

# Energijski sustavi i značajke zgrada

---

Srdoč, Antun

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:211601>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Antun Srdoč

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, lipanj 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
POVJERENSTVO ZA ZAVRŠNE ISPITE

Kandidat Antun Srdoč

Predao je izrađen završni rad dana: 1. srpnja 2020.

Povjerenstvo u sastavu:

Prof. dr. sc. Veljko Filipan, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu

Prof. dr. sc. Igor Sutlović, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu

Prof. dr. sc. Emi Govorčin Bajsić, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu

povoljno je ocijenilo završni rad i odobrilo obranu završnog rada pred povjerenstvom u istom sastavu.

Završni ispit održat će se dana: 6. srpnja 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Antun Srdoč

ENERGIJSKI SUSTAVI I ZNAČAJKE ZGRADA

ZAVRŠNI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Veljko Filipan

Članovi ispitnog povjerenstva:

1. prof. dr. sc. Veljko Filipan
2. prof. dr. sc. Igor Sutlović
3. prof. dr. sc. Emi Govorčin Bajsić

Zagreb, lipanj 2020.

Zahvaljujem Prof. dr. sc. Veljku Filipanu na uloženom trudu prilikom izrade mog završnog rada i Dipl. ing. Iliji Dariu Renduliću na pomoći pri korištenju programa Thorium A+ i korisnim savjetima.

Ovom prilikom bih zahvalio i svojoj obitelji na potpori i pomoći tijekom cijelog školovanja.

Također zahvaljujem svojim profesorima i asistentima koji su mi bili velika podrška tijekom studiranja.

Antun Srdoč

## Sažetak:

U radu je obrađena potrošnja energije, gubitci energije, dobici energije te mjere energetske učinkovitosti za privatni stan u starijoj jednokatnoj kući u Osijeku. Prikupljeni su ulazni podaci o zgradi i trenutnoj energetskej potrošnji kućanstva. Energijski sustavi i značajke zgrada obrađeni su u programu Thorium A+. Pri tome su korišteni principi navedeni u Energy Performance of Buildings Directive (EPBD direktiva). Napravljen je model zgrade i analiziran je čitav sustav Thorium A+. Proveden je niz izračuna koji pokazuju karakteristike građevine, energetske stanje građevine i potrošnju energenata. Nakon izračuna toplinskih gubitaka, predložen je niz mjera za poboljšanje energetske svojstva zgrade i prijedloga za smanjenje ukupne potrošnje energije u kućanstvu, uz procjenu financijske isplativosti pojedinih mjera. Prema postojećem stanju energetske razred zgrade je E po energiji potrebnoj za grijanje ( $Q''_{H,nd}$ ), odnosno D po ukupnoj primarnoj energiji ( $E_{prim}$ ). Primjenom predloženih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti razred se može promijeniti u C po  $Q''_{H,nd}$ , odnosno čak u A - A+ po  $E_{prim}$ .

## Summary:

In this work the consumption of energy and energy efficiency were processed for a private flat in an older one-story building in Osijek. Energy systems and characteristics of buildings are processed in a program called Thorium A+. During this, certain principles were used that are set forth in the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD directive). A private dwelling in Osijek was used as an example. In the program Thorium A+ the model of the building and analysis of systems were done. A series of calculations were done that show the characteristics of the building, the energy state of the building and consumption of energy. After calculating the thermal losses, a series of steps toward improving the energy characteristics of the building and suggestions for reducing the total energy consumption in the household, as well as cost-effectiveness of the measures were analysed. In the existing state the energy class of the building is E by energy required for heating ( $Q''_{H,nd}$ ) or D by total energy before transformation ( $E_{prim}$ ). After the suggested steps for improvement the energy class of the building can be changed to C, or even to A - A+ according to  $Q''_{H,nd}$ , or  $E_{prim}$  respectively.

Ključne riječi: EPBD, energijski sustavi i značajke zgrada, energetska učinkovitost, Thorium A+, modeliranje, optimizacijske metode

## Sadržaj

1. UVOD .....	5
2. Direktiva o energetske svojstvima zgrada (EPBD) .....	6
3. Odabir objekta i karakteristika zgrade .....	9
3.1. Općenito o zgradi.....	9
3.2. Klimatski podaci .....	12
3.3. Postojeće stanje korištenja energetske resursa .....	13
3.3.1. Način grijanja prostora.....	13
3.3.2. Potrošnja prirodnog plina .....	14
3.3.3. Potrošnja vode .....	17
3.3.4. Potrošnja i priprema tople vode.....	17
3.3.5. Potrošnja električne energije.....	18
3.3.6. Arhitektura zgrade.....	20
3.3.7. Građevinski i arhitektonski elementi građevine.....	21
4. Energetska bilanca zgrade.....	21
4.1. Računalni program Thorium A+ .....	21
4.2. Izračun toplinskih gubitaka .....	21
4.3. Izračun potrebne toplinske energije za grijanje .....	24
4.4. Termotehnički sustavi .....	24
4.5. Prijedlog konkretnih mjera za poboljšanje promatrane zgrade .....	31
4.5.1 Izolacija vanjske ovojnice.....	31
4.5.2 Ugradnja novih prozora i vrata.....	32
4.5.3 Izolacija vanjske ovojnice i ugradnja novih prozora i vrata .....	32
4.5.4 Ugradnja kondenzacijskog kotla .....	33
4.5.5. Ugradnja dizalice topline .....	34
4.5.6 Postavljanje fotonaponskog sustava.....	34
4.5.7. Ugradnja split klima uređaja .....	35
4.5.8. Isplativost predloženih mjera .....	36
5. Rasprava rezultata .....	37
6. Zaključak .....	41
7. Popis oznaka i kratica .....	42
8. Literatura .....	43

## 1. UVOD

Zadatak u ovome radu je obrada podataka u računalnom programu Thorium A+ te primjena mjera energetske učinkovitosti navedenih u EPBD direktivi. Analize će se provesti na primjeru četverosobnog stana u jednoj starijoj stambenoj zgradi.

Obrađena je stambena zgrada u ulici Matije Antuna Reljkovića u Osijeku. Radi se o kući izgrađenoj 1905. godine. Zgrada je jednokatnica bez podruma, ima kosi krov s tavanom, a njeno prizemlje je u suterenu ukopano pola metra.

Temeljna ideja i svrha ovog rada je da se ustanovi stvarno stanje potrošnje energije i mogućnosti energetske poboljšanja na temelju izračuna. Pomoću detaljne analize u računalnom programu Thorium A+ može se dobiti uvid u energetske učinkovitost i racionalnu ili neracionalnu potrošnju energije kućanstva. Potrošnju svih vrsta energije: počevši od toplinske energije za zagrijavanje prostora (prirodni plin, drvo, drveni briket), zagrijavanja vode i potrošnju električne energije, treba proanalizirati, ustanoviti sadašnje stanje stvari te ukazati na propuste i neracionalnosti. U radu se želi pokazati da u ovom trenutku korištenje svih energetske i drugih resursa odabranog kućanstva, možda nije najracionalnije i da postoje mogućnosti poboljšanja u mnogim segmentima, a time i mogućnost određenih ušteda.

Ponašanje u smislu poboljšanja opće slike potrošnje energije i energetske i ekološko ponašanje na primjeru jednog prosječnog kućanstva može biti uzor za mnoga druga slična kućanstva.



## **2. Direktiva o energetske učinkovitosti zgrada (EPBD)**

Mjere energetske učinkovitosti svakako mogu biti jedno od rješenja cjelokupne problematike današnjih energetske, ekološke, klimatske i drugih problema. Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije. Učinkovitost se može najsigurnije provesti primjenom danas prisutne tehnologije, novih materijala i tehnike ali i odgovornim ponašanjem svakog pojedinca.

