

Energetska obnova obiteljske kuće

Vrbanić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:300088>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

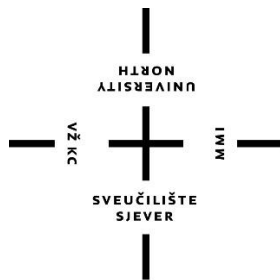
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





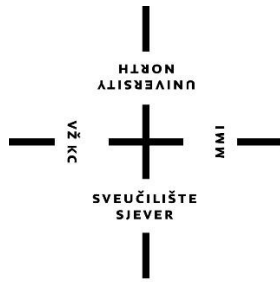
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 491/GR/2024

Energetska obnova obiteljske kuće

Josip Vrbanić, 0336044123

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br.491/GR/2024

Energetska obnova obiteljske kuće

Student

Josip Vrbanić, 0336044123

Mentor

dr.sc. Željko Kos

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Josip Vrbanić

MATIČNI BROJ 0336044123

DATUM 21.09.2024.

KOLEGIJ Zgradarstvo II

NASLOV RADA Energetska obnova obiteljske kuće

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU energy renovation of the family house

MENTOR doc.dr.sc. Željko Kos

ZVANJE Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

- izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin
- doc.dr.sc. Željko Kos
- doc.dr.sc. Anđelko Crnoja
- Dalibor Kramarić, predavač
-

Zadatak završnog rada

BROJ 491/GR/2024

OPIS

Pristupnik u radu treba opisati i pojasniti energetska učinkovitost u zgradarstvu, prikazati energetska pregled i energetska certifikat zgrade. Potrebno je napraviti analizu postojećeg stanja obiteljske kuće te na postojeće stanje implementirati tri mjere koje će se gledati zasebno u odnosu na postojeće stanje i jednu mjeru koja će objediniti sve tri mjere poboljšanja energetske učinkovitosti obiteljske kuće te prikazati rezultate ušteda u energiji i emisiji CO2 u okoliš. Prikazati primjer ručnog proračuna toplinskog gubitka energije bez izolacije i sa izolacijom na međukatnoj konstrukciji.

ZADATAK URUČEN

26.09.2024.

POTPIS MENTORA

Željko Kos



(Handwritten signature)

Sažetak

U završnom radu obrađena je tema „Energetska obnova obiteljske kuće“ i ispitana je važnost energetske učinkovitosti zgrade. Ispitivanja su rađena za postojeću obiteljsku kuću etažnosti prizemlje + prvi kat + drugi kat. Energetska učinkovitost kuće ispitana je na način da je rađena analiza za postojeće stanje te su se analizirale tri mjere energetske obnove kao što su promjena vanjske stolarije, ugradnja toplinske izolacije za vanjske zidove i ugradnja toplinske izolacije na koso krovište i spuštenu strop te. Svaku mjeru zasebno se uspoređivalo s postojećim stanjem da se vidi razlika u potrošnji energije i uštedi u emisiji CO₂ te je u konačnici analizirana još jedna dodatna mjera koja obuhvaća tri mjere zajedno.

Glavni cilj završnog rada je prikazati važnost energetske obnove obiteljskih kuća, prikazati postupak energetske obnove obiteljske kuće, energetski pregled i analizu prije implementiranja mjera poboljšanja energetske učinkovitosti.

Zaključak rada je na temelju tri mjere poboljšanja energetske učinkovitosti prikazati isplativost za okoliš, uštedu energije i novca kroz godinu te povrat investicije.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, energetska obnova, toplinska izolacija, ušteda

Abstract

The graduate thesis describes topic "Energy renovation of a family house" was discussed and the importance of energy efficiency of the building was examined. Tests were carried out for the existing family house with ground floor + first floor + second floor. The energy efficiency of the house was tested by analyzing the existing condition and analyzing three measures of energy renovation such as changing the external carpentry, installing thermal insulation for the external walls and installing thermal insulation on the pitched roof and suspended ceiling. He compared each measure separately with the existing state to see the difference in energy consumption and savings in CO₂ emissions, and ultimately one additional measure was analyzed that includes three measures together.

The main goal of graduate thesis is to show the importance of energy renovation of family houses, to show the procedure of energy renovation of family houses, energy inspection and analysis before implementing energy efficiency improvement measures.

The conclusion of the paper is based on three measures of energy efficiency improvement to show the profitability for the environment, energy and money savings throughout the year and return on investment.

Keywords: energy efficiency, energy renewal, thermal insulation, savings

POPIS KORIŠTENIH KRATICA

MJ	mjerilo
CO₂	ugljičkov dioksid
VZ1	vanjski zidovi
UZ1	unutarnji zid
PT1	podovi na tlu
ST1	strop
KK	koso krovište
RK	ravni krov
PR	prozor
VR	vrata
EPS	ekspandirani polistiren
PVC	polivinil-klorid
Q_{H,nd,ref}	specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje
°C	celzijev stupanj
A	oplošje grijanog dijela zgrade
V_e	obujam grijanog dijela zgrade
V	obujam grijanog zraka
f_o	faktor oblika zgrade
A_k	ploština korisne površine grijanog dijela zgrade
A_g	ploština staklenog dijela otvora
U_g	koeficijent toplinske provodljivosti ostakljenja
A_f	ploština okvira otvora
U_f	koeficijent prolaska topline kroz otvore
U_w	koeficijent toplinske provodljivosti otvora
E_{prim}	specifična godišnja primarna energija

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Opis i definicija problema.....	2
1.2. Cilj i svrha rada	2
1.3. Hipoteza rada	2
2. ENERGETSKA UČINKOVITOST U ZGRADARSTVU	3
3. ENERGETSKA BILANCA STANA, KUĆE ILI ZGRADE	4
4. ENERGETSKI PREGLED ZGRADE	7
4.1. Energetski certifikat zgrade.....	10
4.2. Energetski razred zgrade.....	11
5. ENERGETSKA OBNOVA OBITELJSKE KUĆE – ENERGETSKI PREGLED I ANALIZA.....	12
5.1. Geometrijske karakteristike obiteljske kuće	16
5.2. Površine i pripadajući koeficijenti prolaska topline građevnih elemenata	17
5.3. Korišteni meteorološki podaci.....	18
5.4. Podjela obiteljske kuće na grijane i negrijane zone	20
5.5. Proračun građevnih elemenata obiteljske kuće.....	24
5.6. Toplinski gubici	32
5.7. Potrebna energija za grijanje i hlađenje po mjesecima	34
5.8. Rezultati proračuna i energetski razred postojećeg stanja	38
5.9. Mjere poboljšanja energetske obnove.....	40
5.9.1. Mjera 1 – ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove i usporedba s postojećim stanjem	40
5.9.2. Mjera 2 – izmjena stolarije i usporedba s postojećim stanjem.....	47
5.9.3. Mjera 3 – ugradnja toplinske izolacije na koso krovište i spuštenu strop i usporedba s postojećim stanjem	49
5.9.4. Prikaz učinka svih mjera zajedno i usporedba s postojećim stanjem	51
6. PRIMJER PRORAČUNA TOPLINSKOG GUBITKA BEZ IZOLACIJE I SA IZOLACIJOM NA MEĐUKATNOJ KONSTRUKCIJI.....	52
7. ZAKLJUČAK.....	54
8. LITERATURA.....	55
9. POPIS SLIKA.....	56
10. POPIS TABLICA.....	58
11. POPIS GRAFIKONA.....	62

1. UVOD

Pod pojmom energetska obnova podrazumijeva se povećanje toplinske zaštitne ovojnice zgrade, zamjena vanjske stolarije te zamjena ili unapređenje sustava grijanja/hlađenja, ali i mjere korištenja obnovljivih izvora energije.

Energetska učinkovitost u zgradama danas postaje prioritet svih aktivnosti u području energetike i gradnje u Europskoj uniji pa tako i u Republici Hrvatskoj. Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987.godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu.

„U zgradama se troši oko 40% od ukupne potrošnje energije, stoga je izuzetno važna njihova energetska učinkovitost tj. osiguravanje minimalne potrošnje energije da bi se postigla optimalna ugodnost boravka i korištenja zgrade. Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade (obliku i konstrukcijskim materijalima), energetskih sustava u njoj (sustava grijanja, hlađenja, prozračivanja, električnih uređaja i rasvjete koji se u njoj koriste), ali i o klimatskim uvjetima podneblja na kojem se nalazi“[1].

„Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Čak oko 83% zgrada ne zadovoljava ni Tehničke propise iz 1987. i imaju velike gubitke topline, uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m², što ih svrstava u energetske razred E! Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO₂ u atmosferu te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata[1].“

„Nedovoljna toplinska izolacija dovodi do povećanih toplinskih gubitaka zimi, hladnih obodnih konstrukcija, oštećenja nastala kondenzacijom(vlagom), te pregrijavanje prostora ljeti. Posljedice su oštećenja konstrukcije, te neudobno i nezdravo stanovanje i rad. Zagrijavanje takvih prostora zahtijeva veću količinu energije što dovodi do povećanja cijene korištenja i održavanja prostora, ali i do većeg zagađenja okoliša. Zagađenje okoliša opet ima utjecaj na oštećenje građevina i na život i zdravlje ljudi.“ [2]

Cilj završnog rada je prikazati važnost energetske obnove postojećih objekata, kolika je moguća ušteda energije i mogućnost smanjenja emisija CO₂ u okoliš nakon provedenih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti postojećih objekata.

1.1. Opis i definicija problema

Glavni problem u Hrvatskoj je taj što je velika većina obiteljskih kuća i zgrada izgrađeno prije uvođenja suvremenih standarda energetske učinkovitosti. Zgrade izgrađene prije 1980 – ih godina imaju slabiju izolaciju, loše prozore, te energetske neučinkovite sustave grijanja i hlađenja. „Zgrade su većinom građene prije 1987. godine, što znači da otprilike troše 150-200 kWh/m² toplinske energije za grijanje. Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti, potrošnju tih zgrada je moguće smanjiti na 50 kWh/m², odnosno čak peterostruko. Velikom potrošnjom energije u zgradama, a istovremeno i najvećeg potencijala energetske i ekološke ušteda, energetska efikasnost prioritet je suvremene arhitekture i energetike[1].“

1.2. Cilj i svrha rada

Cilj rada je prikazati važnost energetske obnove obiteljskih kuća. Svrha rada je na primjeru prikazati postupak energetske obnove obiteljske kuća, prikaz ušteda nakon dvije provedene mjere, prikazat smanjenja emisija CO₂.

1.3. Hipoteza rada

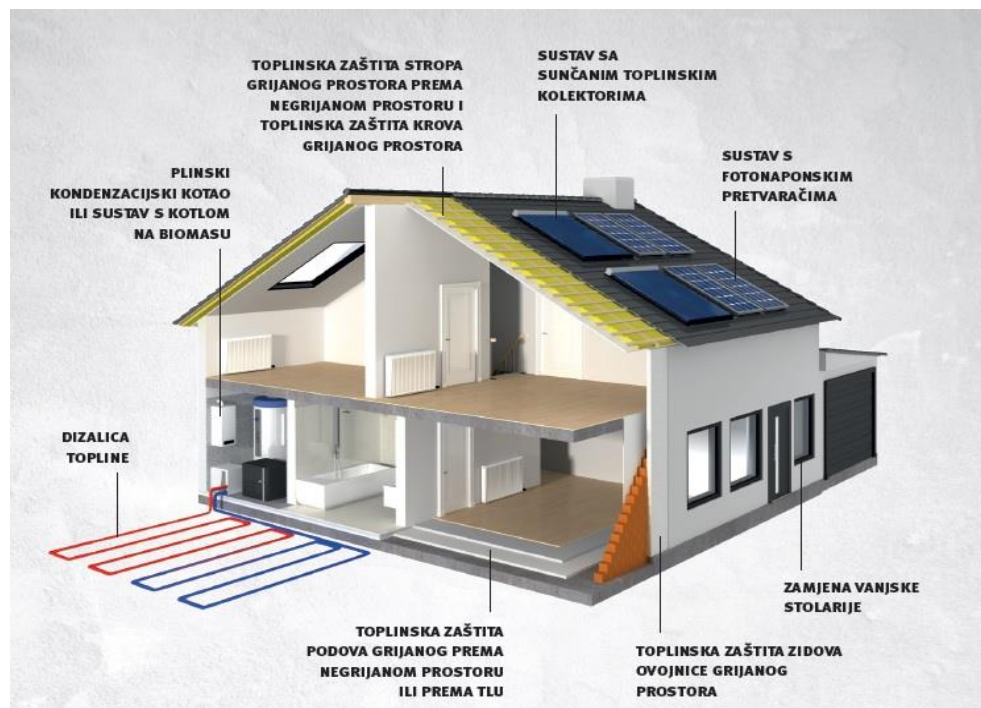
Energetskom obnovom zgrada ostvarujemo manje troškove stanovanja, veći standard i ugodnije stanovanje uz porast vrijednosti nekretnine te istim mjerama obnove smanjuje se emisija ugljičnog dioksida i manje zagađenje okoliša.

