosti na vrijednost nekretnine što je dodatan poticaj razvijanju modela kroz ekonomsku perspektivu, s druge strane Thompson (Thompson, 2008.) naglašava da ekonomsko upravljanje projektima dodatno daje konkurentsku sposobnost, a sve zajedno Žajdjela Hrustek (Žajdjela Hrustek, 2013.) svrstava pod sektorski pristup upravljanju projektima na državnoj razini. U ovom doktorskom radu naglasak je na prioritet mjera s aspekta nužnosti korektivnih mjera koje utječu na zadržavanje definirane (projektirane) kvalitete. Model ne uzima u obzir koliko pojedina mjera ima troškove i može li investitor izvesti prioritetnu mjeru. Proširenjem s takvom aplikacijom omogućilo bi se investitoru kreiranje individualnih prioritetnih mjera uzimajući u obzir trenutne ekonomske mogućnosti.

Dakle, temeljna strategija upravljanja preciznošću procjene kvalitete zgrade je postavljena i važno je naglasiti potrebu za daljnjim razvojem modela preko definiranih indeksa kvalitete.

8. ZAKLJUČAK

Istraživanje provedeno u okviru ove doktorske disertacije svojim je rezultatima dalo doprinos strateškom planiranju projekata energetske učinkovitosti, provođenju projekata, upravljanju takvim projektima i gospodarenju energijom nakon izgradnje. Pored toga, doprinos se u velikoj mjeri očituje i u podizanju konkurentske prednosti svih subjekata koji su uključeni u takve projekte, od investitora i izvođača radova do dobavljača opreme, ali i gospodarstva u cjelini na području Republike Hrvatske. Primjenom empirijskih i teorijskih istraživanja, izvršeno je prikupljanje i analiza podataka potrebnih u izradi modela upravljanja kvalitetom zgrada koji čine mjerljivi parametri kao i baza korektivnih mjera s ciljem zadržavanja i poboljšavanja kvalitete vanjske ovojnice zgrade, a ujedno i održivo upravljanje i gospodarenje energijom i reguliranjem ispuštanja štetnih plinova u atmosferu.

Na temelju prikupljenih podataka, razvijen je model za upravljanje preciznošću procjene projekata energetske učinkovitosti preko definiranih indeksa kvalitete. Model ima svoju primjenu u donošenju odluka u procesu planiranja izgradnje građevinskih objekata, projektiranju zgrada, izgradnji i posebno u procesu upravljanja zgradom nakon izgradnje prateći životni vijek zgrade i preporučujući koje mjere treba poduzeti kako bi se poboljšala ili barem zadržala postojeća kvaliteta zgrade.

Razvijeni model omogućuje sistematizaciju znanja, statističko praćenje neophodnih parametara i pravodobnu aktivnost potrebnih akcija sa svrhom postizanja bolje kvalitete. Društvena opravdanost istraživanja očituje se u doprinosu koje je istraživanje dalo u postupku kreiranja strategije provođenja mjera koje će se sufinancirati na lokalnoj i državnoj razini. Nadalje, doprinos se može vidjeti i u eventualnoj nadogradnji postojeće metodologije kako bi se cilj optimizacije čimbenika koji utječu na kvalitetu mogao ispuniti u većoj mjeri.

U postupku razvoja modela primijenjena su znanja iz područja tehničkih i informacijskih znanosti te se je takva primjena pokazala kao neophodna ukoliko se želi dati znanstveni doprinos koji može imati vrlo veliku primjenu u gospodarstvu. Posebno je važno istaknuti kako su provedena istraživanja pokazala kako se razina kvalitete ovakvih projekata ne može optimalizirati bez kombinacije različitih područja znanja. Drugim riječima, ukoliko se želi dati doprinos razvoju gospodarstva u Republici Hrvatskoj na način da se ostvaruje konkurentska prednost neophodna su kombinirana znanja primijenjena u praksi. Ukoliko će ovaj rad i rezultati provedenih istraživanja pomoći barem malo gospodarstvu, ispunio je svoju cilj i svrhu.

LITERATURA

1. Alfirević, I. i suradnici; "Inženjerski priručnik - temelji inženjerskih znanja", Školska knjiga, Zagreb, 1996.
2. Andrassy, M. i suradnici; "Priručnik za energetsko certificiranje zgrada", Tiskara Zelina, Zagreb, 2010.
3. Cajner, H.; „Korelacija i regresija“, skripte s predavanja, 2012.
4. Cerić, A., Marić, T.; „Određivanje prvenstva pri upravljanju rizicima građevinskih projekata“, Građevinar 63, Zagreb, 2011.
5. Certo, S. T., Certo, S. C., *Moderni menadžment*, Zagrebačka škola ekonomije i menadžmenta, MATE, Zagreb, 2008.
6. Čerić, V.; “Simulacijsko modeliranje”, Školska knjiga, Zagreb, 1993.
7. Čerić, V., Varga, M., Birolla, H., “Poslovno računarstvo”, Znak, Zagreb, 1998.
8. Dolaček-Alduk, Z., Radujković, M., Mikulić, D.; „Model upravljanja troškovima kvalitete u građevinskim projektima“, Građevinar 61, Zagreb, 2009.
9. Dović, D. i suradnici; Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2015.
10. Dunović Burcar, I., „Upravljanje rizicima kod velikih infrastrukturnih projekata“, doktorska disertacija, Zagreb, Građevinski fakultet, 2012.
11. Hauc, A.: „Projektni menadžment & projektno poslovanje“, M.E.P. Consult, Zagreb, 2007.
12. Gelo, T.; "Energetski pokazatelji kao indikatori razvijenosti zemlje", Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, 2010.
13. Internacional Project Management Association (IPMA), Available from www.ipma.ch
14. Jones, P., Ujjval, K. V.; “Residential Energy Efficiency: A model metodology for determining performance Outcomec”, Real Estate Issues, Vol. 35., p.p. 41-47, 2010.
15. Lazibat, T.: Upravljanje kvalitetom, Znanstvena knjiga d.o.o., Zagreb, 2009.
16. Lulić, I.; “Uporaba metode regresijske analize u rješavanju problema vezanih za inženjersku praksu”, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014.
17. Kmenta, J., “Počela ekonometrije”, MATE, Zagreb, 1997.
18. Kok, N., McGraw, M., Quigley, J. M.; „The diffusion over time and space of energy efficiencyin building“, American EconomicAssociation, p.p. 77-82, Denver, 2011.
19. Marić, T., „Upravljanje građevinskim projektom povezivanjem podataka o troškovima, vremenu i kvaliteti“, doktorska disertacija, Zagreb, Građevinski fakultet, 2007.

20. Mejovšek, M.; “Uvod u metode znanstvenog istraživanja u društvenim i humanističkim znanostima”, Jastrebarsko, Naklada slap, 2003.
21. Metodologija provođenja energetskog pregleda građevina, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, Zagreb, 2012.
22. Mihić, M., Petrović, D., Vučković, A.; „Mogućnosti primene cost-benefit analize u projektima energetske efikasnosti u zgradarstvu“, Ekonomski fakultet, Niš, ekonomske teme p.p. 355-378, 2011.
23. Milovanović, B., Štirmer, N., Pečur, I. B.: „Važnost kvalitete izvedbe zgrada u svjetlu zahtjeva energijske učinkovitosti“, Zbornik radova 13. međunarodnog simpozija o kvaliteti, Solin, 2012.
24. Montgomery, D. C., Runger, G. C.; „Applied Statistics and Probability for Engineers“, John Wiley&Sons, 2010.
25. Moynihan, G. P., Triantafillu, D.; „Energy Savings for Manufacturing Facility Using Building Simulation Modeling: A Case Study“, Engineering Management Journal, Vol.24, p.p. 73-84, 2012.
26. Muntean, M., Mircea, G., Business Intelligence Solutions for Gaining Competitive Advantage, Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Databases, University of Cambridge, UK, February 20-22, 2008, WSEAS Press, pp., 549-552.
27. Omazić, M. A., Baljkas, S.: „Projektni menadžment“, Sinergija, Zagreb, 2005.
28. Orešković, M.; “Integralni model organizacije praćenja i kontrole javnih projekata”, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Zagreb, 2004.
29. Oslić, I.:, „Kvaliteta i poslovna izvrsnost“, MEP Consult, Zagreb, 2008.
30. Pašagić, V.; „Primjena termografije u građevinarstvu“, Građevinar p.p. 1055-1064, Zagreb, 2008.
31. Pavković, B., Zanki, V., “Energetska učinkovitost u sektoru graditeljstva u Hrvatskoj – preliminarne energetske studije”, Strojarstvo 52, str. 681.-694., Zagreb, 2010.
32. Petz, B., Kolesarić, V., Ivanec, D.; Petzova statistika, Jastrebarsko, Naklada slap, 2012.
33. Pivac, S., Šego, B.; “Statistika”, Alka script, Zagreb, 2014.
34. Popescu, D., Bienert, S., and all.; “Proposed methods for valuation of energy efficient buildings”, The Valuation Journal, vol.5, p.p. 43-57, 2010.
35. Roulet, C. A., Randall.; „Multicriteria analysis of health, comfort and energy efficiencyin buildings“, Building Research &Information, p.p. 475-482, 2006.