Ovo je u zadnjih više godina implementirano u nizu znanstvenih istraživanja i radova na tu temu a također u nizu regulativa i direktiva Europske unije. Navedeni problemi prepoznati su već 1992 godine na konferenciji Ujedinjenih naroda u Rio de Janeiru te je ukazano na štetni utjecaj ljudskog djelovanja na okoliš. Zaključci na toj konferenciji rezultirali su da je 1997. godine donesen Kyoto protokol o očuvanju okoliša, koji obavezuje sve zemlje a posebno one najrazvijenije da u razdoblju od 2008. do 2012. smanje emisiju stakleničkih plinova u atmosferu za najmanje 5% u odnosu na 1990. godinu. Drugi period obaveza trajao je od 2012. do 2020 ciljevima 20-20-20 (20% smanjenje potrošnje energije, 20% povećanje energetske učinkovitosti, 20% povećanje primijene obnovljivih izvora energije). Prilikom rasprave o mjerama koje će se poduzeti nakon 2020. došlo je do usvajanja Pariškog sporazuma u 2015. čiji je cilj racionalnija potrošnja energije i smanjenje emisije stakleničkih plinova.

U samom temelju provedbe energetske učinkovitosti, izuzetno je važan ljudski faktor, jer treba stvoriti interes za smanjenje potrošnje. Bitno je znanje i svijest o trenutnom stanju potrošnje energije i mogućnosti smanjenja rasipanja energije. Mora se ukazati pojedincima na mogućnosti uštede energije a time i financijsku dobit. Treba ukazati kod kupovanja novih trošila na energetske razred trošila, klasu A, koja omogućuje znatne uštede. Također mora se obratiti pažnja na potrošnju sanitarne tople vode. Za zagrijavanje preporuča se korištenje prirodnog plina kao ekološki prihvatljivog energenta.

Zbog povećane svijesti o potrebama za energetske učinkovitošću razvijena je i Direktiva o energetske učinkovitosti zgrada koju je Europska komisija odlučila implementirati preko projekta „CA EPBD“ (Usmjerena akcija za implementaciju EPBD direktive). [1]

Zgrade su odgovorne za 40% ukupne potrošnje energije u Europskoj uniji. Povećanjem broja stanovnika zgradarstvo se širi, što ima za posljedicu sve veću potrošnju energije a time i sve veće probleme vezane za održivi razvoj, dovoljne količine energije i ekologiju. Zato smanjenje potrošnje energije, racionalno korištenje kao i korištenje energije iz obnovljivih izvora nameće se kao primarni zadatak cjelokupnog stanovništva. Posebno je važno da se mjere smanjenja potrošnje primjene u zgradarstvu i da se time smanji energetska ovisnost o klasičnim izvorima energije.

Emisije CO<sub>2</sub> su vrlo usko povezane sa zgradarstvom. Prilikom proizvodnje i transporta energije, zgrade neposredno sudjeluju u oko 36% svih emisija CO<sub>2</sub> u Europskoj uniji.

Uzimajući u obzir da gotovo 50% konačne potrošnje energije je uslijedilo zbog grijanja i hlađenja, od čega 80% u zgradama, vidljiv je veliki napredak.

Planovi EU sežu daleko u budućnost, stoga se razvija strategija koja će se provoditi do 2050. Planovi su podijeljeni u kratkoročne (do 2030.), srednjoročne (do 2040.) i dugoročne (do 2050.).

Osim toplinskih značajki uzimaju se u obzir i drugi čimbenici kojima pripada sve važnija uloga, a to su postrojenja za grijanje i klimatizaciju, primjena energije iz obnovljivih izvora, elementi pasivnoga grijanja i hlađenja, zaštita od sunca, odgovarajuća prirodna rasvjeta i oblik zgrade te se u metodologiji proračuna trebaju uzimati u obzir postojeće europske norme.

Primjene alternativnih sustava opskrbe energijom, poput dizalica topline (DT) i fotonapon (FN) primjene donose mnoge pogodnosti, osobito jer koriste obnovljive izvore energije (OIE).

Jedna od zanimljivih metoda uštede energije jesu primjena rješenja temeljenih na prirodi, kao što su dobro osmišljeno ulično zelenilo koje zgradama pružaju izolaciju i hlad. To je upravo primijenjeno u slučaju ulice gdje je promatrano kućanstvo u Osijeku.

Cilj EPBD direktive je smanjenje energije potrebne da se zadovolje energetske potrebe povezane s uobičajenom upotrebom zgrada.

Prilikom poboljšavanja energetske učinkovitosti zgrada uzimaju se u obzir klimatski i lokalni uvjeti te unutarinja klima prostora i troškovnu učinkovitost. Najvažniji čimbenik je vanjska ovojnica zgrade, ali treba uzeti u obzir i ostale relevantne elemente i tehničke sustave u zgradi poput pasivnih elemenata koji su dijelovi pasivnih tehnika čiji je cilj smanjenje energetske potrebe za grijanje ili hlađenje i korištenja energije za rasvjetu i ventilaciju, čime se poboljšava toplinska i vizualna udobnost.

Što se tiče povijesnih zgrada i lokacija, postoji posebna pažnja posvećena očuvanju vanjske ovojnice.

Potrebno je posvetiti pažnju na klimatizacijski sustav, da preko ljeta ovojnica bude pravilno zaštićena, te na elemente grijanja da se izbjegne pregrijavanje. Korištenje zaštite od sunca te uređaja za zaštitu zgrada je bitan aspekt arhitekture mnogih energetski učinkovitih zgrada. Zgrade za koje se ovo naročito primjenjuje jesu one koje imaju pasivno solarno grijanje koje ovisi o dobro dizajniranom zaštitom od sunca te uređajima za pravljenje sjene. Sjena se može osigurati prirodnim okruženjem. [4]

Prilikom pregleda za energetska certifikat (EC) ujedno se provjerava i postojeće stanje elemenata grijanja i hlađenja.

Ovom se Direktivom utvrđuju zahtjevi u pogledu:

(a) zajedničkog općeg okvira metodologije za izračunavanje integrirane energetske učinkovitosti zgrada i građevinskih cjelina;

(b) primjene minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade i nove građevinske cjeline;

(c) primjene minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za:

- i. postojeće zgrade, građevinske cjeline i građevinske elemente koji se podvrgavaju značajnoj obnovi;
- ii. građevinske elemente koji čine dio ovojnice zgrade i koji imaju značajan utjecaj na energetska učinkovitost ovojnice zgrade ako se naknadno ugrađuju ili zamjenjuju; i
- iii. tehničke sustave zgrade bez obzira na to kad su postavljeni, zamijenjeni ili dograđeni;

(e) energetska certificiranja zgrada ili građevinskih cjelina; [1]

Prilikom obnove starih zgrada minimalni zahtjevi energetska učinkovitosti najvažniji su za vanjsku ovojnicu. Izražavaju se preko koeficijenta  $U$  [ $W/m^2K$ ] koji ulazi u proračun za toplinske gubitke.

Planovi da se zgrade obnove uzimaju u obzir tehničke sustave. Ti sustavi su: sustavi grijanja, sustavi za pripremu PTV, sustavi klimatizacije, sustavi dizalica topline DT, ili kombinacija tih sustava. Ovi sustavi u zgradama, moraju se regulirati. Regulacija se provodi pomoću elektronskih upravljačkih i nadzornog sustava.

