

Energetska obnova obiteljske kuće

Kefelja, Danijela

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:528890>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 467/GR/2023

Energetska obnova obiteljske kuće

Danijela Kefelja, 3872/336

Varaždin, rujan 2023. godine



**Sveučilište
Sjever**

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 467/GR/2023

Energetska obnova obiteljske kuće

Student

Danijela Kefelja, 3872/336

Mentor

Željko Kos, doc.dr.sc.

Varaždin, rujan 2023. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Danijela Kefelja

MATIČNI BROJ 3872/336

DATUM 19.09.2023.

KOLEGIJ Zgradarstvo II

NASLOV RADA Energetska obnova obiteljske kuće

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Energy renovation of family house

MENTOR Doc.dr.sc. Željko Kos

ZVANJE Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin

2. doc.dr.sc. Željko Kos

3. doc.dr.sc. Anđelko Crnoja

4. mag.ing.aedif. Dalibor Kramarić

5.

Zadatak završnog rada

BROJ 467/GR/2023

OPIS

U radu je potrebno obraditi dvije mjere energetske obnove obiteljske kuće, prikazati uštedu godišnje potrebne toplinske energije za grijanje kao i smanjenje godišnje emisije CO2 te period povrata investicije.

U radu je potrebno obraditi slijedeće teme:

- energetski pregledi u svrhu energetske učinkovitosti
- mjere energetske učinkovitosti
- analiza postojećeg stanja obiteljske kuće
- prijedlog mjera energetske učinkovitosti
- izračun za novo stanje nakon provedenih mjera
- ušteda nakon provedenih mjera energetske obnove obiteljske kuće
- smanjenje emisije CO2

ZADATAK URUČEN 19.04.2023.

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SIVVER



Sažetak

U ovom radu ispitivana je važnost energetske učinkovitosti zgrade. Ispitivanja su rađena za postojeću stambenu zgradu, odnosno obiteljsku kuću etažnosti podrum + prizemlje + potkrovlje. Energetska učinkovitost zgrade ispitana je na način da su rađene analiza za postojeće stanje te stanje nakon predloženih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti. Prva mjera za poboljšanje postojećeg stanja je zamjena vanjske stolarije, te druga mjera ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove. Za proračune korišten je računalni program KI Expert PLUS.

Dokazano je razlikom u potrebnoj energiji da su mjere opravdane.

Ključne riječi : energetska učinkovitost, toplinska izolacija

Abstract

In this study, the importance of building energy efficiency was examined. The research was conducted for an existing residential building, specifically a family house with a basement + ground floor + attic. The energy efficiency of the building was assessed by analyzing the existing condition and the condition after proposed measures to improve energy efficiency. The first measure to improve the existing condition was the replacement of external joinery and the second measure was the installation of thermal insulation on external walls. The calculations were performed using the computer program KI Expert PLUS. It was demonstrated that these measures were justified by the difference in energy demand.

Keywords: energy efficiency, thermal insulation

Popis korištenih kratica

CO_2	Ugljikov dioksid
$Q_{H,nd,ref}$	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje
$^{\circ}\text{C}$	Celzijev stupanj
MJ	Mjerilo
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_k'	Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela zgrade
A_{wuk}	Ukupna ploština prozora
VZ1	Vanjski zidovi
VZ2	Vanjski zidovi
VZ3	Vanjski zidovi
PZ	Zidovi prema negrijanim prostorijama
ZT	Zidovi prema tlu
PT	Podovi na tlu
ST	Stropovi prema provjetravanom tavanu
PN	Stropovi prema negrijanim prostorijama
KK	Kosi krov
U	Koeficijent prolaska topline
MW	Mineralna vuna
XPS	Ekstrudirana polistirenska pjena
EPS	Ekspandirani polistiren
A_g	ploština staklenog dijela otvora
U_g	koeficijent toplinske provodljivosti ostakljenja
A_f	ploština okvira otvora
U_f	koeficijent prolaska topline kroz otvore
L_g	duljina rubnog dijela stakla
ψ_g	prolaz topline kroz rubni dio stakla
A_w	ploština cijelog otvora

U _w	Koeficijent toplinske provodljivosti otvora
E _{prim}	Specifična godišnja primarna energija
TPRUETZZ	Tehnički propis o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Energetski pregledi u svrhu energetske učinkovitosti.....	2
2.1. Energetski pregled zgrade.....	3
2.2. Energetski certifikat zgrade	5
2.3. Energetski certifikat postojeće zgrade	6
2.4. Energetski certifikat za nove zgrade.....	6
2.5. Energetski razredi zgrade.....	6
3. Mjere energetske učinkovitosti.....	8
4. Energetska obnova obiteljske kuće-energetski pregled i analiza.....	10
4.1. Korišteni meteorološki podaci	15
4.2. Podjela zgrade na zone	16
4.3. Proračun građevnih dijelova građevine	18
4.3.1. Vanjski zid - VZ1	18
4.3.2. Vanjski zid - VZ2	19
4.3.3. Vanjski zid - VZ3	20
4.3.4. Zid prema negrijanoj prostoriji - PZ.....	21
4.3.5. Zid prema tlu - ZT	22
4.3.6. Strop između etaža.....	23
4.3.7. Pod na tlu - PT.....	24
4.3.8. Strop prema tavanu - ST	25
4.3.9. Strop iznad negrijane prostorije - PN	26
4.3.10. Kosi krov - KK	27
4.3.11. Stolarija	28
4.4. Rezultati proračuna postojećeg stanja	30
4.4.1. Energetski certifikat postojećeg stanja	31
4.5. Mjere poboljšanja energetske obnove	32
4.5.1. Mjera 1- zamjena stolarije.....	32
4.6. Mjera 2- ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove	36
4.6.1. Vanjski zid – VZ1.....	36

4.6.2. Vanjski zid - VZ2 i VZ3	37
5. Utrošak CO ₂ u odnosu na energetska učinkovitost.....	42
6. Zaključak	43
7. Literatura	44
8. Popis slika.....	45
9. Popis tablica.....	47

1. Uvod

„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 u odnosu na namjenu prostora. 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].

Prema podacima većina zgrada u Hrvatskoj su građene prije 1987. godine te kao takve imaju velike gubitke topline. Tehničke propise iz 1987. godine ne zadovoljava 83% zgrada koje imaju prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m² (energetski razred E). Povećana potrošnja energije dovodi do veće emisije CO₂ u atmosferi [1].

Pod pojmom energetska obnova podrazumijeva se između ostaloga povećanje toplinske zaštite vanjske ovojnice zgrade, zamjena vanjske stolarije te zamjena ili unaprjeđenje sustava grijanja [1].

„Nedovoljna toplinska izolacija dovodi do povećanih toplinskih gubitaka zimi, hladnih obodnih konstrukcija, oštećenja nastalih kondenzacijom (vlagom) te pregrijavanja 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“ [2].

Kod zgrada obnovljenih po načelima energetske učinkovitosti mogu se ostvariti znatne uštede na režijama od 30 do 60 posto.

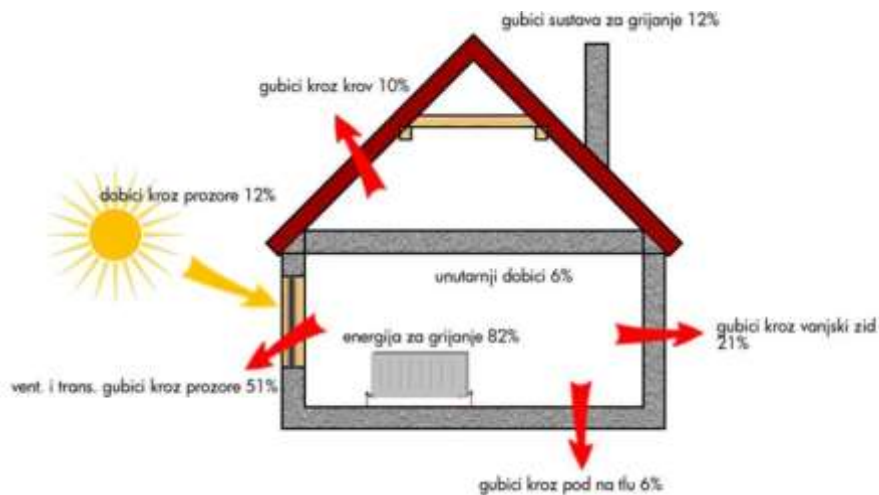
Cilj ovog rada je dokazati važnost energetske učinkovitosti, a provest će se na način da se izrade analize obiteljske kuće za postojeće stanje te novo stanje nakon predloženih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti obiteljske kuće. Izračun postojećeg stanja i novog stanja biti će napravljen pomoću programa KI Expert Plus.

2. Energetski pregledi u svrhu energetske učinkovitosti

Potrošnja energije svakim danom je sve veća zbog stalnog porasta broja ljudi i njihovih aktivnosti. Povećanje broja ljudi dovodi do povećanog broja gradnje objekata opremljenih brojnim uređajima koji troše više energije.

Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade (oblik i konstrukcijski materijali), energetskih sustava (sustav grijanja, električnih uređaja) te o klimatskim uvjetima podneblja u kojem se nalazi [1].

„Energetska bilanca zgrade podrazumijeva sve energetske gubitke i dobitke te zgrade (slika 1). Pri tome uobičajeno govorimo o toplinskoj bilanci zgrade, odnosno razmatramo koliko je energije potrebno da bi se zadovoljile toplinske potrebe zgrade. Važno je zapamtiti da je potreba za toplinskom energijom uvijek usko vezana za toplinske gubitke zgrade“ [2].



Slika 1 - Bilanca energije zgrade

2.1. Energetski pregled zgrade

„Osnovni cilj energetskog pregleda je prikupljanjem i obradom niza parametara dobiti što točniji uvid u zatečeno energetsko stanje zgrade s obzirom na: građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite; kvalitetu sustava za grijanje, hlađenje, prozračivanje i rasvjetu; zastupljenost i kvalitetu energetskih uređaja; strukturu upravljanja zgradom te pristup stanara ili zaposlenika energetskoj problematici, nakon čega se odabiru konkretne optimalne energetsko-ekonomske mjere povećanja energetske učinkovitosti“ [2].