36. Soldo, V., Novak, S., Horvat, I.: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema HRN EN 13790, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva Zagreb, 2012.
37. Soldo, V., Novak, S., Horvat, I.; Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014.
38. Škrlec, K., Gajdić, D.; "Učinci mjera energetske učinkovitosti na području Koprivničko-križevačke županije", Zbornik radova 17. međunarodnog simpozija o kvaliteti, Zagreb, 2016.
39. Škrlec, K., Gajdić, D., Čančarević, M.; "Mjerenje kvalitete energetske učinkovitosti preko I_r indeksa", Zbornik radova 15. međunarodnog simpozija o kvaliteti, Zagreb, 2014.
40. Škrlec, K., Gajdić, D., Skrba, D.; "Energetska učinkovitost - dodatna kvaliteta u proizvodnji i građevinarstvu", Zbornik radova 13. međunarodnog simpozija o kvaliteti, Solin, 2012.
41. Škrlec, K., Meštrović, I.; "Subvencije energetske učinkovitosti u svrhu povećanja kvalitete u građevinarstvu", Zbornik radova 13. međunarodnog simpozija o kvaliteti, Rovinj, 2013.
42. Škrlec, K., Mikulčić, S.; "Strategija mjera energetske učinkovitosti u stambenom sektoru u Koprivničko-križevačkoj županiji", Zbornik radova 16. Međunarodnog simpozija o kvaliteti, Zagreb, 2015.
43. Škrtić, M., Mikić, M.; "Poduzetništvo", Sinergija d.o.o., Zagreb, 2011.
44. Šošić, I.; "Primjenjena statistika", Školska knjiga, Zagreb, 2004.
45. Štambuk, A., Biljan-August, M.; "Regresijska i korelacijska analiza", Rijeka, 2013.
46. Štirmer, N., Pečur, I. B., Milovanović, B., "Development of Building Workers Continuous Education System in the Energy Efficiency Field", Zbornik radova 14. Međunarodnog simpozija o kvaliteti, Rovinj, 2013.
47. Šuvak, N., Benšić, M.; "Primjenjena statistika", Osijek, 2013.
48. Tipurić, D., Bosilj-Vukšić, V., „Konkurentska sposobnost poduzeća", Sinergija d.o.o., Zagreb, 1999.
49. Thompson, A. A., Strickland III, A. J., Gamble, J. E., *Strateški menadžment: u potrazi za konkurentskom prednošću*, Zagrebačka škola ekonomije i menadžmenta, MATE, Zagreb, 2008.
50. Vujević, M.; "Uvođenje u znanstveni rad na području društvenih znanosti, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
51. Zelenika, R., Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2000.

52. Žajdela Hrustek, N., Dušak, V., Severović, K.; "Sektorski pristup upravljanju projektima", Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, 2013.
53. Žugaj, M., Dumičić, K., Dušak, V.; „Temelji znanstvenoistraživačkog rada“, TIVA, Varaždin, 2006.

Internet stranice Narodnih novina:

54. Pravilnik o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html
55. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_03_29_518.html
56. Zakon o energetskoj učinkovitosti, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_78_1616.html
57. Zakon o energetskoj učinkovitosti, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html
58. Zakon o gradnji, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_12_153_3221.html
59. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_08_97_1938.html
60. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/438515.pdf
61. Tablični prikazi meteoroloških veličina, položaja i visina za klimatski mjerodavne meteorološke postaje, http://www.mgipu.hr/doc/Propisi/Meteo_parametri_po_postajama.pdf

Ostale internet stranice:

62. Primjena izolacije – izolacija vanjskih zidova, http://www.knaufinsulation.hr/primjena-izolacije-izolacija-vanjskih-zidova
63. Primjena izolacije – izolacija potkrovlja/kosih krovova, http://www.knaufinsulation.hr/primjena-izolacije-izolacija-potkrovlja-kosih-krovova
64. Primjena izolacije – izolacija spuštenih stropova, http://www.knaufinsulation.hr/primjena-izolacije-izolacija-spustenih-stropova
65. Energetska učinkovitost, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14520
66. Propisi iz područja energetske učinkovitosti, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=12841

67. Energetsko certificiranje zgrada, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14522
68. Ovlaštene osobe za energetsko certificiranje zgrada, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14550

Popis priloga:

Prilog 1. Standardizirane stranice energetskog certifikata za stambene zgrade

Prilog 2. Originalni rezultati obrade podataka iz računalnog programa - SPSS

Prilog 3. Primjeri mjerenih parametara temperature zraka po mjesecima u godini za referentne hidrometeorološke postaje u RH – Državni hidrometeorološki zavod

Prilog 4. Primjeri Izjava o svojstvima proizvoda

PRILOG 1. Standardizirane stranice Energetskog certifikata za stambene zgrade preuzete sa stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja

prema Direktivi 2010/31/EU

Zgrada ☐ nova / veća rekonstrukcija ☐ prodaja ☐ iznajmljivanje, zakup, leasing

Vrsta zgrade	
Naziv zgrade	
Adresa	
Mjesto	
k. č.	k. o.
Vlasnik / investitor	
Godina izgradnje	Izvođač

Energetski certifikat stambene zgrade

$Q''_{H,nd,ref}$ kWh/(m²a)

Izračun

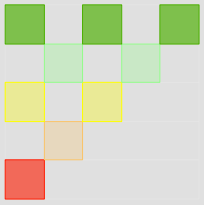
A+	≤ 15	
A	≤ 25	A
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Podaci o zgradi	
A_K [m²]	f_0 [m⁻¹]
V_e [m³]	$H'_{tr,adj}$ [W/(m²K)]
Podaci o osobi koja je izdala certifikat	
Ovlaštena fizička ili pravna osoba	
Imenovana osoba u pravnoj osobi	
Registarski broj ovlaštene osobe	
Oznaka energetskog certifikata	
Datum izdavanja / rok važenja	
Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe	

Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi energetskog certifikata

Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis
Građevinski			
Strojarski			
Elektrotehnički			

Klimatski podaci	
Klimatski podaci (kontinentalna ili primorska Hrvatska)	
Broj stupanj dana grijanja S_D [Kd/a]	
Broj dana sezone grijanja Z [d]	
Srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja θ_e [°C]	
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja θ_i [°C]	



Podaci o termotehničkim sustavima zgrade	
Način grijanja zgrade (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor, mješovito)	
Izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode	
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor, mješovito)	
Izvori energije koji se koriste za hlađenje	
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez ili s povratom topline, mješovito)	
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	
Udio obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje [%]	

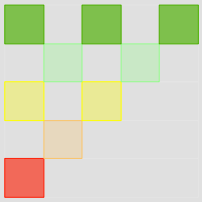
Energetske potrebe

	Za referentne klimatske podatke		**Za stvarne klimatske podatke**		**Zahtjev**	
	Ukupno [kWh/a]	**Specifično [kWh/m²a]**	**Ukupno [kWh/a]**	**Specifično [kWh/m²a]**	**Dopušteno [kWh/m²a]**	**Ispunjeno DA / NE**
$Q_{H,nd}$						
Q_W						
$Q_{H,ls}$						
$Q_{W,ls}$						
Q_H						
E_{del}						
E_{prim}						
CO_2 [kg/a]						

Građevni dio zgrade	U [W/(m²K)]	U_{max} [W/(m²K)]	Ispunjeno DA / NE
Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetravanom tavanu			
Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu			
Zidovi prema tlu, podovi prema tlu			
Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže			
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0 °C			
Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja			
Vanjska vrata s neprozirnim vratnim krilom			

Prijedlog mjera

- Prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade temeljem Izvješća o energetskom pregledu zgrade
- Za nove zgrade i zgrade nakon veće rekonstrukcije daju se preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom i očuvanja topline i ispunjenje energetskih svojstava zgrade



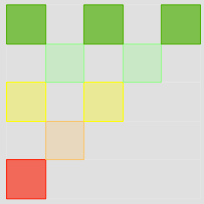
Mjera / preporuka	Jednostavni period povrata ulaganja
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	

