Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj faktora oblika zgrade

Đura, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:596755

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 376/GR/2019

Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj faktora oblika zgrade

Nikola Đura, 1576/336

Varaždin, rujan 2019. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 376/GR/2019

Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj faktora oblika zgrade

Student

Nikola Đura, 1576/336

Mentor

dr.sc. Željko Kos, struč.spec.ing.aedif.

Varaždin, rujan 2019. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Nikola Đura | MATIČNI BROJ 1576/336

DATUM 05. 09. 2019. | KOLEGIJ Zgradarstvo II

NASLOV RADA Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj faktora oblika zgrade

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Energy efficiency measures and the impact of building form factors

MENTOR dr.sc. Željko Kos | ZVANJE Predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo Soldo
2. dr.sc. Željko Kos, predavač
3. doc.dr.sc. Aleksej Aniskin
4. doc.dr.sc. Matija Orešković
5.

Zadatak završnog rada

BROJ 376/GR/2019

OPIS

Pristupnik u radu treba izložiti utjecaj implementacije mjera energetske učinkovitosti na primjeru rekonstrukcije obiteljske kuće kao i utjecaj orijentacije vanjskih otvora na toplinske dobitke.

Izračunati utrošak energije za postojeće stanje te za stanje nakon implementacije mjera energetske učinkovitosti,izraditi troškovnik za implementirane mjere, analizirati ekonomsku isplativost mjera i detaljno opisati način izračuna potrebne godišnje energije za grijanje i hlađenje po m2 neto korisne površine.

U radu je potrebno obraditi sljedeće teme:
- Opis izračuna potrebne energije za grijanje i hlađenje te pripremu tople vode
- Izračun za postojeće stanje
- Izračun za novo stanje i troškovnik za implementirane mjere
- Analiza ekonomske isplativosi za svaku mjeru posebno i za sve mjere ukupno (može i u okviru izračuna)
- Utjecaj faktora oblika zgrade na potrebnu energiju za grijanje i hlađenje

ZADATAK URUČEN 05.09.2019. | POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE SJEVER

Predgovor

Tema mojeg završnog rada preddiplomskog studija je mjere energetske učinkovitosti i važnost faktora oblika na primjeru zgrade stambeno-poslovne namjene. Za primjer je uzeta postojeća zgrada, čija je namjena stambeno poslovna, koja je izgrađena u Donjoj Voći, u Varaždinskoj županiji. Za zgradu je izrađen energetski pregled i proračun energetskih svojstava postojećeg stanja zgrade, za građevinski dio, te su navedene mjere poboljšanja njezine energetske učinkovitosti.

Ovom prilikom zahvalio bih se svim profesorima Odjela za graditejstvo Sveučilišta Sjever na svom prenešenom znanju i vještinama, posebno zahvaljujem svom mentoru dr.sc. Željku Kosu, struč.spec.ing.aedif., kojem sam iznimno zahvalan na strpljenju, vodstvu i pomoći koju mi je pružao kod izrade ovog završnog rada. Ipak, najveća zahvala ide mojoj obitelji na podršci koju su mi pružali tijekom cijelog mog obrazovanja. Hvala!

Varaždin, rujan 2019. Nikola Đura

Sažetak

U ovom radu najveća pažnja posvećena je energetskoj učinkovitosti zgrade i poboljšanju istih. Zgrada je etažnosti prizemlje+potkrovlje, gdje je prizemlje poslovne a potkrovlje stambene namjene. Prilikom izrade proračuna fizikalnih svojstava zgrade, zgradu je bilo potrebno podijeliti u dvije termotehničke zone. Nakon analize postojećeg stanja toplinske ovojnice zgrade, predložene su mjere koje je potrebno provesti kako bi se njezino stanje poboljšalo. Proračunata je vrijednost investicije koja je potrebna da bi se postigle predložene mjere, te uštede i povratni period investicije. Za sam proračun, fizikalnih svojstava zgrade, korišten je računalni program KI Expert PLUS v.7.5.0.0. Dodatna pažnja, u radu, dana je na faktor oblika i načine na koje on utječe na energetska svojstva zgrade.

Ključne riječi: energetska svojstva, toplinska ovojnica, transmisijski gubitak, faktor oblika, energetski razred

Abstract

In this paper most attention is paid on energy efficency of the building and on improving of them. The building's ground floor has a business purpose and the loft has a residential purpose. While calculating the energy properties of the building, it was necessary to split the building in two termotechnical zones. After the analysis of the current state of the building's energy efficiency, measures on how to improve them are given. Value of the investment, needed to achieve those measures was calculated and their return period. For the energy efficiency analysis of the building, computer program KI Expert PLUS v.7.5.0.0. was used. Additional attention is given on buildings form factor and how he affects buildings energy efficency.

Keywords: energy efficency, thermal envelope, transmission loss, building form factor, energy class

Popis korištenih kratica

$\mathbf{A_k}$	Površina grijane korisne površine
$\mathbf{A_f}$	Površina grijane zone s vanjskim dimenzijama
A	Oplošje toplinske ovojnice zgrade
GBP	Građevinska bruto površina
$\mathbf{V_e}$	Bruto obujam grijanog dijela zone
V	Neto obujam grijanog dijela zone
$\mathbf{A_f}$	Površina grijane zone s vanjskim dimenzijama
$\mathbf{A_{gd}}$	Ukupna površina građevnog dijela
$\mathbf{A_I}$	Površina građevnog dijela na istoku
$\mathbf{A_Z}$	Površina građevnog dijela na zapadu
$\mathbf{A_S}$	Površina građevnog dijela na sjeveru
$\mathbf{A_J}$	Površina građevnog dijela na jugu
$\mathbf{A_{SI}}$	Površina građevnog dijela na sjeveroistoku
$\mathbf{A_{SZ}}$	Površina građevnog dijela na sjeverozapadu
$\mathbf{A_{JI}}$	Površina građevnog dijela na jugoistoku
$\mathbf{A_{JZ}}$	Površina građevnog dijela na jugozapadu
U	Koeficijent prolaska topline
l	Koeficijent toplinske provodljivosti sloja
r	Gustoća
R	Koeficijent toplinskog otpora sloja
EPS	Ekspandirani polistiren
$\mathbf{U_w}$	Koeficijent toplinske provodljivosti otvora
$\mathbf{Q_{H,nd}}$	Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje
$\mathbf{Q_{H,nc}}$	Godišnja potrebna energija za hlađenje

$\mathbf{H_{tr,adj}}$	Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade
$\mathbf{E_{prim}}$	Specifična godišnja primarna energija
$\mathbf{f_o}$	Faktor oblika
TPRUETZZ	Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštititi u zgradama

Sadržaj

1. **Uvod** 11
2. **Arhitektonski opis građevine** 12

2.1. Postojeće stanje 14
2.2. Novo planirano stanje 15

3. **Projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite** 16

3.1. Korišteni meteorološki parametri 16
3.2. Podjela zgrade u toplinske zone 17
3.3. Sastav pojedinih građevinskih dijelova zgrade 19
3.3.1. Vanjski zid (VZ1) 19
3.3.2. Zid prema negrijanom prostoru (ZN1) 20
3.3.3. Zid između zona (ZZ1) 21
3.3.4. Pod na tlu (PT1) 22
3.3.5. Strop između zona (SZ1) 23
3.3.6. Kosi krov (KK1) 24
3.3.7. Strop prema tavanu (ST1) 25
3.3.8. Stolarija 26
3.4. Proračun – postojeće stanje 27
3.4.1. Količine potrebne za proračun 27
3.4.2. Rezultati proračuna – postojeće stanje 29
3.4.3. Energetski razred zgrade – postojeće stanje 30
3.5. Opis novo planiranih zahvata toplinske ovojnice 31
3.5.1. Vanjski zid (VZ1) 31
3.5.2. Zidovi prema negrijanom prostoru (ZN1) 32
3.5.3. Vanjska stolarija 33
3.6. Proračun – novo stanje 34
3.6.1. Rezultati proračuna – novo stanje 34
3.6.2. Energetski razred – novo stanje 35
3.7. Procjenjena vrijednost investicije 36
3.7.1. Vanjski zidovi 36
3.7.2. Zidovi prema negrijanim prostorijama 37
3.7.3. Stolarija 38
3.7.4. Rekapitulacija 39
3.8. Proračun smanjenja energetskih potreba zgrade 40

4. **Faktor oblika zgrade** 41

4.1. Općenito o faktoru oblika zgrade (f_o) 41
4.2. Najpovoljniji oblici zgrade 42
4.2.1. Kugla 42

4.2.2. Valjak 43
4.2.3. Piramida 44
4.2.4. Kocka 45
4.2.5. Nepravilni oblik *46*
4.3. Utjecaj faktora oblika na stvarnom primjeru 49
4.3.1. Prvo rješenje 49
4.3.2. Drugo rješenje 51
5. Zaključak 53
6. Literatura 54
Popis slika 55
Popis tablica 55

1. Uvod

Na lokaciji Donja Voća 25A, k.č. 4179/3 k.o. Donja Voća, smještena je postojeća zgrada za koju se planira povećanje energetske učinkovitosti. Postojeće stanje zgrade je nezadovoljavajuće u odnosu na mogućnosti koje joj se pružaju na toj lokaciji.



Slika 1 Sjeveroistočno i Jugoistočno pročelje

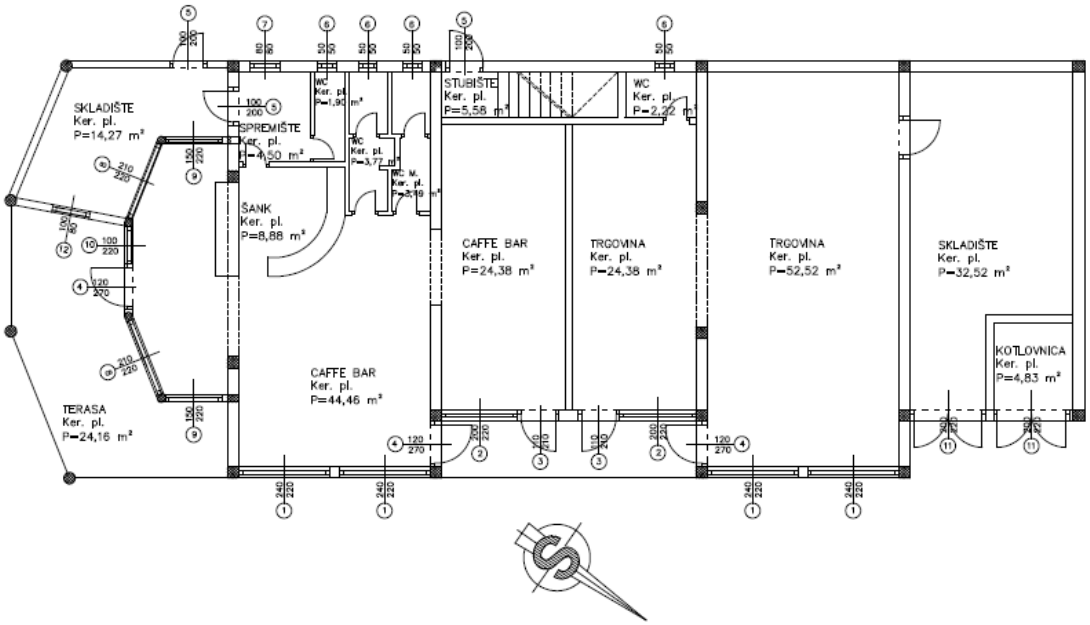


Slika 2 Jugoistočno i Jugozapadno pročelje

Predmetna zgrada izgrađena je 2000. godine, etažnosti prizemlje + potkrovlje, a sama zgrada je stambeno-poslovne namjene. Maksimalni tlocrtni gabariti iznose 28,40 x 11,00 m, visina od najniže točke terena do vrha sljemena krova iznosi 8,10 m.