2. ENERGETSKA UČINKOVITOST U ZGRADARSTVU

„Energetska učinkovitost u zgradama uključuje niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije, uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano (slika 1). Energetski pregled zgrade i energetski certifikat pokazuju energetske stanje pojedine zgrade ili njenog dijela te sadrže prijedloge za poboljšanje njene energetske učinkovitosti[1].“
Mjere energetske učinkovitosti u zgradarstvu[1]:

1. Povećanje toplinske zaštite zgrade (postavljanje toplinske izolacije te energetske učinkovite stolarije)
2. Povećanje učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije
3. Povećanje učinkovitosti sustava rasvjete i električnih uređaja
4. Korištenje obnovljivih izvora energije

„Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti u zgradi se smanjuje potrošnja energije, ali i povećava ugodnost boravka u prostoru te trajnost zgrade. Odabir mjera, naravno, ovisi o energetske stanju i vrsti zgrade, načinu njenog korištenja te o lokaciji, a idealno je primijeniti više mjera kako bi se osigurao njihov sinergijski učinak i kako bi uštede u potrošnji energije bile što značajnije[1].“



Slika 1 – primjer energetski učinkovite obiteljske kuće[1]

3. ENERGETSKA BILANCA STANA, KUĆE ILI ZGRADE

„Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije i zbog dugog životnog vijeka se ne mogu zanemariti. Negativni učinci na okoliš u direktnoj su vezi s količinom korištene energije i aktivnošću koja se u zgradi obavlja. U zgradama se energija koristi za različite potrebe ovisno o karakteristikama njezinog oblika i konstrukcijskih materijala, energetske sustava (sustava grijanja, klimatizacije, i dr.), klimatskih uvjeta podneblja na kojem se nalazi i navika korisnika“[3].

„Potrošnja namijenjena za grijanje, pripremu tople vode i klimatizaciju predstavlja najznačajniji dio energetske potrošnje u zgradama. Glavni cilj energetske učinkovitosti u zgradarstvu je uspostaviti mehanizme koji će trajno smanjiti energetske potrebe pri izgradnji i korištenju novih zgrada, kao i rekonstrukciji postojećih“[3].

„Osnovni pojmovi za analizu potrošnje energije u zgradama su toplinski gubici i dobici, koeficijent prolaza topline, stupanj grijanja i stupanj korisnog djelovanja i oni su ključni za određivanje energetske bilance zgrade“[3].

„Energetska bilanca zgrade podrazumijeva sve energetske gubitke i dobitke zgrade, odnosno koliko je energije potrebno da bi se zadovoljile toplinske potrebe zgrade (slika 2). Dok god su toplinski dobici energije dovoljni za pokrivanje toplinskih gubitaka (slika 3), u zgradi će se održavati željeni uvjeti toplinske ugodnosti“[3].

Željeni uvjeti toplinske ugodnosti predstavljaju stanje toplinske ravnoteže koja se može izraziti na sljedeći način[3]:

$$Q + Q_{in} + Q_{sun} = Q_{trans} + Q_{gg} + Q_{ven}$$

Q – primarna energija goriva

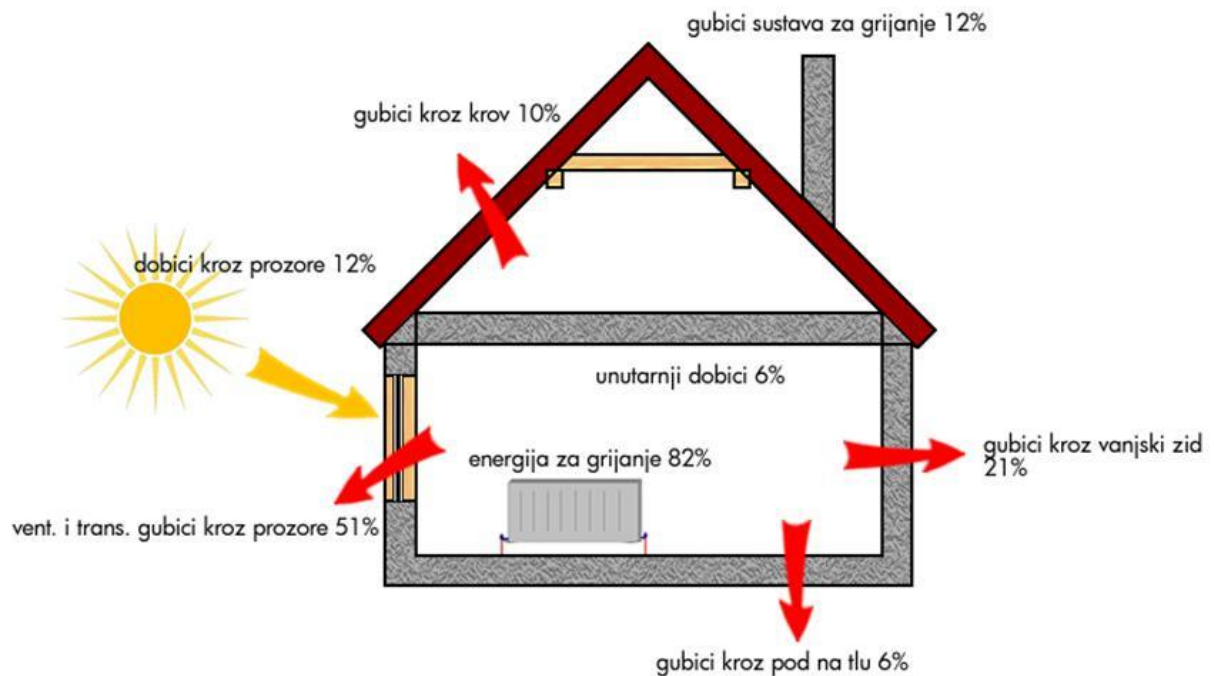
Q_{in} – unutarnji toplinski dobici

Q_{sun} – toplinski dobici od sunca

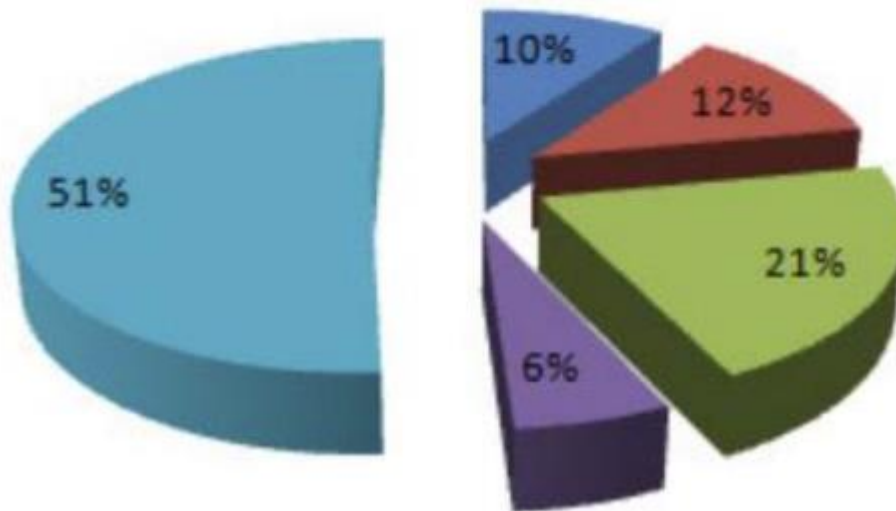
Q_{trans} – transmisijski gubici

Q_{gg} – gubici u sustavu grijanja

Q_{ven} – ventilacijski gubici



Slika 2 – Energetska bilanca zgrade[2]



Slika 3 – Raspodjela termičkih gubitaka[3]

„Struktura potrošnje energije po energetske sustavima u zgradi ovisi o klimatskim prilikama. Udio potrošnje energije u sustavu grijanja može varirati od 30% do 60%, dok udio potrošnje energije u sustavu grijanja može varirati od 3% do 15%. Najveći utjecaj na potrošnju energije u zgradi (osim ponašanje korisnika) imaju oblik građevine (omjer grijane i ukupne površine građevine), toplinska izolacija i izvedba energetske sustava“[3].

4. ENERGETSKI PREGLED ZGRADE

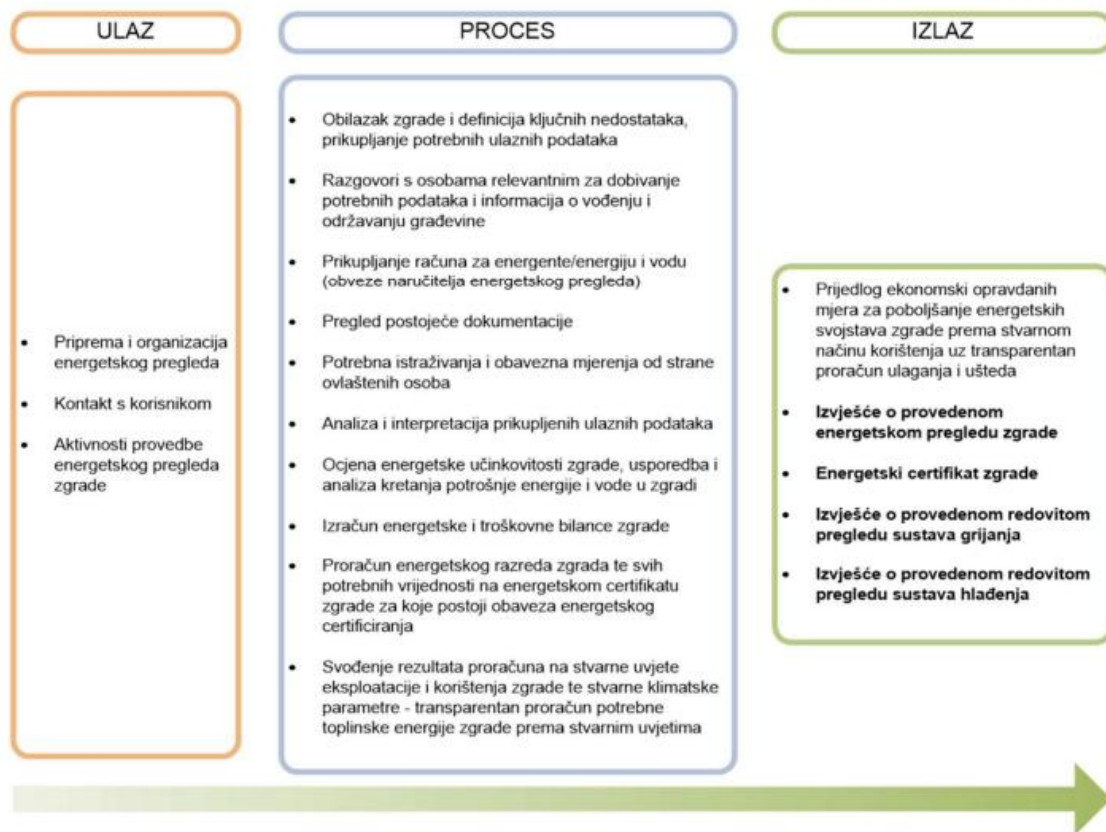
„Energetski je pregled zgrade ključan i nezaobilazan korak u analizi učinkovitosti potrošnje energije, energenata i vode, kontroli potrošnje i smanjenja troškova i potrošnje energije, energenata i vode u zgradama. Sastavni je dio energetskog pregleda identificiranje mjera za povećanje energetske učinkovitosti kod postojećih zgrada, odnosno preporuka za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva za građevinu gospodarenja energijom i očuvanja topline kod novih zgrada“[4].

„Energetski pregled zgrade podrazumijeva analizu tehničkih i energetskih svojstava zgrade i analizu svih tehničkih sustava u zgradi koji troše energiju i vodu s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije, energenata i vode te donošenja zaključaka i preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti (slika 4)“[4].