Detaljnije informacije

(uključujući one koje se odnose na troškovnu učinkovitost prijedloga mjera ili preporuka)

Dodatak

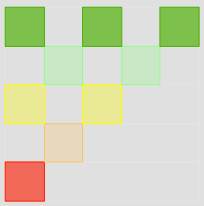
Objašnjenje tehničkih pojmova



Ploština korisne površine zgrade, A_K [m^2], jest ukupna ploština neto podne površine grijanog dijela zgrade.
Obujam grijanog dijela zgrade, V_e [m^3], jest bruto obujam grijanog dijela zgrade kojem je oplošje A.
Faktor oblika zgrade, $f0 = A/Ve$ [m^{-1}], jest količnik oplošja A i obujma grijanog dijela zgrade V_e.
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka, Htr,adj [W/K], jest količnik između toplinskog toka koji se transmisijom prenosi iz grijane zgrade prema vanjskom prostoru i razlike između unutarnje projektne temperature u sezoni grijanja i vanjske temperature.
Srednja vanjska temperatura, θe [°C], jest osrednjena vrijednost temperature vanjskog zraka u promatranom vremenskom periodu prema meteorološkoj postaji najbližoj lokaciji zgrade.
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja, θ_i [°C], jest projektom predviđena temperatura unutarnjeg zraka svih prostora grijanog dijela zgrade.
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za stvarne klimatske podatke, QH,nd [kWh/a], jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba dovesti tijekom jedne godine za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, QH,nd,ref [kWh/a], jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade za referentne klimatske podatke.
Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, Q"H,nd,ref [kWh/(m²a)], jest godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke izražena po jedinici ploštine korisne površine zgrade.
Dopuštena vrijednost specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, Q"H,nd,dop [kWh/(m²a)], jest dopuštena specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje koja se izračunava uz uvjete propisane za nove stambene zgrade prema posebnom propisu kojim se propisuju tehnički zahtjevi glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite novih i postojećih zgrada.
Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode, QW [kWh/a], jest računski određena količina topline koju sustavom pripreme potrošne tople vode treba dovesti tijekom jedne godine za zagrijavanje vode.
Godišnji toplinski gubici sustava grijanja, QH,ls [kWh/a], jesu energetski gubici sustava grijanja tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutarnje temperature u zgradi.
Godišnji toplinski gubici sustava za zagrijavanje potrošne tople vode, QW,ls [kWh/a], jesu energetski gubici sustava pripreme potrošne tople vode tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za zagrijavanje vode.
Godišnja potrebna toplinska energija, QH [kWh/a], jest zbroj godišnje potrebne topline i godišnjih toplinskih gubitaka sustava za grijanje i zagrijavanje potrošne tople vode u zgradi.
Godišnja isporučena energija, Edel [kWh/a], jest energija dovedena tehničkim sustavima zgrade tijekom jedne godine za pokrivanje energetskih potreba za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu, rasvjetu i pogon pomoćnih sustava.
Godišnja primarna energija, Eprim [kWh/a], jest računski određena količina energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta niti jednom postupku pretvorbe.
Godišnja emisija ugljičnog dioksida, CO2 [kg/a], jest masa emitiranog ugljičnog dioksida u vanjski okoliš tijekom jedne godine koja je posljedica energetskih potreba zgrade.

Dodatak

Detaljan popis propisa, normi i proračunskih postupaka za određivanje podataka navedenih u energetskom certifikatu



PRILOG 2. Originalni rezultati obrade podataka iz računalnog programa - SPSS

```
GET DATA
  /TYPE=XLS
  /FILE='C:\Users\Doktorska disertacija\Obrada podataka\Obrada\Zid - Parametri modela - vanjski zid.xls'

EXECUTE.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
REGRESSION
  /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA COLLIN TOL
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT QHndmz
  /METHOD=ENTER Azm2 dopekecm dizol VGDZm3 λop λizol CO2 fo Uz tzid
  /SCATTERPLOT=(*ZRESID ,*ZPRED)
  /RESIDUALS DURBIN HISTOGRAM(ZRESID)
  /SAVE PRED ZPRED.
```

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
(QH,nd)m - z	3041,98	2868,232	50
Az (m2)	170,0010	60,85043	50
d - opeke (cm)	28,16	3,346	50
d-izol	10,65	3,640	50
V - GDZ (m3)	542,41	201,603	50
λop	,4544	,12002	50
λizol	,05888	,113386	50
CO2	784,60	655,543	50
fo	,7306	,12369	50
Uz	,3608	,20469	50
t zid	5,24	3,172	50

Correlations

		(QH,nd)m - z	Az (m2)	d - opeke (cm)	d-izol	V - GDZ (m3)	λop	λizol	CO2	fo	Uz	t zid
Pearson Correlation	(QH,nd)m - z	1,000	,685	,379	-,533	,709	,029	,621	,940	-,875	,852	,425
	Az (m2)	,685	1,000	,574	-,020	,827	-,216	,365	,655	-,649	,268	-,087
	d - opeke (cm)	,379	,574	1,000	,175	,371	-,149	,202	,511	-,460	,178	-,196
	d-izol	-,533	-,020	,175	1,000	-,181	-,287	-,236	-,469	,480	-,770	-,836
	V - GDZ (m3)	,709	,827	,371	-,181	1,000	-,235	,404	,607	-,761	,454	,057
	λop	,029	-,216	-,149	-,287	-,235	1,000	-,032	-,003	,144	,154	,339
	λizol	,621	,365	,202	-,236	,404	-,032	1,000	,572	-,544	,534	,217
	CO2	,940	,655	,511	-,469	,607	-,003	,572	1,000	-,829	,780	,388
	fo	-,875	-,649	-,460	,480	-,761	,144	-,544	-,829	1,000	-,784	-,277
	Uz	,852	,268	,178	-,770	,454	,154	,534	,780	-,784	1,000	,685
	t zid	,425	-,087	-,196	-,836	,057	,339	,217	,388	-,277	,685	1,000
Sig. (1-tailed)	(QH,nd)m - z	.	,000	,003	,000	,000	,422	,000	,000	,000	,000	,001
	Az (m2)	,000	.	,000	,445	,000	,066	,005	,000	,000	,030	,275
	d - opeke (cm)	,003	,000	.	,112	,004	,151	,080	,000	,000	,108	,086
	d-izol	,000	,445	,112	.	,104	,022	,050	,000	,000	,000	,000
	V - GDZ (m3)	,000	,000	,004	,104	.	,051	,002	,000	,000	,000	,347
	λop	,422	,066	,151	,022	,051	.	,412	,492	,159	,142	,008
	λizol	,000	,005	,080	,050	,002	,412	.	,000	,000	,000	,065
	CO2	,000	,000	,000	,000	,000	,492	,000	.	,000	,000	,003
	fo	,000	,000	,000	,000	,000	,159	,000	,000	.	,000	,026
	Uz	,000	,030	,108	,000	,000	,142	,000	,000	,000	.	,000
	t zid	,001	,275	,086	,000	,347	,008	,065	,003	,026	,000	.

N	(QH,nd)m - z	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Az (m2)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d - opeke (cm)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d-izol	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	V - GDZ (m3)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λop	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λizol	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	CO2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	fo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Uz	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t zid	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	t zid, V - GDZ (m3), λop, d - opeke (cm), λizol, CO2, d-izol, Az (m2), fo, Uz[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - z

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,993[a]	,985	,982	387,783	2,238

a. Predictors: (Constant), t zid, V - GDZ (m3), λop, d - opeke (cm), λizol, CO2, d-izol, Az (m2), fo, Uz

b. Dependent Variable: (QH,nd)m - z

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	397246279,538	10	39724627,954	264,169	,000[b]
	Residual	5864663,442	39	150375,986		
	Total	403110942,980	49			

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - z

b. Predictors: (Constant), t zid, V - GDZ (m3), λop, d - opeke (cm), λizol, CO2, d-izol, Az (m2), fo, Uz

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1886,901	1536,655		-1,228	,227	-4995,080	1221,278		
	Az (m2)	19,706	2,540	,418	7,760	,000	14,569	24,843	,129	7,782
	d - opeke (cm)	-138,096	25,791	-,161	-5,354	,000	-190,263	-85,929	,412	2,427
	d-izol	74,148	37,690	,094	1,967	,056	-2,088	150,384	,163	6,132
	V - GDZ (m3)	-,630	,690	-,044	-,913	,367	-2,026	,766	,159	6,306
	λop	886,241	531,690	,037	1,667	,104	-189,203	1961,685	,754	1,327
	λizol	704,093	643,380	,028	1,094	,281	-597,264	2005,451	,577	1,734