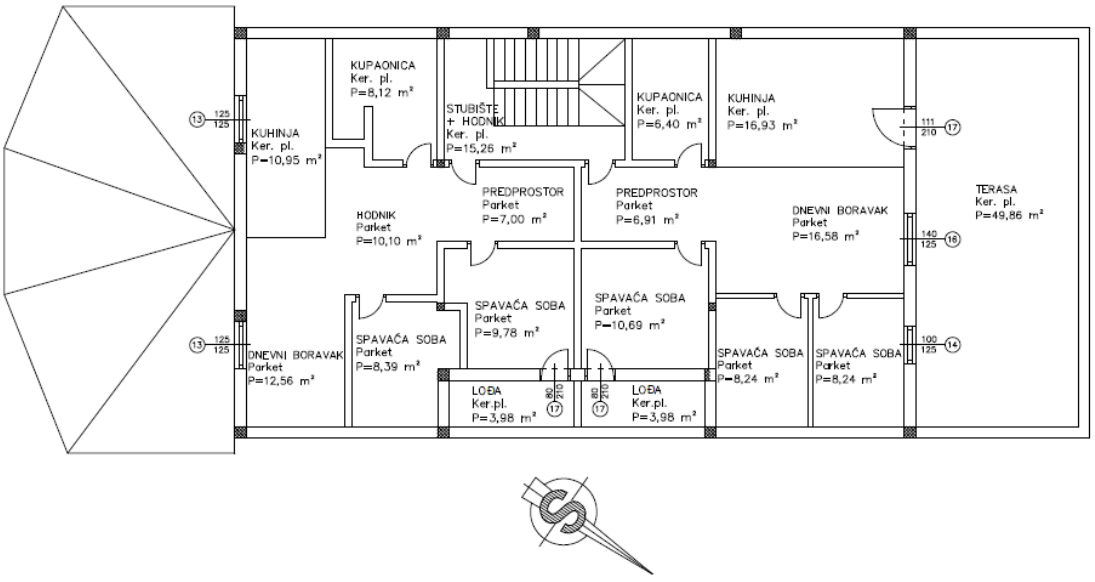
2. Arhitektonski opis građevine

Zgrada je stambeno-poslovne namjene, te je u prizemlju smješten poslovni prostor koji se sastoji od kafića i trgovine ukupne korisne površine 246,38 m^2. Svijetla visina prizemlja iznosi 3,00m.



Slika 3 Tlocrt prizemlja

Preko ulaza, na jugozapadnoj strani objekta, ulazi se na stubište kojim se dolazi u potkrovlje koje je stambene namjene. U potkrovlju su smještene dvije stambene jedinice, korisna površina jedne stambene jedinice je 127,83 m^2, a druge 70,88 m^2. Stambene jedinice povezane su hodnikom koji služi za komunikaciju između njih, te koriste zajednički ulaz u građevinu. Hodnik sa stubištem je površine 15,26 m^2, a ukupna korisna površina stambenog dijela iznosi 219,55 m^2.



Slika 4 Tlocrt kata

br.	Etaža	Naziv prostorije	P [m2]
1	Prizemlje	Trgovina	52,52
2	Prizemlje	Trgovina	24,38
3	Prizemlje	Skladište	32,52
4	Prizemlje	Kotlovnica	4,83
5	Prizemlje	WC	2,32
6	Prizemlje	Caffe bar	24,38
7	Prizemlje	Caffe bar	44,46
8	Prizemlje	Šank	8,88
9	Prizemlje	WC M.	3,49
10	Prizemlje	WC Ž.	3,77
11	Prizemlje	Spremište	4,50
12	Prizemlje	WC	1,90
13	Prizemlje	Skladište	14,27
14	Prizemlje	Terasa	24,16
15	Prizemlje	Stubište	5,58
16	Kat	Stubište+hodnik	15,26
17	Kat	Predprostor	7,00
18	Kat	Hodnik	10,10
19	Kat	Kupaonica	8,12
20	Kat	Spavaća soba	9,78
21	Kat	Spavaća soba	8,39
22	Kat	Dnevni boravak	12,56
23	Kat	Kuhinja	10,95
24	Kat	Lođa	3,98
25	Kat	Predprostor	6,91
26	Kat	Spavaća soba	10,69
27	Kat	Kupaonica	6,40
28	Kat	Kuhinja	16,93
29	Kat	Dnevni boravak	16,58
30	Kat	Spavaća soba	8,24
31	Kat	Spavaća soba	8,24
32	Kat	Lođa	3,98
33	Kat	Terasa	49,86
UKUPNO			**465,93**

Tablica 1 Iskaz površina prostorija

Poslovni prostor	
Površina grijane korisne površine – **Ak:**	**170,50**
Površina grijane zone s vanjskim dimenzijama – **Af:**	**197,83**
Građevinska bruto površina zone – **GBP:**	**257,75**
Bruto obujam grijanog dijela zone – **Ve:**	**638,99**
Stambeni prostor	
Površina grijane korisne površine – **Ak:**	**156,15**
Površina grijane zone s vanjskim dimenzijama – **Af:**	**184,85**
Građevinska bruto površina zone – **GBP:**	**184,85**
Bruto obujam grijanog dijela zone – **Ve:**	**487,50**

Tablica 2 Iskaz površina i obračunskih veličina

2.1. Postojeće stanje

Budući da se izgradnja zgrade odvijala u dvije faze u različitim vremenskim periodima, vidljiva je razlika u korištenju toplinsko-izolacijskih materijala. Jasno je vidljivo da su stanovi, koji se nalaze u potkrovlju, znatno bolje izolirani od poslovnog dijela jer su dovršeni 2019. godine.

Vanjski zidovi izvedeni su od šuplje blok opeke od gline. Na spojevima, uglovima i ravnim prekidima, zidovi su ukrućeni armiranobetonskim vertikalnim serklažima. Za završnu obradu zidova, te kao toplinska izonacija sa vanjske strane zidova korištena je toplinsko-izolacijska žbuka. Takva toplinska izolacija daleko ne zadovoljava potrebe današnjeg tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Zidovi prema negrijanim prostorijama nisu dodatno izolirani, nego su samo sa svake strane samo završno obrađeni vapneno cementnom žbukom.

Spomenuto je da je stambeni dio znatno bolje izoliran, ali to se ne odnosi na vanjske zidove jer su oni izgrađeni u periodu izgradnje poslovnog dijela zgrade. Grijani dio kosog krova stambenog dijela izveden je kao klasičan drveni krov sa slojem mineralne vune d=20 cm sa unutarnje strane, koja je zatvorena gipskartonskim pločama. Strop prema tavanu izveden je od gipskartonskih ploča na kojima se nalazi sloj mineralne vune d=20 cm. Međukatna konstrukcija, koja razdvaja stambeni prostor od poslovnog izveden je kao fert strop 16+4 cm.

Ostakljeni elementi izvedeni su iz PVC stolarije sa dvostrukim izolacijskim ostaklenjem.

2.2. Novo planirano stanje

Ovim radom planiraju se zahvati u svrhu poboljšanja energetskih svojstava zgrade, odnosno smanjenja troškova za grijanje zgrade te smanjenje troškova električne energije uz poboljšanje komfora, kvalitete zraka i zaštite od buke, te će sva uložena investicija biti vraćena kroz uštede na energentima koji se koriste za grijanje. Konačna financijska ušteda, iznos investicije i povratni period investicije prikazani su u poglavlju 3.8.

Nikakvi radovi koji nisu na toplinskoj ovojnici zgrade nisu planirani ovim radom.

3. Projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite

3.1. Korišteni meteorološki parametri

Za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade, korišteni su meteorološki podaci najbliže klimatološke postaje, a to je Varaždin.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka (° C)												
m	0,4	2,2	6,4	11,	16,	19,	21,	20,	15,	10,	6	0,8	10,9
mi	-	-	-	0	5,6	9,4	13	10,	6,5	-	-	-	-14,9
ma	13,	14,	16,	20	26,	28,	29	29,	26,	21,	19,	13,	29,3

	Tlak vodene pare (Pa)												
m	50	56	68	87	12	15	16	16	14	10	75	57	1040

	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	83	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	169
		≤ 12 ° C	186,
		≤ 15 ° C	204,

Orij	[	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI	IX	X	XI	XI	God
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m ²)												
S	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	441
	1	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	1	1	472
	3	1	2	4	4	5	5	6	5	4	3	1	1	484
	4	1	2	4	4	5	5	5	5	4	3	2	1	475
	6	2	2	4	4	4	4	4	4	4	3	2	1	444
	7	2	2	3	3	3	3	4	4	4	3	2	1	395
	9	1	2	3	3	3	2	3	3	3	3	1	1	332
SE, SW	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	441
	1	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	1	1	463
	3	1	2	3	4	5	5	6	5	4	3	1	1	470
	4	1	2	3	4	5	5	5	5	4	3	1	1	461
	6	1	2	3	4	4	4	5	5	4	3	1	1	433
	7	1	2	3	3	4	4	4	4	4	3	1	1	391
	9	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	335
E, W	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	441
	1	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	437
	3	1	1	3	4	5	5	6	5	4	2	1	9	427
	4	1	1	3	4	5	5	5	5	3	2	1	9	409
	6	1	1	3	4	4	5	5	4	3	2	1	8	381
	7	1	1	2	3	4	4	4	4	3	2	1	8	345
	9	9	1	2	3	3	3	4	3	3	2	1	7	302
NE, NW	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	441
	1	1	1	3	4	5	5	6	5	3	2	1	7	406
	3	8	1	2	3	5	5	5	4	3	1	9	6	366
	4	7	1	2	3	4	5	5	4	2	1	7	5	325
	6	6	9	2	3	4	4	4	3	2	1	7	5	285

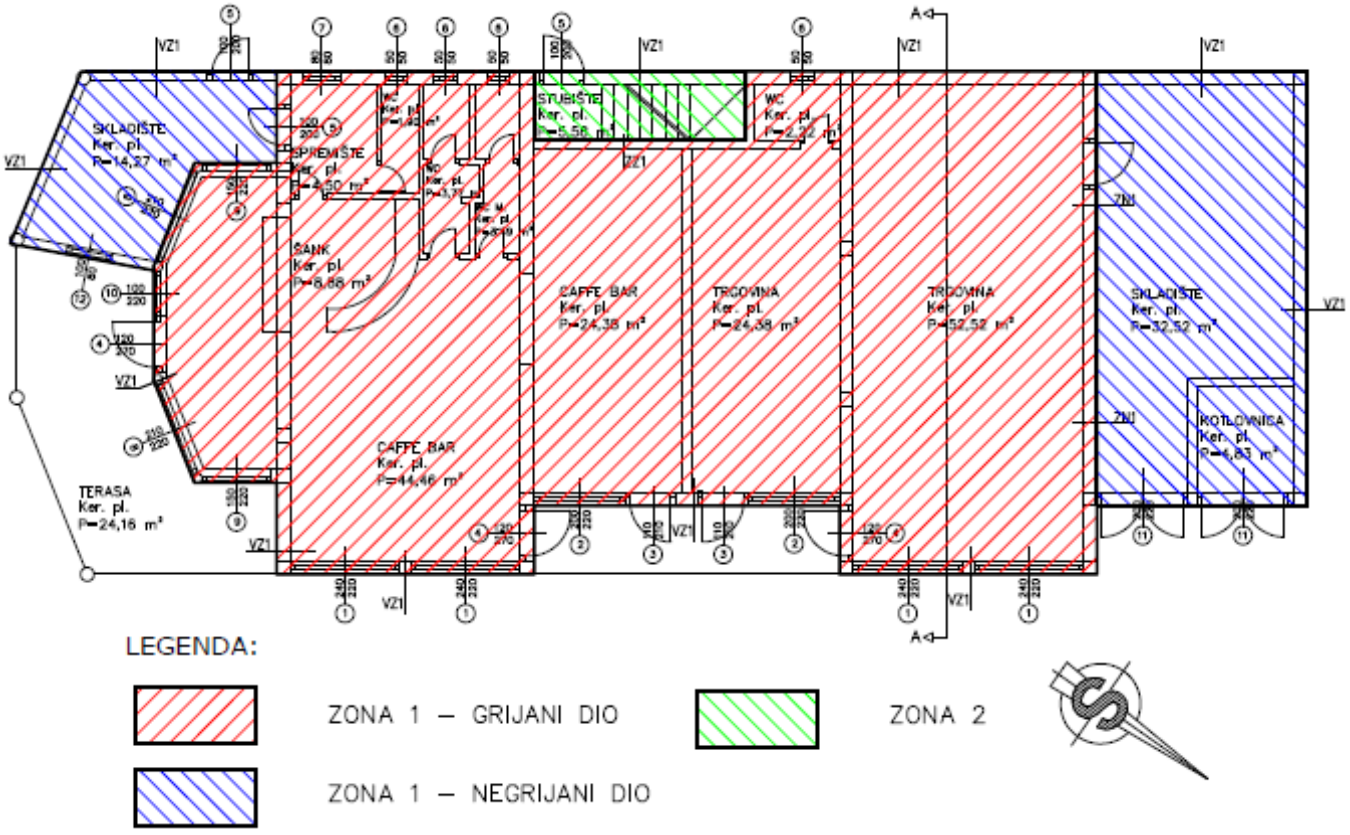
	7	5	8	1	2	3	3	4	3	1	1	6	4	242
	9	5	7	1	1	2	3	3	2	1	9	5	4	190
E, N	0	1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	9	441
	1	8	1	2	4	5	5	6	5	3	2	9	6	387
	3	7	1	2	3	4	5	5	4	2	1	8	6	326
	4	7	9	1	2	3	4	4	3	1	1	1	5	266
	6	6	8	1	2	3	3	3	2	1	1	7	5	212
	7	5	8	1	1	2	2	2	2	1	1	6	4	172
	9	5	7	1	1	2	2	2	1	1	9	5	4	155