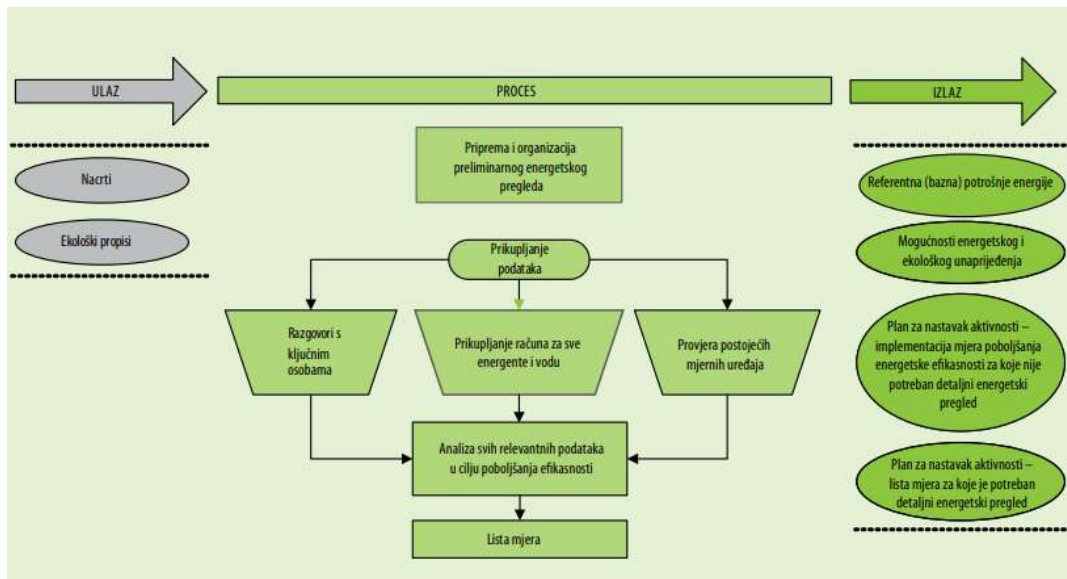
Uz ustanovljenje budućeg energetskog stanja, želja i realnih potreba za energijom, pristupa se odabiru provedivih varijanti povećanja energetske učinkovitosti objekta, uzimajući u obzir i udobnost stanovanja. Te se varijante odnose na [2] :

- poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije,
- zamjena ili poboljšanje sustava grijanja i povećanje učinkovitosti,
- zamjena ili poboljšanje sustava klimatizacije i povećanje učinkovitosti,
- zamjena ili poboljšanje sustava pripreme tople vode,
- promjena energenata gdje je to ekonomski i ekološki isplativo,
- uvođenje obnovljivih izvora energije,
- poboljšanje učinkovitosti sustava električne rasvjete i električnih kućanskih aparata i
- racionalno korištenje vode.

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

„*Opći energetski pregled* predstavlja prikupljanje i obradu podataka kako bi razumjeli način 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 energetskog pregleda“ [3].

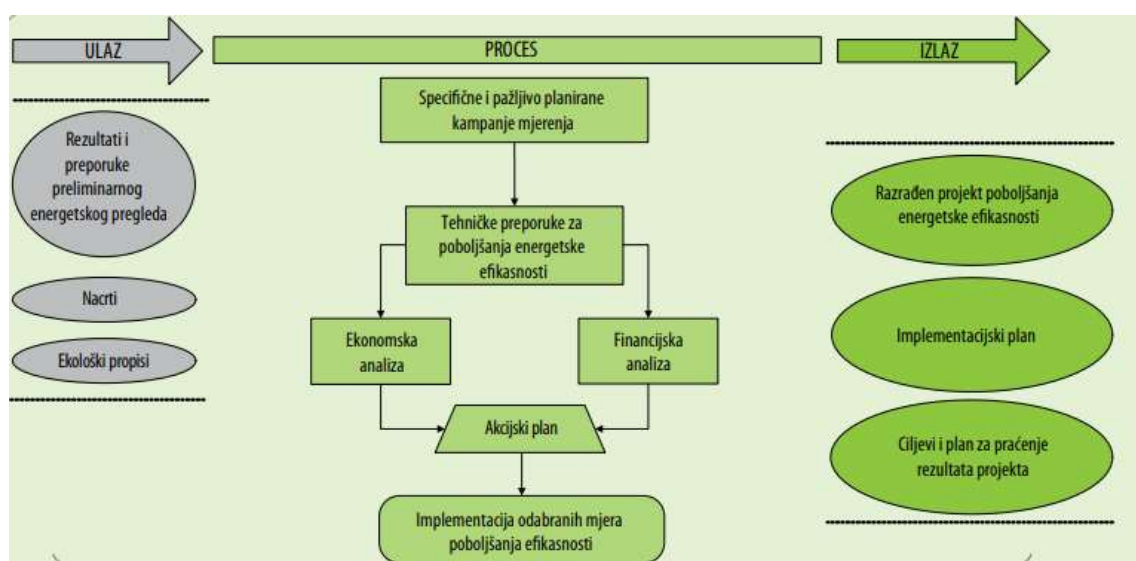
Na slici 2 prikazana je shema općeg energetskog pregleda.



Slika 2 - Shema općeg energetskog pregleda [3]

Ukoliko rezultati općeg energetskog pregleda ukazuju na postojanje prostora za poboljšanje energetske efikasnosti radi se *detaljni energetski pregled*. Kod detaljnog energetskog pregleda mjerenja se izvode na lokaciji u trajanju od jednog do dva tjedna u sezoni grijanja ili hlađenja kako bi se što točnije utvrdila potrošnja energije. Shema detaljnog energetskog pregleda prikazana je na slici 3.

Dokument koji se isporučuje klijentu nakon obavljenog detaljnog energetskog pregleda naziva se Investicijska studija.



Slika 3 - Shema detaljnog energetskog pregleda [3]

2.2. Energetski certifikat zgrade

Nakon obavljenog energetskog pregleda zgrade izdaje se energetski certifikat zgrade s rokom važenja od 10 godina.

Energetski certifikat (slika 4) je dokument i on sadrži opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade, rok važenja certifikata, oznaku energetskog certifikata, podatke o osobama koje su sudjelovale u izradi energetskog certifikata, energetske potrebe zgrade, podatke o korištenju obnovljivih izvora energije [4].

Energetski certifikat za stambene zgrade	Zgrada <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća		
	Vrsta i naziv zgrade		
	K.č. k.o.		
	Adresa		
	Mjesto		
	Vlasnik / investitor		
	Izvođač		
	Godina izgradnje		
	prema Direktivi 2010/31/EU	Q^{''}H_{nd,ref}	kWh/(m²a)
			Izračun 49
A+	≤ 15	B	
A	≤ 25		
B	≤ 50		
C	≤ 100		
D	≤ 150		
E	≤ 200		
F	≤ 250		
G	> 250		
Podaci o osobi koja je izdala 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 ₀ [m ³]			
f ₀ [m ⁻¹]			
H _{vdst} [W/(m ² K)]			

Slika 4 - Izgled prve stranice energetskog certifikata [4]

2.3. Energetski certifikat postojeće zgrade

„Energetsko certificiranje postojeće zgrade obvezno uključuje energetski pregled građevine, proračun energetskih potreba zgrade, proračun potrebne godišnje specifične toplinske energije za grijanje i hlađenje za referentne klimatske podatke, određivanje energetskog razreda zgrade i izradu energetskog certifikata“ [4].

2.4. Energetski certifikat za nove zgrade

Energetski certifikat za nove zgrade izdaje se na osnovu podataka iz glavnog projekta u odnosu na racionalnu upotrebu energije i toplinsku zaštitu zgrade, vizualnog pregleda zgrade, pisane izjave izvođača radova o izvedenim radovima i uvjetima održavanja zgrade te završnog izvješća nadzornog inženjera o izvedbi [4].

„Energetsko certificiranje nove zgrade obvezno uključuje proračun energetskih potreba zgrade, proračun potrebne godišnje specifične toplinske energije za grijanje i hlađenje za referentne klimatske podatke, određivanje energetskog razreda zgrade i izradu energetskog certifikata“ [4].

2.5. Energetski razredi zgrade

„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“ (tablica 1) [5].

Energetski razredi iskazuju se za referentne klimatske podatke, te su referentni klimatski podaci određeni posebno za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja.

Prema referentnim klimatskim podacima za kontinentalnu Hrvatsku proračunavaju se energetske potrebe za gradove i mjesta koji imaju 2200 i više stupanj dana grijanja godišnje.

Prema referentnim klimatskim podacima za primorsku Hrvatsku proračunavaju se energetske potrebe za gradove i mjesta koji imaju manje od 2200 stupanj dana grijanja godišnje [5].

Energetski razred grafički se prikazuje s podatkom o specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje $Q_{H,nd,ref}$ izraženoj u kWh/m²a.

Tablica 1 - Energetski razredi zgrade

Energetski razredi	$Q_{H,nd,ref}$ - specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje u kWh(m ² a)
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

3. Mjere energetske učinkovitosti

Energetskom obnovom kod starih kuća i zgrada građenih prije 1980. godine moguće je postići uštedu u potrošnji toplinske energije preko 60 posto.

„Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine prosječno za 30-80 %. Bitnu ulogu u tome imaju svi dijelovi ovojnice zgrade, kao što su “[2]:

- vanjski zid,
- zid između grijanih prostora različitih korisnika,
- zid prema negrijanom prostoru,
- vanjski zid prema tlu,
- pod na tlu,
- međukatna konstrukcija koja odvaja prostore različitih korisnika,
- strop prema negrijanom podrumu,
- strop prema negrijanom tavanu,
- ravni i kosi krov iznad grijanog prostora,
- strop iznad vanjskog prostora i
- prozori i vanjska vrata.

Važno je naglasiti da se najveći gubici topline događaju kroz prozore i vanjski zid, te se već njihovom sanacijom postižu velike uštede.

Jednostavne mjere povećanja energetske učinkovitosti, bez dodatnih troškova, uz trenutne uštede [2]:

- ugasiti grijanje ili hlađenje noću,
- noću spustiti rolete i navući zavjese,
- u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1°C,
- u sezoni hlađenja podesiti hlađenje na minimalno 26°C,
- koristiti prirodno osvjetljenje i
- isključiti rasvjetu u prostoriji kada nije potrebna.