CO2	1,599	,234	,365	6,843	,000	1,126	2,072	,131	7,645
fo	666,874	1431,856	,029	,466	,644	-2229,328	3563,075	,098	10,221
Uz	8813,540	959,376	,629	9,187	,000	6873,018	10754,061	,080	12,566
t zid	-66,084	38,382	-,073	-1,722	,093	-143,719	11,550	,207	4,831

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - z

Collinearity Diagnostics[a]

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions										
				(Constant)	Az (m2)	d - opeke (cm)	d-izol	V - GDZ (m3)	λop	λizol	CO2	fo	Uz	t zid
1	1	9,166	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	,992	3,040	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,24	,01	,00	,00	,00
	3	,404	4,764	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,26	,00	,00	,01	,05
	4	,256	5,984	,00	,01	,00	,00	,01	,01	,35	,06	,00	,00	,03
	5	,071	11,355	,00	,01	,00	,01	,11	,06	,01	,22	,00	,00	,06
	6	,043	14,569	,00	,03	,00	,00	,02	,02	,02	,09	,00	,22	,28
	7	,042	14,729	,00	,02	,00	,04	,01	,74	,01	,00	,00	,02	,03
	8	,012	27,926	,01	,26	,07	,39	,26	,10	,03	,19	,01	,03	,18
	9	,007	35,250	,02	,18	,07	,35	,19	,04	,01	,41	,13	,09	,28
	10	,005	41,694	,00	,47	,59	,16	,24	,01	,06	,02	,03	,37	,01
	11	,001	102,811	,97	,00	,27	,04	,17	,02	,01	,00	,84	,26	,08

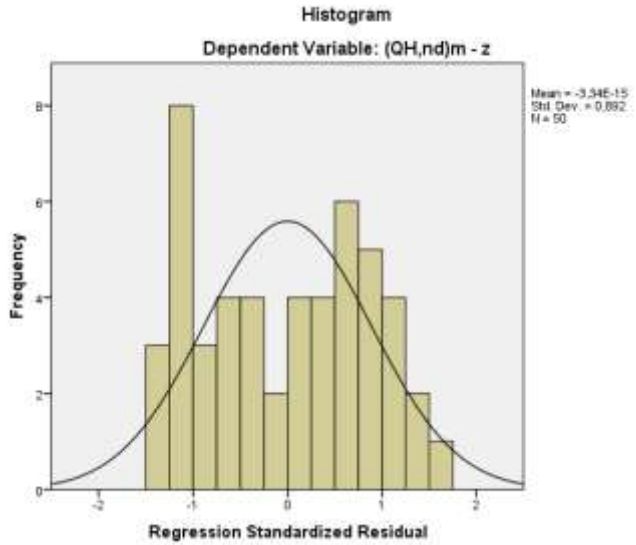
a. Dependent Variable: (QH,nd)m - z

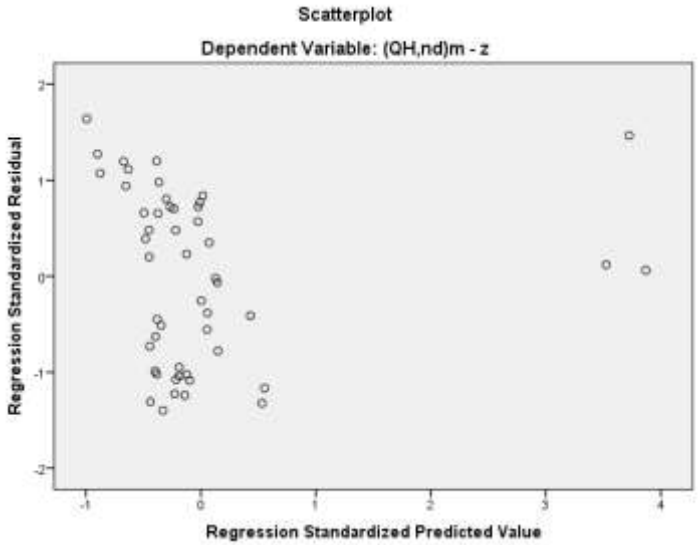
X

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	211,40	14062,31	3041,98	2847,291	50
Residual	-542,504	636,605	,000	345,958	50
Std. Predicted Value	-,994	3,870	,000	1,000	50
Std. Residual	-1,399	1,642	,000	,892	50

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - z





```
GET DATA
  /TYPE=XLS
  /FILE='C:\Users\Doktorska disertacija\Obrada podataka\Obrada\Strop - Parametri modela - strop.xls'

REGRESSION
  /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA COLLIN TOL
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT QHndmk
  /METHOD=ENTER Akm2 dbezizolacije dizolacije Vstr λiz λd Uk CO2k tstrop
  /SCATTERPLOT=(*ZRESID ,*ZPRED)
  /RESIDUALS DURBIN HISTOGRAM(ZRESID)
  /SAVE PRED ZPRED.
```

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
(QH,nd)m - k	1922,34	1169,006	50
Ak (m2)	102,53	28,479	50
d - bez izolacije	15,67	6,549	50
d-izolacije	11,44	7,527	50
V - str	28,0617	14,77937	50
λiz	,05748	,129307	50
λd	,713	,4146	50
Uk	,4946	,42825	50
CO2 - k	492,26	271,777	50
t - strop	6,48	3,112	50
(QH,nd)m - k	1922,34	1169,006	50

Correlations

		(QH,nd)m - k	Ak (m2)	d - bez izolacije	d-izolacije	V - str	λiz	λd	Uk	CO2 - k	t - strop
Pearson Correlation	(QH,nd)m - k	1,000	,381	-,060	-,709	-,254	,161	,104	,625	,947	,556
	Ak (m2)	,381	1,000	-,165	,271	,589	-,124	-,219	-,257	,263	-,169
	d - bez izolacije	-,060	-,165	1,000	,095	,446	,069	,534	,108	,020	-,228
	d-izolacije	-,709	,271	,095	1,000	,778	-,126	-,138	-,715	-,789	-,690
	V - str	-,254	,589	,446	,778	1,000	-,096	,129	-,459	-,320	-,598
	λiz	,161	-,124	,069	-,126	-,096	1,000	,165	,164	,133	,086
	λd	,104	-,219	,534	-,138	,129	,165	1,000	,425	,175	-,137
	Uk	,625	-,257	,108	-,715	-,459	,164	,425	1,000	,642	,547
	CO2 - k	,947	,263	,020	-,789	-,320	,133	,175	,642	1,000	,552
	t - strop	,556	-,169	-,228	-,690	-,598	,086	-,137	,547	,552	1,000
Sig. (1-tailed)	(QH,nd)m - k	.	,003	,340	,000	,038	,132	,237	,000	,000	,000
	Ak (m2)	,003	.	,125	,028	,000	,196	,063	,036	,032	,121
	d - bez izolacije	,340	,125	.	,256	,001	,317	,000	,228	,444	,055
	d-izolacije	,000	,028	,256	.	,000	,191	,169	,000	,000	,000
	V - str	,038	,000	,001	,000	.	,253	,186	,000	,012	,000
	λiz	,132	,196	,317	,191	,253	.	,126	,127	,179	,277
	λd	,237	,063	,000	,169	,186	,126	.	,001	,113	,172
	Uk	,000	,036	,228	,000	,000	,127	,001	.	,000	,000
	CO2 - k	,000	,032	,444	,000	,012	,179	,113	,000	.	,000
	t - strop	,000	,121	,055	,000	,000	,277	,172	,000	,000	.