### **3. Odabir objekta i karakteristika zgrade**

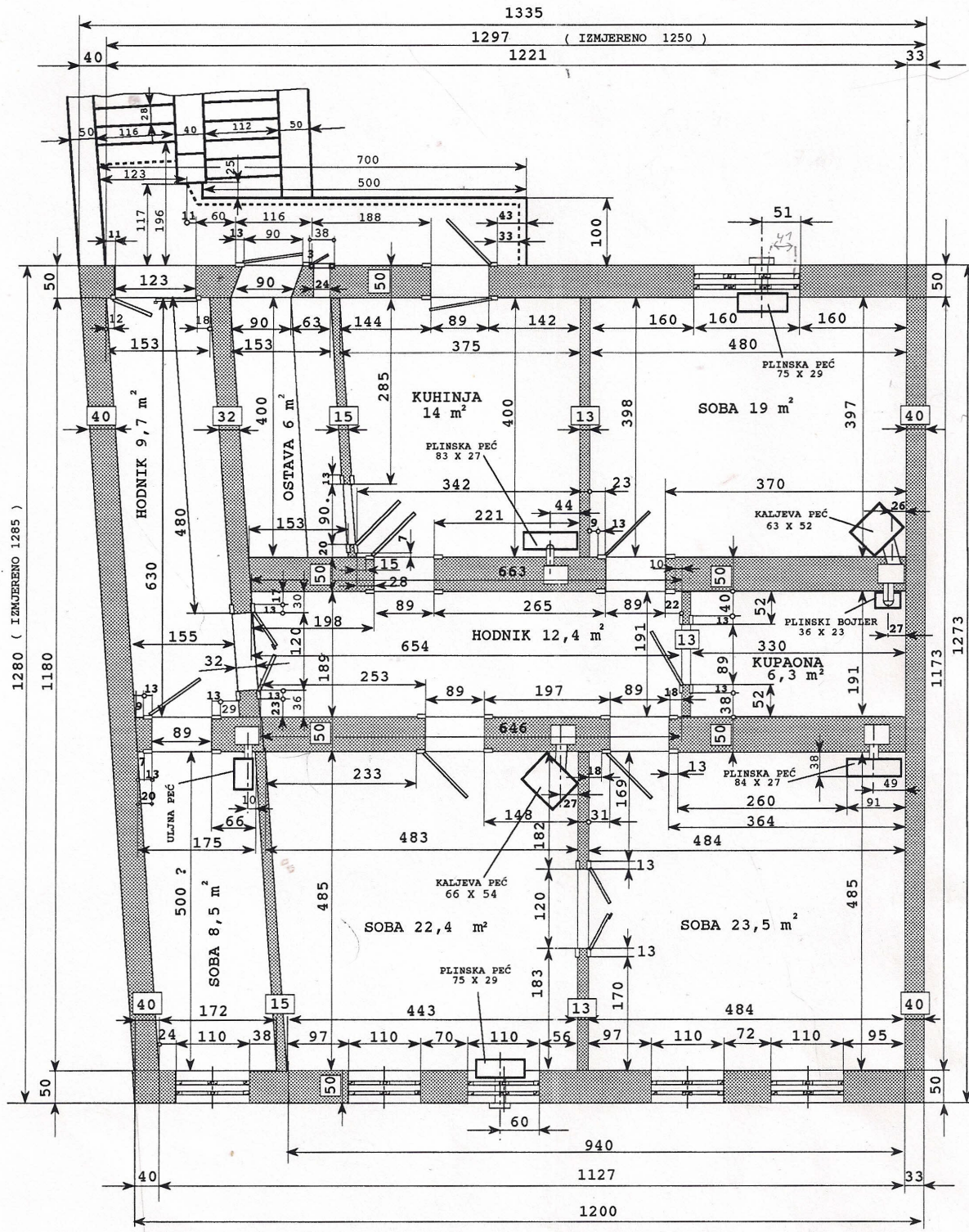
#### **3.1. Općenito o zgradi**

Stambena zgrada koju obrađuje ovaj rad nalazi se u ulici M. A. Reljkovića u Osijeku. Radi se o staroj zgradi izgrađenoj 1905 god. čija je fasada zaštićena zbog povijesnog značaja. Nalazi se u sredini ulice kao kuća u nizu čija je orijentacija u pravcu istok-zapad, kao i cijela ulica. Zgrada je jednokatna sa tri stana, bez podruma a prizemlje je u suterenu ukopano pola metra od nivoa terena. Tavan je sa visokim kosim krovom na dvije vode s klasičnim gredama. Krovni pod je od nosivih drvenih greda i dasaka ispunjen šutom i glinom. U suterenu su dva manja stana a na katu je stan površine od 121.8 m<sup>2</sup> po cijeloj tlocrtnoj površini zgrade. Visina kata je 3.7 m.

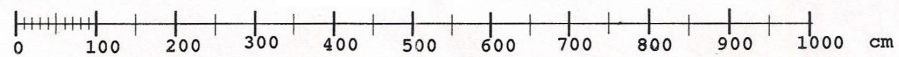
Obrađuje se stan na katu, koji ima prostorije sa klasičnim drvenim prozorima orijentiranim na sjever i jug. Sva vrata su također klasična drvena. Zidovi su od klasične pune cigle starih dimenzija 30 x 15 x 7 cm. Debljina zidova je različita, tako da su vanjski postrani zidovi zajedno sa žbukom 40 cm a glavni noseći zidovi debljine 50 cm. Pregradni zidovi su na pola ili četvrtinu cigle pa su zajedno sa žbukom širine 13 cm do 15 cm. Pod je izveden s nosećim ciglenim lukovima u prizemlju kao nosačima i ispunjen šutom i na gornjoj strani betonskom glazurom te keramičkim pločicama ili parketima, ovisno o namjeni prostorije. Dimnjaci su klasični, zidani od iste cigle, kao i zidovi.

Temelj ovog rada je analiza cjelokupne energetske potrošnje stana za potrebe grijanja kao i za sve ostale namjene. Za analizu grijanja prostorija uzet je program za energetska certificiranje Thorium A+. Obrađuju se dijelovi stana u koje je uključeno: vanjski zidovi, postrani zidovi između zgrada, podovi, stropovi, negrijane prostorije granični zidovi vrata i prozori.

Tlocrt stana na prvom katu, kao i fotografije zgrade sa južne (ulična strana) i sjeverne (dvorišna strana) prikazane su na slici 1 i slikama 2, 3A i 3B.



M 1:1,25



Slika 1. Tlocrt stana na 1. katu



Slika 2. Vanjska fasada jug – ulična strana

Južna fasada kuće je obnavljana te kuća ima prirodnu zaštitu koja izolira kuću i time sprječava pretjerani gubitak topline preko zime i dobitak topline preko ljeta.



Slika 3A. Vanjska fasada sjever – dvorišna strana (zapadni dio)



Slika 3B. Vanjska fasada sjever – dvorišna strana (istočni dio)

Nije bilo moguće prikazati cijelu fasadu na jednom snimku.

Sjeverna strana fasade nema žbuke te predstavlja problem zbog izloženosti vanjskim uvjetima. Vide se dimnjaci fasadnih peći.

### 3.2. Klimatski podaci

Objekt se nalazi na području srednjeeuropske kontinentalne klime s dugim i hladnim zimama i izrazito toplim ljetima. U zadnje vrijeme došlo je do znatnih anomalija uzrokovanih klimatskim promjenama, pa smo suočeni s apsurdnim uvjetima, kao što su neuobičajene tople zime, i prevruća a ponekad i prehladna i pretjerano kišna ljeta. Zbog navedenog uzete su u obzir višegodišnji prosjek srednje mjesečne temperature zraka, te sunčevo zračenje [MJ/m<sup>2</sup>] iz algoritma. [5]

Tablica 1. Meteorološki podaci prema DHMZ-u.

Mjeseci	Osijek	Zagreb - Maksimir
	Srednja temperatura zraka [°C]	Srednja temperatura zraka [°C]
siječanj	-0.6	0.1
veljača	1.3	2.2
ožujak	6.3	6.5
travanj	11.6	11.2
svibanj	16.6	15.9
lipanj	19.8	19.2
srpanj	21.7	21.1
kolovoz	20.9	20.1
rujan	16.7	16.4
listopad	11.3	11.1
studen	5.8	5.6
prosinac	1.3	0.9

### 3.3. Postojeće stanje korištenja energetskih resursa

#### 3.3.1. Način grijanja prostora

Grijanje prostora nije ujednačeno niti je centralno, već je svedeno na pojedinačno zagrijavanje prostorija po potrebi. Za zagrijavanje se upotrebljava tri vrste energenata i to uglavnom prirodni plin i djelomično električna energija te drvo/drveni briketi. Treba reći da se nastoji uštedjeti, pa se sa grijanjem počinje što je moguće kasnije s obzorom na vanjske temperature, i da se nastoji prekinuti u rano proljeće i to što je moguće ranije. Također ne griju se stalno svi prostori, pa imamo slučaj da unatoč niskim vanjskim temperaturama zagrijava se samo jedna ili dvije prostorije. Također, zbog štednje nastoji se da temperatura unutar prostorije ne bude veća od 20°C. Razlog ovakvom ponašanju prvenstveno je vrlo niska financijska moć stanovnika u Osijeku. U navedeno kućanstvo prirodni plin je doveden, kao i u cijelu ulicu još 1975 godine, kad je prirodni plin bio relativno jeftin i vrlo prihvatljiv energent u svim aspektima. Danas se nažalost većina kućanstava u ulici vratila na grijanje krutim gorivima, drvima, ugljenom i drvenim briketom. Naravno da je to nazadovanje, posebno u smislu ekologije, ali ekonomski aspekti su očito mnogima jači od ekologije.