3.2. Podjela zgrade u toplinske zone

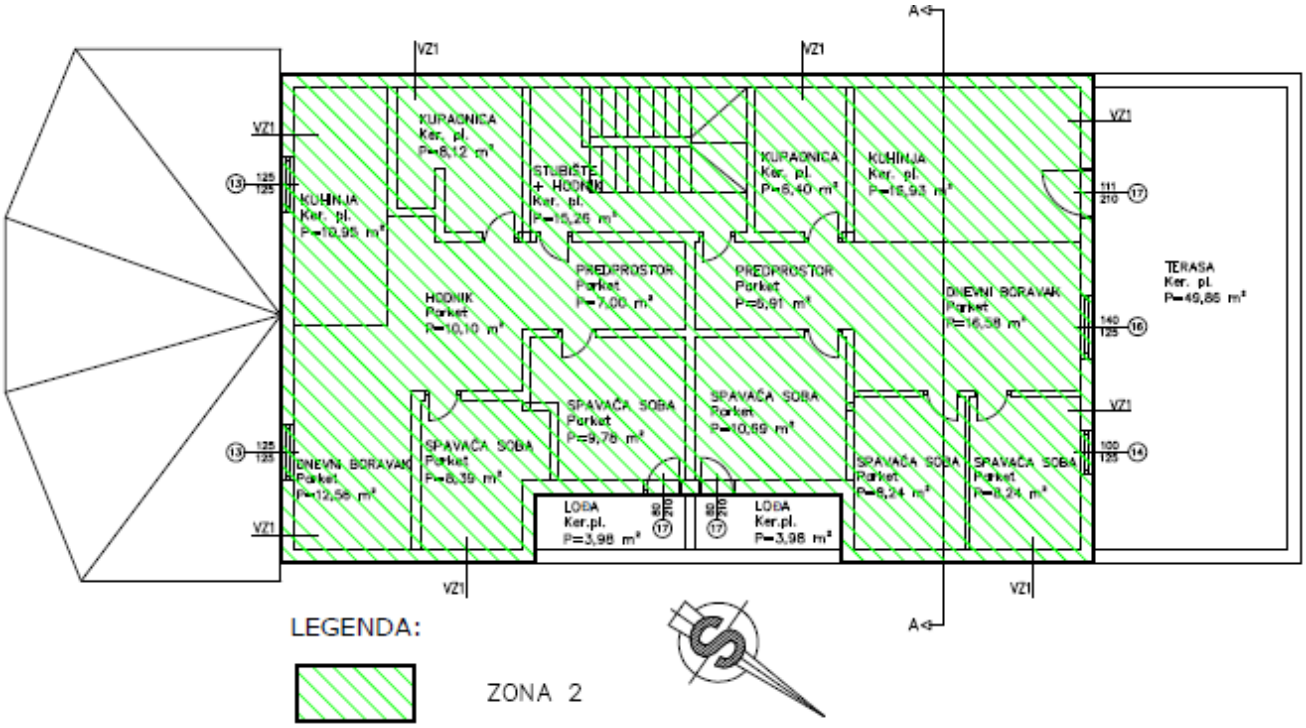
Već je spomenuto da je namjena zgrade poslovno-stambena, pa samim time korištenje, grijanje i hlađenje zgrade nije isto u svim dijelovima pa je zbog toga zgrada, prema tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada, podijeljena u dvije zone:

1. Zona 1 – Poslovni prostor
2. Zona 2 – Stambeni prostor

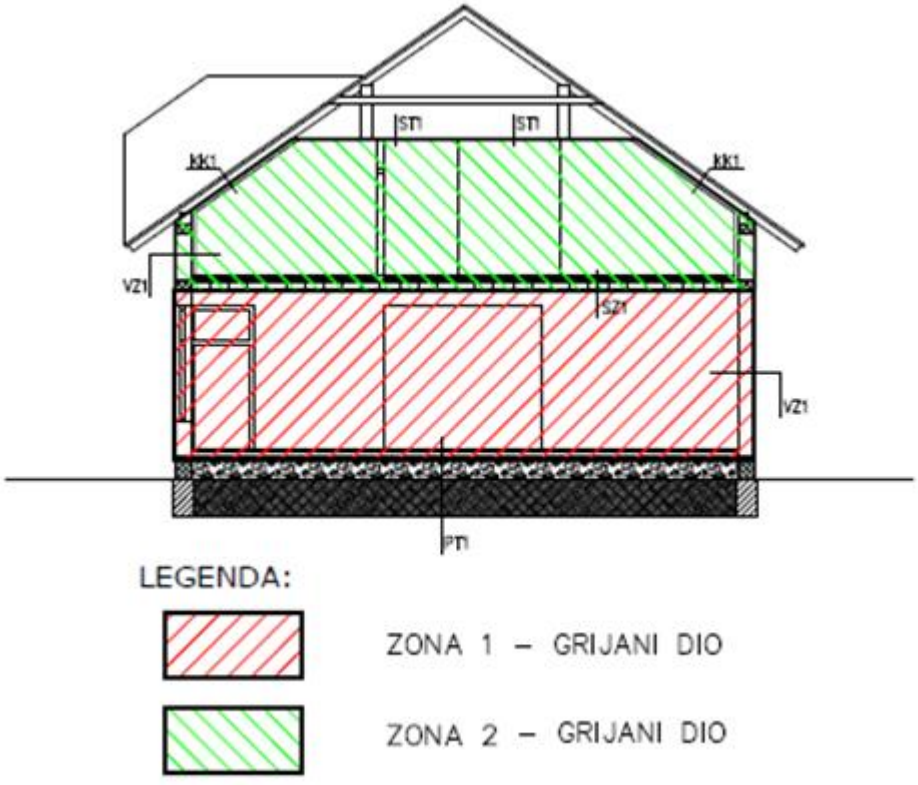
Obje zone griju se na prosječnu unutarnju temperaturu od 22°C, tako da se između njih ne javljaju znatni toplinski gubici. Razlika i razlog zbog potrebe za podjelom na dvije grijane zone je razlika u režimu rada sustava svake zone.



Slika 5 Tlocrt prizemlja - podjela na zone



Slika 6 Tlocrt kata - podjela na zone



Slika 7 Presjek A-A - podjela na zone

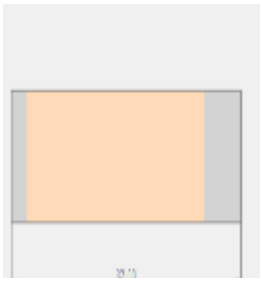
3.3. Sastav pojedinih građevinskih dijelova zgrade

Sama toplinska ovojnica sastoji se od pet različitih građevinskih dijelova koji razdvajaju grijani dio od negrijanog, te dva građevinska dijela koji razdvajaju toplinske zone. U nastavku je dan prikaz svih građevinskih elemenata sa pripadajućim slojevima i njihovim debljinama, koeficijentima toplinske provodljivosti svakog sloja i ukupan koeficijent za cijeli građevni dio.

3.3.1. Vanjski zid (VZ1)

Na vanjskim zidovima kao završna obrada sa unutarnje strane izvedena je vapneno cementna žbuka debljine d=2,00 cm. Kao konstruktivni, nosivi, element zida korištena je šuplja blok opeka od gline debljine d=25,00 cm. Sa vanjske strane vanjskih zidova izveden je sloj toplinsko-izolacijske žbuke debljine d=5 cm. Zbog vremena u kojem je zgrada građena nije dodan poseban naglasak na toplinsku izolaciju, takva toplinska izolacija ne zadovoljava današnje uvjete tehničkog propisa o radionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada.

Opći podaci o građevnom dijelu



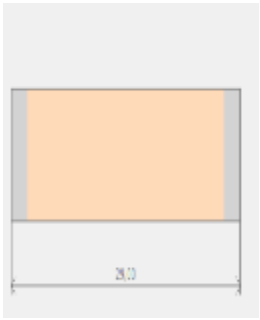
A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
94,10	3,20	0,00	0,00	0,00	26,11	9,69	13,62	41,48

Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,78 ≤ 0,30	NE ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[$m^2 K/W$]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.11 Šuplji blokovi od gline	25,000	800,00	0,390	0,641
3	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka	5,000	400,00	0,110	0,455
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,040
					R_T = 1,286
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,78**		U = 0,78 ≥ U_{max} = 0,30		NE ZADOVOLJAVA	

3.3.2. Zid prema negrijanom prostoru (ZN1)

Zidovi prema negrijanom prostoru izvedeni su u sljedećim slojevima: vapneno cementna žbuka debljine d=2,00 cm, šuplja blok opeka od gline debljine d=25,00 cm, vapneno cementna žbuka debljine d=2,00 cm. Na ovom građevnom dijelu je također jasno vidljivo kako nije posvećena dovolja pažnja na toplinsku izolaciju toplinske ovojnice, te ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

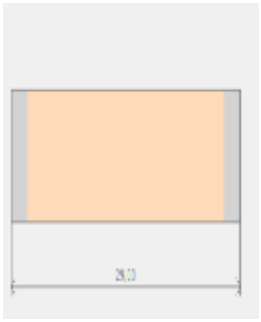
Opći podaci o građevnom dijelu									
	**A_{gd} [m^2]**	**A_I**	**A_Z**	**A_S**	**A_J**	**A_{SI}**	**A_{SZ}**	**A_{JI}**	**A_{JZ}**
	61,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m^2 K] = 1,06 ≤ 0,40			NE ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2 K/W]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.11 Šuplji blokovi od gline	25,000	800,00	0,390	0,641
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,130
					R_T = 0,941
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m^2 K] = 1,06**		U = 1,06 ≥ U_{max} = 0,40		NE ZADOVOLJAVA	

3.3.3. Zid između zona (ZZ1)

Zid koji razdvaja stambenu od poslovne zone izveden je u sljedećim slojevima: vapneno cementna žbuka debljine d=2,00 cm, šuplja blok opeka od gline debljine d=25,00 cm, vapneno cementna žbuka debljine d=2,00 cm. Na ovom građevnom dijelu toplinska izolacija osim za smanjivanje gubitaka topline poslužit će kao izolacija od buke koja dolazi iz poslovnog prostora.