Osnovni cilj energetskog pregleda zgrade je, prikupljanjem i obradom podataka o zgradi i svim tehničkim sustavima u zgradi, utvrditi energetska svojstva obzirom na[4]:

- 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 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 u zgradi

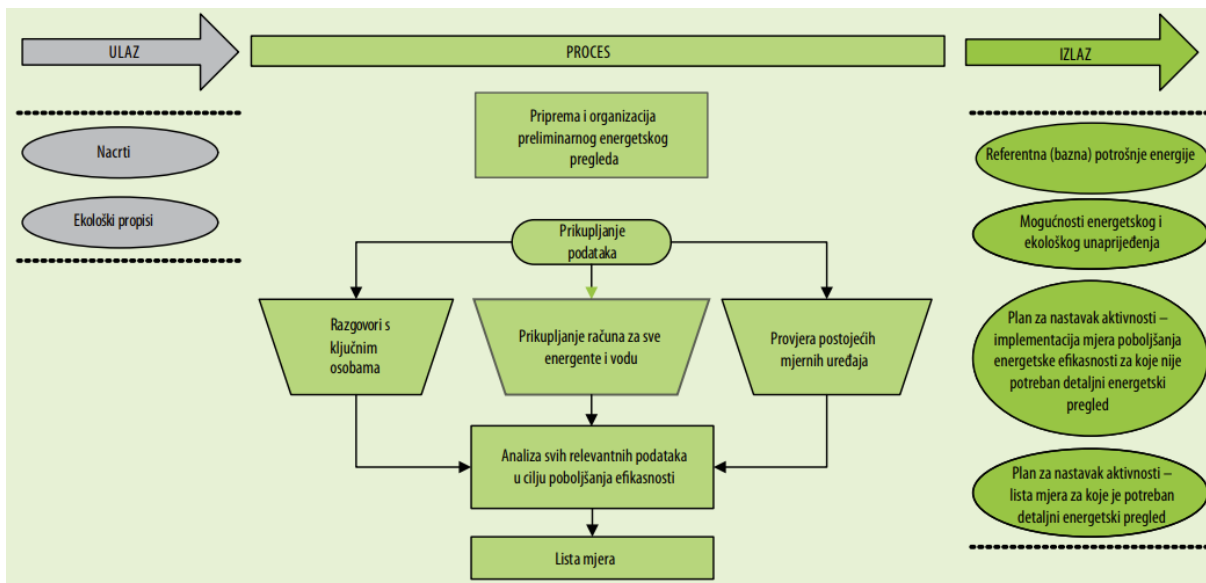
„Na osnovi analize prikupljenih podataka odabiru se konkretne energetske, tehničke, ekološke i ekonomske optimalne mjere za poboljšanje energetskih svojstava zgrade, te mjere nužne za zadovoljavanje minimalnih tehničkih uvjeta“[4].



Slika 4 – tijek provedbe energetskeg pregleda zgrade[4]

Razlikujemo dva energetska pregleda zgrade, a to su opći energetskeg pregled i detaljni energetskeg pregled.

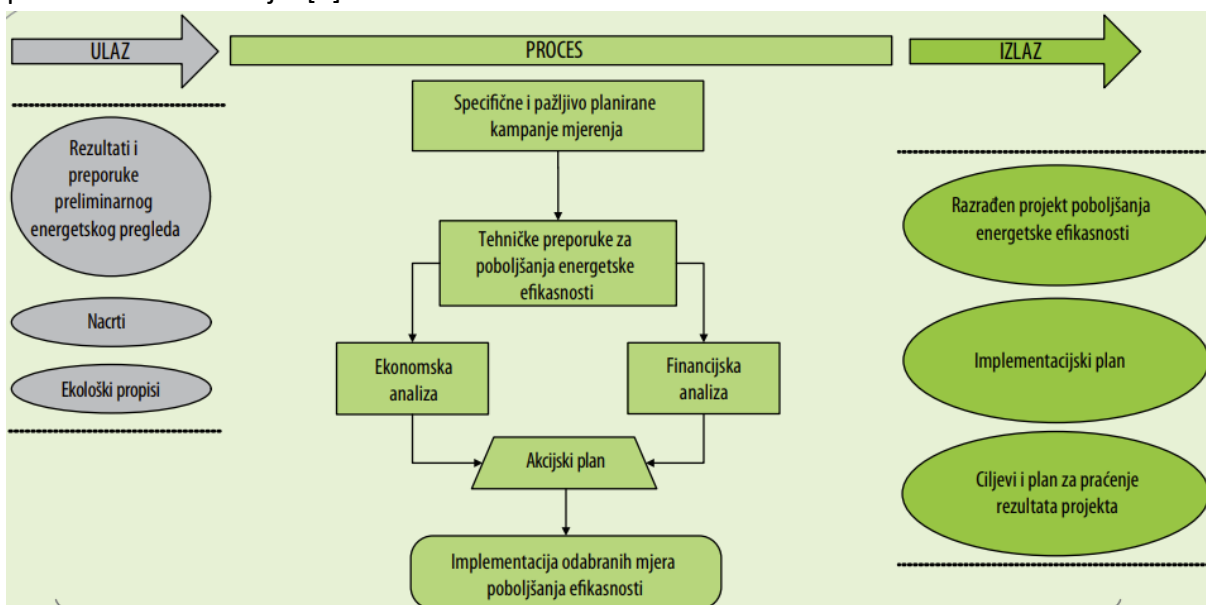
Opći energetskeg pregled predstavlja prikupljanje i obradu podataka kako bi razumjeli načine korištenja energije i vode u zgradi, identificirali potencijalne mjere poboljšanja energetske efikasnosti te stvorili podloge za eventualnu primjenu jednostavnih mjera ili pripremu i provedbu detaljnog energetskeg pregleda (slika 5)“[5].



Slika 5 – Shema općeg energetskog pregleda zgrade[5]

„Ukoliko rezultati općeg pregleda ukazuju na postojanje značajnog prostora za poboljšanje energetske efikasnosti potrebno je provesti detaljni energetski pregled kako bi se mjerenjem na lokaciji potvrdili uočeni potencijali“[5].

„Glavna razlika općeg i detaljnog energetskog pregleda zgrade je mjerenje na lokaciji, u trajanju od jednog do dva tjedna u sezoni grijanja/hlađenja, kako bi se što moguće točnije odredila potrošnja energije i potvrdili potencijali za uštede (slika 6). Ključni rezultat detaljnog energetskog pregleda je lista mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade koje se predlažu za investiciju“[5].



Slika 6 – Shema detaljnog energetskog pregleda zgrade[6]

4.1. Energetski certifikat zgrade

Energetski certifikat je dokument koji predočuje energetska svojstva zgrade a izrađuju ga ovlaštene osobe za energetska certificiranje – energetski certifikatori.

„Dokument vrijedi deset godina od dana njegova izdavanja i sadrži opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade, rok važenja certifikata, podatke o osobi koja je izdala i izradila energetski certifikat, podatke o osobama koje su sudjelovale u izradi energetskog certifikata, oznaku energetskog certifikata, podatke o termotehničkim sustavima, energetske potrebe zgrade, podatke o korištenju obnovljivih izvora energije, prijedlog mjera, detaljnije informacije i objašnjenje sadržaja energetskog certifikata (slika7)“[6].

Energetski certifikat za stambene zgrade	Zgrada <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća		
	Vrsta zgrade		
	K.č. k.o.		
	Adresa		
	Mjesto		
	Vlasnik / investitor		
	Izvođač		
	Godina izgradnje		
	Q_{H,nd,ref}	kWh/(m²a)	Izračun
	A+	≤ 15	
A	≤ 25		
B	≤ 50		
C	≤ 100	C	
D	≤ 150		
E	≤ 200		
F	≤ 250		
G	> 250		
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat			
Ovlaštena fizička osoba			
Ovlaštena pravna osoba			
Imenovana osoba			
Registarski broj ovlaštene osobe			
Broj energetskog certifikata			
Datum izdavanja/rok važenja			
Potpis			
Podaci o zgradi			
A _k [m ²]			
V _e [m ³]			
I ₀ [m ⁻¹]			
H _{f,03} [W/(m ² K)]			

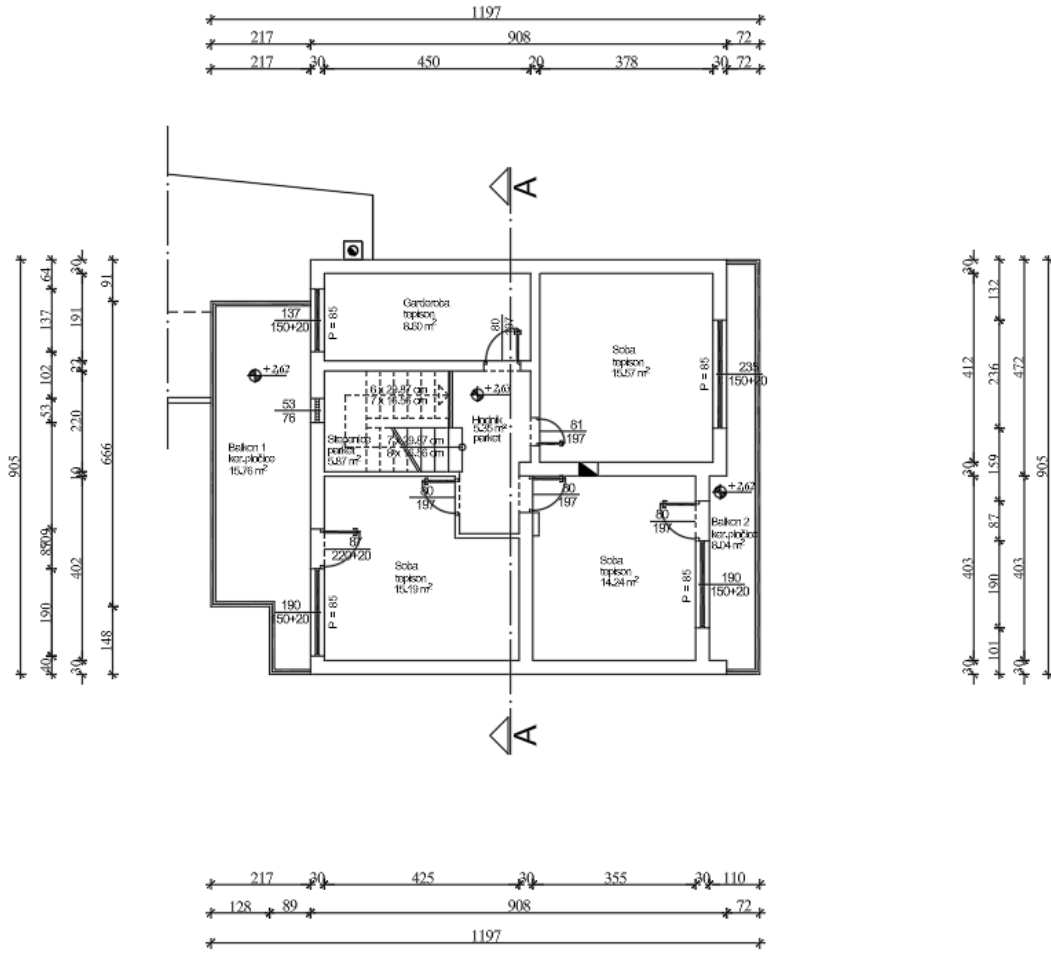
Slika 7 – Primjer prve stranice energetskog certifikata zgrade[7]

4.2. Energetski razred zgrade

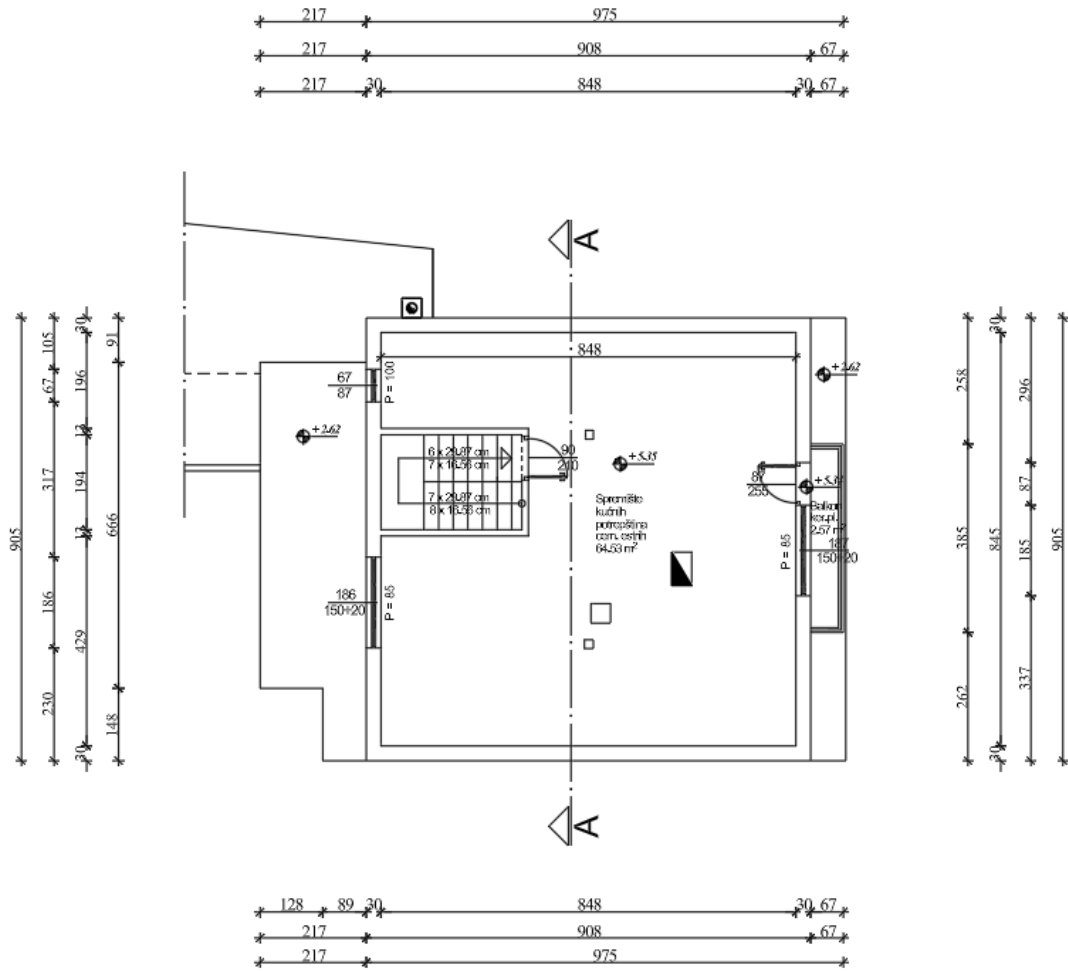
Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s tim da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred (slika 8). Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske podatke. Referentni klimatski podaci prema kojima se određuje energetski razred zgrade određeni su posebno kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja. Za mjesta i gradove koji imaju ≥ 2200 stupanj dana grijanja godišnje svrstavaju se u referentne klimatske podatke za kontinentalnu hrvatsku, a mjesta i gradovi s ≤ 2200 se svrstavaju u referentne podatke za primorsku hrvatsku.