Tablica 2. Prostorije i ogrjevna tijela za zagrijavanje

NAČIN ZAGRIJAVANJA PROSTORIJA										
Red. br	ZAGRIJAVANI PROSTORI					OGRJEVNA TIJELA				
	PROSTORIJA	ORJENTACIJA	DIMENZIJE D x Š x V m	POVRŠINA m <sup>2</sup>	VOLUMEN PROSTORIJE m <sup>3</sup>	VRSTA	ENERGENT	SNAGA	POTROŠNJA ENERGENTA	EFEKTIVNI SATI RADA
1	DNEVNA SOBA	JUG	4,8 x 4 x 3.7	19.20	71.04	FASADNA PLINSKA PEĆ - LAMPART	PRIRODNI PLIN	7,0 kW	0,750 m <sup>3</sup> /h	-
						KALJEVA PEĆ	DRVO DRVENI BRIKETI	5,0 kW	-	6
2	SPAVAĆA SOBA	JUG	4,8 x 4,8 x 3.7	23.04	85.25	PLINSKA PEĆ - LAMPART	PRIRODNI PLIN	7,5 kW	0,650 m <sup>3</sup> /h	3
3	MALA SOBA	JUG	5 x 1,8 x 3.7	9.00	33.30	<u>NE ZAGRIJAVA SE</u>	-	-	-	-
4	SPAVAĆA SOBA	SJEVER	4,8 x 4 x 3.7	19.20	71.04	FASADNA PLINSKA PEĆ - LAMPART	PRIRODNI PLIN	7,0 kW	0,750 m <sup>3</sup> /h	3
5	KUHINJA	SJEVER	3,8 x 4,6 x 3.7	17.48	64.68	FASADNA PLINSKA PEĆ - LAMPART	PRIRODNI PLIN	7,0 kW	0,750 m <sup>3</sup> /h	6
6	SMOČNCA	SJEVER	1,5 x 4 x 3.7	6.00	22.20	<u>NE ZAGRIJAVA SE</u>	-	-	-	-
7	KUPAONA	IZMEĐU PROSTORIJA	3,3 x 1,9 x 3.7	6.27	23.20	TERMOAKUMULACIONA PEĆ	ELEKTRIČNA STRUJA	2,5 kW	-	3
8	HODNIK	ISTOK - ZAPAD	6,5 x 1,9 x 3.7	12.35	45.70	<u>NE ZAGRIJAVA SE</u>	-	-	-	-
9	HODNIK	SJEVER - JUG	6,3 x 1,5 x 3.7	9.45	34.97	<u>NE ZAGRIJAVA SE</u>	-	-	-	-
UJKUPNO				121.99	451.36			36 kW		

U ovoj tablici vidimo pregled prostorija stana s pripadajućim ogrjevnim tijelima. Efektivni sati rada predstavljaju prosječno dnevno vrijeme korištenja tijekom godine. Podaci se navode samo informativno, program izračunava potrebnu energiju za grijanje preko modela arhitekture zgrade te nema utjecaja na konačni izračun razreda zgrade.



### 3.3.2. Potrošnja prirodnog plina

Prirodni plin kao energent troši se prvenstveno za zagrijavanje prostorija ali također i za zagrijavanje sanitarne tople vode u kupaonici (tuš kabina). Ova potrošnja jako varira u odnosu na godišnja doba i vanjsku temperaturu. Kod jake zime naročito u mjesecima prosincu i siječnju može iznositi i do 455 m<sup>3</sup> (4.394 kWh) dok u ljetnim mjesecima iznosi 10-20 m<sup>3</sup>. Jasno je da u ljetnim mjesecima ne treba grijati pa se plin troši isključivo za zagrijavanje sanitarne tople vode. Prosječna potrošnja prirodnog plina dobivena je na temelju stvarno potrošene količine navedene u računima za plin. Prosječna potrošnja u zadnjih 10 godina prikazana je u tablici 3. Također je izračunat i prosjek potrošnje plina za zagrijavanje vode u lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu za protekle 3 godine (jer podaci odstupaju za godine prije 2017. zbog smanjenog broja ukućana).

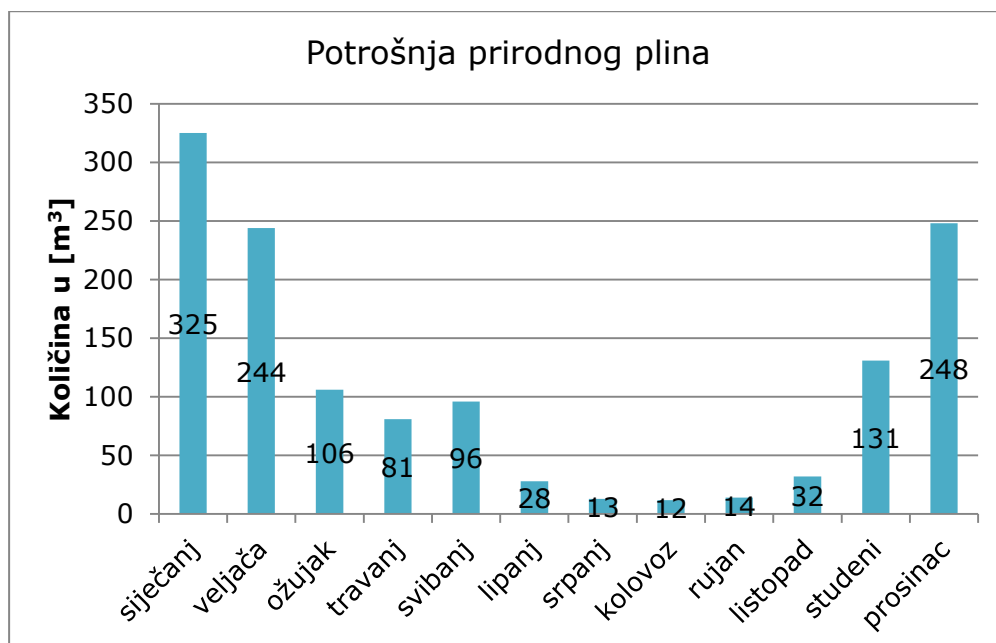
Tablica 3. Prosječna potrošnja prirodnog plina u periodu od 2011. do 2020.

PROSJEČNA POTROŠNJA PRIRODNOG PLINA						PP	
Red. br	MJESTO PTROŠNJE	SVRHA POTROŠNJE	TROŠILO	SNAGA TROŠILA	PROSJEČNA GODIŠNJA POTROŠNJA PLINA PO TROŠILIMA		UKUPNA GODIŠNJA POTROŠNJA ENERGENTA
					PL. BOJLER m <sup>3</sup>	PLINSKE PEĆI m <sup>3</sup>	
1	KUPAONA	SANITARNA TOPLA VODA	PROTOČNI PLINSKI BOJLER - JUNKERS	21,8 kW	170	—	1686 m <sup>3</sup> *16282 kWh
2	PROSTORIJE	ZAGRIJAVANJE PROSTORA	PLINSKE PEĆI	28.5 kW	—	1516	

\*NAPOMENA: Prosječna isporučena donja ogrjevna vrijednost plina na temelju 12 mjeseci iznosi 9.657 kWh/m<sup>3</sup>

Po klimatskim podacima svibanj ima prosječnu temperaturu od 16.6°C, a travanj ima 11.6°C. Veća potrošnja plina u svibnju može se objasniti neujednačenim vremenom očitavanja stanja brojila, što nije navedeno u računima.