Opći podaci o građevnom dijelu



A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
25,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

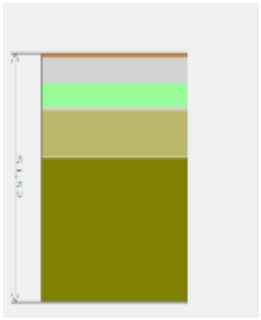
Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 1,06 ≤ 0,60	**NE ZADOVOLJAVA**

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[$m^2 K/W$]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.11 Šuplji blokovi od gline	25,000	800,00	0,390	0,641
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,130
					R_T = 0,941
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 1,06**		U = 1,06 ≥ U_{max} = 0,60		**NE ZADOVOLJAVA**	

3.3.4. Pod na tlu (PT1)

Pod na tlu izveden je u sljedećim slojevima: keramičke pločice debljine d=2,00 cm, cementni estrih debljine d=5,00 cm, pe folija, toplinska izolacija (EPS) debljine d=5,00 cm, hidroizolacija, armiranobetonska ploča debljine d=10,00 cm, nabijeni šljunak debljine d=30,00 cm. Pod na tlu predstavlja velike transmisijske gubitke toplinske energije, te ne zadovoljava uvjete toplinske zaštite, ali sanacija poda nebi bila ekonomski isplativa zbog potrebe za uklanjanjem svih postojećih slojeva kako bi se pod mogao dodatno izolirati, te se zbog toga slojevi poda na tlu neće mijenjati.

Opći podaci o građevnom dijelu



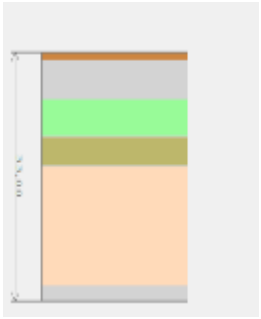
A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
178,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplinska zaštita:			U [$W/m^2 K$] = 0,57 ≤ 0,40			NE ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[$m^2 K/W$]
1	4.03 Keramičke pločice	1,000	2300,00	1,300	0,008
2	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
3	Poliesterska folija	0,020	1400,00	0,190	0,001
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	5,000	25,00	0,033	1,515
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,500	1100,00	0,230	0,022
6	2.01 Armirani beton	10,000	2500,00	2,600	-
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	1700,00	0,810	-
					R_{si} = 0,170
					R_{se} = 0,000
					R_T = 1,747
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,57**		U = 0,57 ≥ U_{max} = 0,40		NE ZADOVOLJAVA	

3.3.5. Strop između zona (SZ1)

Strop između poslovnog prostora i stambenog prostora izveden je u sljedećim slojevima: završni sloj poda, cementni estrih debljine d=5,00 cm, toplinska izolacija (EPS) debljine d=5,00 cm, tlačna ploča fert stropa debljine d=4,00 cm, punioci i gredice fert stropa debljine d=16,00 cm, vapneno cementna žbuka debljine d=2,00 cm. Između samih zona ne javljaju se veliki transmisijski gubici toplinske energije iz razloga što se stambena i poslovna zona griju na jednaku temperaturu, jedina razlika između zona je u režimu rada sustava, te je zbog toga dovoljno manje izolacije u odnosu na ostale građevne dijelove, te samim time element zadovoljava uvjete toplinske zaštite.

Opći podaci o građevnom dijelu

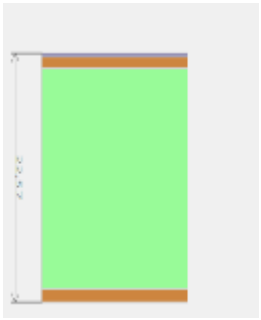


A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
197,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplinska zaštita:			U [$W/m^2 K$] = 0,48 ≤ 0,60			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[$m^2 K/W$]
1	4.05 Drvo - meko - crnogorica	1,000	500,00	0,130	0,077
2	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5,000	21,00	0,037	1,351
4	2.01 Armirani beton	4,000	2500,00	2,600	0,015
5	1.08 Šuplji blokovi od gline	16,000	1100,00	0,480	0,333
6	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					R_{si} = 0,170
					R_{se} = 0,100
					R_T = 2,098
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,48**		U = 0,48 ≤ U_{max} = 0,60		ZADOVOLJAVA	

3.3.6. Kosi krov (KK1)

Kosi krov iznad grijanog dijela izveden je u sljedećim slojevima: gipskartonske ploče debljine d=1,25 cm, parna brana, mineralna vuna debljine d=20,00 cm, OSB ploče debljine d=1,00 cm, bitumenska ljepenka. Grijani dio kosog krova dio je stambenog prostora, a već je spomenuto kako je stambeni prostor dovršen 2019. godine, pa je zbog toga jasno vidljivo kako je s vremenom dodan velik naglasak na toplinsku izolaciju i time su smanjeni transmisijski gubici toplinske energije pa kosi krov iznad grijanog dijela zgrade zadovoljava uvjete toplinske zaštite zgrade.

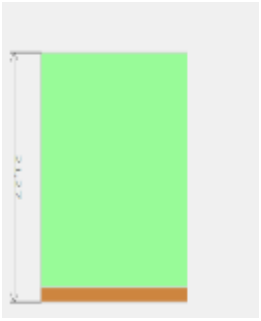
Opći podaci o građevnom dijelu								
	**A_{gd} [m^2]**	**A_I**	**A_Z**	**A_S**	**A_J**	**A_{SI}**	**A_{SZ}**	**A_{JI}**	**A_{JZ}**
	82,74	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	1,58	47,58	1,58
	Toplinska zaštita:			U [$W/m^2 K$] = 0,18 ≤ 0,25			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	**d[cm]**	**ρ[kg/m^3]**	**λ[W/mK]**	**R[$m^2 K/W$]**
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,250	900,00	0,250	0,050
2	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana	0,020	450,00	0,500	0,000
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	135,00	0,038	5,263
4	4.09 Drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB)	1,000	650,00	0,130	0,077
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
					R_{si} = 0,100
					R_{se} = 0,040
					R_T = 5,544
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,18**		U = 0,18 ≤ U_{max} = 0,25		ZADOVOLJAVA	

3.3.7. Strop prema tavanu (ST1)

Strop, stambenog prostora, prema tavanu izveden je u sljedećim slojevima: gipskartonske ploče debljine d=1,25 cm, parna brana, mineralna vuna debljine d=20,00 cm. Kao i kod kosog korva, jasno je vidljivo da je stambeni dio znatno bolje toplinski izoliran od poslovnog dijela. Takav strop dobro je izoliran i on zadovoljava uvjete toplinske zaštite zgrade, te se slojevi stropa prema tavanu neće mijenjati.

Opći podaci o građevnom dijelu



A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
118,26	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	1,58	47,58	1,58

Toplinska zaštita:	U [$W/m^2 K$] = 0,18 ≤ 0,25	ZADOVOLJAVA

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[$m^2 K/W$]
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,250	900,00	0,250	0,050
2	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana	0,020	450,00	0,500	0,000
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	135,00	0,038	5,263
					R_{si} = 0,100
					R_{se} = 0,040
					R_u = 0,060
					R_T = 5,514
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,18**		U = 0,18 ≤ U_{max} = 0,25		ZADOVOLJAVA	

3.3.8. Stolarija

Stolarija koja se nalazi na predmetnoj zgradi u najvećoj je mjeri PVC stolarija sa dvostrukim izolacijskim ostakljenjem, bez prekida toplinskog mosta. Stolarija je s vremenom dotrajala i potrebna je njezina zamjena. Koeficijent prolaska topline PVC stolarije iznosi: Uw = 2,50 W/m^{2}K. Ulazna vrata u stambeni dio izrađena su od drva koje je također dotrajalo, koeficijent transmisijskog gubitka drvene stolarije iznosi: Uw = 3,00 W/m^{2}K. Koeficijent transmisijskog gubitka za stolariju određen je pomoću sljedeće tablice.

PROZORI	OKVIR		OSTAKLJENJE						
Materijal			do 1970.g.		do 1987.g.		do 2006.g.	od 2006.g.	
			1-struko ostakljenje (4 mm) bez brtvljenja	2 x 1-struko ostakljenje (4 mm) 2 doprozornika d=30 cm bez brtvljenja	2-struko obično ostakljenje (4/6-8/4 mm) bez brtvljenja	3-struko obično ostakljenje bez brtvljenja (4/6-8/4/6-8/4 mm)	2-struko izolacijsko staklo (4/10-16/4 mm) i 2-strukim brtvljenjem	2-struko izolacijsko staklo (4/16/4 mm) s plinovitim punjenjem, low$_e$ premazom i 3-strukim brtvljenjem	3-struko izolacijsko staklo (4/16/4/16/4 mm) s plinovitim punjenjem, low$_e$ premazom i 3-strukim brtvljenjem
	d [cm]	*U* [W/m^{2}K]	5,7	5,7	3,4	2,3	2,4 – 2,1	1,1	0,7 - 0,5
Drveni okvir	5	2,9	5,2	3,6	2,9	2,6	-	-	-
	7	2,4	-	-	-	-	2,2 – 2,0	1,4 – 1,0	1,1
Drvo aluminij s poliuretanom 4 cm	11	0,5	-	-	-	-	-	1,3	0,9
Metalni okvir bez prekinutog toplinskog mosta	5	5,9	5,9	3,1	4,0	3,2	-	-	-
Metalni okvir s prekinutim toplinskim mostom	5	3,4	5,9	2,7	3,2	2,6	2,5	1,7	1,4
Pvc okvir	5-8	2,2-2,0	-	-	3,2	2,4	2,2 – 2,0	-	-
	10	1,4	-	–	-	-	1,8 -2,8	1,4	1,0 - 0,8

Slika 8 Koeficijenti gubitaka za stolariju prema vrsti ostakljenja, materijalu i godini ugradnje

3.4. Proračun – postojeće stanje

Proračun energetskih svojstava zgrade izrađen je pomoću računalnog programa KI Expert Plus. Već je spomenuto da je za potrebe proračuna potrebne toplinske energije objekta zgrada podijeljena u dvije toplinske zone, stambenu i poslovnu, a u nastavku se nalaze svi potrebni podatci za svaku zonu.