Energetski razredi	$Q_{H,nd,ref}$ – specifična godišnja potrebna toplinska energija [kWh]
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Slika 8 – Primjer energetskih razreda zgrada



Slika 10 – 1. kat MJ 1:100



Slika 11 – 2. kat MJ 1:100

5.1. Geometrijske karakteristike obiteljske kuće

Tablica 1 – geometrijske karakteristike obiteljske kuće

Broj etaža	3.00
Prosječna visina etaže [m]	2.55
Oplošje grijanog dijela zgrade A [m ²]	524.98
Obujam grijanog dijela zgrade V _e [m ³]	630.56
Obujam grijanog zraka V [m ³]	449.39
Brutto podna površina [m ²]	256.61
Površina zone s vanjskim dimenzijama A _f [m ²]	256.61
Ploština korisne površine zgrade A _k [m ²]	205.69
Oplošje vanjske ovojnice bez otvora [m ²]	318.10
Oplošje otvora [m ²]	37.31
Oplošje podova [m ²]	77.88*
Oplošje zidova prema negrijanim prostorijama [m ²]	91.69
Faktor oblika zgrade f ₀ [m ⁻¹]	0.83
Klasa zgrade	Teška: 400 ≤ m' ≤ 550 [kg/m ²]
Masivnost konstrukcije (C _m) [J/K]	66718600.00

5.2. Površine i pripadajući koeficijenti prolaska topline građevnih elemenata

Tablica 2 – površine građevnih elemenata i pripadajući koeficijenti prolaska topline

Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	Zadovoljava	Dinamičke topl. karakteristike zad.
VZ1_vanjski zid	199,87	1,34	0,30	Ne	Da
VZ2_vanjski zid	4,20	0,38	0,30	Ne	Da
VZ3_vanjski zid	12,85	1,27	0,30	Ne	Da
UZ1_zid prema kotlovnici	5,30	1,34	0,30	Ne	---
UZ2 - zid prema kotlovnici	2,48	0,38	0,30	Ne	---
UZ3 - zid prema kotlovnici	2,59	1,27	0,30	Ne	---
PT1_pod prizemlja	65,44	1,36	0,40	Ne	---
ST1_strop 2. kata prema provj. tavanu	48,76	2,56	0,25	Ne	---
KK1_koso krovšte	26,28	1,52	0,25	Ne	Ne
RK1_ravni krov iznad prizemlja	15,77	0,57	0,25	Ne	Da
UZ4_zid prema negrijanom stubištu	59,17	1,41	0,40	Ne	---
UZ5_zid prema negrijanom stubištu	12,12	0,46	0,40	Ne	---
UZ6_zid prema negrijanom stubištu	5,52	0,37	0,40	Da	---

Tablica 3 – površine i pripadajući koeficijenti prolaska topline otvora

Naziv otvora	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	Zadovoljava
PR1_171x115	1,97	3,60	1,60	Ne
PR2_176x122	2,15	3,60	1,60	Ne
PR3_60x60	0,36	3,60	1,60	Ne
PR4_225x132	5,94	3,60	1,60	Ne
PR5_190x150	11,40	3,60	1,60	Ne
PR6_100x120 (staklena opeka)	1,20	2,80	---	---*
PR7_137x150	2,05	3,60	1,60	Ne
PR8_235x150	3,52	3,60	1,60	Ne
PR9_67x87	0,58	3,60	1,60	Ne
VR1_128x200	2,56	3,60	1,60	Ne
VR2_76x231	1,76	3,60	2,00	Ne
VR3_87x220	3,82	3,60	1,60	Ne

5.3. Korišteni meteorološki podaci

Tablica 4 – temperatura zraka [°C]

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	God.
m	0.40	2.20	6.40	11.20	16.20	19.60	21.20	20.50	15.50	10.70	6.00	0.80	10.90
min	-14.90	-13.40	-10.50	0.00	5.60	9.40	13.00	10.90	6.50	-1.60	-7.20	-13.40	-14.90
max	13.10	14.40	16.30	20.00	26.30	28.40	29.00	29.30	26.20	21.80	19.80	13.80	29.30

Tablica 5 – tlak vodene pare [Pa]

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	God.
m	500	560	680	870	1210	1530	1680	1680	1410	1040	750	570	1040

Tablica 6 – relativna vlažnost zraka [%]

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	God.
m	83	75	71	69	68	69	70	73	79	81	84	86	76

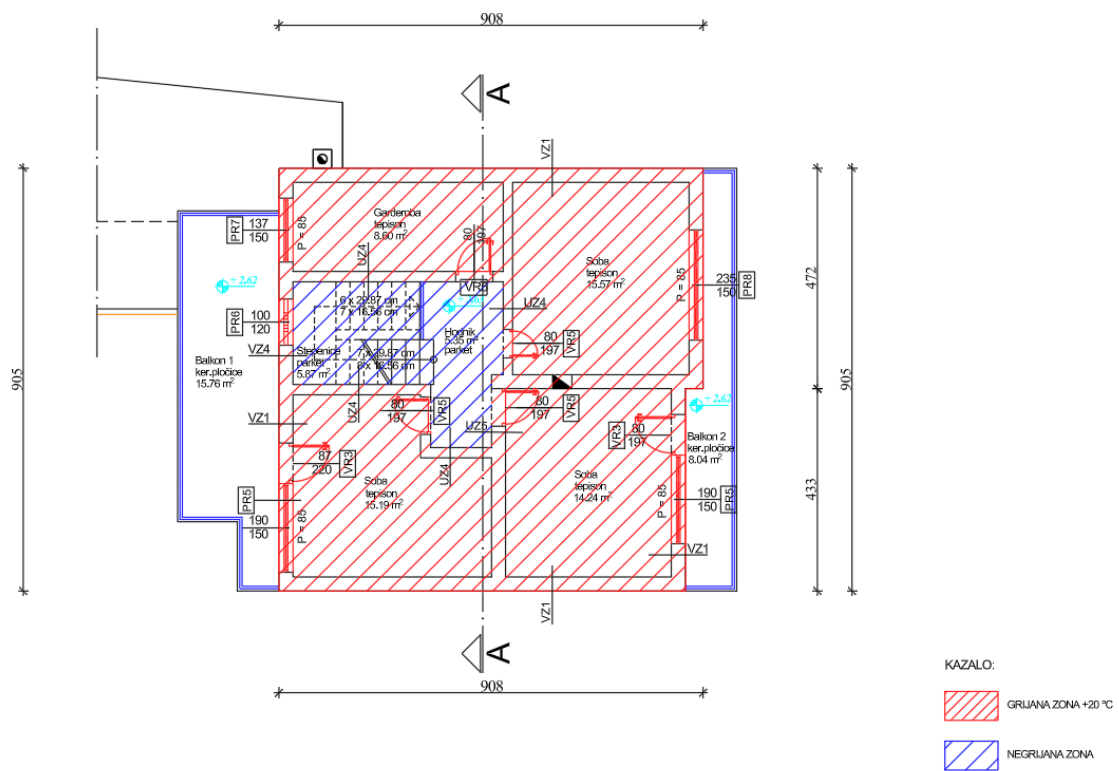
Tablica 7 – brzina vjetra [m/s]

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	God.
m	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2

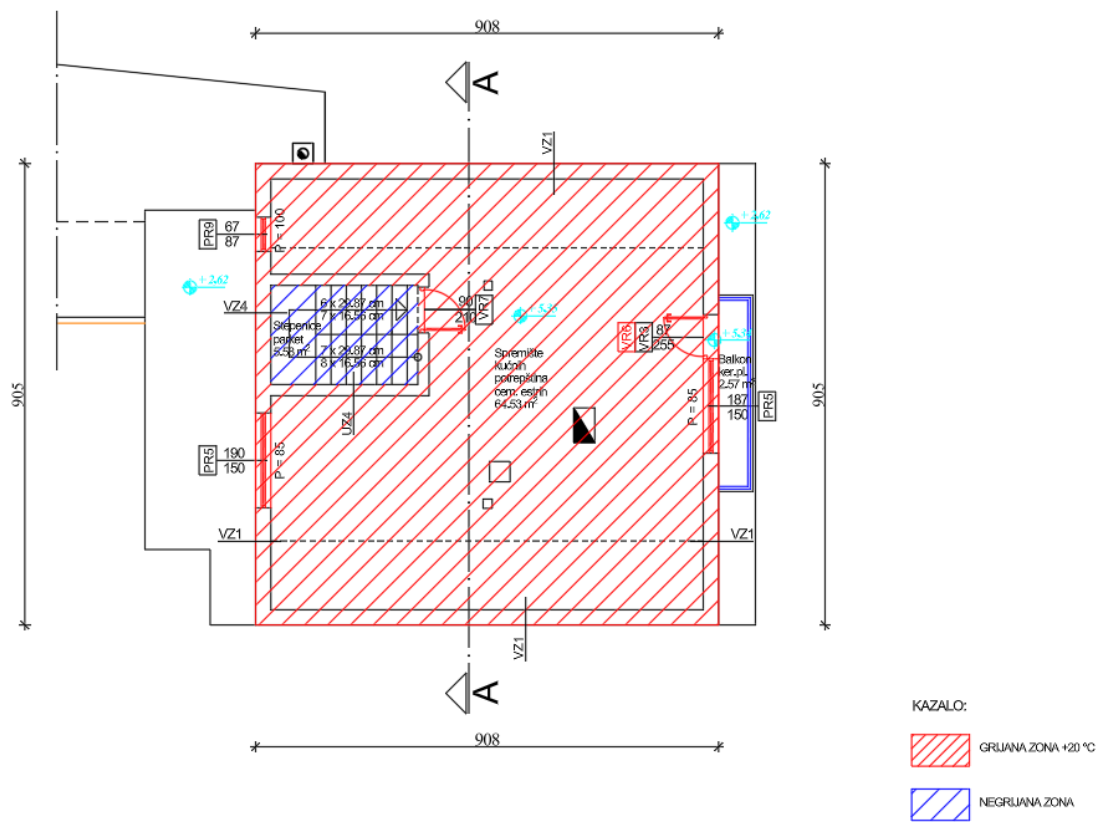
Tablica 8 – globalno sunčevo zračenje

Orijentacija	Nagib [°]	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	God.
S	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4411
	15	156	227	384	489	582	607	636	571	467	319	167	120	4725
	30	181	257	410	493	565	579	612	567	492	357	193	139	4845
	45	198	274	415	475	525	530	563	538	493	378	209	152	4750
	60	205	277	401	436	465	462	494	487	470	379	215	157	4448
	75	202	266	369	379	389	381	409	416	424	360	210	155	3960
	90	188	242	319	308	305	293	315	331	358	324	195	145	3323
SE_SW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4411
	15	145	215	372	483	582	609	637	566	454	303	157	112	4635
	30	162	234	389	486	569	588	619	564	472	329	173	124	4709