Tablica 4. Potrošnja prirodnog plina za 2019. godinu





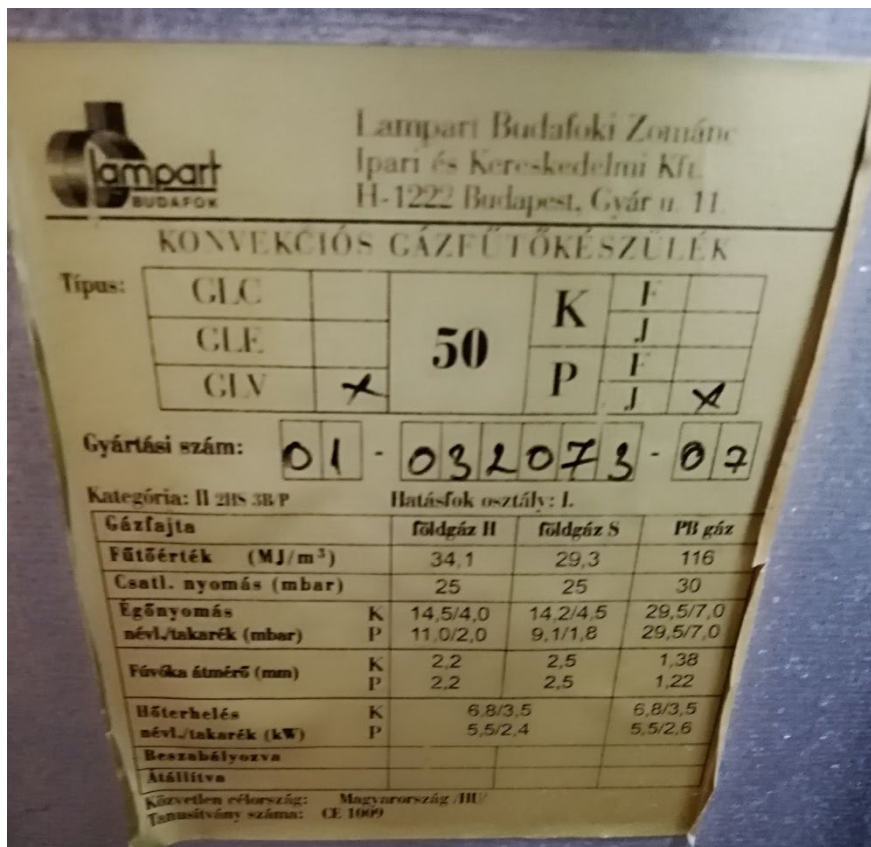
Slika 5A. Plinska peć dnevna soba, Lampart



Slika 5B. Plinska peć dnevna soba, Lampart (sa okvirom)



Slika 6. Plinska peć sjever kuhinja, Lampart



Slika 7. Plinska peć sjever kuhinja, Lampart (natpisna pločica)

Plinske peći su od proizvođača Lampart i spadaju u tip fasadnih peći. Lampart je tvrtka iz Mađarske te su sve peći izrađene u Budimpešti. Naveden je primjer natpisne pločice plinskih peći gdje piše i tlak prirodnog plina u peći. Sve peći zbog visoke temperature izlaznih plinova imaju niski faktor iskorištenja te su loš odabir za grijanje. Stan nema sustav hlađenja.

### 3.3.3. Potrošnja vode

Potrošnja vode je neujednačena i nešto povećana u odnosu na neki opće priznati prosjek od 4 m<sup>3</sup> po stanaru, te iznosi 7m<sup>3</sup> po stanaru. Ima više razloga zašto dolazi do povećane potrošnje. Prvenstveno neujednačeni broj osoba koje troše vodu. U promatranom stanu stalno borave dvije, a ponekad borave tri do četiri osobe. Voda se također troši i za povremeno zalijevanje vrta. Instalacija vodovoda je stara i u više navrata popravljana, pa vjerojatno negdje dolazi i do neželjenog gubitka mimo uobičajenih trošila. Prema računima za vodu i načinu obračuna Komunalnog poduzeća Vodovod – Osijek potrošak vode iznosi kao u donjoj tablici.

Tablica 5. Potrošnja vode

Red. br	POTROŠAČI VODE			GODIŠNJA POTROŠNJA
	MJESTO PTROŠNJE	SVRHA POTROŠNJE	MJESTO POTROŠNJE	
1	KUPAONA	SANITARNA TOPLA VODA HLADNA VODA	TUŠ KADA, LAVABO, WC	250 m <sup>3</sup>
2	KUHINJA	VODA ZA POTREBE KUHINJE	SUDOPER	

### 3.3.4. Potrošnja i priprema tople vode

Topla voda se koristi za sanitarne i higijenske svrhe u kupaoni i za potrebe kuhinje (pranje posuđa).

U kupaoni voda se zagrijava pomoću protočnog plinskog bojlera spojenog na dimnjak i koristi se kod tuširanja i pranja ruku u lavabou. U kuhinji topla voda se proizvodi pomoću električnog bojlera za potrebe pranja posuđa. Potrošak tople vode može varirati prema godišnjem dobu i broju osoba koje koriste promatrani stan. U prosjeku potrošak tople vode u odnosu na ukupnu potrošnju vode iznosi 20 % odnosno 1,4 m<sup>3</sup> mjesečno, odnosno 50 m<sup>3</sup> godišnje.

Tablica 6. Potrošnja i zagrijavanje sanitarne tople vode

Red. br	POTROŠAČI TOPLE VODE			ZAGRIJAČ			GODIŠNJA POTROŠNJA ENERGENTA
	MJESTO PTROŠNJE	SVRHA POTROŠNJE	MJESTO POTROŠNJE	ENERGENT	TROŠILO	SNAGA	
1	KUPAONA	SANITARNA TOPLA VODA	TUŠ KADA , LAVABO	PRIRODNI PLIN	PROTOČNI PLINSKI BOJLER - JUNKERS	21,8 kW	200 m <sup>3</sup> 1940 kWh
2	KUHINJA	TOPLA VODA ZA POSUĐE	SUDOPER	EL. STRUJA	AKUMULACIJSKI ELEKTRO BOJLER	2 kW	730 kWh

### 3.3.5. Potrošnja električne energije

Potrošnja električne energije je prilično velika, jer se struja troši za skoro sve potrebe kućanstva. To se odnosi na rasvjetu, zagrijavanje tople vode u kuhinji, zagrijavanje termoakumulacijskom peći u kupaonici, električnom pločom za kuhanje, električnom pećnicom, mikrovalnom pećnicom, frižider i zamrzivač i razne male elektronske uređaje. Spisak potrošača i snaga trošila dana je u donjoj tablici.

Tablica 7. Potrošnja električne energije po danu (24 sata)

DIMENZIJA		TROŠILA									
		RASVJETA	PERILICA RUBLJA LG	TERMO AKUMACIONA PEĆ	ELEKTRONIKA TV . COMPUTER LAPTOP	KUHINJSKA POMAGALA					
						STAKLO KERAMIČKA PLOČA ZA KUHANJE	PEĆNICA ( RERNA )	MIKROVALNA PEĆNICA	HLADNJIACI - ZAMRZIVAČI	AKUMULAC. EL. BOJLER ZASUDOPER	OSATALA MALA TROŠILA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
SNAGA TROŠILA	kw	0.10	1.30	2.50	0.28	1.80	3.00	0.7	1.95	2.00	3.00
SATI RADA na 24 sata	h	6	0.14	2.5	4	1.5	0.13	0.1	3	1	0.03
DNEVNI UTROŠAK ENERGIJE	kWh	0.60	0.18	6.25	1.12	2.70	0.39	0.01	5.85	2.00	0.09
UKUPNA PROSJEČNA DNEVNA POTROŠNJA : 19,19 kWh											
UKUPNA PROSJEČNA GODIŠNJA POTROŠNJA : 7006 kWh											

Tablica 8. Obrazloženje podataka unesenih u prethodnu Tablicu 7.