3.4.1. Količine potrebne za proračun

- **Poslovni prostor**

Površina grijane korisne površine – **Ak:**	**170,50**
Površina grijane zone s vanjskim dimenzijama – **Af:**	**197,83**
Građevinska bruto površina zone – **GBP:**	**257,75**
Bruto obujam grijanog dijela zone – **Ve:**	**638,99**
Strop između zona – **SZ1:**	**197,83**
Pod na tlu – **PT1:**	**178,46**
Zid između zona – **ZZ1:**	**25,68**
Zid prema negrijanom prostoru – **ZN1:**	**61,37**

oznaka	KOLIČINA BRUTO	KOLIČINA NETO	orjentacija
Vanjski zid VZ1	63,954	26,11	SI
	9,69	9,69	SZ
	43,1205	41,48	JZ
	19,057	13,62	JI
	7,8166	3,20	I

oznaka	TIP STOLARIJE	orjentacija	širina	visina	površina	komada	površina UKUPNO
P1	pvc prozor	SI	240	220	5,28	4	21,12
P20	pvc prozor	SI	200	220	4,4	2	8,8
P3	pvc vrata	SI	110	210	2,31	2	4,62
P9	pvc prozor	SI	150	220	3,3	1	3,3
P8	pvc prozor	I	210	220	4,62	1	4,62
P4	pvc vrata	JI	120	270	3,24	1	3,24
P10	pvc prozor	JI	100	220	2,2	1	2,2
P8	pvc prozor	I	210	220	4,62	1	4,62
P9	pvc prozor	I	150	220	3,3	1	3,3
P5	drvena vrata	I	100	200	2	1	2
P7	pvc prozor	JZ	80	80	0,64	1	0,64
P6	pvc prozor	JZ	50	50	0,25	4	1
P20	drvena vrata	I	110	200	2,2	1	2,2

- **Stambeni dio**

Površina grijane korisne površine – **Ak:**	**156,15**
Površina grijane zone s vanjskim dimenzijama – **Af:**	**184,85**
Građevinska bruto površina zone – **GBP:**	**184,85**
Bruto obujam grijanog dijela zone – **Ve:**	**487,50**
Strop prema tavanu – **ST1:**	**118,26**

oznaka	KOLIČINA BRUTO	KOLIČINA NETO	orjentacija
Vanjski zid VZ1	32,5203	27,86	SI
	30,88	25,55	SZ
	41,4795	39,48	JZ
	30,88	27,76	JI
	32,5203	27,86	I

oznaka	KOLIČINA BRUTO	KOLIČINA NETO	orjentacija
Kosi krov KK1	33,44	32,00	SI
	1,58	1,58	SZ
	48,78	47,58	JZ
	1,58	1,58	JI

oznaka	TIP STOLARIJE	orjentacija	širina	visina	površina	komada	površina UKUPNO
P17	PVC balkonska vrata	SZ	111	210	2,331	1	2,331
P16	pvc prozor	SZ	140	125	1,75	1	1,75
P14	pvc prozor	SZ	100	125	1,25	1	1,25
PK1	krovni drveni prozor	SI	60	120	0,72	2	1,44
P17	PVC balkonska vrata	SI	111	210	2,331	2	4,662
P13	pvc prozor	JI	125	125	1,5625	2	3,125
PK2	krovni pvc prozor	JZ	60	100	0,6	2	1,2
P5	ulazna drvena vrata	JZ	100	200	2	1	2
P17	PVC balkonska vrata	SZ	111	210	2,331	1	2,331
P16	pvc prozor	SZ	140	125	1,75	1	1,75
P14	pvc prozor	SZ	100	125	1,25	1	1,25
PK1	krovni drveni prozor	SI	60	120	0,72	2	1,44
P17	PVC balkonska vrata	SI	111	210	2,331	2	4,662

3.4.2. Rezultati proračuna – postojeće stanje

Tablica 3 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje po zonama

POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE POSLOVNE ZONE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	18468,23	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	65,65	108,32
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	3460,45	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	70,00	20,30
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m^2 K)]	*najveći dopušteni*	*izračunati*
	0,74	0,93
POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE STAMBENE ZONE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	13685,75	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	61,03	87,64
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	2737,43	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	50,00	17,53
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m^2 K)]	*najveći dopušteni*	*izračunati*
	0,51	0,59

3.4.3. Energetski razred zgrade – postojeće stanje

Energetski razred zgrade određuje se prema pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 088/2017). Energetski certifikat prikazuje nam energetska svojstva zgrade, prikazuje nam razred zgrade prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje ($Q''_{H,nd}$), te razred prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim}. Postoji osam energetskih razreda u koje se građevina može svrstati, a oni se označavaju slovima (A+, A, B, C, D, E, F, G).

Kao krajnji rezultat proračuna, predmetni je objekt svrstan u energetski razred „D“ sa godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje od $Q''_{H,nd}$ = 101,47 kWh/m2a

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m²a)]
	101,47	
	D	
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m²a)]	53,14	
Specifična godišnja emisija CO_2 [kg/(m²a)]	12,48	
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 9 Energetski certifikat postojećeg stanja

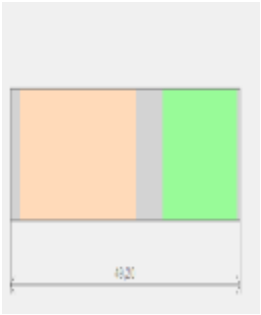
3.5. Opis novo planiranih zahvata toplinske ovojnice

U ovom poglavlju navest će se svi građevini dijelovi na kojima će se mijenjati slojevi. Zbog ekonomičnosti i pojednostavljenja izvođenja samih radova, novi slojevi izvodit će se na postojeće, neće se uklanjati ni jedan postojeći sloj na pojedinim građevnim dijelovima.

3.5.1. Vanjski zid (VZ1)

Predviđena je energetska obnova svih vanjskih zidova toplinske ovojnice uz izvedbu svih potrebnih slojeva za kvalitetnu toplinsku izolaciju, s ciljem sprječavanja nastajanja toplinskih mostova. Izolacija vanjskih zidova bit će izvedena tako da se na postojeći završni vanjski sloj termožbuke izvedu sljedeći slojevi: polimerno-cementno ljepilo, Ekspandirani polistiren (EPS) debljine 15 cm, polimerno-cementno ljepilo, silikatna žbuka. Trenutni ukupan koeficijent prolaska topline „U“ svih vanjskih zidova iznosi U=0,78 W/m^{2}K. Koeficijent prolaska topline nakon obnove sa izolacijom debljine 15 cm iznosit će U=0,18 W/m^{2}K, što je znatno manje od vrijednosti propisane tehničkim propisom.

Opći podaci o građevnom dijelu



A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
94,10	3,20	0,00	0,00	0,00	26,11	9,69	13,62	41,48

Toplinska zaštita:	U [W/m^2 K] = 0,18 ≤ 0,30	ZADOVOLJAVA

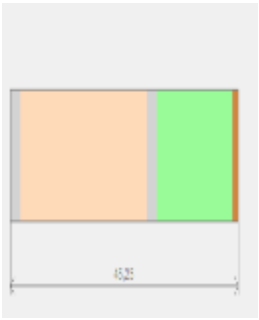
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[m^2 K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.11 Šuplji blokovi od gline	25,000	800,00	0,390	0,641
3	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka	5,000	400,00	0,110	0,455
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	15,000	21,00	0,037	4,054
6	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	1800,00	0,900	0,002
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,040
					R_T = 5,623
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m^2 K] = 0,18**		U = 0,18 ≤ U_{max} = 0,30		ZADOVOLJAVA	

3.5.2. Zidovi prema negrijanom prostoru (ZN1)

Predviđena je toplinska obnova svih zidova prema negrijanim prostorijama s ciljem toplinske zaštite i sprječavanja nastanka toplinskih mostova. Izolacija zidova prema negrijanom prostoru izvest će se tako da se na postojeći završni sloj vapneno-cementne žbuke stavi mineralna vuna koja će se zatvoriti gipskartonskim pločama

Trenutni ukupan koeficijent prolaska topline „U“ svih zidova prema negrijanom prostoru iznosi U=1,06 W/m^{2}K. Koeficijent prolaska topline nakon obnove sa izolacijom debljine 15 cm iznosit će U=0,19 W/m^{2}K.

Opći podaci o građevnom dijelu



A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
61,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplinska zaštita:			U [W/m^2 K] = 0,19 ≤ 0,40			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m^3]	λ[W/mK]	R[m^2 K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.11 Šuplji blokovi od gline	25,000	800,00	0,390	0,641
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	15,000	25,00	0,034	4,412
5	4.01 Gipskartonske ploče	1,250	900,00	0,250	0,050
					R_{si} = 0,130
					R_{se} = 0,130
					R_T = 5,403
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m^2 K] = 0,19**		U = 0,19 ≤ U_{max} = 0,40		ZADOVOLJAVA	

3.5.3. Vanjska stolarija

Predviđa se i kompletna zamjena dotrajale PVC i drvene stolarije. Postojeća stolarija zamijenit će se stolarijom sa PVC okvirima, sa trostrukim izolirajućim staklom, s dvostrukim premazom niske emisije (Low-E), punjeno plinom. Sva nova stolarija mora zadovoljavati uvjete maksimalnog koeficijenta prolaska topline stolarije od $U_w \leq 1{,}10$ W/m²K za vrata, te $U_w \leq 0{,}9$ W/m²K za prozore.

3.6. Proračun – novo stanje

Proračun novog stanja jednak je kao i za postojeće stanje, zato jer samim radovima ne mijenjamo ništa osim slojeva građevnih dijelova toplinske ovojnice i stolarije. Pa tako i u samom proračunu treba promijeniti samo slojeve građevnih dijelova i koeficijente toplinske provodljivosti za stolariju.

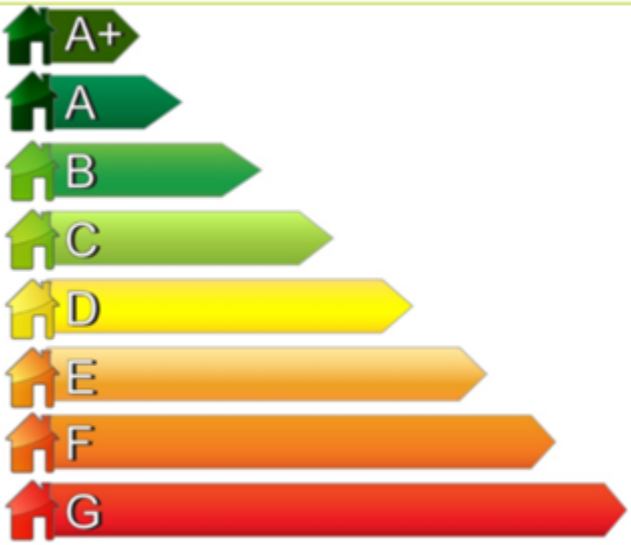
3.6.1. Rezultati proračuna – novo stanje

Tablica 4 Energetska iskaznica novog stanja

POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE POSLOVNE ZONE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	8677,17	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	65,65	50,89
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	4669,59	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	70,00	27,39
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m^2 K)]	*najveći dopušteni*	*izračunati*
	0,74	0,43
POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE STAMBENE ZONE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	3757,55	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	61,03	25,09
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	3918,27	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m^2 a)]	*najveća dopuštena*	*izračunata*
	50,00	25,09
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m^2 K)]	*najveći dopušteni*	*izračunati*
	0,51	0,23

3.6.2. Energetski razred – novo stanje

Nakon obnove, energetski razred cijele zgrade iz D razreda prelazi u B razred. A razred nije moguće ostvariti bez prevelikih troškova, ograničava nas velika površina slabo izoliranog poda na tlu, u čiju toplinsku izolaciju nije ekonomski isplativo zadirati. Specifična godišnja potrebna energija za grijanje po metru kvadratnom netto grijane korisne površine spustila se sa 101,47 kWh/(m^2a) na 35,20 kWh/(m^2a), što već predstavlja vrlo značajne uštede.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m^2a)]
	35,20	
	B	
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m^2a)]	27,20	
Specifična godišnja emisija CO_2 [kg/(m^2a)]	6,39	
Upisati „nZEB" ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 10 Energetski certifikat novog stanja

3.7. Procjenjena vrijednost investicije

U ovom poglavlju nalazi se procjena troškova izvedbe izolacije na građevnim dijelovima navedenim u poglavlju 3.5. Za svaki građevni dio dan je detaljan opis materijala i radova na koje se stavka odnosi. Cijene za svaku stavku su okvirne al su približno jednake stvarnim cijenama jer su dobivene istraživanjem i kontaktiranjem projektantskih tvrtki.

3.7.1. Vanjski zidovi

Mjera obnavljanja vanjskih zidova pripada fasaderskoj grupi radova i ona uključuje izvedbu sustava toplinske izolacije sa svim potrebnim materijalom, izolacijom donjeg dijela vanjskih zidova XPS-om zbog zaštite zidova od prskanja, svim potrebnim radovima, komplet do potpune gotovosti i funkcionalnosti.