N	(QH,nd)m - k	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Ak (m2)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d - bez izolacije	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	d-izolacije	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	V - str	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λiz	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	λd	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Uk	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	CO2 - k	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t - strop	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	t - strop, λiz, Ak (m2), d - bez izolacije, λd, d-izolacije, Uk, CO2 - k, V - str[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - k

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,975[a]	,951	,940	286,381	2,502

a. Predictors: (Constant), t - strop, λiz, Ak (m2), d - bez izolacije, λd, d-izolacije, Uk, CO2 - k, V - str

b. Dependent Variable: (QH,nd)m - k

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	63681638,866	9	7075737,652	86,274	,000[b]
	Residual	3280572,354	40	82014,309		
	Total	66962211,220	49			

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - k

b. Predictors: (Constant), t - strop, λiz, Ak (m2), d - bez izolacije, λd, d-izolacije, Uk, CO2 - k, V - str

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-2012,195	748,860		-2,687	,010	-3525,697	-498,694		
	Ak (m2)	25,599	6,594	,624	3,882	,000	12,272	38,926	,047	21,069
	d - bez izolacije	37,164	21,333	,208	1,742	,089	-5,951	80,279	,086	11,660
	d-izolacije	8,474	31,954	,055	,265	,792	-56,108	73,056	,029	34,565
	V - str	-34,773	20,446	-,440	-1,701	,097	-76,097	6,550	,018	54,557
	λiz	702,716	330,463	,078	2,126	,040	34,825	1370,607	,917	1,091

	λd	45,146	158,549	,016	,285	,777	-275,293	365,586	,387	2,582
	Uk	618,522	173,858	,227	3,558	,001	267,141	969,903	,302	3,312
	CO2 - k	2,015	,555	,468	3,629	,001	,893	3,137	,074	13,601
	t - strop	36,451	20,641	,097	1,766	,085	-5,267	78,168	,406	2,465

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - k

Collinearity Diagnostics[a]

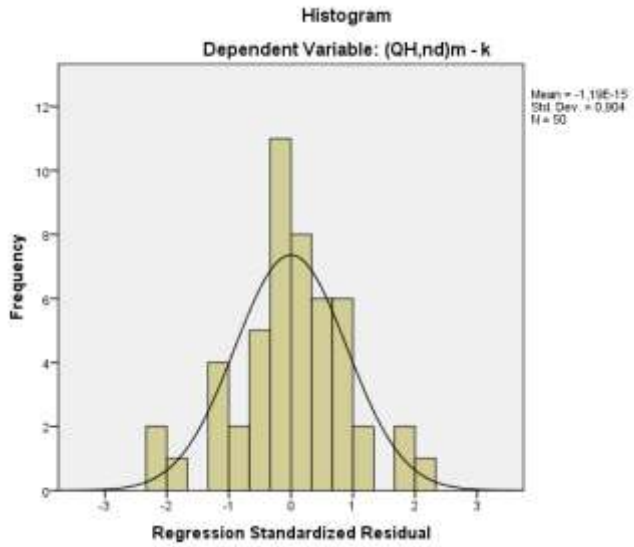
Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions									
				(Constant)	Ak (m2)	d - bez izolacije	d-izolacije	V - str	λiz	λd	Uk	CO2 - k	t - strop
1	1	7,596	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	1,027	2,719	,00	,00	,00	,00	,00	,16	,00	,03	,00	,00
	3	,739	3,205	,00	,00	,00	,00	,00	,76	,00	,01	,00	,00
	4	,305	4,992	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,14	,03	,00	,05
	5	,131	7,605	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,07	,05	,13
	6	,092	9,065	,00	,00	,06	,01	,00	,00	,00	,39	,00	,09
	7	,072	10,240	,00	,00	,04	,00	,00	,00	,55	,37	,00	,03
	8	,029	16,072	,04	,00	,01	,01	,04	,00	,09	,01	,01	,62
	9	,006	34,803	,03	,16	,01	,38	,01	,04	,00	,03	,92	,00
	10	,001	85,092	,93	,83	,87	,59	,95	,00	,22	,07	,02	,08

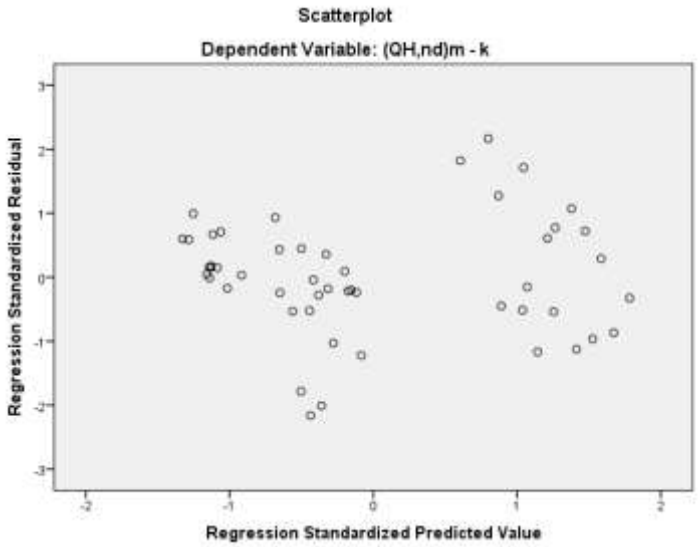
a. Dependent Variable: (QH,nd)m – k

Residuals Statisticsa

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	408,38	3953,83	1922,34	1140,011	50
Residual	-619,059	620,269	,000	258,748	50
Std. Predicted Value	-1,328	1,782	,000	1,000	50
Std. Residual	-2,162	2,166	,000	,904	50

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - k





```
GET DATA
  /TYPE=XLS
  /FILE='C:\Users\Doktorska disertacija\Obrada podataka\Obrada\Stolarija - Parametri modela – vanjska stolarija.xls'

REGRESSION
  /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS CI(95) R ANOVA COLLIN TOL
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT QHndmS
  /METHOD=ENTER Azidm2 Asm2 Uw Lm Ag Af Ug CO2s tstol
  /SCATTERPLOT=(*ZRESID ,*ZPRED)
  /RESIDUALS DURBIN HISTOGRAM(ZRESID)
  /SAVE PRED ZPRED.
```

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
(QH,nd)m - S	2582,24	1213,992	50
Azid (m2)	170,1610	60,75589	50
As (m2)	31,1136	13,89438	50
Uw	1,602	,3808	50
L (m)	68,23	33,573	50
Ag	23,2044	10,67514	50
Af	7,7280	4,14860	50
Ug	1,148	,3852	50
CO2 - s	623,18	289,784	50
t - stol	5,58	2,556	50
(QH,nd)m - S	2582,24	1213,992	50

Correlations

		(QH,nd)m - S	Azid (m2)	As (m2)	Uw	L (m)	Ag	Af	Ug	CO2 - s	t - stol
Pearson Correlation	(QH,nd)m - S	1,000	,531	,478	,030	,491	,429	,506	-,080	,969	,361
	Azid (m2)	,531	1,000	,830	,091	,799	,862	,583	,010	,580	,027
	As (m2)	,478	,830	1,000	-,128	,886	,977	,849	-,257	,544	,014
	Uw	,030	,091	-,128	1,000	-,252	-,060	-,267	,938	-,016	,533
	L (m)	,491	,799	,886	-,252	1,000	,905	,650	-,302	,565	-,084
	Ag	,429	,862	,977	-,060	,905	1,000	,719	-,183	,497	,007
	Af	,506	,583	,849	-,267	,650	,719	1,000	-,386	,553	,037
	Ug	-,080	,010	-,257	,938	-,302	-,183	-,386	1,000	-,129	,457
	CO2 - s	,969	,580	,544	-,016	,565	,497	,553	-,129	1,000	,269
	t - stol	,361	,027	,014	,533	-,084	,007	,037	,457	,269	1,000
Sig. (1-tailed)	(QH,nd)m - S	.	,000	,000	,419	,000	,001	,000	,291	,000	,005
	Azid (m2)	,000	.	,000	,264	,000	,000	,000	,472	,000	,426
	As (m2)	,000	,000	.	,187	,000	,000	,000	,036	,000	,461
	Uw	,419	,264	,187	.	,039	,340	,030	,000	,457	,000
	L (m)	,000	,000	,000	,039	.	,000	,000	,017	,000	,280
	Ag	,001	,000	,000	,340	,000	.	,000	,102	,000	,481
	Af	,000	,000	,000	,030	,000	,000	.	,003	,000	,400
	Ug	,291	,472	,036	,000	,017	,102	,003	.	,186	,000
	CO2 - s	,000	,000	,000	,457	,000	,000	,000	,186	.	,030
	t - stol	,005	,426	,461	,000	,280	,481	,400	,000	,030	.

N	(QH,nd)m - S	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Azid (m2)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	As (m2)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Uw	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	L (m)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Ag	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Af	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Ug	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	CO2 - s	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t - stol	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	t - stol, Ag, Ug, CO2 - s, Af, Azid (m2), L (m), Uw, As (m2)[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - S

b. All requested variables entered.