Objašnjenje tablica - iskustveni i mjereni podaci	
Sva trošila su relativno stara i spadaju pod klasom trošila C ili D, osim perilice rublja koja ima klasu A+++	
1. RASVJETA	U svim prostorijama postoji rasvjeta, ali se ona ograničeno troši i ne svugdje u isto vrijeme. Rasvjeta je upaljena u prosjeku 6 sati i to ponajviše u kuhinji i dnevnoj sobi a samo povremeno u ostalim prostorima. Prema iskustvu rasvjeta se koristi ukupno sa 10 do 15 posto instalirane snage. Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 0,60 kWh / po danu
2. PERILICA RUBLJA	Ovaj uređaj se koristi prosječno jedanput u tjedan dana, i to sa temperaturom do 30°C do 60°C sa srednjim opterećenjem od 0,60 kW u trajanju od 0,5 do 1 sat. Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 0,18kWh / po danu
3. TERMO- AKUMULACIJSKA PEĆ ZA GRIJANJE	Peć se nalazi u kupaonici i služi za zagrijavanje prostorije. Stalno je u funkciji u zimskom periodu i prijelaznim razdobljima i to preko tajmera, tako da se aktivno puni po nižoj tarifi. Peć se inače sama uključuje i isključuje ovisno o namještenoj željenoj temperaturi na termostatu. Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 6,25 kWh / po danu
4. TV I ELEKTRONIKA	Televizor se koristi svaki dan i prosječno je u radu 6 do 7 sati. Slično je i sa korištenjem kompjutera i laptopa koji su dnevno u funkciji maksimalno 3 sata. Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 1,12 kWh / po danu

<p>5. STAKLO KERAMIČKA PLOČA ZA KUHANJE</p>	<p>Keramička ploča ima četiri grijača i to :</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">2 manja grijača</td> <td style="text-align: right;">1,2 kW</td> </tr> <tr> <td>1 srednji grijač</td> <td style="text-align: right;">1,8 kW</td> </tr> <tr> <td>1 veliki dvostupanjski grijač</td> <td style="text-align: right;">2, kW</td> </tr> </table> <p>Ploča se koristi svaki dan za pripremu hrane i to najmanje dva grijača, najčešće srednje snage 1,8 kW u trajanju oko 1,5 sati. Ploča se automatski gasi kad se postigne određena temperatura i opet se pali kad temperatura padne.</p> <p>Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 2,7 kWh / po danu</p>	2 manja grijača	1,2 kW	1 srednji grijač	1,8 kW	1 veliki dvostupanjski grijač	2, kW
2 manja grijača	1,2 kW						
1 srednji grijač	1,8 kW						
1 veliki dvostupanjski grijač	2, kW						
<p>6. PEĆNICA</p>	<p>Kao kuhinjsko pomagalo koristi se relativno rjeđe (svaki treći ili četvrti dan) i to sa prosječnom temperaturom od 180 °C, u trajanju od prosječno 2 sata.</p> <p>Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 0,39 kWh / po danu</p>						
<p>7. MIKROVALNA PEĆNICA</p>	<p>Ovo pomagalo koristi se za brzo zagrijavanje hrane, svaki dan ali u vrlo kratkom vremenskom terminu od najviše nekoliko minuta.</p> <p>Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 0,01 kWh / po danu</p>						
<p>8. HLADNJACI</p>	<p>Postoje dva hladnjaka sa zamrzivačem i jedan samo zamrzivač. Hladnjaci i zamrzivač su stalno u funkciji i povremeno se automatski pale i gase. Prema mjerenjima i praćenjima rada, ovi uređaji su u aktivnom radu kao potrošači 3,5 sati dnevno.</p> <p>Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 5,85 kWh / po danu</p>						
<p>9. AKUMULACIONI ELEKTRO BOJLER ZA TOPLU VODU</p>	<p>Ovaj bojler služi za pripremu tople vode u kuhinji kod sudopera. Stalno je u funkciji i automatski se pali i gasi, čim se počne trošiti topla voda. S obzirom da se često koristi, svaki je dan u funkciji kao aktivni potrošač najmanje 3 sata dnevno.</p> <p>Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 2 kWh / po danu</p>						
<p>10. OSTALA MALA TROŠILA</p>	<p>U ova trošila ubrajamo prijenosne male pomoćne kuhinjske uređaje kao : El. posudu za brzo zagrijavanje vode, mikser, mlinac za kavu i slično. Snaga ovih uređaja je uglavnom manja, osim posude za brzo zagrijavanje vode koja troši od 1.85 - 2 kW, a aktivno troše energiju samo par minuta.</p> <p>Ukupna prosječna dnevna potrošnja : 0,09 kWh / po danu</p>						

### 3.3.6. Arhitektura zgrade

Dijelovi zgrade i njihovo poznavanje vrlo su bitni za analizu i proračun potrošnje energije. Za slojeve čije su karakteristike poznate u programu, bilo je moguće detaljno modelirati građevne dijelove zgrade: zidovi koji odvajaju negrijane prostorije i vanjsku ovojnicu. Stropovi koji su uključeni u proračun nije bilo moguće modelirati prema slojevima, te su modelirani preko metodologije. [10] Opis zgrade i njezina arhitektura u globalu je opisana u poglavlju 3.1., a koeficijent prolaska topline potreban za izračun upisan je u tablici 11.

Tablica 9. Građevni dijelovi objekta - \*PS: OK\_ZA POTREBE FZ I EC

\*Postojeće stanje: Obiteljska kuća\_za potrebe fizike zgrade i energetskog certifikata

Fasada sjever				
Redni br.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1 (unutarnji sloj)	3.02 Vapnena žbuka	2,00	0,800	1.600,00
2	1.01 Puna opeka od gline	46,00	0,810	1.800,00
Zidovi između kuhinje i ostave				
Redni br.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	1.01 Puna opeka od gline	15,00	0,810	1.800,00
Zidovi između dnevne sobe i male sobe				
Redni br.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	1.01 Puna opeka od gline	15,00	0,810	1.800,00
Zidovi između ostave i hodnika				
Redni br.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	1.01 Puna opeka od gline	32,00	0,810	1.800,00
Fasada jug				
Redni br.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1 (unutarnji sloj)	3.02 Vapnena žbuka	2,00	0,800	1.600,00
2	1.01 Puna opeka od gline	46,00	0,810	1.800,00
3 (vanjski sloj)	3.02 Vapnena žbuka	2,00	0,800	1.600,00

### 3.3.7. Građevinski i arhitektonski elementi građevine

Tablica 10. Osnovni parametri građevine - PS: OK\_ZA POTREBE FZ I EC  
Izvor: Thorium A+, 2020

<i>Oplošje grijanog dijela zgrade A [m<sup>2</sup>]</i>	238,55
<i>Oplošje vanjske ovojnice bez otvora [m<sup>2</sup>]</i>	197,99
<i>Oplošje zidova prema negrijanim prostorijama [m<sup>2</sup>]</i>	25,57
<i>Oplošje otvora [m<sup>2</sup>]</i>	14,98
<i>Obujam grijanog dijela zgrade V<sub>e</sub> [m<sup>3</sup>]</i>	486,66
<i>Faktor oblika zgrade f<sub>0</sub> [m<sup>-1</sup>]</i>	0,49
<i>Ploština korisne površine zgrade A<sub>k</sub> [m<sup>2</sup>]</i>	108,00

## 4. Energetska bilanca zgrade

### 4.1. Računalni program Thorium A+

Ovaj program je proizašao iz potrebe rješavanja problema koji se pojavljuju pri analizi energetske potrošnje, energetskih pregleda i izradi projekata u zgradarstvu, kao i za izradu energetskih certifikata. Metodologija pregleda građevina i energetska učinkovitosti koju treba ustanoviti, vrlo je opširna i zahtjevna pa traži puno truda i vremena. Računalni program Thorium A+, osmišljen je od strane vrhunskih stručnjaka, tako da može na jednostavan i učinkovit način obraditi sve relevantne podatke i ustanoviti pravo stanje stvari u potrošnji energije za neku zgradu. Najbitnije je posvetiti se pronalasku isplativih mjera ušteda energije koji ovaj program jasno prikazuje. Program daje prijedlog mjera koje je realno moguće ostvariti uzimajući u obzir racionalno korištenje energije i troškove koji proizlaze iz predloženih rješenja i uštede u energetskom i materijalnom smislu za specifični slučaj neke zgrade. Ovo je suština cijelog procesa analize utroška energije i izrade energetskih certifikata. Program također uzima u obzir europske i internacionalne norme iz ovog područja: norma za toplinske značajke zgrada HRN EN ISO 13789, norma za algoritam HRN EN 13790, kao i druge pravilnike iz tehničkih propisa vezanih za racionalnu potrošnju energije i toplinsku zaštitu zgrada.