Tablica 5 Procjena troškova izvedbe izolacije vanjskih zidova

R.BR.	*OPIS*	*JM*	*KOLIČINA*	*JED. CIJENA*	*UKUPNO*
1.	Dobava i izvedba sustava toplinske izolacije svih vanjskih zidova iz ekspandiranog polistirena debljine 15 cm. U cijenu je uključen sav materijal: ploče kamene vune debljine 15 cm (λ≤0,037 W/mK), mort za lijepljenje sa minimalno nanošenjem na 40% površine, staklenom armaturnom mrežicom, tankoslojnu silikonsku zaštitno-dekorativnu žbuku, mehaničke pričvrsnice za pričvršćivanje ploča kamene vune na postojeće ožbukane zidove. U cijenu je uključen sav materijal, rad, popravci i popunjavanje rupa na postojećoj fasadi, skela, završno čišćenje i transport svog materijala na gradilište.	m2	335,42	300,00 kn	100.626,00 kn

3.7.2. Zidovi prema negrijanim prostorijama

Mjera obnavljanja zidova prema negrijanim prostorijama sastoji se od postavljanja sloja mineralne vune debljine 15 cm na postojeći završni sloj zidova i zatvaranja izolacije gips-kartonskim pločama. Na sloj mineralne vune obavezno dolazi parna brana kako bi se spriječio prodor pare unutar same izolacije jer bi tako došlo do njezine kondenzacije u samoj izolaciji, te bi se time narušila toplinska otpornost mineralne vune a time i cijelog građevnog dijela.

Tablica 6 Procjena troškova izvedbe izolacije zidova prema negrijanim prostorijama

R.BR.	*OPIS*	*JM*	*KOLIČINA*	*JED. CIJENA*	*UKUPNO*
2.	Dobava i izvedba sustava toplinske izolacije svih zidova prema negrijanim prostorijama iz mineralne vune debljine 15 cm. U cijenu je uključen sav materijal: mineralna vuna debljine 15 cm (λ≤0,035 W/mK), parna brana, gips-kartonske ploče, svi potrebni profili i vijci za postavu gips-kartonskih ploča. U cijenu je uključen sav materijal, rad, završno čišćenje i transport svog materijala na gradilište. Sve komplet do potpune gotovosti i funkcionalnosti.	m2	44,46	150,00 kn	6.669,00 kn

3.7.3. Stolarija

Mjera obnove vanjske stolarije uključuje zamjenu svih prozora i vrata na objektu sa novom i boljom stolarijom. Novi otvori su iz PVC šesterokomornog, ili boljeg, profila sa prekinutim termičkim mostom. Otvori su ostakljeni minimalno s trostrukim IZO staklom i LOW-E premazom, te su punjeni plinom argonom.

Projektantski troškovnik za stolariju inače se izrađuje na način da se svaka pozicija otvora navodi kao zasebna stavka, a jedinična projektantska cijena izračunava se za svaki otvor posebno na način da nam je poznata cijena za 1m^2 otvora, ovisno o vrsti profila, ostakljenju, boji, zaštiti od sunca i općenito kvaliteti cijena se razlikuje. Pošto mi imamo sve iste prozore, cijena prozora po m^2 iznosi 1.400,00 kn/m^2. Zbog jednostavnosti u radu stolarija se neće obračunavati za svaku poziciju prozora posebno nego će se izračunati ukupna površina svih otvora zajedno i preko nje ćemo dobiti ukupnu cijenu nove stolarije.

Tablica 7 Procjena troškova zamjene stolarije

R.BR.	OPIS	JM	KOLIČINA	JED. CIJENA	UKUPNO
3.	Izrada dostava i kompletna montaža s ugrad bom PVC staklene stijene u zidarskom otvoru. Profili su iz PVC šesterokomornog profila sa prekinutim termičkim mostom. Ostakljenje minimalno s trostrukim IZO staklom i LOW-E premazom punjeno s plinom argonom. Toplinski koeficijent kompletne stijene sa ostakljenjem iznosi Uw ≤1,00 W/m2K, a toplinski koeficijent ostakljenja iznosi Ug ≤0,9 W/m2K. U cijenu uključena pripadajuća automatika, sva vezna sredstva za postavu, opšavi, rad, te sve potrebno za potpuno dovršenje stavke, sa potrebnim ostakljenjem stijene. U cijeni sve komplet sa potrebnim materijalom za montažu, transport do gradilišta, ugradnja, brtvama, sa svim potrebnim opšavom, obradom spojeva i sve spremno za funkciju, sa završnim čišćenjem. Sva stolarija na gradilište se isporučuje sa zaštitnom folijom.	m2	79,42	1.400,00 kn	111.188,00 kn

3.7.4. Rekapitulacija

REKAPITULACIJA		
br. stavke	**Vrsta radova**	**Ukupna cijena**
1.	Obnova vanjskih zidova	100.626,00 kn
2.	Izolacija zidova prema negrijanim prostorijama	6.669,00 kn
3.	Stolarija	111.188,00 kn
	UKUPNO:	218.483,00 kn

Tablica 8 Rekapitulacija radova

3.8. Proračun smanjenja energetskih potreba zgrade

U ovom poglavlju prikazat će se rezultati proračuna i energetsko stanje zgrade prije i nakon obnove, te uštede koje su postignute zahvatom.

Trenutna godišnja potrebna toplinska energija za grijanje cijele zgrade iznosi Q_{Hnd}=32.153,98 kWh/a za stvarne klimatske podatke, godišnja potrebna toplinska energija za grijanje cijele zgrade nakon obnove iznosi Q_{Hnd}=12.298,25 kWh/a. U odnosu na postojeće stanje, potrebna energija za grijanje smanjila se za ukupno 19.855,73 kWh/a, odnosno smanjila se za 61,75%.

U promatranoj zgradi kao glavni energent koristi se ekstra lako loživo ulje, te su prema tome i korištene cijene.

UŠTEDA POTREBNE TOPLINSKE ENERGIJE (Q_{Hnd})	
potrošnja prije obnove - Q_{Hnd} (kWh/godina):	32.153,98
potrošnja nakon obnove - Q_{Hnd} (kWh/godina):	12.434,72
UŠTEDA (kWh/godina):	19.719,26
UŠTEDA (%):	61,33%.
potrošnja u kn prije obnove	24.115,49 kn
potrošnja u kn nakon obnove	9.326,04 kn
godišnje uštede	14.789,45 kn
vrijednost investicije	218.483,00 kn
period povrata investicije	14,77 godine
emisija CO^2 prije obnove (kg/godina)	9.977,70
emisija CO^2 nakon obnove (kg/godina)	3.858,62
SMANJENJE CO^2 (kg/godina)	6.119,08

Tablica 9 Uštede potrebne toplinske energije i smanjenje CO^2

Proračun ušteda energije za grijanje zgrade napravljen je samo za građevinski dio. Kako bismo dobili točan postotak ušteda, koje će investitoru biti vidljive kao uštede na računima za grijanje i ostalim, potrebno je odradit strojarski i elektrotehnički dio energetske analize zgrade. Svi strojarski i elektrotehnički sustavi za grijanje, pripremu potrošne tople vode, rasvijeta i ostali potrošači električne energije imaju znatne gubitke, kako u svojem podsustavu proizvodnje, tako i u podsustavu razvoda i ostalim. Nijedan sustav ne može iskoristiti stopostotnu energetsku vrijednost energenta. Podatak koji obuhvaća još i strojarske i elektrotehničke sustave naziva se primarna energija (E_{prim}). Proračun do primarne energije u ovom radu nije rađen jer je za njegovu izradu potrebno poznavanje više struka.

4. Faktor oblika zgrade

4.1. Općenito o faktoru oblika zgrade (f_o)

U prethodnim poglavljima, kod samog proračuna fizikalnih svojstava zgrade mogli smo vidjeti da postojeća zgrada ne spada u najniže energetske razrede. Iako na njoj nije previše pažnje posvećeno toplinskoj izolaciji, sama zgrada trenutno se nalazi u D razredu, koji je peti po redu od osam razreda. Razlog tome, osim dijelomično izvedene izolacije toplinske ovojnice, je povoljan faktor oblika zgrade.

Faktor oblika zgrade pokazatelj nam je geometrijskih značajki zgrade. On se izračunava kao količnik oplošja A (m^2) i netto obujma V (m^3) zgrade. Oplošje grijanog dijela zgrade (A), jest površina vanjskog omotača ili ovojnice zgrade, tj. ukupna površina svih građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vajnskog prostora, negrijanog prostora i od tla. Brutto obujam grijanog dijela zgrade (Ve) je obujam tijela čije je oplošje „A“. Netto obujam grijanog dijela zgrade (V) je onaj dio zgrade u kojem se nalazi zrak. Zbog jednostavnosti, netto obujam se određuje tako da se brutto volumen pomnoži sa koeficijentima 0,76 za zgrade do 3 etaže, odnosno 0,8 za ostale slučajeve.

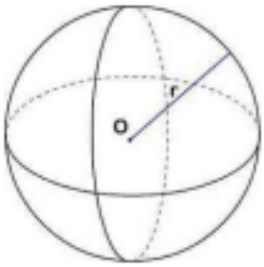
Može se zaključiti, a i uz malo logike je jasno vidljivo da što je faktor oblika manji, on je povoljniji. Mi u zgradi želimo što veću količinu zraka, a što manju površinu kroz koju bi toplinu tog zraka mogli izgubiti transmisijom. Zbog toga pažnju na sam oblik vanjske ovojnice zgrade treba posvetiti od samog početka njezinog projektiranja, jer što će zgrada na kraju biti kompaktnija i zbijenja, to će povoljniji bit faktor oblika i manja sama potreba za energijom za grijanje.

4.2. Najpovoljniji oblici zgrade

Postizanjem najpovoljnijeg faktora oblika prije svega potrebno je znati čemu težimo. U ovom poglavlju računanjem faktora oblika i iznošenjem činjenica o svakom obliku, doći ćemo do najpovoljnijeg oblika kojem bi svaka zgrada trebala težiti. Sljedeći dio, u kojem se analiziraju geometrijski oblici i njihovi faktori oblika, rađen je po uzoru na stručni rad: „J. Ovčar, V. Novak: Utjecaj geometrijskog oblika zgrade na transmisijske gubitke i ukupnu energetsku bilancu zgrade, Stručni rad, Međimursko veleučilište u Čakovcu, Čakovec, 2016.“

4.2.1. Kugla

Teoretski, kugla bi bila naš idealni oblik. Jer od svih geometrijskih tijela ima najpovoljniji faktor oblika, jer ima najveći volumen na malu površinu.

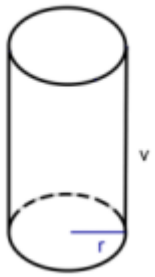


Uzmemo li da je radijus kugle 5 m

Oplošje kugle	Volumen kugle	Faktor oblika
$A = 4\ R^2\ \pi$	$V = 4/3\ R^3\ \pi$	$f_o = A/V$
$A = 4 \cdot 5 \cdot \pi = 314\ m^2$	$V = 4/3 \cdot \pi = 523{,}33\ m^3$	$f_o = 314/523{,}33 =$ **0,6 m^{-1}**

Na prvi pogled činilo bi se da je kugla idealano geometrijsko tijelo i da je to oblik kojem bi trebali težiti. No to nije tako jer iako ima idealan faktor oblika, njezin oblik nije nam praktičan za stanovanje u njoj, a ni izvođenje zgrade takvog oblika nije jednostavno.

4.2.2. Valjak



r = 5 m

v = 5 m

Oplošje valjka

$A = 2B + P$

$A = 2\,r^2\,\pi + 2\,r\,\pi\,v$

$A = 2\,r \cdot \pi\,(r + v)$

$A = 2 \cdot 5 \cdot \pi\,(5+5)$

$A = 314\ m^2$

Volumen valjka

$V = r^2 \cdot \pi \cdot v$

$V = 25 \cdot \pi \cdot 5$

$V = 392{,}5\ m^3$

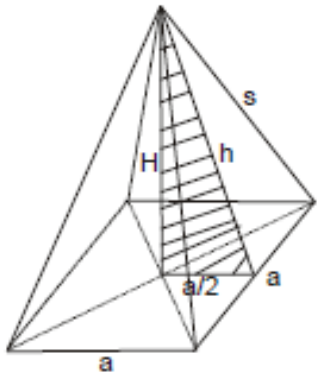
Faktor oblika valjka

$f_o = A/V$

$f_o = 314/392{,}5 =$ **$0{,}8\ m^{-1}$**

Iako nešto lošiji od kugle, valjak isto ima vrlo povoljan faktor oblika. Iako je izvođenje zgrade u obliku valjka iznimno zahtjevno, jednostavnije je od kugle, pa i nije tako rijetko da se danas viđaju zgrade u obliku valjka.