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,976[a]	,953	,943	290,691	1,210

a. Predictors: (Constant), t - stol, Ag, Ug, CO2 - s, Af, Azid (m2), L (m), Uw, As (m2)

b. Dependent Variable: (QH,nd)m - S

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	68835040,973	9	7648337,886	90,512	,000[b]
	Residual	3380039,290	40	84500,982		
	Total	72215080,263	49			

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - S

b. Predictors: (Constant), t - stol, Ag, Ug, CO2 - s, Af, Azid (m2), L (m), Uw, As (m2)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-30,725	301,092		-,102	,919	-639,255	577,804		
	Azid (m2)	1,856	1,672	,093	1,110	,274	-1,524	5,235	,167	5,986
	As (m2)	89,363	132,078	1,023	,677	,503	-177,576	356,303	,001	1952,869
	Uw	-100,934	447,135	-,032	-,226	,823	-1004,627	802,759	,059	16,810
	L (m)	-1,210	4,359	-,033	-,278	,783	-10,019	7,599	,081	12,417
	Ag	-99,504	131,026	-,875	-,759	,452	-364,316	165,309	,001	1134,474

	Af	-89,578	135,399	-,306	-,662	,512	-363,229	184,073	,005	182,964
	Ug	-37,744	409,994	-,012	-,092	,927	-866,373	790,886	,069	14,465
	CO2 - s	3,961	,243	,946	16,272	,000	3,469	4,453	,347	2,885
	t - stol	60,403	21,749	,127	2,777	,008	16,447	104,360	,558	1,792

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - S

Collinearity Diagnostics[a]

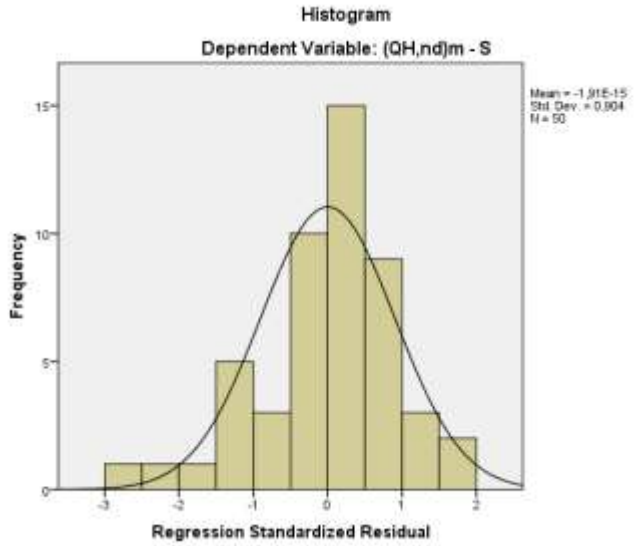
Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions									
				(Constant)	Azid (m2)	As (m2)	Uw	L (m)	Ag	Af	Ug	CO2 - s	t - stol
1	1	9,135	1,000	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
	2	,506	4,250	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,03
	3	,139	8,118	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,13	,21
	4	,086	10,280	,00	,01	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,33	,07
	5	,069	11,481	,05	,00	,00	,00	,02	,00	,00	,00	,05	,44
	6	,035	16,107	,26	,06	,00	,00	,08	,00	,00	,02	,03	,06
	7	,016	23,651	,11	,54	,00	,00	,19	,00	,00	,07	,03	,11
	8	,012	27,962	,02	,31	,00	,02	,21	,00	,01	,03	,21	,07
	9	,002	70,151	,53	,05	,00	,97	,47	,00	,00	,86	,22	,01
	10	5,182E-5	419,843	,03	,02	1,00	,00	,01	,99	,98	,00	,00	,00

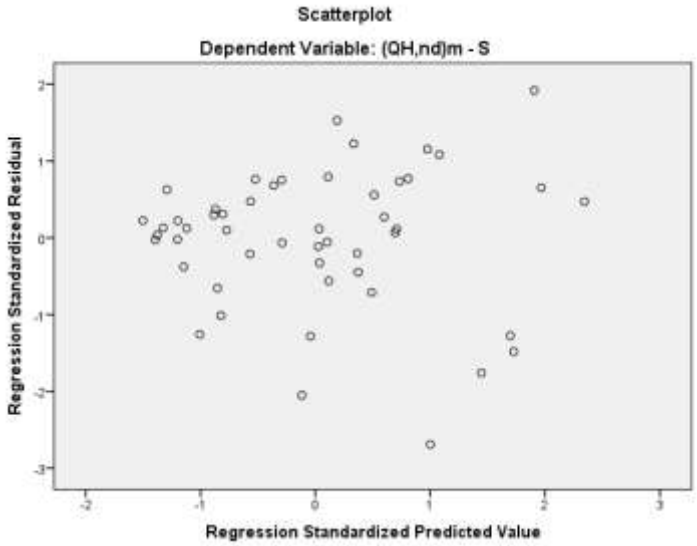
a. Dependent Variable: (QH,nd)m - S

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	801,34	5360,30	2582,24	1185,241	50
Residual	-782,018	558,443	,000	262,641	50
Std. Predicted Value	-1,503	2,344	,000	1,000	50
Std. Residual	-2,690	1,921	,000	,904	50

a. Dependent Variable: (QH,nd)m - S





PRILOG 3. Primjeri mjerenih parametara temperature zraka po mjesecima u godini za referentne hidrometeorološke postaje u RH – Državni hidrometeorološki zavod

Mjesečne vrijednosti – **Križevci** - u razdoblju: 1961-2015.

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
TEMPERATURA ZRAKA												
Srednja [°C]	-0.4	1.7	6.0	10.7	15.3	18.7	20.3	19.5	15.3	10.3	5.3	0.7
Aps. maksimum [°C]	16.8	21.7	25.2	29.6	32.7	35.1	37.6	38.5	33.5	27.9	23.9	21.6
Datum(dan/godina)	29/1988	25/2008	31/1989	29/2012	27/2008	23/2003	11/1968	6/2012	11/2011	23/1971	15/2002	17/1989
Aps. minimum [°C]	-25.5	-22.6	-18.7	-5.0	-3.0	0.5	4.0	2.4	-2.0	-7.0	-17.2	-21.0
Datum(dan/godina)	16/1963	13/1985	2/1963	14/1997	2/1962	5/1962	6/1962	25/1980	29/1977	31/1971	24/1988	31/1996
TRAJANJE OSUNČAVANJA												
Suma [sati]	59.1	93.1	143.6	181.1	237.8	248.0	286.7	264.1	187.7	134.7	69.0	47.5
OBORINA												
Količina [mm]	42.3	42.2	49.1	57.7	76.3	84.8	76.8	74.5	82.1	69.9	78.2	59.7
Maks. vis. snijega [cm]	45	53	35	5	-	-	-	-	-	-	75	75
Datum(dan/godina)	17/2013	6/1963	4/1986	1/1977	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	30/1993	1/1993
BROJ DANA												
vedrih	2	3	4	4	5	5	8	9	6	5	2	2
s maglom	10	7	4	2	1	1	1	3	7	11	11	12
s kišom	6	6	8	12	12	13	11	10	11	10	10	9
s mrazom	15	14	11	3	0	0	0	0	0	5	9	14
sa snijegom	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0	2	5
ledenih (tmin ≤ -10°C)	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
studenih (tmax < 0°C)	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8
hladnih (tmin < 0°C)	24	19	12	2	0	0	0	0	0	3	11	22
toplih (tmax ≥ 25°C)	0	0	0	1	6	14	21	19	7	1	0	0
vrućih (tmax ≥ 30°C)	0	0	0	0	0	3	6	6	1	0	0	0

Mjesečne vrijednosti – **Bjelovar** - u razdoblju: 1949-2015.

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
TEMPERATURA ZRAKA												
Srednja [°C]	-0.3	1.7	6.3	11.2	16.0	19.4	21.1	20.3	15.9	10.7	5.7	1.2
Aps. maksimum [°C]	17.8	21.3	27.4	30.3	34.1	36.7	38.5	38.5	33.7	28.2	25.4	22.5
Datum(dan/godina)	28/1979	25/2008	31/1989	29/2012	8/2003	24/2003	20/2007	24/2012	1/2015	3/1985	15/2002	17/1989
Aps. minimum [°C]	-26.7	-24.9	-20.5	-6.8	-3.4	0.7	5.3	2.8	-2.0	-7.2	-16.4	-20.7
Datum(dan/godina)	16/1963	16/1956	1/1963	1/1955	2/1962	5/1962	2/1960	25/1980	29/1977	31/1971	24/1988	18/1963
TRAJANJE OSUNČAVANJA												
Suma [sati]	58.4	90.0	146.9	184.1	233.7	247.9	274.2	257.6	188.4	135.5	70.0	44.2
OBORINA												
Količina [mm]	48.3	46.6	48.4	59.3	78.1	89.4	76.2	78.4	79.1	64.6	80.1	62.7
Maks. vis. snijega [cm]	47	52	48	9	-	-	-	-	-	-	79	74
Datum(dan/godina)	11/2003	6/1963	7/1955	1/1977	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	30/1993	1/1993
BROJ DANA												
vedrih	3	4	5	5	5	5	9	10	7	5	2	2
s maglom	7	4	2	1	1	1	1	2	4	7	8	8
s kišom	7	7	9	12	12	13	11	9	10	9	11	9
s mrazom	7	7	7	2	0	0	0	0	0	5	6	7
sa snijegom	6	6	4	1	0	0	0	0	0	0	2	5
ledenih (tmin ≤ -10°C)	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
studenih (tmax < 0°C)	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6
hladnih (tmin < 0°C)	24	19	12	2	0	0	0	0	0	3	10	22
toplih (tmax ≥ 25°C)	0	0	0	1	9	16	23	21	10	1	0	0
vrućih (tmax ≥ 30°C)	0	0	0	0	1	4	8	8	1	0	0	0

Mjesečne vrijednosti – **Varaždin** - u razdoblju: 1949-2015.