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti uz male troškove i brzi povrat investicije [2]:

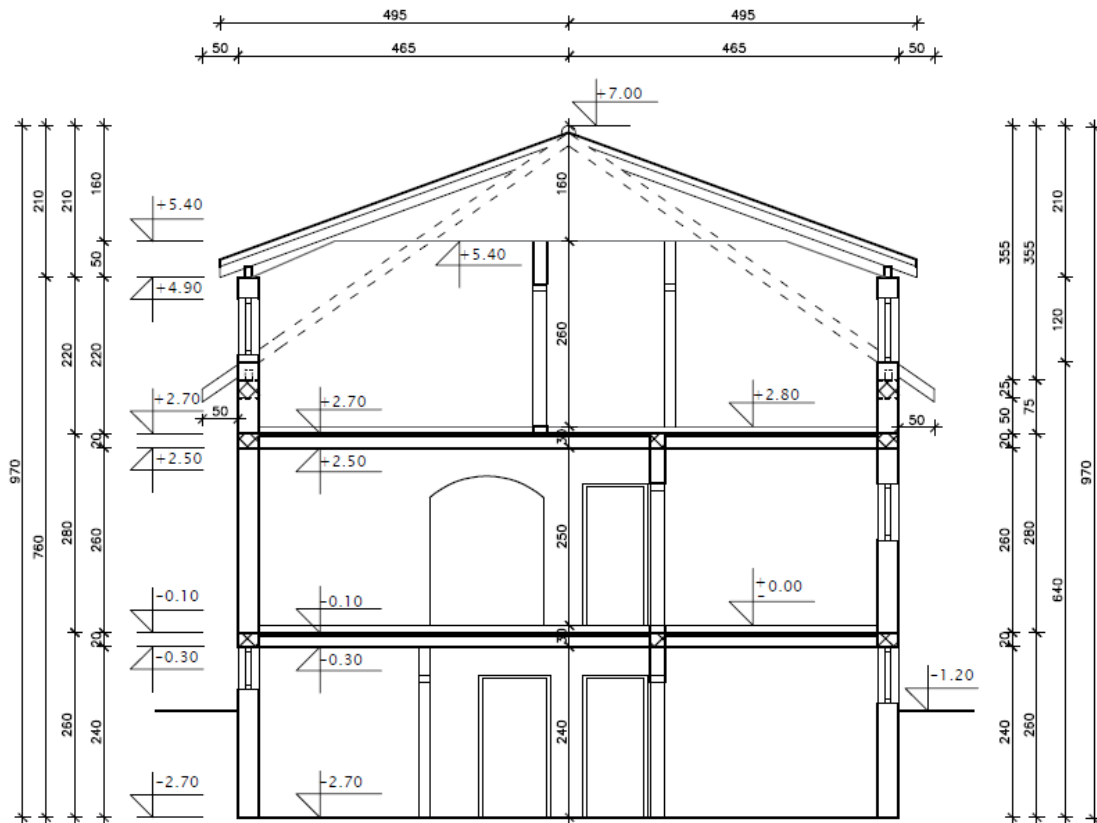
- brtvljenje prozora i vanjskih vrata,
- ugraditi termostatske ventile na radijatore,
- reducirati gubitak topline kroz prozore ugradnjom roleta,
- redovito servisirati i podešavati sustav grijanja i hlađenja,
- ugradnja štednih žarulja u rasvjetna tijela.

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti uz veće troškove i duži period povrata investicije [2] :

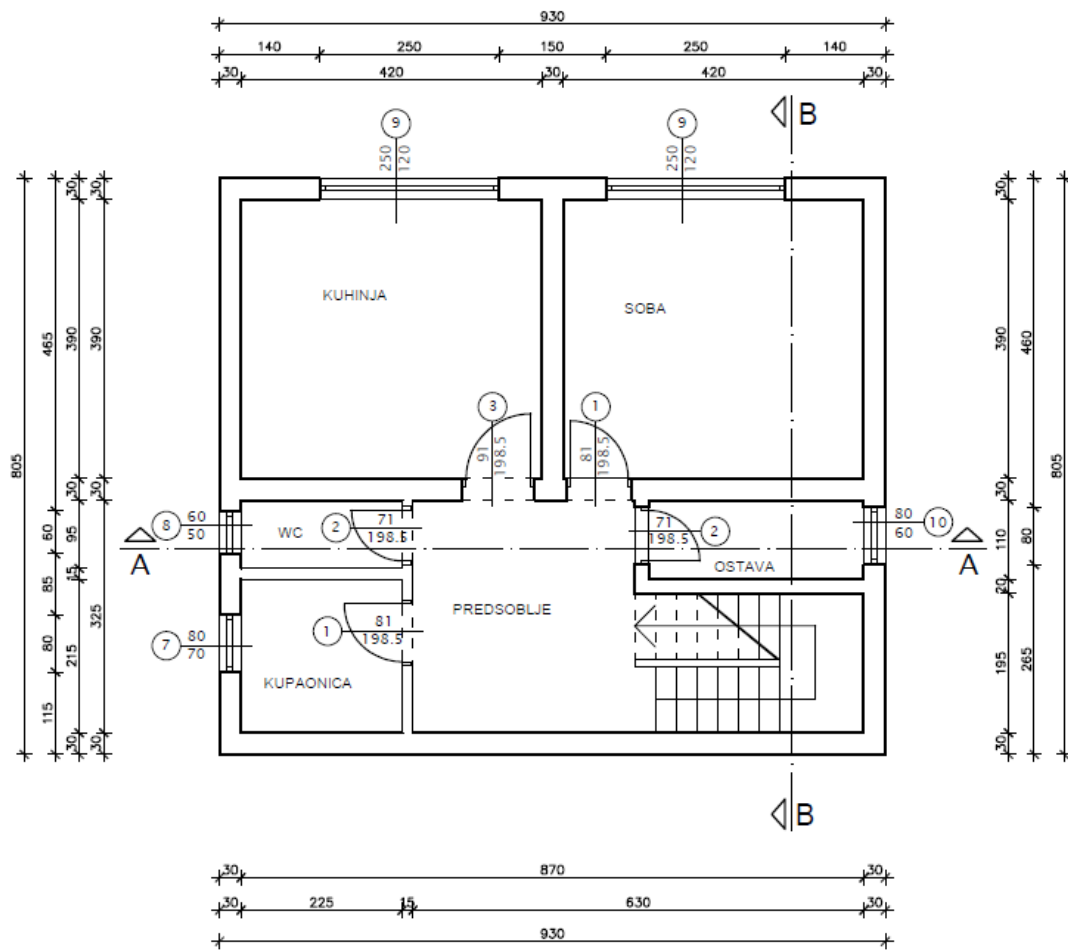
- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima,
- toplinski izolirati cijelu zgradu,
- izgraditi vjetrobran na ulazu u kuću,
- sanirati i obnoviti dimnjak i
- analizirati sustav grijanja i hlađenja.

4. Energetska obnova obiteljske kuće-energetski pregled i analiza

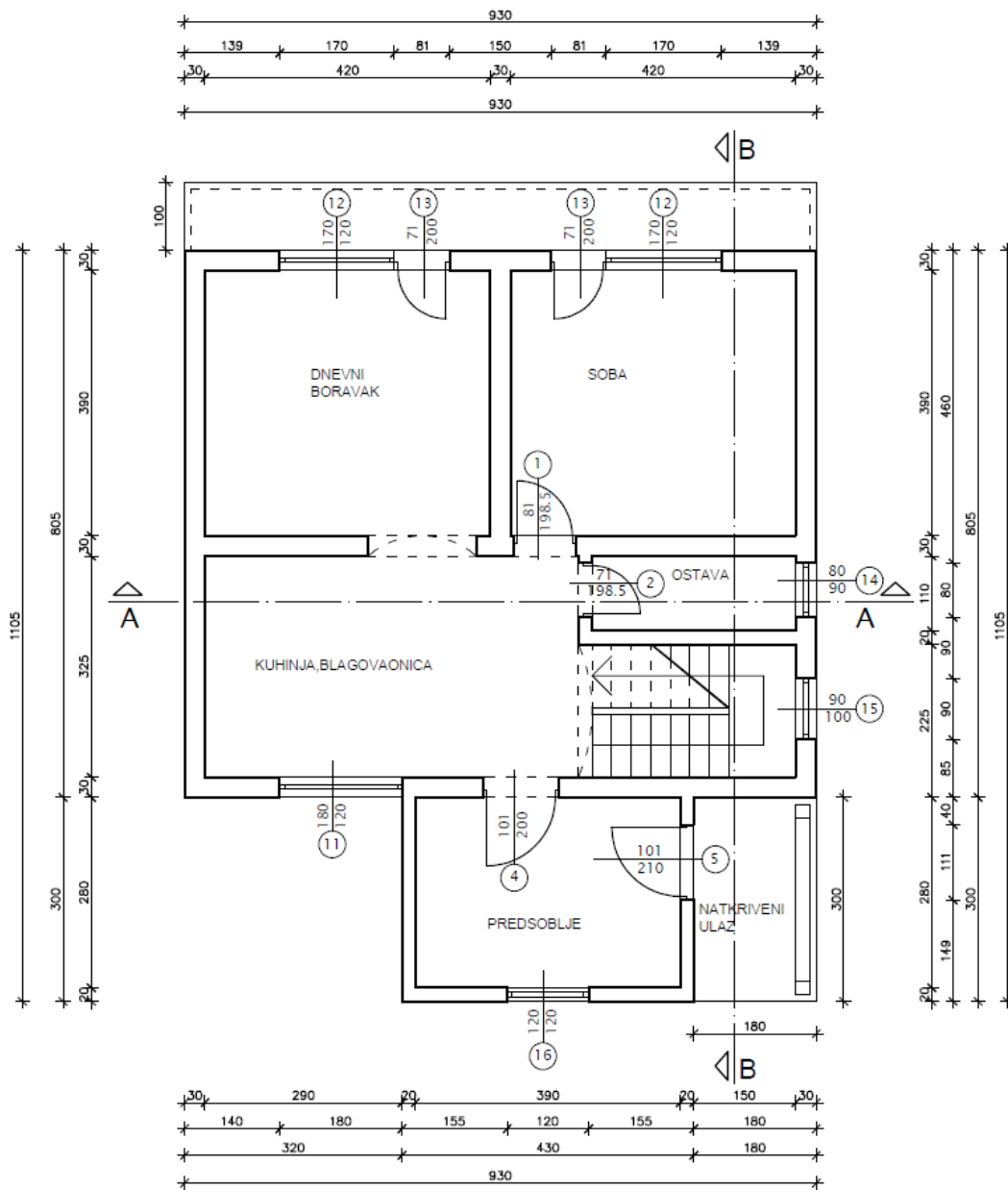
Analiza energetske učinkovitosti izvodi se za postojeću obiteljsku kuću, etažnosti podrum + prizemlje + potkrovlje (slika 5,6,7,8).