Sva modeliranja i proračuni baziraju se na prethodno istraženim i izmjerenim podacima, te opisanim energetskim pregledima u prethodnom poglavlju.

### 4.2. Izračun toplinskih gubitaka

Toplinski gubitci su izračunati pomoću programa i obuhvaćaju slijedeće gubitke:

- Vanjska ovojnica
- Negrijane prostorije
- Toplinski mostovi
- Ventilacija



## Ulazni podaci:

Za vanjsku ovojnicu modeliran je i strop jer se smatra po propisu da negrijani tavan spada u prostor koji je u doticaju sa vanjskim zrakom. Za pod se smatra da je grijan odozdo te da zbog toga se ne primjenjuje u proračunu.

Tablica 11. Površine građevnih dijelova grijanog dijela objekta i pripadajući koeficijenti prolaska topline – PS: OK\_ZA POTREBE FZ I EC

Naziv građevnog dijela	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Zadovoljava	Dinamičke topl. karakteristike zad.
Fasada sjever	36,22	1,29	0,30	Ne	Da
Fasada jug	30,24	1,26	0,30	Ne	Da
Strop	131,53	0,33	0,25	Ne	---

Prozori i vrata su modelirani kao otvori u zgradi, tablica 12. Iako imaju malu površinu, imaju veliki koeficijent prolaza topline U i time doprinose za oko 25% ukupnih gubitaka topline kroz ovojnicu. U algoritam ulaze podaci za koeficijent prolaska topline U, udio ostakljenja, ukupna propusnost sunčeva zračenja te vrsta zaslona. Podaci za koeficijent U, prozora su uzeti iz priloga metodologije provođenja energetskog pregleda zgrada (str 346.). Uzeto je 2x 1-struko ostakljenje sa 2 doprozornika bez brtvljenja. Postotak ostakljenja iznosi 90%. Podaci za vrata uzeti su iz iste tablice, osim što se za koeficijent U, koristio samo drveni okvir bez ostakljenja. [10]

Tablica 12. Površine otvora objekta i pripadajući koeficijenti prolaska topline – PS: OK\_ZA POTREBE FZ I EC

Naziv otvora	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Zadovoljava
Prozori JUG	9,10	3,60	1,60	Ne
Prozor sjever spavaća soba	3,37	3,60	1,60	Ne
Prozor iznad vrata kuhinje	0,57	3,60	1,60	Ne
Balkonska vrata kuhinja (vanjska)	1,93	2,90	2,00	Ne

## Negrijane prostorije

Nisu svi građevni dijelovi korišteni u istom proračunu. Primjerice građevni dijelovi između negrijanih prostorija i grijanog prostora korišteni su pri zasebnom proračunu negrijanih prostorija koji je kasnije uklopljen u ukupne gubitke. Prilikom modeliranja negrijanih prostorija, sve negrijane prostorije uzete su kao jedna velika prostorija radi olakšanja u modeliranju. U izračun su uklopljeni dijelovi vanjske fasade sa pripadajućim glavnim ulaznim vratima i unutarnji zidovi koji graniče sa grijanim prostorom. U programu je izračunat

koeficijent transmisije izmjene topline  $H_U$ , koji govori o provođenju topline kroz okolne plohe prema okolini i tlu. Prostorija ima sumarni  $H_U=35,20$  [W/K].

### Koeficijent transmisije izmjene topline

Izračun transmisije izmjene topline je prikazan je u tablici 13. Ovdje je vidljivo da je  $H_{Tr}$  sa stvarnim i referentnim klimatskim podacima jednak, jer u algoritam ulaze samo podaci o karakteristikama tijela kroz koje prolazi toplina. Koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu  $H_D$ , ovisi između ostalog i o tome jesu li dobro ili loše riješeni toplinski mostovi. U ovom slučaju toplinski mostovi su u lošem stanju, pa zbog toga u proračun ulazimo sa  $\Delta U_{TM} = 0,10$  W/(m<sup>2</sup>K).

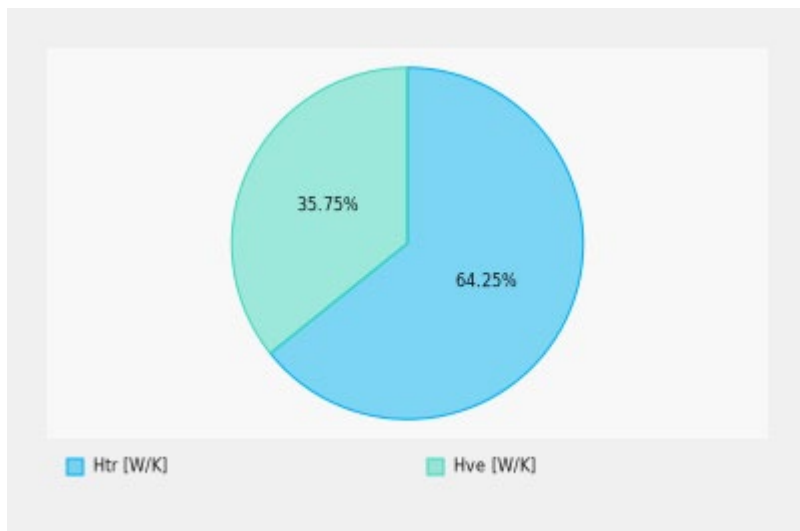
Tablica 13. Koeficijent transmisije izmjene topline  $H_{Tr}$  prema HRN EN ISO 13790 – PS: OK\_ZA POTREBE FZ I EC

$H_{Tr,avg} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
$H_D$ – Koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu	200,88 [W/K]
$H_{g,avg}$ – Uprosječeni koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu (stvarni klimatski podaci)	0,00 [W/K]
$H_{g,avg}$ – Uprosječeni koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu (referentni klimatski podaci)	0,00 [W/K]
$H_U$ – Koeficijent transmisije izmjene topline prema negrijanom prostoru	35,20 [W/K]
$H_A$ – Koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednim zonama (stvarni klimatski podaci)	0,00 [W/K]
$H_A$ – Koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednim zonama (referentni klimatski podaci)	0,00 [W/K]
$H_{Tr}$ (stvarni klimatski podaci)	236,08 [W/K]
$H_{Tr}$ (referentni klimatski podaci)	236,08 [W/K]

Toplinski gubici također su prisutni kroz provjetravanje. Zrakopropusnost je određena preko tablice po Metodologiji sa  $n_{50}=12$  [h<sup>-1</sup>]. [10]

Tablica 14. Toplinski gubici provjetravanjem

Vrsta provjetravanja	Prirodna
Volumen prostora	V = 369,86 [m <sup>3</sup> ]
Koeficijent gubitaka topline provjetravanjem (stvarni uvjeti)	$H_{Ve} = 131,39$ [W/K]



Slika 8. Odnos koeficijenta transmisijske izmjene topline i koeficijenta gubitka topline ventilacijom iz Thorium A+

### 4.3. Izračun potrebne toplinske energije za grijanje

U tablici je prikazana godišnja potrebna toplinska energija za grijanje  $Q_{H,nd}$  i godišnja energija po jedinici ploštine korisne površine  $Q''_{H,nd}$  [kWh/m<sup>2</sup>a].