4.2.3. Piramida



a = 10 m

H = 12 m

Oplošje piramide

$h^2 = H^2 + (a/2)^2$

$h^2 = 12^2 + 5^2$

h = 13 cm

A = B + P

$A = a^2 + 2 \cdot ah$

A = 100 + 260

A = 360 m^2

Volumen piramide

V = BH/3

$V = (10^2 \cdot 12)/3$

$V = 100 \cdot 4$

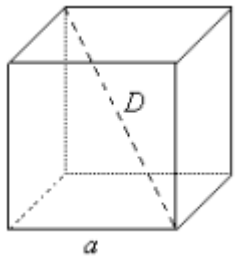
V = 400 m^2

Faktor oblika piramide

$f_o = A/V$

$f_o = 360/400 =$ **0,9 m^{-1}**

4.2.4. Kocka

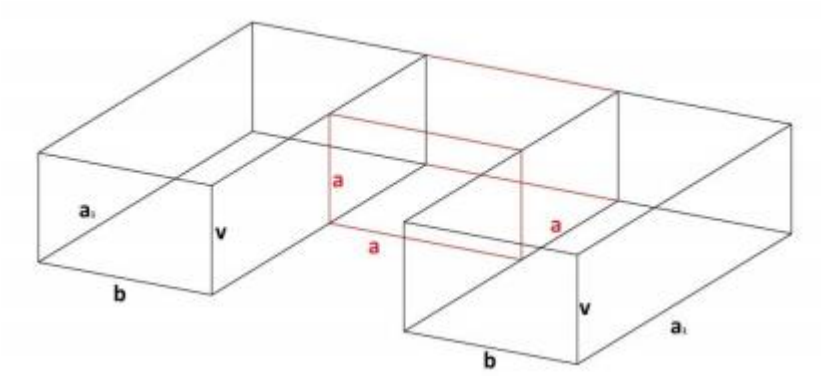


a = 8,0 m

Oplošje kocke	Volumen kocke	Faktor oblika kocke
$A = 6 \cdot a^2$	$V = a^3$	$f_o = A/V$
$A = 6 \cdot 49 = 294\ m^2$	$V = 7^3 = 343\ m^3$	$f_o = 294/343 =$ **$0{,}86\ m^{-1}$**

Iako manje povoljan od kugle i valjka, kocka je geometrijski oblik kojem bismo trebali težiti prilikom projektiranja i izvođenja građevine. Najjednostavniji je oblik za izvođenje, a ima iznimno prihvatljive geometrijske karakteristike što se tiče faktora oblika.

4.2.5. Nepravilni oblik



a = 3,0 m (za kocku)

a1 =6,00m (za kvadar)

b = 5,0 m

v =3,0 m

Oplošje kvadra

$A = 2 \cdot (a1 \cdot b + a \cdot v + b \cdot v)$

$A = 2 \cdot (6 \cdot 5 + 6 \cdot 3 + 5 \cdot 3)$

$A = 2 \cdot 63 = 126\ m^2$

$A = 126 \cdot 2$ kvadra

$A = 126 - 2 \cdot a \cdot v$

$A = 126 - 2 \cdot 3 \cdot 3$

$A = 126 - 12$

$A = 114{,}00\ m^2$

Volumen volumen kvadra

$V = a1 \cdot b \cdot c$

$V = 6 \cdot 5 \cdot 3$

$V = 90{,}00\ m^3$

Oplošje kocke

$A = 4 \cdot a^2$

$A = 4 \cdot 3^2$

$A = 36{,}00\ m^2$

Volumen volumen kocke

$V = a^3$

$V = 3^3$

$V = 27{,}00\ m^3$

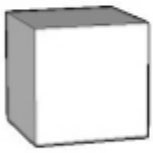
Ukupan faktor oblika

$f_o = A/V$

$f_o = (114+36)/(90+27)$

$f_o = 114/90 =$ **$1{,}28\ m^{-1}$**

Iz svih ovih primjera možemo vidjeti da se faktor oblika zgrade povećava kako nam se zbijenost zgrade smanjuje. U sljedećoj tablici prikazano je kako se faktor oblika mijenja obikom geometrijskog tijela. Tablica je rađena tako da volumen svakog tijela iznosi 400 m^3, a prikazano je povečanje površine i faktora oblika zgrade za tijelo.

OBLIK	POVRŠINA	FAKTOR OBLIKA	KOMENTAR
Kugla 	263,00 m^2	0,66 m^{-1}	Kugla ima idealan faktor oblika ali nije praktična za stanovanje.
Valjak 	301,00 m^2	0,75 m^{-1}	Valjak je još uvijek prilično nepraktičan oblik za zgradu, međutim postoje zgrade koje su slične obliku valjka a to je oblik oktagona. Veliki izazov predstavlja opremanje ovakve zgrade.
Kocka 	326,00 m^2	0,81 m^{-1}	Nakon kugle i valjka koji imaju idealan faktor oblika, ali nisu praktični ni izvedivi, javlja se kocka. Oblik kocke ima praktičan oblik i povoljan faktor oblika.
Kvadar 	339,00 m^2	0,85 m^{-1}	Pravokutnik koji nije previše ravan i uski ima povoljan faktor oblika te je pogodan za stanovanje. Zgrada ravnog, uskog i niskog pravokutnog oblika nije povoljna te ih treba izbjegavati kod pasivne gradnje.

L -oblik kuće 	435,00 m^2	1,09 m^{-1}	L-oblik kuće nije nikako povoljan, te je još lošiji od zgrade ravnog, uskog i niskog pravokutnog oblika. Ovaj oblik zgrade je za 109 m^2 površine oplošja veći od kocke. Tu se javljaju i dodatni problemi kao što je bacanje sjenke jednog dijela zgrade na drugi.
U -oblik kuće 	456,00 m^2	1,14 m^{-1}	Primjer razvedenog oblika zgrade. Ovaj objekat je potpuno neprikladan za pasivne kuće. Ima jako veliku površinu oplošja što nije dobro i baca sjenku na ostale dijelove zgrade.

Tablica 10 Ovisnost faktora oblika o vrsti geometrijskog tijela, za tijela volumena 400[3]

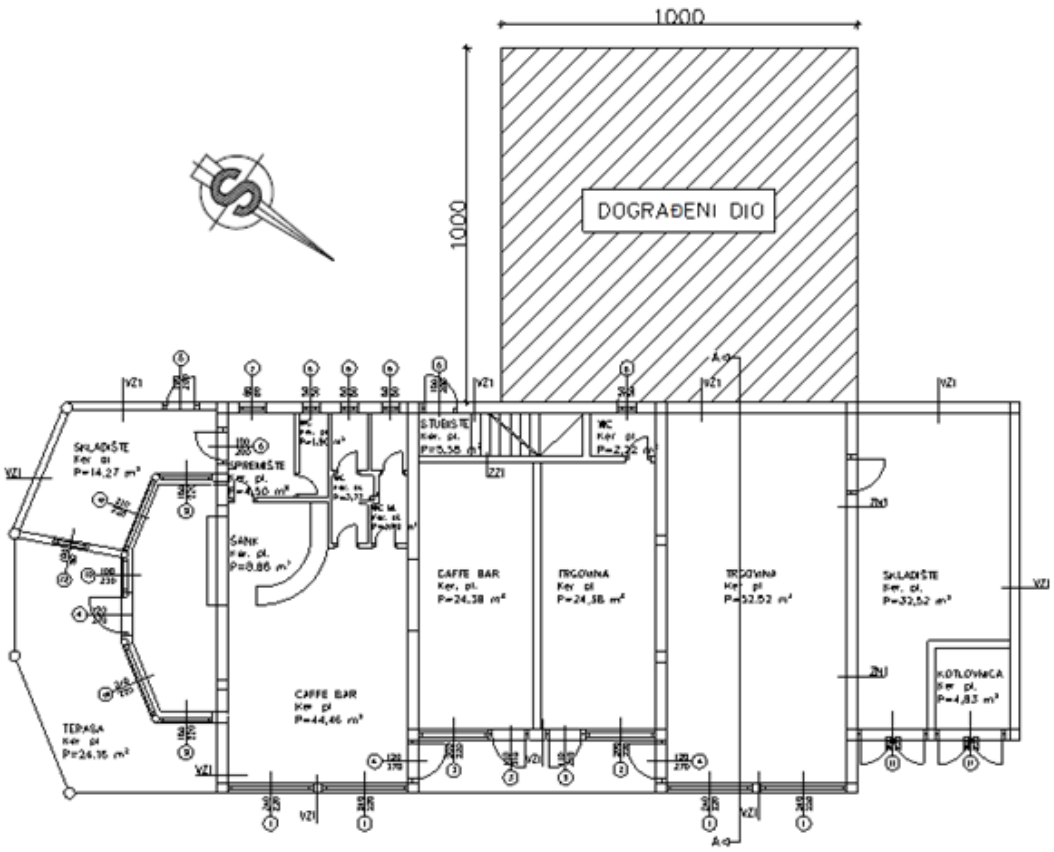
Izvor: www.sites.google.com/site/lowenergyhome/architectur

4.3. Utjecaj faktora oblika na stvarnom primjeru

Za zgradu koja je uzeta za primjer u ovom radu, planirana je dogradnja od 100 m^2. U ovom poglavlju analizirat će se potrošnja samo za dio koji bi se dograđivao, na način da se analizira godišnja potrebna energija za grijanje za dva različita rješenja koja imaju različite vanjske dimenzije, ali jednaku tlocrtnu površinu. Oba rješenja imaju jednake slojeve građevnih dijelova, jedina razlika je u količinama vanjskih zidova, a time i u faktoru oblika. Dio bi se dograđivao samo u prizemnom dijelu.

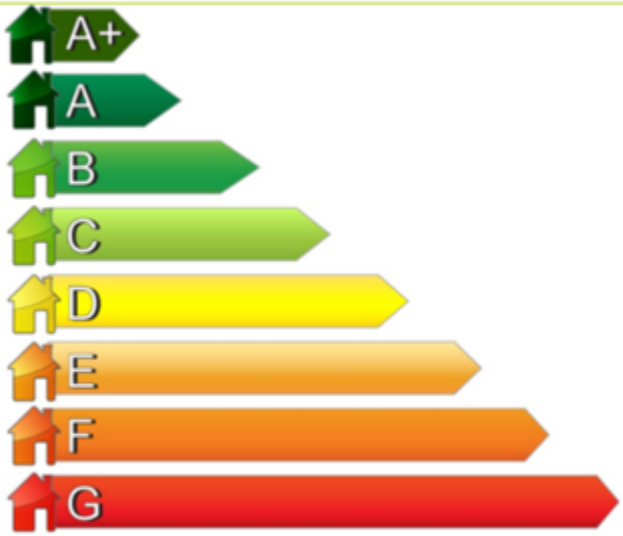
4.3.1. Prvo rješenje

Prvo rješenje je da se dogradi dio pravokutnog oblika vanjskih tlocrtnih dimenzija 10 x 10 metara. U dograđeni dio ulazilo bi se iz poslovnog prostora u prizemlju. Etažnost novog dijela bila bi samo prizemlje, a visina prizemlja bila bi jednaka kao i postojećeg dijela.