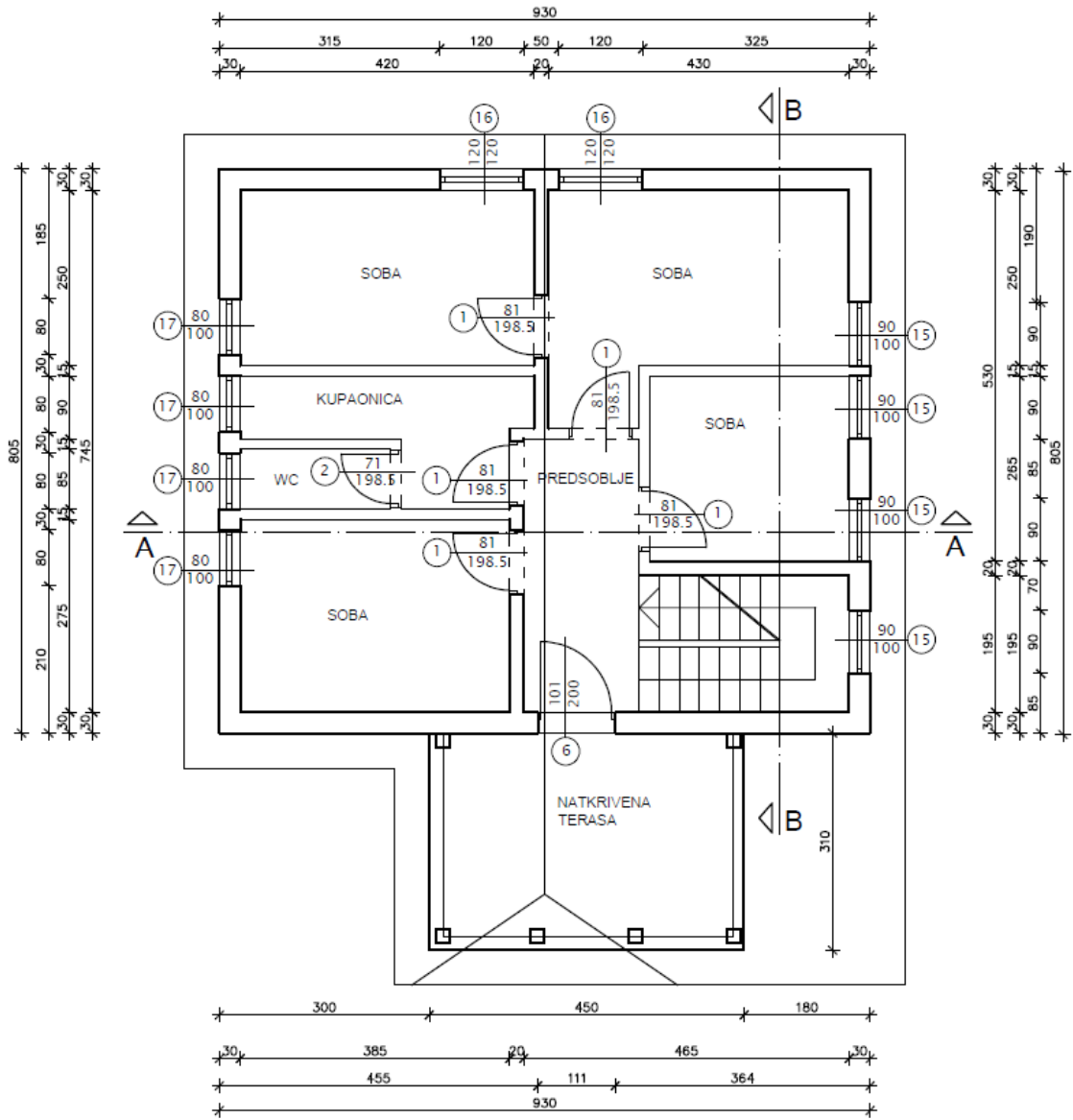
Slika 5 - Presjek MJ 1:100



Slika 6 - Tlocrt podruma MJ 1:100



Slika 7 - Tlocrt prizemlja MJ 1:100



Slika 8 - Tlocrt potkrovlja MJ 1:100

Potrebne geometrijske karakteristike zgrade prikazane su u tablici 2, te površine građevnih dijelova u tablici 3.

Tablica 2 - Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade - A [m ²]	540,97
Obujam grijanog dijela zgrade - V _e [m ³]	547,47
Obujam grijanog zraka - V [m ³]	416,08
Faktor oblika zgrade - f _o [m]	0,99
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade - A _k [m ²]	199,96
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela zgrade - A _k ' [m ²]	199,96
Ukupna ploština prozora - A _{wuk} [m]	33,30

Tablica 3 - Površine građevnih dijelova zgrade

Naziv građevnog dijela	A [m ²]
VZ1 - vanjski zidovi	40,65
VZ2 - vanjski zidovi	99,72
VZ3 - vanjski zidovi	85,68
PZ - zidovi prema negrijanim prostorijama	1,97
ZT - zidovi prema tlu	43,10
Strop između etaža	157,04
PT - podovi na tlu	64,82
ST- stropovi prema provjetravanom tavanu	74,87
PN - stropovi prema negrijanim prostorijama	5,63
KK - kosi krovovi iznad grijanog prostora	97,16

4.1. Korišteni meteorološki podaci

Za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade korišteni su meteorološki podaci najbliže klimatološke postaje, a o su podaci za grad Varaždin (tablica 4).

Tablica 4 – Prikaz meteoroloških podataka za grad Varaždin

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Go
Temperature zraka (° C)													
m	0,	2,2	6,4	11,	16,	19,	21,	20,	15,	10,	6	0,8	10,
m	-	-	-	0	5,6	9,4	13	10,	6,5	-	-	-	-
m	1	14,	16,	20	26,	28,	29	29,	26,	21,	19,	13,	29,

Tlak vodene pare (Pa)													
m	5	56	680	87	121	15	16	16	14	10	75	57	10

Relativna vlažnost zraka (%)													
m	8	75	71	69	68	69	70	73	79	81	84	86	76

Brzina vjetra (m/s)													
m	2	2,4	2,5	2,7	2,3	2,1	1,8	1,5	1,5	1,8	2,1	2,1	2

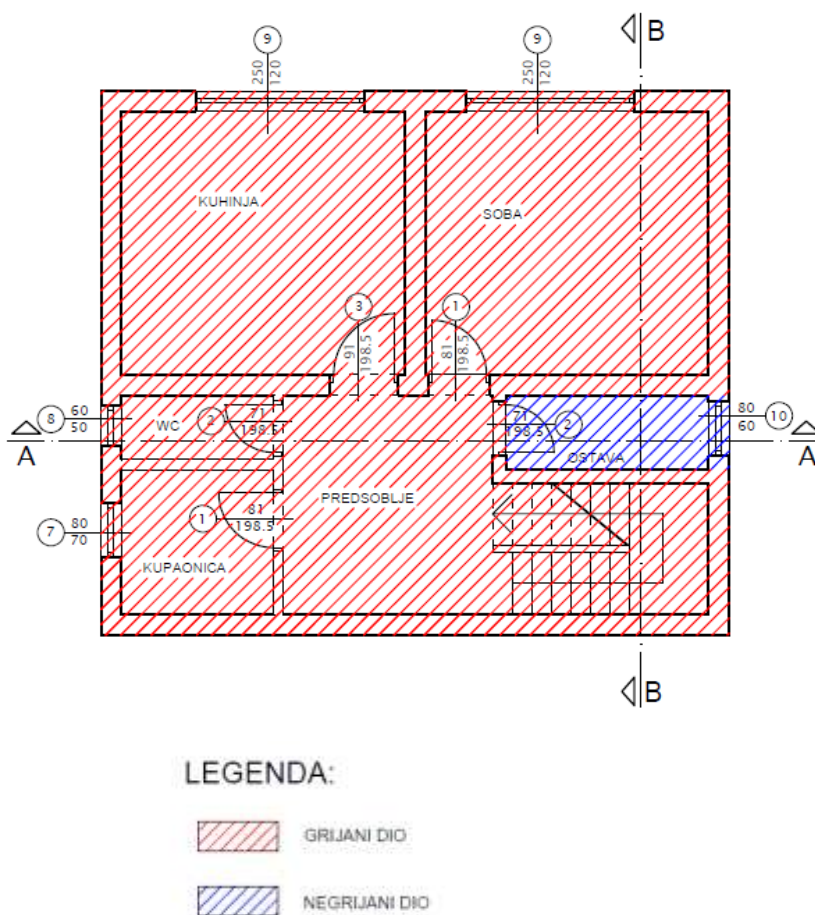
Broj dana grijanja													
Temperatura vanjskog zraka											≤ 10 ° C	16	
											≤ 12 ° C	18	
											≤ 15 ° C	20	

Orij	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	G	
Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m²)														
S	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	4
	1	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	1	1	4
	3	1	2	4	4	5	5	6	5	4	3	1	1	4
	4	1	2	4	4	5	5	5	5	4	3	2	1	4
	6	2	2	4	4	4	4	4	4	4	3	2	1	4
	7	2	2	3	3	3	3	4	4	4	3	2	1	3
SE, SW	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	4
	1	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	1	1	4
	3	1	2	3	4	5	5	6	5	4	3	1	1	4
	4	1	2	3	4	5	5	5	5	4	3	1	1	4
	6	1	2	3	4	4	4	5	5	4	3	1	1	4
	7	1	2	3	3	4	4	4	4	4	3	1	1	3
E, W	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	4
	1	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	4
	3	1	1	3	4	5	5	6	5	4	2	1	9	4
	4	1	1	3	4	5	5	5	5	3	2	1	9	4
	6	1	1	3	4	4	5	5	4	3	2	1	8	3
	7	1	1	2	3	4	4	4	4	3	2	1	8	3
NE, NW	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	4
	1	1	1	3	4	5	5	6	5	3	2	1	7	4
	3	8	1	2	3	5	5	5	4	3	1	9	6	3
	4	7	1	2	3	4	5	5	4	2	1	7	5	3

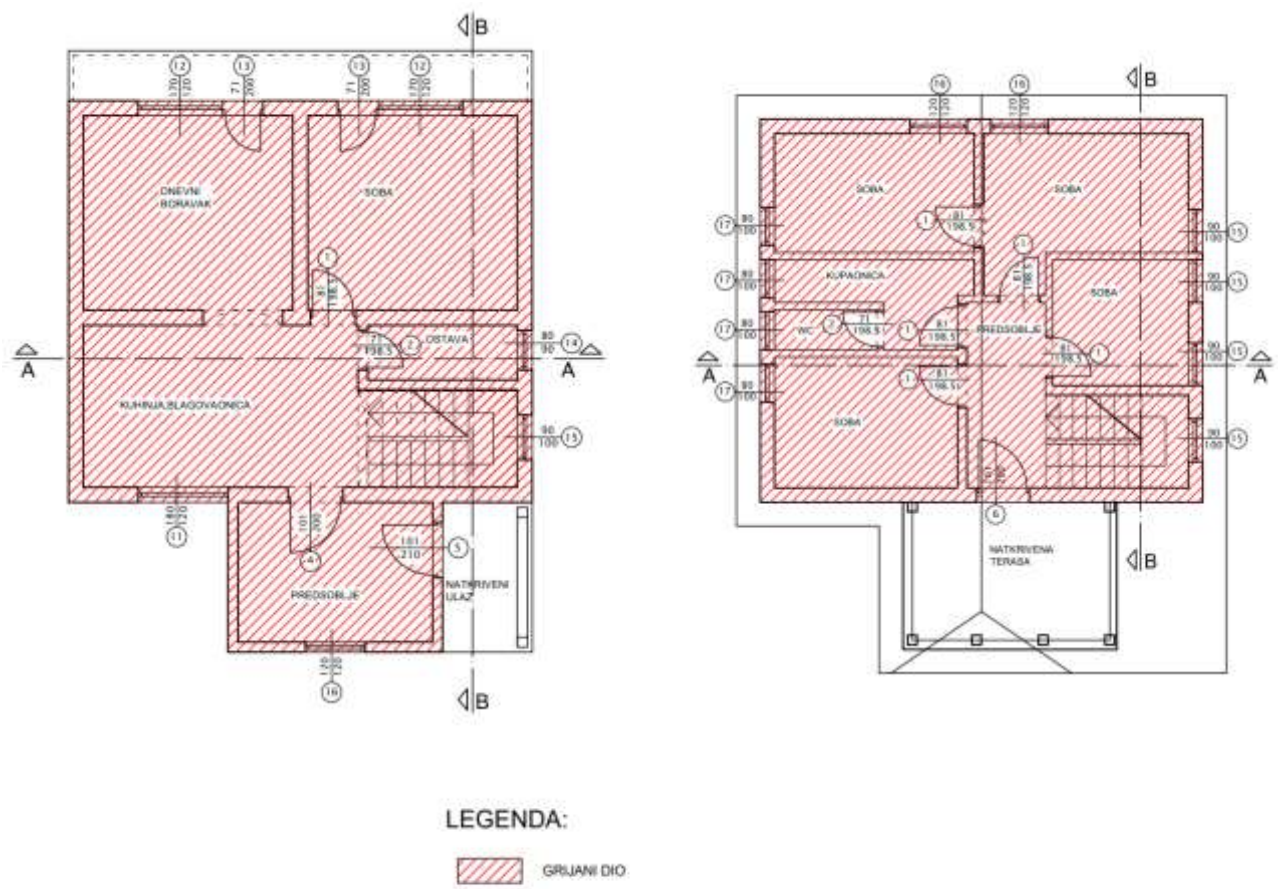
	6	6	9	2	3	4	4	4	3	2	1	7	5	2
	7	5	8	1	2	3	3	4	3	1	1	6	4	2
	9	5	7	1	1	2	3	3	2	1	9	5	4	1
E, N	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	4
	1	8	1	2	4	5	5	6	5	3	2	9	6	3
	3	7	1	2	3	4	5	5	4	2	1	8	6	3
	4	7	9	1	2	3	4	4	3	1	1	1	5	2
	6	6	8	1	2	3	3	3	2	1	1	7	5	2
	7	5	8	1	1	2	2	2	2	1	1	6	4	1
	9	5	7	1	1	2	2	2	1	1	9	5	4	1