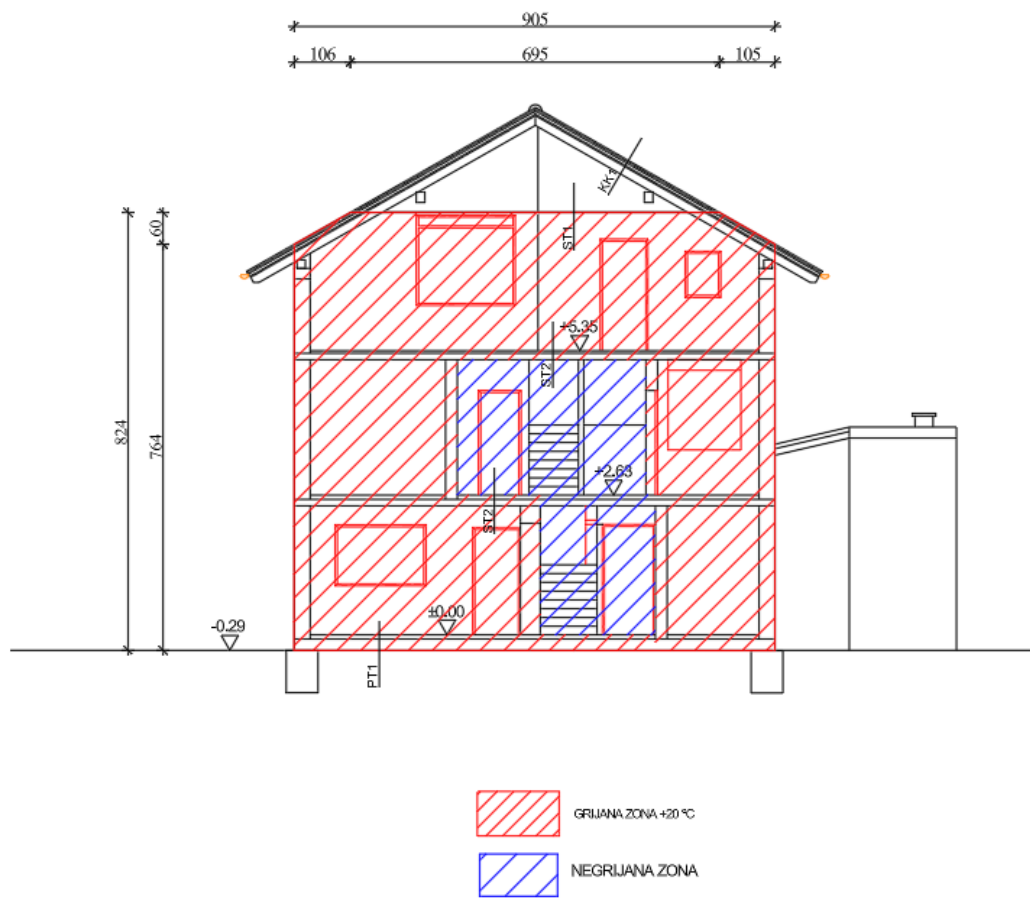
	45	171	243	390	471	537	550	582	542	471	339	182	131	46 09
	60	172	241	375	440	489	495	527	501	450	334	182	132	43 38
	75	166	227	344	392	427	427	457	444	411	314	174	127	39 10
	90	151	204	301	334	356	352	378	374	356	280	158	116	33 60
E_W	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	44 11
	15	123	188	340	461	572	606	630	546	417	266	134	95	43 78
	30	123	186	335	449	554	585	609	532	411	264	134	95	42 77
	45	120	182	323	429	525	553	577	507	397	258	131	92	40 94
	60	114	173	304	400	485	509	533	471	374	245	124	88	38 20
	75	105	159	277	362	434	455	477	425	341	225	114	81	34 55
	90	94	141	244	316	376	393	413	370	301	200	102	72	30 22
NE_NW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	44 11
	15	100	157	303	432	556	598	617	519	373	224	110	78	40 67
	30	85	134	264	389	514	558	572	471	325	189	94	67	36 62
	45	71	115	233	347	462	504	514	420	284	164	78	59	32 51
	60	65	91	200	308	412	448	457	373	249	127	70	54	28 54
	75	59	81	151	258	361	395	402	320	187	105	63	48	24 30
	90	52	72	124	183	280	316	315	233	135	94	56	42	19 02
N	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	44 11
	15	85	140	284	418	544	587	604	504	352	200	95	67	38 80
	30	75	102	215	352	481	525	534	432	269	137	81	63	32 66
	45	71	96	166	273	398	439	441	341	187	123	76	59	26 70
	60	65	89	152	202	302	338	332	244	159	115	70	54	21 22
	75	59	81	139	181	228	236	236	205	147	105	63	48	17 28
	90	52	72	124	163	205	213	214	186	134	94	56	42	15 55



Slika 14 – Tlocrt 1. kata s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom



Slika 15 – Tlocrt 2. kata s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom



Slika 16 – Presjek A-A s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom

5.5. Proračun građevnih elemenata obiteljske kuće

Tablica 9 – građevni elementi obiteljske kuće

VZ1_vanjski zid						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
6	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,900	1.700,00	150,00	0,30
Utot = 1.34 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Nije zadovoljen						
VZ2_vanjski zid						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.05 Drvo	1,50	0,150	550,00	70,00	1,05
2	5.12 PE folija, preklapljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
3	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	6,00	0,035	70,00	1,00	0,06
4	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,000	1.800,00	35,00	0,70
5	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
6	1.08 Šuplji blokovi od gline	30,00	0,480	1.100,00	10,00	3,00
7	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,000	1.800,00	35,00	0,70
9	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,900	1.700,00	150,00	0,30
Utot = 0.38 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Nije zadovoljen						
VZ3_vanjski zid						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53

2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	1.05 Puna fasadna opeka od gline	6,50	0,830	1.800,00	10,00	0,65
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 1.27 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.30 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
UZ1_zid prema kotlovnici						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 1.34 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.30 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
UZ2 - zid prema kotlovnici						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.05 Drvo	1,50	0,150	550,00	70,00	1,05
2	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	6,00	0,035	70,00	1,00	0,06
3	5.12 PE folija, preklopljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
4	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
5	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
6	1.08 Šuplji blokovi od gline	30,00	0,480	1.100,00	10,00	3,00
7	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 0.38 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.30 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
UZ3 - zid prema kotlovnici						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10

3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	1.05 Puna fasadna opeka od gline	6,50	0,830	1.800,00	10,00	0,65
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 1.27 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.30 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
PT1_pod prizemlja						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.03 Keramičke pločice	0,80	1,300	2.300,00	200,00	1,60
2	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,20	0,900	1.650,00	10,00	0,02
3	3.19 Cementni estrih	5,00	1,600	2.000,00	50,00	2,50
4	5.12 PE folija, preklopljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
5	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	2,00	0,039	20,00	40,00	0,80
6	Bitumenska ljepenka (traka)	0,30	0,230	1.100,00	50.000,00	150,00
7	2.01 Armirani beton	12,00	2,600	2.500,00	130,00	15,60
8	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,00	0,810	1.700,00	3,00	0,90
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 1.36 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.40 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
ST1_strop 2. kata prema provj. tavanu						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,25	0,250	900,00	8,00	0,10
2	5.12 PE folija, preklopljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 2.56 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
KK1_koso krovšte						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.05 Drvo	2,25	0,150	550,00	70,00	1,57
2	4.05 Drvo	2,50	0,150	550,00	70,00	1,75
3	Knauf Insulation paropropusna i vodonepropusna folija LDS 0,04	0,05	0,200	300,00	75,00	0,04
4	Slabo provjetravan sloj zraka	5,00	0,278	1,00	0,03	0,00

5	Crijep (krovni) glina	2,00	1,000	2.000,00	40,00	0,80
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 1.52 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
RK1_ravni krov iznad prizemlja						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m³]	μ [-]	sd [m]
1	4.05 Drvo	1,20	0,150	550,00	70,00	0,84
2	5.12 PE folija, preklapljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
3	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	5,00	0,035	70,00	1,00	0,05
4	2.01 Armirani beton	11,00	2,600	2.500,00	130,00	14,30
5	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,30	0,230	1.100,00	50.000,00	150,00
6	3.19 Cementni estrih	6,00	1,600	2.000,00	50,00	3,00
7	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,20	0,900	1.650,00	10,00	0,02
8	4.03 Keramičke pločice	0,80	1,300	2.300,00	200,00	1,60
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 0.57 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
UZ4_zid prema negrijanom stubištu						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	20,00	0,480	1.100,00	10,00	2,00
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
<p style="text-align: center;"> $U_{tot} = 1.41 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ $U_{max} = 0.40 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ Uvjet $U_{tot} \leq U_{max}$: Nije zadovoljen </p>						
UZ5_zid prema negrijanom stubištu						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m³]	μ [-]	sd [m]
1	4.05 Drvo	1,50	0,150	550,00	70,00	1,05
2	5.12 PE folija, preklapljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
3	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	4,00	0,035	70,00	1,00	0,04

4	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
5	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
6	1.08 Šuplji blokovi od gline	30,00	0,480	1.100,00	10,00	3,00
7	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
Utot = 0.46 [W/m2K] Umax = 0.40 [W/m2K] Uvjet Utot <= Umax: Nije zadovoljen						
UZ6_zid prema negrijanom stubištu						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m3]	μ [-]	sd [m]
1	4.05 Drvo	1,50	0,150	550,00	70,00	1,05
2	5.12 PE folija, preklapljena	0,01	0,190	1.000,00	50.000,00	7,50
3	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	6,00	0,035	70,00	1,00	0,06
4	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
5	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
6	1.08 Šuplji blokovi od gline	30,00	0,480	1.100,00	10,00	3,00
7	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
Utot = 0.37 [W/m2K] Umax = 0.40 [W/m2K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Tablica 10 – otvori obiteljske kuće

Uw [W/m ² K]	Dio negrijane prostorije	Udio ostakljenja [%]	g _L	Vrsta zaslona	Uf [W/m ² K]	Ug [W/m ² K]	Otvor je kupola
PR1_171x115							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Ut _{tot} = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Ut _{tot} ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR2_176x122							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Ut _{tot} = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Ut _{tot} ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR3_60x60							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Ut _{tot} = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Ut _{tot} ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR4_225x132							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Ut _{tot} = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Ut _{tot} ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							

PR5_190x150							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Utot = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR6_100x120 (staklena opeka)							
2.80	Da	98.00	Staklena opeka (g _L =0.60)	Bez naprave za zaštitu od sunčeva zračenja (Fc=1.00)	0.00	2.80	Ne
Utot = 2.80 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 2.80 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR7_137x150							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Utot = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR8_235x150							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Utot = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
PR9_67x87							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje) (Fc=0.30)	2.90	5.70	Ne
Utot = 3.60 [W/m ² K], U _{max} = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ U _{max} : Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							

VR1_128x200							
3.60	Ne	30.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Bez naprave za zaštitu od sunčeva zračenja (Fc=1.00)	2.90	5.70	Ne
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
VR2_76X231							
3.60	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 2.00 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen							
VR3_87x220							
3.60	Ne	70.00	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla) (g _L =0.80)	Bez naprave za zaštitu od sunčeva zračenja (Fc=1.00)	2.90	5.70	Ne
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 1.60 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen Ug = 5.70 [W/m ² K], Ug,max = 1.10 [W/m ² K], Uvjet Ug ≤ Ug,max: Nije zadovoljen							
VR5_80x196							
3.60	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 2.00 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen							
VR4_60X195							
3.60	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 2.00 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen							
VR6_112X220							
3.60	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 2.00 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen							
VR7_90x210							
3.60	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-
Utot = 3.60 [W/m ² K], Umax = 2.00 [W/m ² K], Uvjet Utot ≤ Umax: Nije zadovoljen							

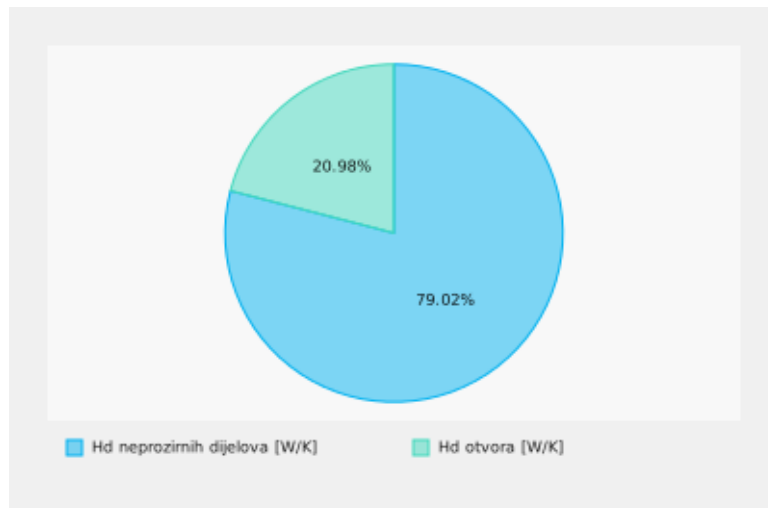
5.6. Toplinski gubici

Tablica 11 – toplinski gubici kroz vanjski omotač

Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	ΔU [W/m ² K]	Uuk [W/m ² K]	HD [W/K]
KK1_koso krov	26,28	1,52	0,10	1,62	42,50
RK1_ravni krov iznad prizemlja	15,77	0,57	0,10	0,67	10,59
ST1_strop 2. kata prema provj. tavanu	48,76	2,56	0,10	2,66	129,65
UZ3 - zid prema kotlovnici	2,59	1,27	0,10	1,37	3,55
UZ2 - zid prema kotlovnici	2,48	0,38	0,10	0,48	1,18
UZ1_zid prema kotlovnici	5,30	1,34	0,10	1,44	7,65
VZ3_vanjski zid	12,85	1,27	0,10	1,37	17,63
VZ2_vanjski zid	4,20	0,38	0,10	0,48	2,00
VZ1_vanjski zid	199,87	1,34	0,10	1,44	287,62
Ukupno					502,37