Slika 11 Prvo rješenje za dograđeni dio

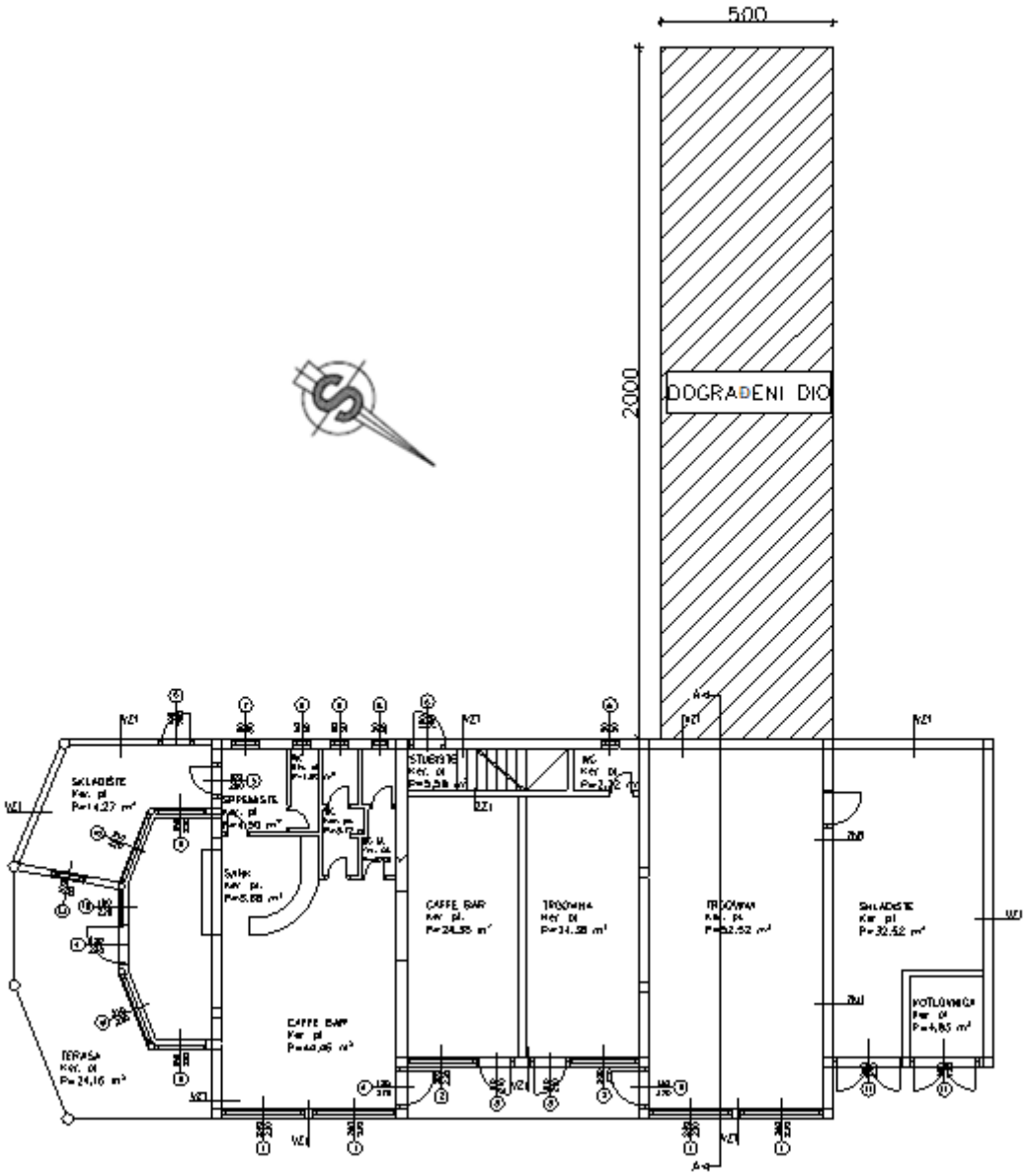
Građevni dijelovi toplinske ovojnice dograđivanog prostora su: vanjski zidovi, pod na tlu, strop prema tavanu. Orjentacija vanjskih zidova je na strane sjeverozapad, jugozapad i jugoistok, na zidu koji se nalazi na sjeveroistoku nemamo gubitaka jer se s njegove druge strane nalazi grijani dio. Proračunom je dobiven faktor oblika u iznosu 1,09 m^{-1}, a godišnja potrebna energija za grijanje 5783,33 kWh/a ili 63,70 kWh/(m^2a)

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m^2a)]
	63,70	
	C	
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m^2a)]	103,87	
Specifična godišnja emisija CO_2 [kg/(m^2a)]	24,39	
Upisati „nZEB" ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 12 Energetski certifikat dograđenog dijela za prvo rješenje

4.3.2. Drugo rješenje

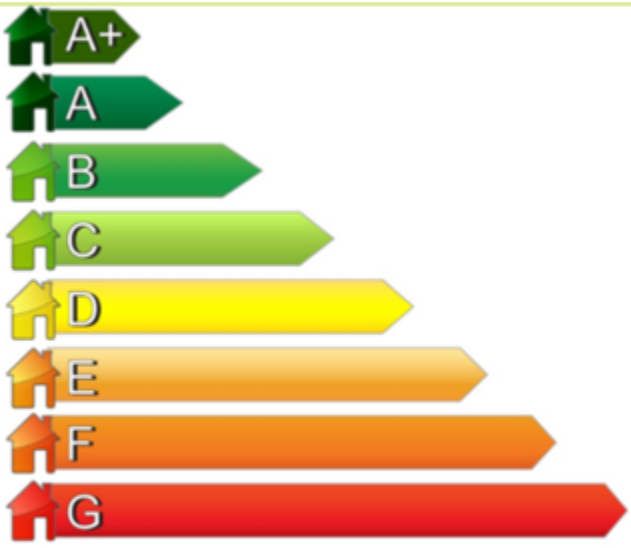
Drugo rješenje je dogradnja dijela koji je znatno razvedeniji ali jednake površine kao i prvo rješenje. Unatoč jednakoj površini, odmah je očito da će ovo rješenje imati znatno veći faktor oblika.



Slika 13 Drugo rješenje za drogađeni dio

Građevni dijelovi toplinske ovojnice i orjentacija vanjskih zidova novog, dograđenog dijela prema drugom rješenju, bili bi jednaki onim iz prvog rješenja.

Proračunom dolazimo do specifične godišnje potrebne energije za grijanje od 6686,73 kWh/a, odnosno 73,65 kWh/(m^2a). Faktor oblika zgrade koje nudi drugo rješenje iznosi 1,20 m^{-1}, što je značajno više od faktora oblika prvog rješenja.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m^2a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m^2a)]
	73,65	
	C	
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m^2a)]	104,09	
Specifična godišnja emisija CO_2 [kg/(m^2a)]	24,44	
Upisati „nZEB" ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 14 Energetski certifikat dograđenog dijela za drugo rješenje

Iz ovog primjera jasno je vidljiv utjecaj faktora oblika. Za dvije zgrade, jednakih tlocrtnih površina, ali različitih ploština toplinske ovojnice dobili smo znatne razlike u godišnjoj potrebi za energijom za grijanje. Razlika u specifičnoj godišnjoj potrebnoj energiji za grijanje ukupno iznosi 903,40 kWh/a. Pretpostavimo li da će se grijanje za novi objekt odvijati preko postojećeg sustava koji kao energent koristi ekstra lako loživo ulje, godišnja rata za grijanje za drugo rješenje bila bi viša u iznosu od 677,55 kn u odnosu na prvo rješenje. Na prvi pogled ne čini se kao znatna razlika, ali uzmemo li u obzir da se radi o manjoj dogradnji, to i nije tako mala razlika. A osim na grijanju, razlike nam se javljaju kod samog izvođenja kod potrebnog materijala za izvođenje zidova.

5. Zaključak

Iz ovog rada moguče je izvući više zaključaka i naučiti više stvari vezanih uz zgradarstvo i energetsku učinkovitost zgrada.

Prilikom same analize postojećeg stanja zgrade mogli smo primjetiti kako se sa godinama sve više počelo ulagati u energetsku učinkovitost, kako bi povećali uštede na energentima u zgradama. Jasno je vidljivo kako je poslovni prostor, koji je dovršen početkom prošlog desetljeća, znatno slabije izoliran od stambenog dijela koji je dovršen u 2019. godini.

Projektiranjem novog stanja i proračunom njegovih fizikalnih svojstava, vidljivo je da bi velike uštede bile postignute da se zgrada pravilno izolirala prilikom njezinog izvođenja. Kako bi se te uštede sada postigle, na prvi pogled može nam se činiti da je potrebna nešto veća financijska investicija, no to ne mora biti tako. Skoro svake godine Europska unija, zajedno sa Fondom za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost raspisuje natječaje za obnovu toplinskih ovojnica na zgradama. Zgrada iz rada nalazi se u Donjoj Voći, te se za tu općinu dodjeljuju bespovratna sretstva u iznosu od 80% investicije, što bi znatno smanjilo povratni period i isplativost investicije. Cilj poticaja je smanjenje zagađivanja zraka ugljikovim dioksidom, što je jedan od izazova, od preuzetih obaveza smanjenja ukupne potrošnje energije koji je pred Hrvatskom, kao i pred drugim članicama EU.

Prednost zgrade iz primjera prvenstveno dolazi od njezinog oblika. Pošto se sve više počelo ulagati u energetsku učinkovitost zgrada, bitno je znati na koji način sam oblik zgrade utječe na njezina energetska svojstva. Kvalitetno arhitektonsko rješenje zgrade, osim dobrog razmještaja prostorija ima i povoljan faktor oblika, da bi se što više smanjile naknadne potrebe za dodatnom izolacijom koje se mogu izbjeći boljim oblikovanjem same zgrade.

U Varaždinu, 20. rujna 2019. Nikola Đura

6. Literatura

[1] Zbašnik Senegačnik, M. (2009.): „Pasivna kuća“, Zagreb, SUN ARH d.o.o.

[2] Hrs Borković, Ž. i dr. (2007.): „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, Samobor, AZP Grafis.

[3] Bukarica, V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, Zagreb, Program ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj.

[4] Tesla d.o.o. (2019.): Povećanje energetske učinkovitosti uporabive građevine – ETC Mačkamama; Glavni projekt – građevinski projekt, Projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite.

Internet izvori:

[5] www.sites.google.com/site/lowenergyhome, dostupno 29.08.2019.

Popis slika

Slika 1 Sjeveroistočno i Jugoistočno pročelje 11
Slika 2 Jugoistočno i Jugozapadno pročelje 11
Slika 3 Tlocrt prizemlja 12
Slika 4 Tlocrt kata.....12
Slika 5 Tlocrt prizemlja - podjela na zone.....17
Slika 6 Tlocrt kata - podjela na zone 18
Slika 7 Presjek A-A - podjela na zone.....18
Slika 8 Koeficijenti gubitaka za stolariju prema vrsti ostakljenja, materijalu i godini ugradnje..26
Slika 9 Energetski certifikat postojećeg stanja 30
Slika 10 Energetski certifikat novog stanja 35
Slika 11 Prvo rješenje za dograđeni dio 49
Slika 12 Energetski certifikat dograđenog dijela za prvo rješenje 50
Slika 13 Drugo rješenje za drogađeni dio.....51
Slika 14 Energetski certifikat dograđenog dijela za drugo rješenje 52

Popis tablica

Tablica 1 Iskaz površina prostorija.....13
Tablica 2 Iskaz površina i obračunskih veličina.....14
Tablica 3 Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje po zonama.....29
Tablica 4 Energetska iskaznica novog stanja 34
Tablica 5 Procjena troškova izvedbe izolacije vanjskih zidova 36
Tablica 6 Procjena troškova izvedbe izolacije zidova prema negrijanim prostorijama 37
Tablica 7 Procjena troškova zamjene stolarije 38
Tablica 8 Rekapitulacija radova 39
Tablica 9 Uštede potrebne toplinske energije i smanjenje CO^2 40
Tablica 10 Ovisnost faktora oblika o vrsti geometrijskog tijela, za tijela volumena 400^3 48

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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, Nikola Đura *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog rada pod naslovom MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I UTJECAJ FAKTORA OBLIKA ZGRADE *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
Nikola Đura

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost 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.

Ja, Nikola Đura *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog rada pod naslovom MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I UTJECAJ FAKTORA OBLIKA ZGRADE *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
Nikola Đura

(vlastoručni potpis)