4.2. Podjela zgrade na zone

Zgrada je stambene namjene te je podijeljena u jednu zonu (ZONA 1) i na grijane i negrijane prostore (slika 9 i 10).



Slika 9 - Tlocrt podruma s prikazom grijanog i negrijanog dijela



Slika 10 - Tlocrt prizemlja i tlocrt potkrovlja s prikazom grijanog dijela

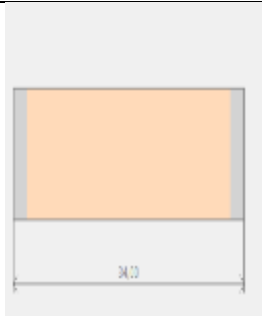
4.3. Proračun građevnih dijelova građevine

U ovom poglavlju analiziran je energetska pregled za postojeće stanje građevine.

4.3.1. Vanjski zid - VZ1

Vanjski zidovi izvedeni su u sljedećim slojevima (tablica 5): vapneno-cementna žbuka debljine $d=2,0$ cm, šupljih blokova od betona debljine $d=30$ cm, vapneno- cementna žbuka debljine $d=2$ cm. Tako izvedeni zidovi ne zadovoljavaju današnje tehničke propise. Na ovom građevnom dijelu naglasak nije stavljeni na toplinsku izolaciju i ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

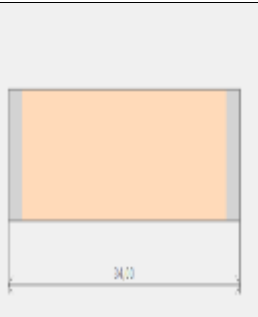
Tablica 5 - Podaci građevnog dijela - VZ

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.18 Šuplji blokovi od betona	30
	3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 1,84 \geq U_{\max} = 0,30$		NE ZADOVOLJAVA

4.3.2. Vanjski zid - VZ2

Vanjski zidovi izvedeni su u sljedećim slojevima (tablica 6): vapneno-cementna žbuka debljine $d=2,0$ cm, šuplji blokovi od gline debljine $d=30$ cm, vapneno-cementna žbuka debljine $d=2$ cm. Tako izvedeni zidovi ne zadovoljavaju današnje tehničke propise. Na ovom građevnom dijelu naglasak nije stavljeni na toplinsku izolaciju i ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

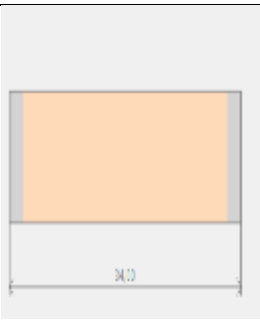
Tablica 6 - Podaci građevnog dijela - VZ2

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.09 Šuplji blokovi od gline	30
	3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
<p>U pogledu toplinske zaštite, građevni</p>			
	$U = 1,14 \geq U_{\max} = 0,30$	NE ZADOVOLJAVA	

4.3.3. Vanjski zid - VZ3

Vanjski zidovi izvedeni su u sljedećim slojevima (tablica 7): vapneno-cementna žbuka debljine $d=2,0$ cm, šuplji blokovi od gline debljine $d=30$ cm, vapneno-cementna žbuka debljine $d=2$ cm. Na ovom građevnom dijelu naglasak nije stavljeni na toplinsku izolaciju i ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite.


Tablica 7 - Podaci građevnog dijela - VZ3

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.09 Šuplji blokovi od gline	30
	3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 1,14 \geq U_{\max} = 0,30$		NE ZADOVOLJAVA

4.3.4. Zid prema negrijanoj prostoriji - PZ

Zid prema negrijanoj prostoriji izvedeni je u sljedećim slojevima (tablica 8): vapneno-cementna žbuka debljine $d=2$ cm, šuplji blokovi od gline debljine $d=20$ cm, vapneno-cementna žbuka debljine $d=2$ cm, mineralna vuna (MW) debljine $d=15$ cm, gipskartonske ploče debljine $d=1,25$ cm. Tako izvedeni zid zadovoljava uvjete toplinske zaštite.


Tablica 8 - Podaci građevnog dijela - PZ

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.09 Šuplji blokovi od gline	20
	3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	4	7.01 Mineralna vuna (MW)	15
	5	4.01 Gipskartonske ploče	1,25
<p>U pogledu toplinske zaštite, građevni</p>			
		$U = 0,20 \leq U_{\max} = 0,40$	ZADOVOLJAVA

4.3.5. Zid prema tlu - ZT

Zidovi prema tlu izvedeni su u sljedećim slojevima (tablica 9): vapneno-cementna žbuka debljine $d=2$ cm, šuplji blokovi od betona debljine $d=30$ cm, cementna žbuka debljine $d=1$ cm, hidroizolacija, toplinska izolacija (XPS) debljine $d=15$ cm, hidroizolacija. Zid prema tlu zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

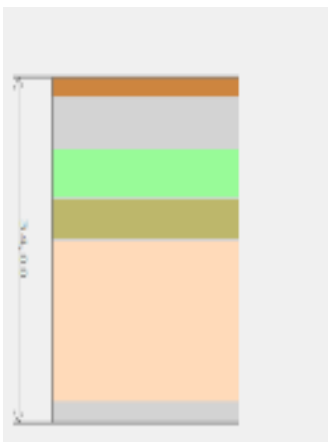
Tablica 9 - Podaci građevnog dijela - ZT

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.18 Šuplji blokovi od betona	30
	3	3.01 Cementna žbuka	1
	4	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala	0,8
	5	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15
	6	Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije)	1
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,20 \leq U_{\max} = 0,40$		ZADOVOLJAVA

4.3.6. Strop između etaža

Strop između etaža izveden je u sljedećim slojevima (tablica 10): završni sloj poda, cementni estrih debljine $d=5$ cm, toplinska izolacija (EPS) debljine $d=5$ cm, armiranobetonska ploča debljine $d=4$ cm, gredice fert stropa debljine $d=16$ cm, vapneno-cementna žbuka debljine $d=2$ cm. Između etaža ne dolazi do velikih toplinskih gubitaka jer se etaže griju na istoj temperaturi te zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

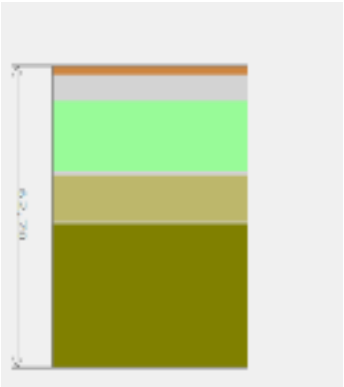
Tablica 10 - Podaci građevnog dijela - strop između etaža

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	4.05 Drvo-meko-crnogorica	2
	2	3.19 Cementni estrih	5
	3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5
	4	2.01 Armirani beton	4
	5	1.09 Šuplji blokovi od gline	16
	6	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,46 \leq U_{\max} = 0,60$		ZADOVOLJAVA

4.3.7. Pod na tlu - PT

Pod na tlu izveden je u sljedećim slojevima (tablica 11): završni sloj poda, cementni estrih debljine $d=5$ cm, PVC folija, toplinska izolacija (XPS) debljine $d=15$ cm hidroizolacija, armiranobetonska ploča debljine $d=10$ cm, šljunak debljine $d= 30$ cm. Pod na tlu dobro je izoliran i zadovoljava uvjete toplinske zaštite, te slojeve poda nije potrebno mijenjati.

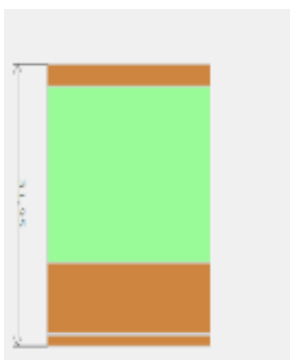
Tablica 11 - Podaci građevnog dijela - PT

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	4.03 Keramičke pločice	2
	2	3.19 Cementni estrih	5
	3	PVC folija	0,2
	4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15
	5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,5
	6	2.01 Armirani beton	10
	7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,23 \leq U_{\max} = 0,40$		ZADOVOLJAVA

4.3.8. Strop prema tavanu - ST

Strop prema tavanu izveden je u sljedećim slojevima (tablica 12): gipskartonske ploče debljine $d=1,25$ cm, poliesterska folija, gredice debljine $d=8$ cm, mineralna vuna (MW) debljine $d=20$ cm, daske debljine $d=1,2$ cm. Strop je dobro izoliran te zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

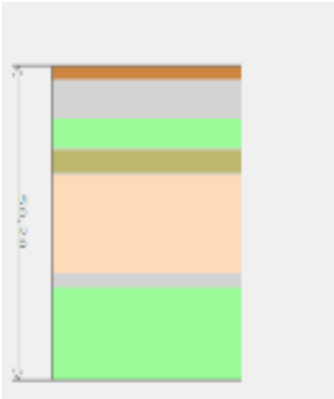
Tablica 12 - Podaci građevnog dijela - ST

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	4.01 Gipskartonske ploče	1,25
	2	Poliesterska folija	0,2
	3	4.05 Drvo - meko - crnogorica	8
	4	7.01 Mineralna vuna (MW)	20
	5	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,5
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,14 \leq U_{\max} = 0,25$		ZADOVOLJAVA

4.3.9. Strop iznad negrijane prostorije - PN

Strop iznad negrijanog prostora izveden je u sljedećim slojevima (tablica 13): završni sloj poda, cementni estrih debljine $d=5$ cm, toplinska izolacija (EPS) debljine $d=5$ cm, armiranobetonska ploča debljine $d=4$ cm, gredice fert stropa debljine $d=16$ cm, vapneno-cementna žbuka $d=2$ cm, mineralna vuna (MW) debljine $d=15$ cm. Posebno je naglasak stavljen na toplinsku izolaciju te kao takav zadovoljava uvjete toplinske zaštite.