Tablica 12 – toplinski gubici kroz otvore

Naziv otvora	Aw [m ²]	Uw [W/m ² K]	HD [W/K]
VR3_87x220	1,91	3,60	6,88
PR5_190x150	5,70	3,60	20,52
PR6_100x120 (staklena opeka)	1,20	2,80	3,36
VR3_87x220	1,91	3,60	6,88
VR2_76x231	1,76	3,60	6,34
VR1_128x200	2,56	3,60	9,22
PR9_67x87	0,58	3,60	2,09
PR8_235x150	3,52	3,60	12,67
PR7_137x150	2,05	3,60	7,38
PR5_190x150	5,70	3,60	20,52
PR4_225x132	5,94	3,60	21,38
PR3_60x60	0,36	3,60	1,30
PR2_176x122	2,15	3,60	7,74
PR1_171x115	1,97	3,60	7,09
Ukupno			133,36



Grafikon 1 – odnos toplinskih gubitaka kroz vanjski omotač i otvore

Tablica 13 – toplinski gubici kroz tlo

Naziv i tip građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	Hg,avg [W/K]
Pod na tlu	65,44	1,36	71,89
Ukupno			71,89

Tablica 14 – toplinski gubici kroz negrijane prostorije

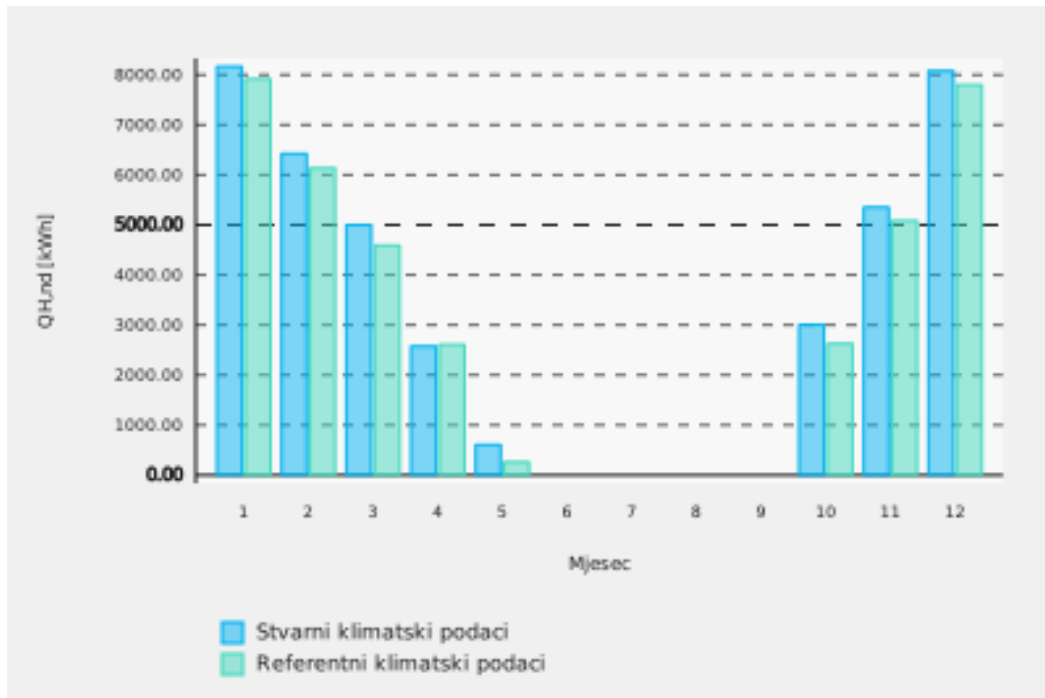
Negrijana prostorija	HT, iu [W/K]	HT, ue [W/K]	HV, ue [W/K]	n [1/h]	Hiu [W/K]	Hue [W/K]	bu	Hu [W/K]
Negrijano stubište i hodnik	152,16	3,36	2,45	0,10	152,16	5,81	0,04	5,59
Ukupno								5,59

5.7. Potrebna energija za grijanje i hlađenje po mjesecima

Tablica 15 – Potrebna energija za grijanje po mjesecima (stvarna klimatska postaja i stvarni uvjeti korištenja)

Mjesec	QH,nd,day [kWh]	QH,Tr [kWh]	QH,Ve [kWh]	Qint [kWh]	Qsol [kWh]	Qgn [kWh]
1	263,35	10.108,43	1.514,04	765,17	461,68	1.226,84
2	229,38	8.310,08	1.228,56	691,12	641,75	1.332,86
3	161,17	7.098,38	1.023,16	765,17	920,87	1.686,04
4	85,81	4.544,82	622,51	740,48	1.040,71	1.781,19
5	23,24	2.256,25	248,75	765,17	753,40	1.518,57
6	0,00	542,10	-17,85	740,48	783,44	1.523,92
7	0,00	-249,80	-145,53	765,17	824,25	1.589,42
8	0,00	102,20	-91,58	765,17	745,86	1.511,03
9	0,00	2.520,27	296,36	740,48	620,17	1.360,65
10	96,84	4.952,29	691,60	765,17	969,84	1.735,00
11	178,31	7.064,88	1.035,75	740,48	499,64	1.240,12
12	260,50	9.908,42	1.486,76	765,17	353,88	1.119,05

Mjesec	aH [-]	$\gamma_{H,1}$ [-]	$\gamma_{H,2}$ [-]	γ_H [-]	$\gamma_{H,lim}$ [-]	fH,m [-]	LH,m [dan]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd,mj [kWh]	Postotak stvarne okupiranosti prostora za Qhnd [-]	QH,nd,mj [kWh]
1	2,50	0,10	0,12	0,11	1,40	1,00	31,00	1,00	8.163,82	100,00	8.163,82
2	2,50	0,12	0,17	0,14	1,40	1,00	28,00	0,99	6.422,71	100,00	6.422,71
3	2,50	0,17	0,28	0,21	1,40	1,00	31,00	0,98	4.996,36	100,00	4.996,36
4	2,50	0,28	0,48	0,34	1,40	1,00	30,00	0,95	2.574,18	100,00	2.574,18
5	2,50	0,48	1,76	0,61	1,40	0,84	26,00	0,86	604,25	100,00	604,25
6	2,50	1,76	501,45	2,91	1,40	0,00	0,00	0,33	0,00	100,00	0,00
7	2,50	501,45	571,11	1.000,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
8	2,50	71,35	571,11	142,22	1,40	0,00	0,00	0,01	0,00	100,00	0,00
9	2,50	0,40	71,35	0,48	1,40	0,51	15,00	0,91	0,00	100,00	0,00
10	2,50	0,23	0,40	0,31	1,40	1,00	31,00	0,96	3.002,16	100,00	3.002,16
11	2,50	0,13	0,23	0,15	1,40	1,00	30,00	0,99	5.349,32	100,00	5.349,32
12	2,50	0,10	0,13	0,10	1,40	1,00	31,00	1,00	8.075,46	100,00	8.075,46
Ukupno									39.188,26		39.188,26

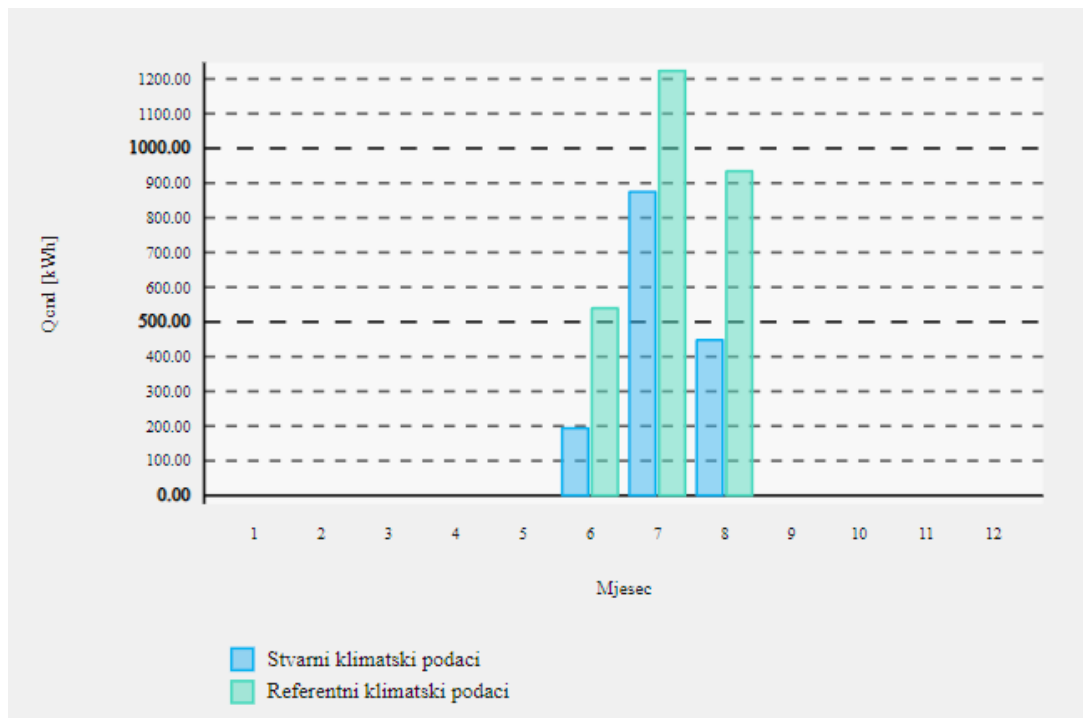


Grafikon 2 – Potrebna energija za grijanje po mjesecima

Tablica 16 – Potrebna energija za hlad enje po mjesecima (stvarna klimatska postaja i stvarni uvjeti korištenja)

Mjesec	QC,nd,day [kWh]	QC,Tr [kWh]	QC,Ve [kWh]	Qint [kWh]	Qsol [kWh]	Qgn [kWh]
1	0,00	11.062,70	1.671,20	765,17	461,68	1.226,84
2	0,00	9.172,00	1.370,51	691,12	641,75	1.332,86
3	0,00	8.052,66	1.180,32	765,17	920,87	1.686,04
4	0,00	5.468,31	774,60	740,48	1.040,71	1.781,19
5	0,00	3.210,53	405,91	765,17	753,40	1.518,57
6	8,43	1.465,59	134,24	740,48	783,44	1.523,92
7	28,21	704,48	11,63	765,17	824,25	1.589,42
8	17,89	1.056,48	65,58	765,17	745,86	1.511,03
9	0,00	3.443,76	448,45	740,48	620,17	1.360,65
10	0,00	5.906,56	848,76	765,17	969,84	1.735,00
11	0,00	7.988,38	1.187,84	740,48	499,64	1.240,12
12	0,00	10.862,70	1.643,92	765,17	353,88	1.119,05

Mjesec	aC [-]	$\gamma_{C,1}$ [-]	$\gamma_{C,2}$ [-]	γ_C [-]	$\gamma_{C,lim}$ [-]	fC,m [-]	LC,m [dan]	$\eta_{C,gn}$ [-]	QC,nd,mj [kWh]	Postotak stvarne okupiranosti prostora za Qcnd [-]	QC,nd,mj [kWh]
1	2,50	9,14	10,78	10,38	1,40	0,00	0,00	0,10	0,00	100,00	0,00
2	2,50	6,69	9,14	7,91	1,40	0,00	0,00	0,13	0,00	100,00	0,00
3	2,50	4,49	6,69	5,48	1,40	0,00	0,00	0,18	0,00	100,00	0,00
4	2,50	2,94	4,49	3,50	1,40	0,00	0,00	0,28	0,00	100,00	0,00
5	2,50	1,72	2,94	2,38	1,40	0,00	0,00	0,39	0,00	100,00	0,00
6	2,50	0,75	1,72	1,05	1,40	0,76	23,00	0,70	193,84	100,00	193,84
7	2,50	0,60	0,75	0,45	1,40	1,00	31,00	0,92	874,49	100,00	874,49
8	2,50	0,60	1,80	0,74	1,40	0,81	25,00	0,81	447,29	100,00	447,29
9	2,50	1,80	3,38	2,86	1,40	0,00	0,00	0,33	0,00	100,00	0,00
10	2,50	3,38	5,65	3,89	1,40	0,00	0,00	0,25	0,00	100,00	0,00
11	2,50	5,65	9,29	7,40	1,40	0,00	0,00	0,13	0,00	100,00	0,00
12	2,50	9,29	10,78	11,18	1,40	0,00	0,00	0,09	0,00	100,00	0,00
Ukupno									1.515,63		1.515,63



Grafikon 3 – Potrebna energija za hlađenje po mjesecima

5.8. Rezultati proračuna i energetski razred postojećeg stanja

Tablica 17 – Rezultati proračuna postojećeg stanja

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m ²]	524,98
Obujam grijanog dijela zgrade V _e	630,56
Faktor oblika zgrade f ₀ [1/m]	0,83
Ploština korisne površine A _k [m ²]	205,69
Godišnja potrebna toplina za grijanje Q _{H,nd} [kWh/a]	39.188,26
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) Q _{H,nd} [kWh/m ² a]	190,52
Godišnja potrebna toplina za hlađenje Q _{C,nd} [kWh/a]	1.515,63
Godišnja potrebna toplina za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine Q' _{C,nd} [kWh/m ² a]	50,00
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H' _{tr,adj} [W/m ² K]	1,36
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka H _{tr,adj} [W/K]	713,20

Tablica 18 – Primarna, isporučena energija i emisije CO₂

Sustav	Energent	Razred SAUZ (GVik i PTV)	Razred SAUZ (električna energija)	Q _{gen, in, uk} [kWh]	W _{aux, uk} [kWh]	Edel [kWh]	E _{prim} [kWh]	CO ₂ [kg]
Obiteljska kuća - standardni kotao	Prirodni plin	C (1,00)	C (1,00)	50.046,47	383,58	50.430,05	55.419,98	11.099,98
Ukupno				50.046,47	383,58	50.430,05	55.419,98	11.099,98

Tablica 19 – Energetski razred obiteljske kuće prema potrebnoj energiji za grijanje i primarnoj energiji

Q _{hnd} /m ² [kWh/m ²]	E _{prim} /m ² [kWh/m ²]	Razred (prema Q _{hnd})	Razred (prema E _{prim})
179,90	256,41	E	C

U tablici 19 prikazan je energetska razred obiteljske kuće prije provedenih mjera energetske obnove. Trenutno se obiteljska kuća nalazi u energetska razredu E prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/m²] te u energetska razredu C prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} [kWh/m²].