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
TEMPERATURA ZRAKA												
Srednja [°C]	-0.5	1.4	5.7	10.7	15.4	18.9	20.4	19.6	15.5	10.4	5.5	1.1
Aps. maksimum [°C]	19.1	21.6	25.3	30.4	33.2	36.0	39.3	39.4	32.9	27.7	24.3	21.4
Datum(dan/godina)	29/2002	16/1998	31/1989	29/2012	27/2008	23/2003	5/1950	8/2013	11/2011	6/2009	16/1963	17/1989
Aps. minimum [°C]	-26.8	-28.0	-23.4	-5.5	-2.3	2.2	4.7	3.2	-3.1	-7.5	-19.6	-22.7
Datum(dan/godina)	16/1963	16/1956	1/1963	4/1970	12/1978	5/1962	6/1962	25/1980	29/1977	30/1997	24/1988	22/1969
TRAJANJE OSUNČAVANJA												
Suma [sati]	75.0	102.0	148.6	186.6	240.8	252.5	282.8	259.6	190.2	144.6	82.4	62.7
OBORINA												
Količina [mm]	43.8	44.1	49.3	65.4	80.7	93.7	94.7	91.1	89.8	75.3	80.1	58.3
Maks. vis. snijega [cm]	52	57	76	10	4	-	-	-	-	3	60	52
Datum(dan/godina)	1/1970	5/1963	8/1955	3/1970	6/1957	- / -	- / -	- / -	- / -	28/2012	30/1993	1/1993
BROJ DANA												
vedrih	3	4	4	4	4	4	7	9	7	6	2	2
s maglom	9	5	3	1	1	1	1	2	6	9	8	8
s kišom	6	6	9	12	13	14	12	11	10	10	11	9
s mrazom	10	10	10	3	1	0	0	0	0	5	9	12
sa snijegom	6	5	4	1	0	0	0	0	0	0	2	5
ledenih (tmin ≤ -10°C)	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
studenih (tmax < 0°C)	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6
hladnih (tmin < 0°C)	24	19	12	3	0	0	0	0	0	3	10	21
toplih (tmax ≥ 25°C)	0	0	0	1	6	14	20	19	7	1	0	0
vrućih (tmax ≥ 30°C)	0	0	0	0	0	3	6	5	1	0	0	0

Mjesečne vrijednosti – **Zagreb Maksimir** - u razdoblju: 1949-2015.

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
TEMPERATURA ZRAKA												
Srednja [°C]	0.1	2.0	6.3	11.2	15.9	19.3	21.0	20.3	16.1	10.9	5.9	1.5
Aps. maksimum [°C]	19.4	22.2	26.0	30.5	33.7	37.6	40.4	39.8	34.0	28.3	25.4	22.5
Datum(dan/godina)	7/2001	25/2008	31/1989	29/2012	27/2008	30/1950	5/1950	16/1952	11/2011	23/1971	16/1963	17/1989
Aps. minimum [°C]	-24.3	-27.3	-18.3	-4.4	-1.8	2.5	5.4	3.7	-0.6	-5.6	-13.5	-19.8
Datum(dan/godina)	31/1950	17/1956	1/1963	9/1956	9/1957	1/1955	6/1962	25/1980	30/1970	31/1971	24/1988	22/1969
TRAJANJE OSUNČAVANJA												
Suma [sati]	58.5	92.6	141.0	177.4	233.4	246.0	282.1	259.6	184.4	130.0	65.8	46.7
OBORINA												
Količina [mm]	48.6	42.7	51.4	61.9	78.5	96.1	81.6	88.9	88.3	75.3	82.6	63.1
Maks. vis. snijega [cm]	67	51	63	16	-	-	-	-	-	-	50	56
Datum(dan/godina)	15/2013	5/1963	8/1955	14/1996	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	30/1993	22/1963
BROJ DANA												
vedrih	2	3	4	3	4	3	7	8	6	4	2	2
s maglom	9	4	2	1	1	1	0	1	3	7	7	10
s kišom	7	7	9	13	13	13	11	10	10	10	11	10
s mrazom	11	10	10	3	0	0	0	0	0	4	8	12
sa snijegom	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0	2	5
ledenih (tmin ≤ -10°C)	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
studenih (tmax < 0°C)	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6
hladnih (tmin < 0°C)	23	19	11	2	0	0	0	0	0	2	9	20
toplih (tmax ≥ 25°C)	0	0	0	1	8	16	22	21	9	1	0	0
vrućih (tmax ≥ 30°C)	0	0	0	0	1	4	8	7	1	0	0	0

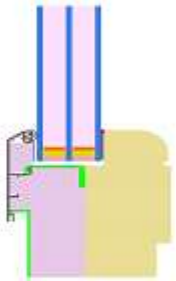
PRILOG 4. Primjeri Izjava o svojstvima proizvoda – vanjska stolarija

Certificate

Certified Passive House component
for cool, temperate climate, valid until 31.12.2013

Passive House Institute
Dr. Wolfgang Feist
64283 Darmstadt
GERMANY

Category: **Fixed glazing**
Manufacturer: **TROHA-DIL d.o.o.**
43000 Bjelovar, CROATIA
Product name: **BLUEGREEN Petra**



Passive House Efficiency Class

- **phA** advanced component
- **phB** basic component
- **phC** certifiable component
- not suitable for Passive Houses

The following comfort criteria were used in awarding this certificate:

Given a U_g value of 0.70 W/(m²K) and a window size of 1.23 m by 1.48 m,

U_W = 0.75 W/(m²K) ≤ 0.80 W/(m²K)

Taking into account the installation based thermal bridges, and provided that the installation is, with regard to the thermal bridges, equal or better than shown in the data sheet, the window meets the following criterion.

$U_{W,installed}$ ≤ 0.85 W/(m²K)

Thermal data of the window frame

	U_f-value [W/(m²K)]	Width [mm]	Ψ_g [W/(mK)]	$f_{Rsi=0.20}$ [-]
Spacer			Swisspcer V*	
Bottom	0.62	109	0.027	0.79
Side/top	0.61	84	0.027	

*Spacers of lower thermal quality, especially those made of aluminium, lead to significantly higher thermal losses and lower temperature factors.

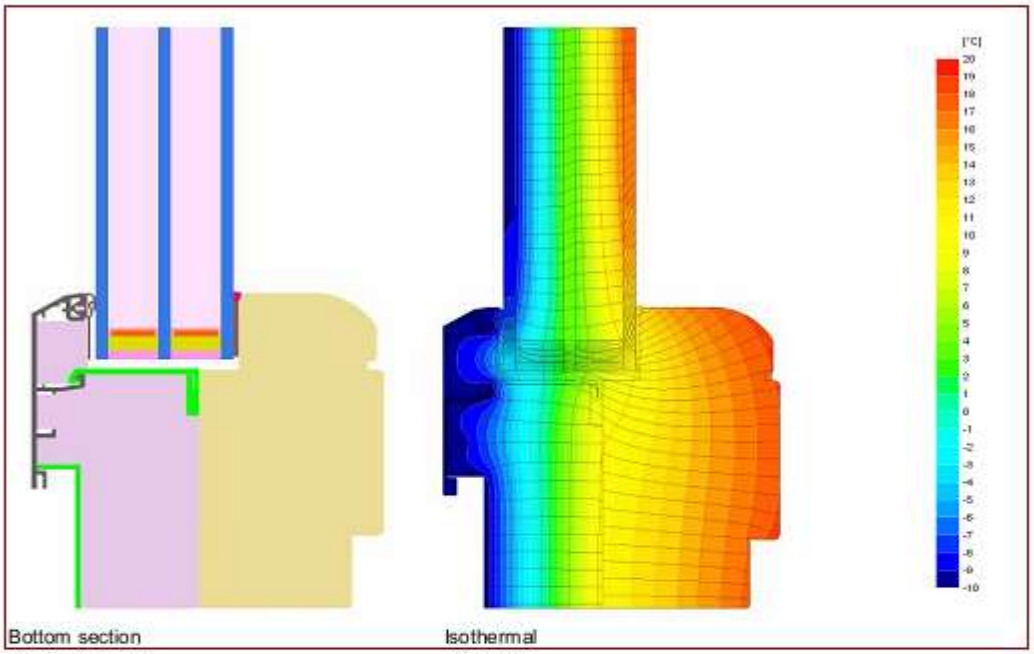
Further information see data sheet

phA
CERTIFIED COMPONENT
Passive House Institute

www.passivehouse.com 0124fx03

Data Sheet TROHA-DIL d.o.o., BLUEGREEN Petra

Manufacturer TROHA-DIL d.o.o.
Gudovacka cesta 85, 43000 Bjelovar, CROATIA
Tel.: +385-43-238800
Email: info@troha-dil.hr, www.troha-dil.hr