Tablica 13 - Podaci građevnog dijela - PN

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2
	2	3.19 Cementni estrih	5
	3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5
	4	2.01 Armirani beton	4
	5	1.09 Šuplji blokovi od gline	16
	6	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	7	7.01 Mineralna vuna (MW)	15
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,15 \leq U_{\max} = 0,40$		ZADOVOLJAVA

4.3.10. Kosi krov - KK

Kosi krov izveden je u sljedećim slojevima (tablica 14): gipskartonske ploče debljine $d=1,25$ cm, parna brana, izolacija, rogovi, daske, OSB ploče debljine $d=1,2$ cm, vodonepropusna folija. Kosi krov zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

Tablica 14 - Podaci građevnog dijela – KK

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	4.01 Gipskartonske ploče	1,25
	2	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana	0,02
	3	Knauf Insulation višenamjenska ploča NaturBoardFIT	8
	4	Knauf Insulation ploča za kose krovove NaturBoard KP	11,9
	5	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,1
	6	4.09 Drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB)	1,2
	7	HOMESEAL LDS 0,04 FixPlus paropropusna-vodonepropusna folija s ljepljivom trakom	0,02
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,17 \leq U_{\max} = 0,25$		ZADOVOLJAVA

4.3.11. Stolarija

Na obiteljskoj kući nalazi se drvena stolarija (tablica 15) s dvostrukim izolacijskim ostakljenjem (s jednim međuslojem zraka/plina). Zbog izloženosti različitim atmosferskim utjecajima kvaliteta drvene stolarije se smanjuje, te je potrebna njezina zamjena. Ulazna vrata također su od drveta te je potrebna i njihova zamjena.

Koeficijent toplinske provodljivosti otvora U_w računa se prema slijedećoj formuli:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + L_g \cdot \psi_g}{A_w}$$

A_g - ploština staklenog dijela otvora [m^2]

U_g - koeficijent toplinske provodljivosti ostakljenja [W/m^2K]

A_f - ploština okvira otvora [m^2]

U_f - koeficijent prolaska topline kroz otvore [W/m^2K]

L_g - duljina rubnog dijela stakla[m]

ψ_g - prolaz topline kroz rubni dio stakla [W/mK]

A_w - ploština cijelog otvora [m^2]

Tablica 15 - Otvori postojeće zgrade

Otvor	U_w [W/m ² K]	Orijentacija	A_w [m ²]	n
Prozor 250/120	2,20	SJEVER	3,00	2
Prozor 80/60	2,20	ISTOK	0,48	1
Prozor 80/70	2,20	ZAPAD	0,56	1
Prozor 60/50	2,20	ZAPAD	0,30	1
Prozor 170/120	2,20	SJEVER	2,04	2
Vrata 71/200	2,20	SJEVER	1,42	2
Prozor 80/90	2,20	ISTOK	0,72	1
Prozor 90/100	2,20	ISTOK	0,90	5
Vrata 101/210	2,20	ISTOK	2,12	1
Prozor 180/120	2,20	JUG	2,16	1
Prozor 120/120	2,20	JUG	1,44	1
Prozor 120/120	2,20	SJEVER	1,44	2
Vrata 101/200	2,20	JUG	2,02	1
Prozor 80/100	2,20	ZAPAD	0,80	4

4.4. Rezultati proračuna postojećeg stanja


Tablica 16 prikazuje rezultate proračuna za postojeće stanje zgrade.

Tablica 16 - Rezultati proračuna prije provedenih mjera energetske obnove

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 540,97 \text{ [m}^2 \text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 547,47 \text{ [m}^3 \text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,99 \text{ [m}^{-1} \text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 199,96 \text{ [m}^2 \text{]}$
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k' = 199,96 \text{ [m}^2 \text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 29631,75 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 148,19 \text{ (max = 72,49) [kWh/m}^2 \text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine)	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3 \text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 3225,50 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 38171,76 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = 190,90 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 43472,11 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E''_{prim} = 217,40 \text{ (max = 45,00) [kWh/m}^2 \text{ a]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,94 \text{ (max = 0,45) [W/m}^2 \text{ K]}$

4.4.1. Energetski certifikat postojećeg stanja

Prema specifičnoj godišnjoj potrebi toplinske energije za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] zgrada se nalazi u energetskom razredu D, a prema specifičnoj godišnjoj primarni energiji E_{prim} [kWh/(m²a)] u energetskom razredu C (slika 11).

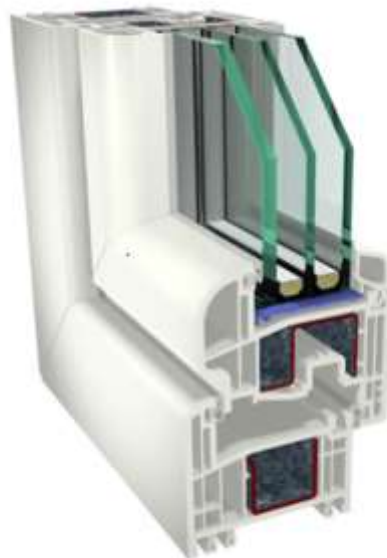
ENERGETSKI RAZREDI ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]
	139,53	214,35
	D	C
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]	190,79	
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]	41,28	
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 11 - Prikaz energetskog certifikata prije provedbe mjera energetske učinkovitosti

4.5. Mjere poboljšanja energetske obnove

4.5.1. Mjera 1- zamjena stolarije

Predviđa se zamjena postojeće drvene stolarije s PVC stolarijom s trostruko izolirajućim staklom s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge). Također 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 odnosno 3 stakla debljine 4 mm na razmacima od 16 mm (slika 12). Koeficijent toplinske provodljivosti otvora kod drvene stolarije je iznosio $U_w=2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nakon ugradnje PVC stolarije koeficijent toplinske provodljivosti iznositi će $U_w=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.



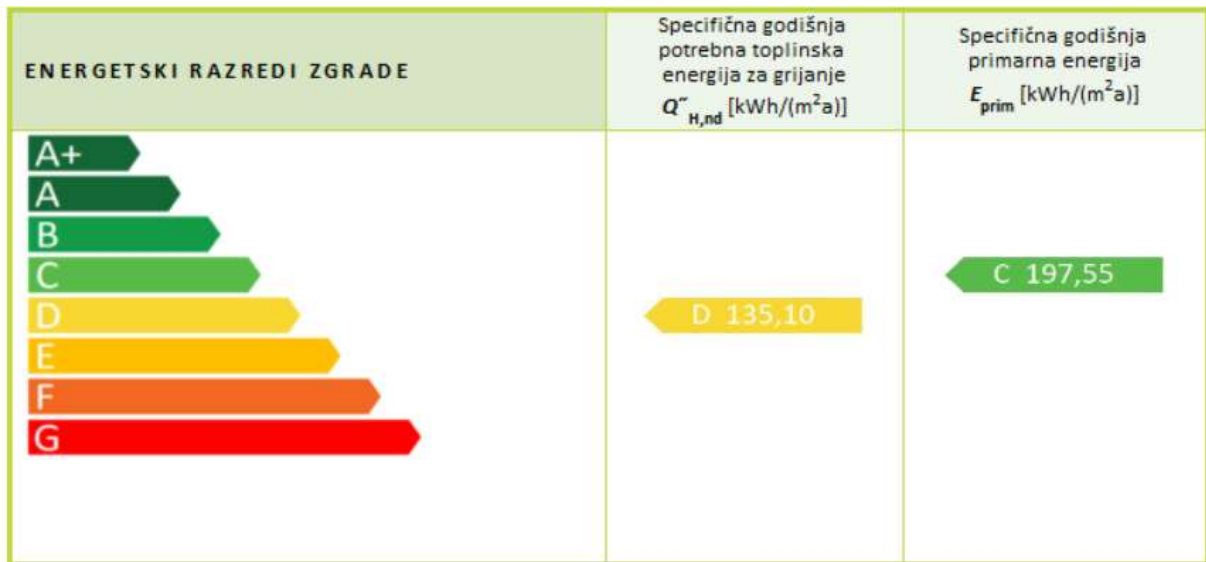
Slika 12 – Presjek troslojnog IZO stakla

Nakon provedene mjere 1 specifična godišnja potreba toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] smanjila se s **139,53** [kWh/(m²a)] na **135,10** [kWh/(m²a)], te specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m²a)] smanjila se s **214,35** [kWh/(m²a)] na **197,55** [kWh/(m²a)], što se može vidjeti na slici 13 i 14.

Provedbom mjere 1 dolazi do razlike u potrošnji te je isto prikazano i tablično (tablica 17 i 18):

- specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $\Delta Q_{H,nd} = 4,43$ [kWh/(m²a)] smanjena za 3,17%
- specifične godišnje primarne energije $\Delta E_{prim} = 16,8$ [kWh/(m²a)] smanjena za 7,83 %.

Nakon zamjene drvene stolarije PVC stolarijom zgrada se prema specifičnoj godišnjoj potrebi toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] nalazi u energetske razredu D, a prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} [kWh/(m²a)] u energetske razredu C.