5.9. Mjere poboljšanja energetske obnove

5.9.1. Mjera 1 – ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove i usporedba s postojećim stanjem

Provedbom mjere 1 predviđena je energetska obnova svih vanjskih zidova (VZ1, VZ2, VZ3, UZ1, UZ2, UZ3). Ugradnjom toplinske izolacije na vanjske zidove želimo ostvariti znatne uštede na gubicima energije, emisije CO₂ u okoliš i boravak u samom unutarnjem prostoru učiniti što ugodnijim.

Tablica 20 – Podaci građevnog elementa VZ1 nakon provedene mjere

VZ1_vanjski zid_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
6	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,900	1.700,00	150,00	0,30
7	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,30	0,900	1.650,00	10,00	0,03
8	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
9	Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,30	0,900	1.650,00	14,00	0,04
10	Silikonsko-silikatna žbuka	0,20	0,700	1.800,00	60,00	0,12
Utot = 0.21 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Tablica 21 – Podaci građevnog elementa VZ2 nakon provedene mjere

VZ2_vanjski zid_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,000	1.800,00	35,00	0,70
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	30,00	0,480	1.100,00	10,00	3,00
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,000	1.800,00	35,00	0,70
6	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,900	1.700,00	150,00	0,30
7	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,30	0,900	1.650,00	10,00	0,03
8	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
9	Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,30	0,900	1.650,00	14,00	0,04
10	Silikonsko-silikatna žbuka	0,20	0,700	1.800,00	60,00	0,12
Utot = 0.20 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Tablica 22 – Podaci građevnog elementa VZ3 nakon provedene mjere

VZ3_vanjski zid_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	1.05 Puna fasadna opeka od gline	6,50	0,830	1.800,00	10,00	0,65
5	3.22 Polimerno- cementno ljepilo	0,30	0,900	1.650,00	10,00	0,03
6	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
7	Polimerno- cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,30	0,900	1.650,00	14,00	0,04
8	Silikonsko- silikatna žbuka	0,20	0,700	1.800,00	60,00	0,12
Utot = 0.21 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Tablica 23 – Podaci građevnog elementa UZ1 nakon provedene mjere

UZ1_zid prema kotlovnici_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno- cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno- cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
6	3.22 Polimerno- cementno ljepilo	0,30	0,900	1.650,00	10,00	0,03
7	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
8	Polimerno- cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,30	0,900	1.650,00	14,00	0,04
9	Silikonsko- silikatna žbuka	0,20	0,700	1.800,00	60,00	0,12
Utot = 0.21 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Tablica 24 – Podaci građevnog elementa UZ2 nakon provedene mjere

UZ2 - zid prema kotlovnici_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno- cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	30,00	0,480	1.100,00	10,00	3,00
4	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
5	3.03 Vapneno- cementna žbuka	2,50	1,000	1.800,00	35,00	0,88
6	3.22 Polimerno- cementno ljepilo	0,30	0,900	1.650,00	10,00	0,03
7	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
8	Polimerno- cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,30	0,900	1.650,00	14,00	0,04
9	Silikonsko- silikatna žbuka	0,20	0,700	1.800,00	60,00	0,12
Utot = 0.20 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Tablica 25 – Podaci građevnog elementa UZ3 nakon provedene mjere

UZ3 - zid prema kotlovnici_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	3.03 Vapneno- cementna žbuka	1,50	1,000	1.800,00	35,00	0,53
2	3.18 Cementni mort	0,30	1,600	2.000,00	35,00	0,10
3	1.08 Šuplji blokovi od gline	25,00	0,480	1.100,00	10,00	2,50
4	1.05 Puna fasadna opeka od gline	6,50	0,830	1.800,00	10,00	0,65
5	3.22 Polimerno- cementno ljepilo	0,30	0,900	1.650,00	10,00	0,03
6	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
7	Polimerno- cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,30	0,900	1.650,00	14,00	0,04
8	Silikonsko- silikatna žbuka	0,20	0,700	1.800,00	60,00	0,12
Utot = 0.21 [W/m ² K] Umax = 0.30 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Provedbom mjere 1 (GM1_TI vanjskih zidova ETICS sustavom) dolazi do razlike u potrošnji energije (tablica 26).

Tablica 26 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe mjere 1

	Stvarni klimatski podaci i stvarni režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava				Referentni klimatski podaci i Algoritmom propisan režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava			
	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]
Qhnd [kWh]	39.188,26	26.603,14	12.585,11	32,11	37.003,96	25.017,20	11.986,76	32,39
Qcnd [kWh]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edel [kWh]	50.430,05	36.369,37	14.060,68	27,88	47.988,29	34.607,47	13.380,81	27,88
Eprim [kWh]	55.419,98	40.005,73	15.414,25	27,81	52.740,03	38.072,92	14.667,11	27,81
CO2 [kg]	11.099,98	8.006,15	3.093,83	27,87	10.562,63	7.618,44	2.944,19	27,87
Razred prema QH,nd	-	-	-	-	E	D	-	-
Razred prema Eprim	-	-	-	-	C	C	-	-
OIE [%]	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-

Investicija provedbe mjere 1 se procjenjuje na **11.365 €** što bi s uštedom od **551,83 €** godišnje značilo da je povratni period investicije procijenjen na **20,59 god.**(tablica 27).

Tablica 27 – detalji mjere 1 (GM1_TI vanjskih zidova ETICS sustavom)

Investicija [Euro]	Procijenjena ušteta [Euro/god]	Procijenjena ušteta [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [Euro/tCO2 god.]	Pokazatelj [Euro/kWh god.]
11.365,00	551,83	14.060,68	20,59	3,09	3.673,24	0,81

5.9.2. Mjera 2 – izmjena stolarije i usporedba s postojećim stanjem

Provedbom mjere 2 predviđa se zamjena postojeće drvene stolarije s PVC stolarijom koje se sastoji od trostruko izolirajućeg stakla s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge). Također izmjenom stolarije je predviđena zamjena drvenih ulaznih vrata PVC vratima. Koeficijent toplinske provodljivosti otvora ovisi o vrsti IZO stakla. Predviđena je zamjena stolarije PVC stolarijom s troslojnim IZO staklom 4+16+4+16+4[mm] odnosno 3 stakla debljine 4 mm na razmacima od 16 mm (slika 17). Koeficijent toplinske provodljivosti otvora kod drvene stolarije je iznosio $UW=3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nakon ugradnje PVC stolarije koeficijent toplinske provodljivosti iznositi će $UW=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Slika 17 - Presjek troslojnog IZO stakla

Tablica 28 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe mjere 2

	Stvarni klimatski podaci i stvarni režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava				Referentni klimatski podaci i Algoritmom propisan režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava			
	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]
Qhnd [kWh]	39.188,26	34.661,55	4.526,70	11,55	37.003,96	32.593,82	4.410,13	11,92
Qcnd [kWh]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edel [kWh]	50.430,05	45.347,11	5.082,94	10,08	47.988,29	43.042,12	4.946,16	10,31
Eprim [kWh]	55.419,98	49.850,62	5.569,36	10,05	52.740,03	47.319,95	5.420,08	10,28
CO2 [kg]	11.099,98	9.981,64	1.118,34	10,08	10.562,63	9.474,36	1.088,27	10,30
Razred prema QH,nd	-	-	-	-	E	E	-	-
Razred prema Eprim	-	-	-	-	C	C	-	-
OIE [%]	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-

Investicija provedbe mjera 2 se procjenjuje na **12.280 €** što bi s uštedom od **198,92 €** godišnje značilo da je povratni period investicije procijenjen na **61,73 god.**(tablica 29).

Tablica 29 – detalji mjere 2 (GM2_Izmjena stolarije)

Investicija [Euro]	Procijenjena ušteda [Euro/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [Euro/tCO2 god.]	Pokazatelj [Euro/kWh god.]
12.280,00	198,92	5.082,94	61,73	1,12	10.983,90	2,42

5.9.3. Mjera 3 – ugradnja toplinske izolacije na koso krovšte i spušten strop i usporedba s postojećim stanjem

Provedbom mjere 3 predviđena je energetska obnova svih elemenata stropa na 2. katu (KK1, ST1). Ugradnjom toplinske izolacije na elemente stropa želimo ostvariti znate uštede i boravak u samom unutarnjem prostoru učiniti ugodnijim.

Tablica 30 – prikaz građevnih elemenata nakon provedbe mjere 3

KK1_koso krovšte_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,25	0,250	900,00	8,00	0,10
2	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,02	0,500	500,00	205.000,00	34,85
3	Ekspandirani polistiren (EPS)	12,75	0,037	21,00	40,00	5,10
4	4.05 Drvo	2,25	0,150	550,00	70,00	1,57
5	4.05 Drvo	2,50	0,150	550,00	70,00	1,75
6	Knauf Insulation paropropusna i vodonepropusna folija LDS 0,04	0,05	0,200	300,00	75,00	0,04
7	Slabo provjetravan sloj zraka	5,00	0,278	1,00	0,03	0,00
8	Crijep (krovni) glina	2,00	1,000	2.000,00	40,00	0,80
Utot = 0.24 [W/m ² K] Umax = 0.25 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						
ST1_strop 2. kata prema provj. tavanu_mjera						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,25	0,250	900,00	8,00	0,10
2	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,02	0,500	500,00	205.000,00	34,85
3	Ekspandirani polistiren (EPS)	15,00	0,037	21,00	40,00	6,00
4	Knauf Insulation paropropusna i vodonepropusna folija LDS 0,04	0,05	0,200	300,00	75,00	0,04
Utot = 0.22 [W/m ² K] Umax = 0.25 [W/m ² K] Uvjet Utot <= Umax: Zadovoljen						

Provedbom mjere 3 (GM3_TI kosog krovišta + spuštenog stropa) dolazi do razlike u potrošnji energije te su razlike prikazane tabelično (tablica 31).

Tablica 31 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe mjere 3

	Stvarni klimatski podaci i stvarni režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava				Referentni klimatski podaci i Algoritmom propisan režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava			
	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]
Qhnd [kWh]	39.188,26	32.029,12	7.159,14	18,27	37.003,96	30.206,29	6.797,67	18,37
Qcnd [kWh]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edel [kWh]	50.430,05	42.414,31	8.015,74	15,89	47.988,29	40.381,66	7.606,62	15,85
Eprim [kWh]	55.419,98	46.632,59	8.787,39	15,86	52.740,03	44.402,19	8.337,84	15,81
CO2 [kg]	11.099,98	9.336,24	1.763,74	15,89	10.562,63	8.888,94	1.673,69	15,85
Razred prema QH,nd	-	-	-	-	E	D	-	-
Razred prema Eprim	-	-	-	-	C	C	-	-
OIE [%]	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-

Investicija provedbe mjere 3 se procjenjuje na **3.377 €** što bi s uštedom od **314,59 €** godišnje značilo da je povratni period investicije procijenjen na **10,73 god.**(tablica 32).