Bottom section Isothermal

Description

Timber frame with insulation and external aluminium shell;
Fixed glazing

Thermal data for the window frame

	U-value [W/(m²K)]	Width [mm]	Ψ_g [W/(mK)]	$f_{Rsi=0.20}$ [-]
Spacer			Swisspcer V*	
Bottom	0.62	109	0.027	0.79
Side/top	0.61	84	0.027	

Ψ_g [W/(mK)]	$f_{Rsi=0.20}$ [-]
Thermix*	
0.037	0.76
0.037	

Depending on the thermal losses through opaque elements, windows are categorised according to efficency classes. These thermal losses include the losses through the frame, multiplied by its width, the thermal bridge at the edge bond as well as the length of the edge bond.
Please ask the manufacturer for a detailed report containing all calculations and results.
For further information, please visit www.passivehouse.com or www.passipedia.org.

* Spacers of lower thermal quality leading to higher thermal losses and lower temperatures.

ŽIVOTOPIS AUTORA RADA

Krunoslav Škrlec rođen je 9.7.1974. u Koprivnici, a živi u Križevcima gdje je završio svoje osnovnoškolsko obrazovanje. Srednjoškolsko obrazovanje nastavlja u Zagrebu na elektrotehničkoj Srednjoj školi "Nikola Tesla" gdje završava usmjerenje elektronike. Diplomirao je 2000. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, smjer: strojarske konstrukcije i stekao naziv diplomiranog inženjera strojarstva. Na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu upisuje znanstveni magistarski studij, smjer: informatički management gdje je magistrirao 2007. godine i stekao akademski stupanj: magistra znanosti iz znanstvenog polja ekonomije. Doktorski studij upisuje na Fakultetu informatike i organizacije u Varaždinu Sveučilišta u Zagrebu gdje je rad obranio 18. svibnja 2017. godine.

BIOGRAPHY

Krunoslav Škrlec was born on the 9th of July 1974 in Koprivnica and he lives in Križevci where he completed his primary school education. He continues his secondary school education in Zagreb at the vocational school for electrotechnics "Nikola Tesla" where he completed secondary school programme of electronics. He graduated in 2000 at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, study programme: mechanical constructions and obtained the title of graduate engineer of mechanical engineering. He completed his master studies of information technology management at the Faculty of Economics of Zagreb University, where he defended his master's thesis in 2007 and obtained academic title of Master of Science in the scientific field of economics. He completed his doctoral studies at the Faculty of informatics and organisation of Zagreb University in Varaždin where he defended his doctoral dissertation on 18. June 2017.

POPIS RADOVA AUTORA

Znanstveni radovi:

Znanstveni radovi u drugim časopisima:

1. **Škrlec, K.**, Vlahovic, N., „Impact of change management implementation in a production system – A Croatian experience“, WSEAS TRANSACTIONS ON BUSINESS AND ECONOMICS, Issue 1, Volume 7, pp. 83-93. 2010., *EconLit, INSPEC, Scopus.*

Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom:

2. **Škrlec, K.**, „Utjecaj parametara izolacije poda na potrošnju energije u zgradi“, 18. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Vodice, pp. 177-188. 2017., *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

3. **Škrlec, K.**, Gajdić, D., “Učinci mjera EnU – 22 i 23 na području Koprivničko-križevačke županije“, 17. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 361-370. 2016., *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

4. **Škrlec, K.**, Hlebec Ivkanec, I., „Procesno upravljanje bioplinskim sustavom s ciljem optimizacije poljoprivredne proizvodnje“,16. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 119-128. 2015., *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

5. **Škrlec, K.**, Gajdić, D., Čančarević, M., „Mjerenje kvalitete energetske učinkovitosti preko I_R indeksa“, 15. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 297-308. 2014., *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

6. **Škrlec, K.**, Meštrović, I., „Subvencije energetske učinkovitosti u svrhu povećanja kvalitete u građevinarstvu“, 14. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 307-316. 2013. *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

7. Gajdić, D., **Škrlec, K.**, Papić, V., "Analiza stanja i prihvaćanje suvremenih pristupa kvaliteti na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima", 13. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 307-320. 2012.

8. **Škrlec, K.**, Gajdić, D., Skrba, D., "Energetska učinkovotost - dodatna kvaliteta u proizvodnji i građevinarstvu", 13. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 149-159. 2012.

9. **Škrlec, K.**, Skrba, D., "Analiza investicijskih projekata tvrtke HŽ infrastruktura na području RH u razdoblju 2004.-2010.", Projekti i projektni menadžment, Zbornik radova - Visoka škola za poslovanje i upravljanje, pp. 101-111, Zagreb, 2011.

Drugi radovi u zbornicima skupova s recenzijom:

10. Gajdić, D., **Škrlec, K.**, Svržnjak, K., Kantar, S., "Unapređenje kvalitete na Visokom gospodarskom učilištu kroz inovacije programa", međunarodni stručni i znanstveni skup i 2. znanstveni skup Hrvarskog društva za kvalitetu, Zbornik radova, Zagreb, 2011.

Stručni radovi:

Drugi radovi u zbornicima skupova s recenzijom:

11. Gajdić, D., **Škrlec, K.**, "Potrebe i izazovi prilagodbe studijskih programa visokog obrazovanja u poljoprivredi zahtjevima tržišta", 17. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 247-258. 2016., *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

12. **Škrlec, K.**, Mikulčić, S., "Strategija mjera energetske učinkovitosti u stambenom sektoru na području Koprivničko-križevačke županije", 16. međunarodni simpozij o kvaliteti, Hrvatsko društvo menadžera kvalitete, Zagreb, pp. 441-452. 2015., *JEL - Journal of Economics Literature, EconLit*.

13. Gajdić, D., **Škrlec, K.**, "Utjecaj internih i eksternih evaluacija na razvoj i unapređenje sustava kvalitete na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima", 8th Research/Expert Conference with International Participation, Quality 2013, University of Zenica, pp. 459-464., Zenica, 2013.

14. **Škrlec, K.**, Skrba, D., "Energetska učinkovitost u zgradarstvu - energetski pregledi i upotreba energetskih sustava.", Hrvatsko društvo za kvalitetu, Zbornik radova, pp. 328-336, Zagreb, 2012.

15. Gajdić, D., **Škrlec, K.**; "Vremenski faktor implementacije sustava kvalitete i sigurnosti hrane u prehrambenim poduzećima RH", Zbornik radova 10. hrvatske konferencije o kvaliteti i 1. znanstvenog skupa Hrvatskog društva za kvalitetu, Zagreb, 2010.

Ostali radovi u drugim časopisima:

16. **Škrlec, K.**, Dajdić, D.; "Rezultati implementacije HACCP sustava u ugostiteljskom dijelu obrtništva u Koprivničko - križevačkoj županiji.", Kvalitet - Poslovna politika, pp. 56-60, Beograd, 2011.

Sudjelovanje na međunarodnim projektima:

17. Sudjelovanje na međunarodnom STEP projektu: STEP – IPA HU-HR CBC 2013-2014.

Sažeci u zbornicima skupova:

18. Gajdić, D., **Škrlec, K.**; "Razvoj sela sjeverozapadne Hrvatske", Zbornik radova XVII. međunarodnog naučnog skupa „Vlasinski susreti“, Vlasotinec, Srbija, 2011.

19. Gajdić, D., **Škrlec, K.**; "Sustavno povezivanje zaštite okoliša s poljoprivrednom proizvodnjom – projekt odvojenog skupljanja biootpada na mjestu nastanka", Zbornik radova XXII. međunarodne i naučno stručne konferencije poljoprivrede i prehrambene industrije, Sarajevo, 2011.