Slika 13 - Prikaz energetskog certifikata nakon provedene mjere 1 - zamjena stolarije

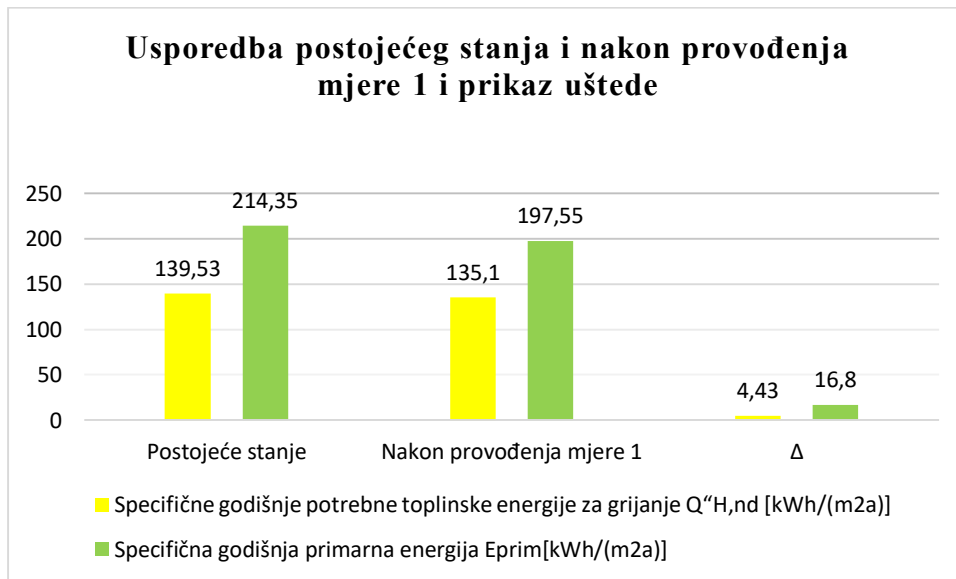
ENERGETSKE POTREBE	REFERENTNI KLIMATSKI PODACI ³		STVARNI KLIMATSKI PODACI ¹	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$	27014,53	135,10	28764,11	143,85

Slika 14 - Prikaz energetskih potreba nakon provedene mjere 1- zamjena stolarije

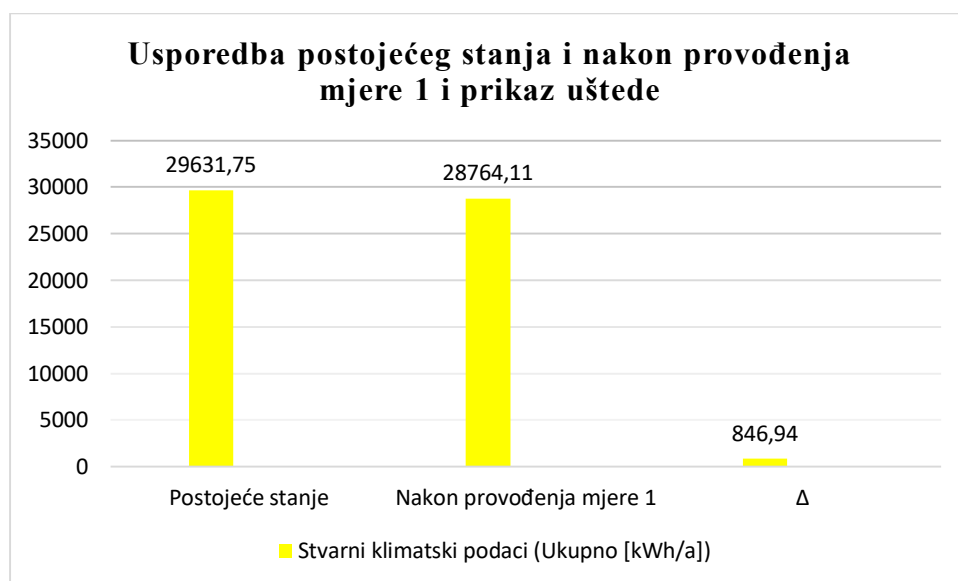
Tablica 17 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije - postojeće stanje i nakon provođenja mjere 1

	Postojeće stanje	Nakon provođenja mjere 1	Δ
Specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	139,53	135,10	4,43
Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]	214,35	197,55	16,8

Tablica 18 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije - postojeće stanje i nakon provođenja mjere 1



Tablica 19 - Prikaz uštede prema stvarnim klimatskim podacima za postojeće stanje i nakon provođenja mjere 1



Nakon provedene mjere 1 godišnja ušteda prema stvarnim klimatskim podacima je **$\Delta=846,94$ [kWh/a]** (tablica 19) te uz jediničnu cijenu plina **0,0598 €/kWh** ušteda iznosi **50,65€**

Površina otvora koje je potrebno zamijeniti je 33,30 m², uz procjenu jedinične cijene m² PVC stolarije **265 €**. Ukupni procijenjeni troškovi za provedbu mjere 1 su **8824,5 €**.

Prema povratnom periodu investicija mjere 1 odnosno zamjene drvene stolarije PVC stolarijom s trostruko izolirajućim staklom (s dva međusloja zraka/plina) isplatila bi se tek za **173 godine**, što baš i nije isplativo zbog dužeg perioda povrata investicije.

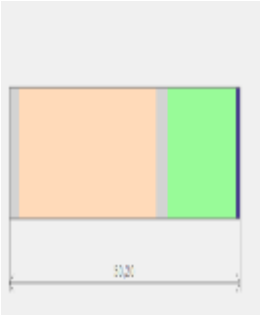
4.6. Mjera 2- ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove

Predviđena je energetska obnova svih vanjskih zidova (VZ1, VZ2 i VZ3) odgovarajućom toplinskom izolacijom. Nakon ugradnje toplinske izolacije na vanjske zidove ostvariti će se znatne uštede te će boravak biti ugodniji.

4.6.1. Vanjski zid – VZ1

Izolacija zida biti će izvedena na način da se na postojeći vanjski sloj vapneno-cementne žbuke izvedu sljedeći slojevi (tablica 20): hidroizolacija, toplinska izolacija (XPS) debljine $d=15$ cm, hidroizolacija. Koeficijent prolaska topline vanjskog zida prije ugradnje toplinske izolacije iznosio je $U=1,84$ W/m²K, nakon ugradnje toplinske izolacije koeficijent prolaska topline iznosi $U= 0,20$ W/m²K.

Tablica 20 - Podaci građevnog dijela - VZ1 - nakon provedene mjere


	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.18 Šuplji blokovi od betona	30
	3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	4	Bitumenska ljepenka (traka)	0,2
	5	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15
	6	Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije)	1
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,20 \leq U_{\max} = 0,30$	ZADOVOLJAVA	

Procijenjeni troškovi investicije za toplinsku izolaciju građevnog dijela VZ1 su **1888,2 €**

4.6.2. Vanjski zid - VZ2 i VZ3

Izolacija zidovi biti će izvedena na način da se na postojeći vanjski sloj vapneno-cementne žbuke izvedu sljedeći slojevi (tablica 21): polimerno-cementno ljepilo, toplinska izolacija (EPS) debljine $d=15$ cm, polimerno-cementno ljepilo, završna žbuka. Koeficijent prolaska topline vanjskog zida prije ugradnje toplinske izolacije iznosio je $U=1,14$ W/m²K, nakon ugradnje toplinske izolacije koeficijent prolaska topline iznosi $U=0,20$ W/m²K.

Tablica 21 - Podaci građevnog dijela - VZ2 i VZ3 - nakon provedene mjere

	Redni broj	Slojevi građevnog dijela	d [cm]
	1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	2	1.09 Šuplji blokovi od gline	30
	3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2
	4	Polimerno-cementno ljepilo	0,5
	5	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	15
	6	Polimerno-cementno ljepilo	0,5
	7	RÖFIX SiSi VITAL Silikonsko-silikatna završna žbuka	0,02
U pogledu toplinske zaštite, građevni	$U = 0,20 \leq U_{\max} = 0,30$		ZADOVOLJAVA


Procijenjeni troškovi investicije za toplinsku izolaciju građevnog dijela VZ2 i VZ3 su **8611,83€**.

Nakon provedene mjere 1- zamjene vanjske stolarije i mjere 2 - ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove VZ1, VZ1, VZ3 specifična godišnja potreba toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] smanjila se s **135,10** [kWh/(m²a)] na **45,36** [kWh/(m²a)], te specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m²a)] smanjila se s **197,55** [kWh/(m²a)] na **110,94** [kWh/(m²a)].

Provedbom mjere 2 dolazi do razlike u potrošnji te je isto prikazano i tablično (tablica 22 i 23):

- specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $\Delta Q_{H,nd} = 89,74$ [kWh/(m²a)] smanjena za 66,42%
- specifične godišnje primarne energije $\Delta E_{prim} = 86,61$ [kWh/(m²a)] smanjena za 43,84 %.

Nakon što su obje mjere provedene zgrada se prema specifičnoj godišnjoj potrebi toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] nalazi u energetske razredu B, kao i prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} [kWh/(m²a)], što je prikazano na slici 15 i 16.

ENERGETSKI RAZREDI ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]
	45,36	110,94
	B	B
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]	89,08	
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]	19,93	
Upisati „nZEB“ ako energetske svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 15 - Prikaz energetske certifikata nakon provedene mjere 2 (uključujući mjeru 1)

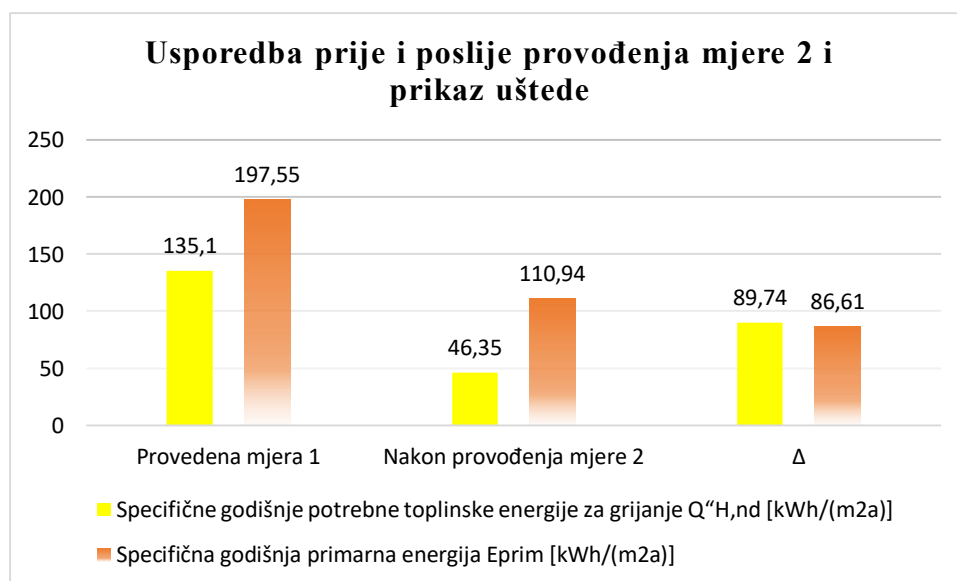
ENERGETSKE POTREBE	REFERENTNI KLIMATSKI PODACI ³		STVARNI KLIMATSKI PODACI ¹	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$	9070,31	45,36	9791,77	48,97

Slika 16 - Prikaz energetske potrebe nakon provedene mjere 2 (uključujući mjeru 1)