Tablica 32 – detalji mjere 3 (GM3_TI kosog krovišta + spuštenog stropa)

Investicija [Euro]	Procijenjena ušteda [Euro/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [Euro/tCO2 god.]	Pokazatelj [Euro/kWh god.]
3.377,00	314,59	8.015,74	10,73	1,76	1.914,40	0,42

5.9.4. Prikaz učinka svih mjera zajedno i usporedba s postojećim stanjem

Tablica 33 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe svih mjera zajedno

	Stvarni klimatski podaci i stvarni režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava				Referentni klimatski podaci i Algoritmom propisan režim korištenja i režim rada termotehničkih sustava			
	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]	Staro stanje (prije mjere)	Novo stanje (nakon mjere)	Razlika	Razlika [%]
Qhnd [kWh]	39.188,26	11.996,57	27.191,68	69,39	37.003,96	11.056,65	25.947,31	70,12
Qcnd [kWh]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edel [kWh]	50.430,05	20.213,10	30.216,95	59,92	47.988,29	19.170,92	28.817,36	60,05
Eprim [kWh]	55.419,98	22.288,54	33.131,44	59,78	52.740,03	21.144,63	31.595,40	59,91
CO2 [kg]	11.099,98	4.451,07	6.648,91	59,90	10.562,63	4.221,72	6.340,91	60,03
Razred prema QH,nd	-	-	-	-	E	C	-	-
Razred prema Eprim	-	-	-	-	C	B	-	-
OIE [%]	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-

Investicija provedbe svih mjera zajedno se procjenjuje na **27.022 €** što bi s uštedom od **1.187 €** godišnje značilo da je povratni period investicije procijenjen na **22,76 god..**

Tablica 34 – detalji svih mjera zajedno

Investicija [Euro]	Procijenjena ušteda [Euro/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [Euro/tCO2 god.]	Pokazatelj [Euro/kWh god.]
27.022,00	1.187,00	30.216,95	22,76	6,65	4.064,07	0,89

6. PRIMJER PRORAČUNA TOPLINSKOG GUBITKA BEZ IZOLACIJE I SA IZOLACIJOM NA MEĐUKATNOJ KONSTRUKCIJI

Cilj ovog proračuna je prikazati značaj toplinske izolacije na međukatnoj konstrukciji koja graniči između grijanog i negrijanog prostora. Glavna pretpostavka je ta da je iznad zadnje grijane etaže potkrovlje sa otvorenim otvorima zbog čega je temperatura jednaka vanjskoj. Naime topli zrak zbog svoje manje gustoće od hladnog zraka prirodno cirkulira prema gore što znači da ako nemamo adekvatnu izolaciju na stropu grijanog prostora dešavaju se veliki gubici energije.

Strop iznad grijanog prostora						
Redni br.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	μ [-]	sd [m]
1	Cementni estrih	6	1,6	2000	50	3
2	PE folija	0,03	0,19	1000	50000	12,5
3	Ekspandirani polistiren (EPS)	0 - 10	0,039	20	40	4,8
4	Armirani beton	6	2,6	2500	130	7,8
5	Šuplji blok od gline	14	0,480	1100	10	1,4

Promatrana površina: 65m²

Toplinski otpor jednog sloja:

$$R_{\text{cementni estrih}} = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,06}{1,6} = 0,0375 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{PE folija}} = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,0003}{0,19} = 0,0002 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{EPS}} = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,10}{0,039} = 2,56 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{Armirani beton}} = \frac{d_4}{\lambda_3} = \frac{0,06}{2,6} = 0,023 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{šuplji blok od gline}} = \frac{d_5}{\lambda_3} = \frac{0,14}{0,480} = 0,291 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Toplinski otpor svih slojeva građevnog elementa:

$$\Delta R(\text{EPS} = 0 \text{ cm}) = R_1 + R_2 + R_4 + R_5 = 0,352 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$\Delta R(\text{EPS} = 10 \text{ cm}) = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 2,912 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Koeficijent prolaska topline:

$$U(\text{EPS} = 0 \text{ cm}) = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,352} = 3,08 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$U(\text{EPS} = 10 \text{ cm}) = \frac{1}{R} = \frac{1}{2,912} = 0,343 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Razlika između vanjske i unutarnje temperature:

$$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ukupni gubici zbog razlike temperature:

$$q(\text{EPS} = 0 \text{ cm}) = \frac{\Delta t}{\Delta R} = \frac{35}{0,325} = 107,69 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$q(\text{EPS} = 10 \text{ cm}) = \frac{\Delta t}{\Delta R} = \frac{35}{2,912} = 12,02 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Specifična potrebna energija za grijanje (za 10 dana):

$$Q_{H,nd}(\text{EPS} = 0 \text{ cm}) = q \cdot A \cdot h = 107,69 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 65 \text{ m}^2 \cdot 240 \text{ h} = 1679964 \text{ Wh} = 1680 \text{ kWh}$$

$$Q_{H,nd}(\text{EPS} = 10 \text{ cm}) = q \cdot A \cdot h = 12,02 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 65 \text{ m}^2 \cdot 240 \text{ h} = 187512 \text{ Wh} = 187,51 \text{ kWh}$$

7. ZAKLJUČAK

Energetska obnova obiteljske kuće predstavlja ključan korak ka smanjenju potrošnje energije i poboljšanju kvaliteta života u stambenim objektima. Kroz analizu postojećeg stanja zgrade, utvrđeno je da su najveći gubici energije povezani sa neadekvatnom izolacijom, zastarjelom stolarijom i nedovoljno efikasnim sistemima grijanja i hlađenja. Primjena mjera energetske obnove, poput ugradnje kvalitetne toplinske izolacije, zamjene stolarije s nisko emisivnim staklima i optimizacije sustava za grijanje, doprinosi značajnom smanjenju troškova energije, poboljšanju udobnosti i smanjenju emisije stakleničkih plinova.

Kroz simulacije i proračune, pokazalo se da nakon provedbe mjera energetske obnove, kuća može ostvariti uštede energije do 30 - 60% u odnosu na prethodno stanje, uz povrat investicije u periodu od X godina. Također, obnova povećava ukupnu vrijednost nekretnine i doprinosi ekološkoj održivosti kroz smanjenje ugljičnog otiska. Kod usporedbe mjera poboljšanja energetske učinkovitosti na obiteljskoj kući vidljivo je da se neisplativija investicija pokazala mjera 3 – ugradnja toplinske izolacije na koso krovšte i spušten strop, investicija mjere 3 je iznosila 3.377,00e te je ušteda nakon mjere iznosila za Qhnd 18,37%, a smanjenje emisija CO₂ je bila za 15,85%. Najgora investicija u poboljšanje energetske učinkovitosti pokazala se mjera 2 – izmjena stolarije koja je s iznosom investicije od 12.280,0e smanjila Qhnd za samo 11,92% i emisiju CO₂ za 10,30%.

Zaključno, energetska obnova nije samo ekonomski isplativa već i dugoročno održiva opcija koja doprinosi poboljšanju kvaliteta života vlasnika kuća i zaštiti okoliša. Ovakvi projekti bi trebali biti prioritet u urbanom planiranju i razvojnoj strategiji, uz podršku kroz subvencije i poticaje na nacionalnom nivou.

8. LITERATURA

- [1] Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost - <https://www.fzoeu.hr/hr/enu-u-zgradarstvu/7571>
- [2] Priručnik za energetske savjetnike - <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf>
- [3] Energetska bilanca stana, kuće ili zgrade - https://issuu.com/korisnickapodrka/docs/energetska_bilanca_stana_ku_e_ili
- [4] Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada 2021, Zagreb, lipanj 2021.
- [5] Priručnik za provedbu energetske pregleda zgrada - <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-provedbu-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>
- [6] Energetska certificiranje zgrada - <https://mpgi.gov.hr/ominstarstvu/djelokrug/energetska-certificiranje-zgrada-8304/8304>

9. POPIS SLIKA

Slika 1 – primjer energetske učinkovite obiteljske kuće

Izvor: <https://kastav.hr/krece-energetska-obnova-obiteljskih-kuca/>

Slika 2 – Energetska bilanca zgrade

Izvor: https://enerpedia.net/index.php?title=Datoteka:Bilanca_energije_zgrade.JPG

Slika 3 – Raspodjela termičkih gubitaka

Izvor: https://issuu.com/korisnickapodrnka/docs/energetska_bilanca_stana_ku_e_ili

Slika 4 – tijekom provedbe energetske pregleda zgrade

Izvor: Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada 2021, Zagreb, lipanj 2021.

Slika 5 – Shema općeg energetske pregleda zgrade

Izvor: Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada 2021, Zagreb, lipanj 2021.

Slika 6 – Shema detaljnog energetske pregleda zgrade

Izvor: Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada 2021, Zagreb, lipanj 2021.

Slika 7 – Primjer prve stranice energetske certifikata zgrade

Izvor: <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-provedbu-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>

Slika 8 – Primjer energetske razreda zgrada

Izvor: autor

Slika 9 – prizemlje MJ 1:100

Izvor: autor

Slika 10 – 1. kat MJ 1:100

Izvor: autor

Slika 11 – 2. kat MJ 1:100

Izvor: autor

Slika 12 – Presjek A-A MJ 1:100

Izvor: autor

Slika 13 – Tlocrt prizemlja s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom

Izvor: autor

Slika 14 – Tlocrt 1. kata s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom

Izvor: autor

Slika 15 – Tlocrt 2. kata s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom

Izvor: autor

Slika 16 – Presjek A-A s prikazanim grijanim i negrijanim prostorom

Izvor: autor

Slika 17 - Presjek troslojnog IZO stakla

Izvor: https://aluisometric.hr/pvc-stolarija/prozori/?_im-eCSchOYb=1204324064859233387

10. POPIS TABLICA

Tablica 1 – geometrijske karakteristike obiteljske kuće

Izvor: autor

Tablica 2 – površine građevnih elemenata i pripadajući koeficijenti prolaska topline

Izvor: autor

Tablica 3 – površine i pripadajući koeficijenti prolaska topline otvora

Izvor: autor

Tablica 4 – temperatura zraka [°C]

Izvor: autor

Tablica 5 – tlak vodene pare [Pa]

Izvor: autor

Tablica 6 – relativna vlažnost zraka [%]

Izvor: autor

Tablica 7 – brzina vjetra [m/s]

Izvor: autor

Tablica 8 – globalno sunčevo zračenje

Izvor: autor

Tablica 9 – građevni elementi obiteljske kuće

Izvor: autor

Tablica 10 – otvori obiteljske kuće

Izvor: autor

Tablica 11 – toplinski gubici kroz vanjski omotač

Izvor: autor

Tablica 12 – toplinski gubici kroz otvore

Izvor: autor

Tablica 13 – toplinski gubici kroz tlo

Izvor: autor

Tablica 14 – toplinski gubici kroz negrijane prostorije

Izvor: autor

Tablica 15 – Potrebna energija za grijanje po mjesecima (stvarna klimatska postaja i stvarni uvjeti korištenja)

Izvor: autor

Tablica 16 – Potrebna energija za hlađenje po mjesecima (stvarna klimatska postaja i stvarni uvjeti korištenja)

Izvor: autor

Tablica 17 – Rezultati proračuna postojećeg stanja

Izvor: autor

Tablica 18 – Primarna, isporučena energija i emisije CO₂

Izvor: autor

Tablica 19 – Energetski razred obiteljske kuće prema potrebnoj energiji za grijanje i primarnoj energiji

Izvor: autor

Tablica 20 – Podaci građevnog elementa VZ1 nakon provedene mjere

Izvor: autor

Tablica 21 – Podaci građevnog elementa VZ2 nakon provedene mjere

Izvor: autor

Tablica 22 – Podaci građevnog elementa VZ3 nakon provedene mjere

Izvor: autor

Tablica 23 – Podaci građevnog elementa UZ1 nakon provedene mjere

Izvor: autor

Tablica 24 – Podaci građevnog elementa UZ2 nakon provedene mjere

Izvor: autor

Tablica 25 – Podaci građevnog elementa UZ3 nakon provedene mjere

Izvor: autor

Tablica 26 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe 1. mjere

Izvor: autor

Tablica 27 – detalji mjere 1 (GM1_TI vanjskih zidova ETICS sustavom)

Izvor: autor

Tablica 28 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe mjere 2

Izvor: autor

Tablica 29 – detalji mjere 2 (GM2_Izmjena stolarije)

Izvor: autor

Tablica 30 – prikaz građevnih elemenata nakon provedbe mjere 3

Izvor: autor

Tablica 31 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe mjere 3

Izvor: autor

Tablica 32 – detalji mjere 3 (GM3_TI kosog krovišta + spuštenog stropa)

Izvor: autor

Tablica 33 – prikaz razlike potrošnje i uštede energije nakon provedbe svih mjera zajedno

Izvor: autor

Tablica 34 – detalji svih mjera zajedno

Izvor: autor

11. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 – odnos toplinskih gubitaka kroz vanjski omotač i otvore

Izvor: autor

Grafikon 2 – Potrebna energija za grijanje po mjesecima

Izvor: autor

Grafikon 3 – Potrebna energija za hlađenje po mjesecima

Izvor: autor



IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, JOSIP VRBANIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ENERGETSKA OBNOVA OBITELJSKE KUĆE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Vrbanić Josip

(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