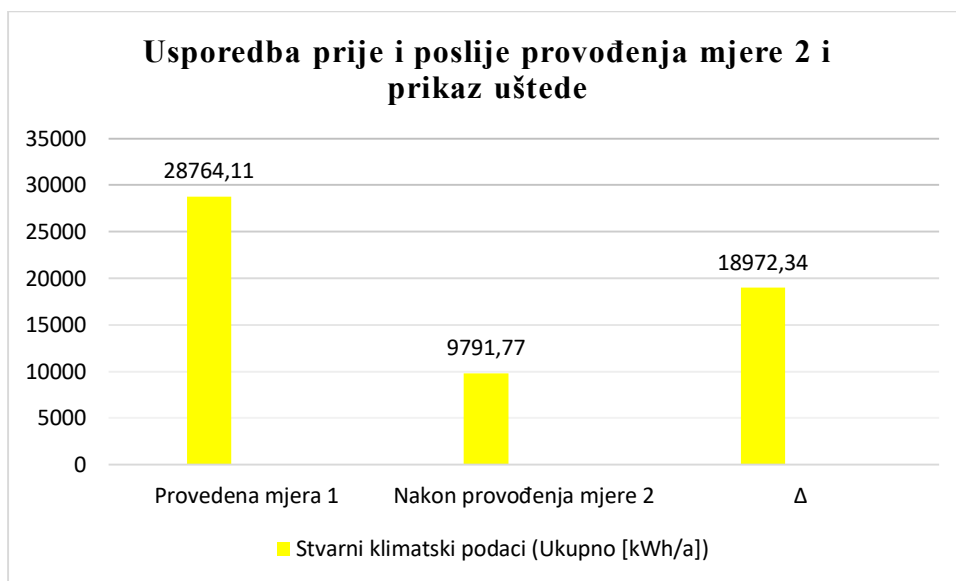
Tablica 22 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije - prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući mjeru 1)

	Provedena mjera 1	Nakon provođenja mjere 2	Δ
Specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	135,10	46,35	89,74
Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]	197,55	110,94	86,61

Tablica 23 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući mjeru 1)



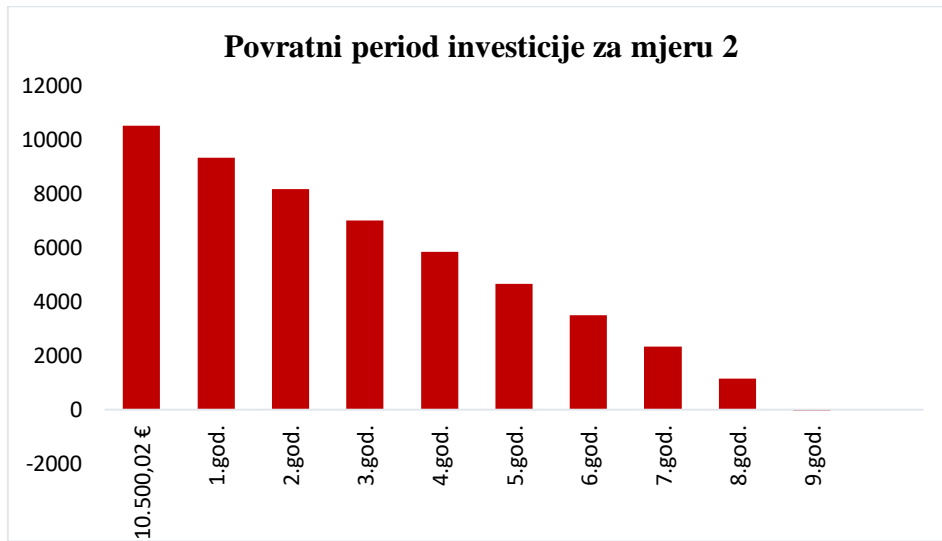
Tablica 24 - Prikaz uštede prema stvarnim klimatskim podacima - prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući mjeru 1)



Nakon provedene mjere 2 (uključujući mjeru 1) godišnja ušteda prema stvarnim klimatskim podacima je **$\Delta=18972,34$ [kWh/a]** (tablica 24) te uz jediničnu cijenu plina **0,0598 €/kWh** ušteda iznosi **1134,55 €**

Ukupni procijenjeni troškovi za provedbu mjere 2 su **10500,02 €**.

Tablica 25 –povratni period investicije za mjeru 2



Prema povratnom periodu investicija mjere 2 odnosno ugradnja toplinske izolacije na vanjske zidove VZ1, VZ2 i VZ3 isplatila bi se za **9 godina** (tablica 25).

5. Utrošak CO₂ u odnosu na energetska učinkovitost

U ovom poglavlju prikazat će se rezultati za emisiju CO₂ za postojeće stanje i stanje nakon obnove. U obiteljskoj kući kao glavni energent koristi se plin, te je prema tome izračunata specifična godišnja emisija CO₂.

Tablica 26 - Prikaz smanjenja emisije CO₂

	Postojeće stanje	Nakon mjere 1	Nakon mjere 2 (uključujući mjeru 1)
Godišnja potreba toplinska energija za grijanje Q _{H,nd} [kWh/a]	29631,75	28764,11	9791,77
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/a]	6524,91	6333,84	2156,14

Provedbom mjere 1 specifična godišnja emisija CO₂ smanjila se na 6333,84 kg/a, te mjere 2 (uključujući i mjeru 1) smanjila se na 2156,13 kg/a (tablica 26).

6. Zaključak

Zgrade su najveći pojedinačni potrošači energije, te ujedno i veliki zagađivači okoliša. Veći dio zgrada u Hrvatskoj građene su prije 1987. godine te kao takve ne zadovoljavaju mjere o smanjenju potrošnje energije u zgradama kako bi se postigao ugodniji boravak u zgradi, i smanjenje klimatskih promjena.

Vlada Republike Hrvatske nudi čak 60% poticaje za energetska obnovu kuće. Cilj programa je povećanje energetske učinkovitosti obiteljskih kuća, te smanjenje potrošnje energije i emisije CO₂ u atmosferu.

Nedovoljna toplinska izolacija dovodi do povećanih toplinskih gubitaka zimi i pregrijavanje prostora ljeti, što dovodi do neugodnog i nezdravog stanovanja u takvim zgradama i već cijene održavanja.

Provedbom mjere 1 postiglo se da je ukupna godišnja potreba toplinske energije za grijanje smanjena na 28764,11 [kWh/a], a emisija CO₂ smanjena je na 6333,84 kg/a.

Provedbom mjere 2 (uključujući mjeru 1) postiglo se da je ukupna godišnja potreba toplinske energije za grijanje smanjena na 9791,77 [kWh/a], a emisija CO₂ smanjena je na 2156,13 kg/a.

7. Literatura

- [1] Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost - <https://www.fzoeu.hr/hr/enu-u-zgradarstvu/7571>, 14.8.2023.
- [2] Priručnik za energetske savjetnike - <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf>, 19.8.2023.
- [3] Priručnik za provedbu energetske pregleda zgrade- <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-provedbu-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>, 21.8.2023.
- [4] Pravilnik o energetskim pregledima građevine i energetskom certificiranju zgrade - https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html, 22.8.2023.
- [5] Pravilnik o energetskom certificiranju zgrade - https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_10_113_3293.html, 22.8.2023.

8. Popis slika

Slika 1 - Bilanca energije zgrade

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

Slika 2 - Shema općeg energetskeg pregleda

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

Slika 3 - Shema detaljnog energetskeg pregleda

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

Slika 4 - Izgled prve stranice energetskeg certifikata [4]

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_07_81_1906.html

Slika 5 - Presjek MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 6 - Tlocrt podruma MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 7 - Tlocrt prizemlja MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 8 - Tlocrt potkrovlja MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 9 - Tlocrt podruma s prikazom grijanog i negrijanog dijela

Izvor: Autor

Slika 10 - Tlocrt prizemlja i tlocrt potkrovlja s prikazom grijanog dijela

Izvor: Autor

Slika 11 - Prikaz energetskeg certifikata prije provedbe mjera energetske učinkovitosti

Izvor: Autor

Slika 12 – Presjek troslojnog IZO stakla

Izvor: <https://pohizek-stolarija.hr/staklo/>

Slika 13 - Prikaz energetskeg certifikata nakon provedene mjere 1- zamjena stolarije

Izvor: Autor

Slika 14 - Prikaz energetskeg potreba nakon provedene mjere 1- zamjena stolarije

Izvor: Autor

Slika 15 - Prikaz energetskeg certifikata nakon provedene mjere 2 (uključujući mjeru 1)

Izvor: Autor

Slika 16 - Prikaz energetske potrebe nakon provedene mjere 2 (uključujući mjeru 1)

Izvor: Autor

9. Popis tablica

Tablica 1 - Energetski razredi zgrade

Izvor: Autor

Tablica 2 - Geometrijske karakteristike zgrade

Izvor: Autor

Tablica 3 - Površine građevnih dijelova zgrade

Izvor: Autor

Tablica 4 – Prikaz meteoroloških podataka za grad Varaždin

Izvor: Autor

Tablica 5 - Podaci građevnog dijela - VZ

Izvor: Autor

Tablica 6 - Podaci građevnog dijela - VZ2

Izvor: Autor

Tablica 7 - Podaci građevnog dijela - VZ

Izvor: Autor

Tablica 8 - Podaci građevnog dijela - PZ

Izvor: Autor

Tablica 9 - Podaci građevnog dijela - ZT

Izvor: Autor

Tablica 10 - Podaci građevnog dijela - strop između etaža

Izvor: Autor

Tablica 11 - Podaci građevnog dijela - PT

Izvor: Autor

Tablica 12 - Podaci građevnog dijela - ST

Izvor: Autor

Tablica 13 - Podaci građevnog dijela - PN

Izvor: Autor

Tablica 14 - Podaci građevnog dijela - KK

Izvor: Autor

Tablica 15 - Otvori postojeće zgrade

Izvor: Autor

Tablica 16 - Rezultati proračuna prije provedenih mjera energetske obnove

Izvor: Autor

Tablica 17 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije - postojeće stanje i nakon provođenja mjere 1

Izvor: Autor

Tablica 18 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije - postojeće stanje i nakon provođenja mjere 1

Izvor: Autor

Tablica 19 - Prikaz uštede prema stvarnim klimatskim podacima za postojeće stanje i nakon provođenja mjere 1

Izvor: Autor

Tablica 20 - Podaci građevnog dijela - VZ1 - nakon provedene mjere

Izvor: Autor

Tablica 21 - Podaci građevnog dijela - VZ2 i VZ3 - nakon provedene mjere

Izvor: Autor

Tablica 22 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije – prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući mjeru 1)

Izvor: Autor

Tablica 23 - Prikaz uštede specifične godišnje potrebne energije za grijanje i specifične godišnje primarne energije – prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući mjeru 1)

Izvor: Autor

Tablica 24 - Prikaz uštede prema stvarnim klimatskim podacima - prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući mjeru 1)

Tablica 25 –povratni period investicije za mjeru 2

Izvor: Autor

Tablica 26 - Prikaz smanjenja emisije CO₂

Izvor: Autor

MARK
ALIBRAJNA

Sveučilište
Sjever



SVUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski 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, članaka, 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, DANIJELA KEFELJA (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (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)

Danijela Kefelja
(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 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 znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