Tablica 15. Rezultati proračuna iz programa Thorium A+ (referentna klimatska postaja)

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m <sup>2</sup> ]	238,55
Obujam grijanog dijela zgrade V <sub>e</sub>	486,66
Faktor oblika zgrade f <sub>0</sub> [m <sup>-1</sup> ]	0,49
Ploština korisne površine A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	108,00
Godišnja potrebna toplina za grijanje Q <sub>H,nd</sub> [kWh/a]	17.874,67
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) Q'' <sub>H,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a]	165,51
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H' <sub>tr,adj</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,99
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka H <sub>tr,adj</sub> [W/K]	236,08

### 4.4. Termotehnički sustavi

U okviru ovih sustava obrađeno je i modeliranje toplinske energije.

Dobiveni rezultati proračuna kod izmjene topline, prikazani su u tablicama i nizu slika. Na dalje prikazanim slikama, 9 do 15, navedene su izmjene topline po raznim osnovama (grijanje, transmisija, ventilacija, toplinski dobici).

Stvarni klimatski podaci uzeti su u obzir za potrebe usporedbe pri poboljšanju kvalitete zgrade. Za potrebe rasprave i zaključka uzeti su u obzir izračuni koji

koriste referentne klimatske podatke. Ovo je izvedeno zbog mogućnosti usporedbe s drugim objektima, odnosno za potrebe energetskog certifikata.

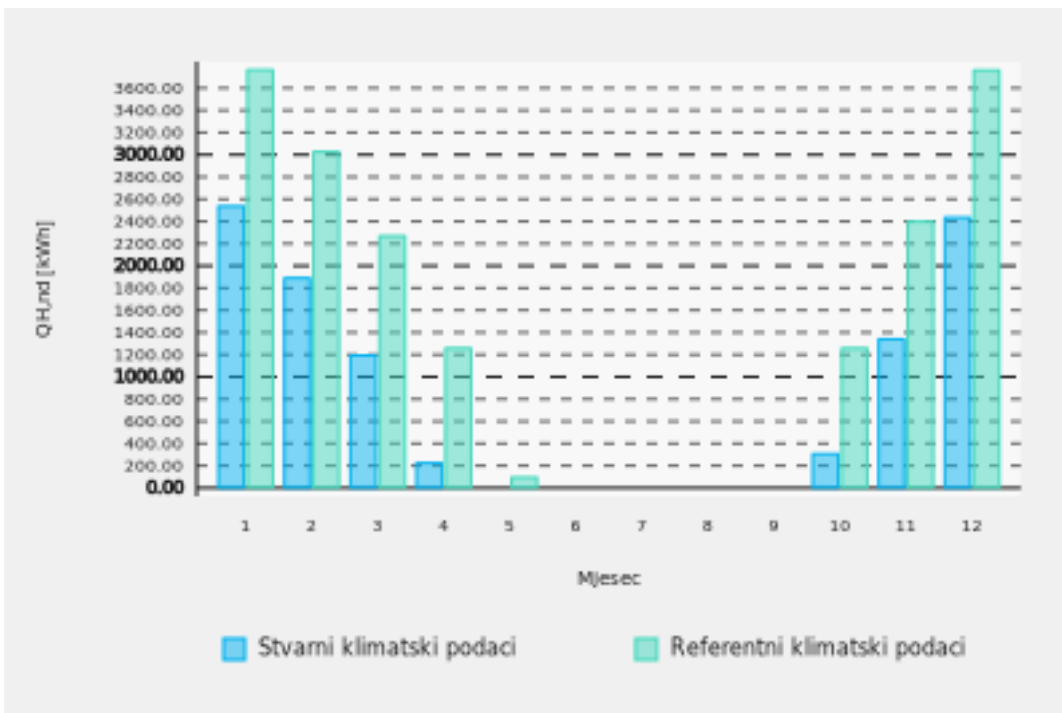
Pri modeliranju u programu, promijenjeni su i neki drugi ulazni podaci sa svrhom da bi dobili stvarno odgovarajuće stanje potrošnje energije. Tako je kod potrošnje prirodnog plina za grijanje, da bi stvarna potrošnja (prema računima za plin) odgovarala proračunu, smanjena je temperatura korištenja grijanog prostora na 17 °C. Zbog toga postoje male razlike u polaznim veličinama i veličinama uzetim kod proračuna. Rezultat je ipak realan jer zbog neujednačenog grijanja i općenito zbog neujednačene potrošnje energenata nemoguće je precizno odrediti ulazne podatke.

Tablica 16. i slika 9. prikazuju potrebnu dnevnu i mjesečnu toplinu potrebnu za grijanje  $Q_{H,nd}$  [kWh]. Pri ovom izračunu toplinske energije korišteni su podatci za referentnu i stvarnu klimatsku postaju.

Vidljiva je znatna razlika u dobivenim rezultatima za stvarne klimatske podatke i referentne klimatske podatke. Do razlike dolazi zbog promjene režima korištenja na 10 h umjesto 17 h dnevno, te zbog temperature korištenja prostora od 17°C. S obzirom da su stvarni klimatski podatci najbitniji za realnu procjenu stanja, kod predlaganja mjera za energetsku učinkovitost uzeti su u obzir stvarni klimatski podatci.

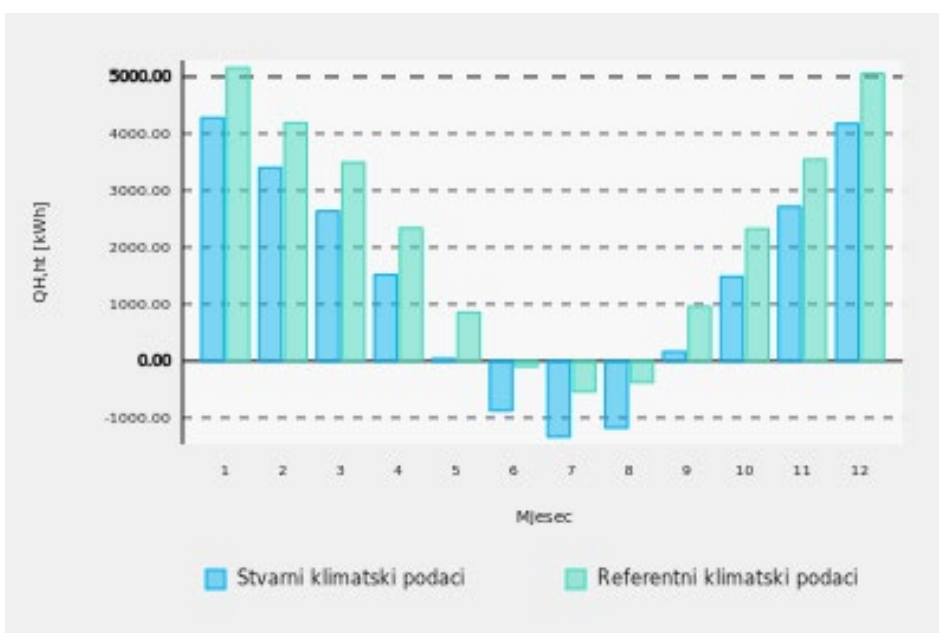
Tablica 16. Potrebna energija za grijanje po mjesecima (satna metoda) - PS: OK\_ZA POTREBE FZ I EC (stvarna i referentna klimatska postaja)

Mjesec	Stvarni podatci		Referentni podatci	
	$Q''_{H,nd,day}$ [kWh/m <sup>2</sup> day]	$Q''_{H,nd,mj}$ [kWh/m <sup>2</sup> mj]	$Q''_{H,nd,day}$ [kWh/m <sup>2</sup> day]	$Q''_{H,nd,mj}$ [kWh/m <sup>2</sup> mj]
1	81,80	2.535,80	121,39	3.763,12
2	67,43	1.888,27	108,05	3.025,39
3	38,45	1.191,97	73,13	2.267,06
4	13,91	222,65	41,90	1.257,01
5	0,00	0,00	5,85	93,68
6	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00
10	13,86	305,08	40,56	1.257,39
11	44,61	1.338,54	79,92	2.397,60
12	78,49	2.433,43	121,28	3.759,80
Ukupno: [kWh/m <sup>2</sup> a]	338,45	9.915,77	592,08	17.821,08



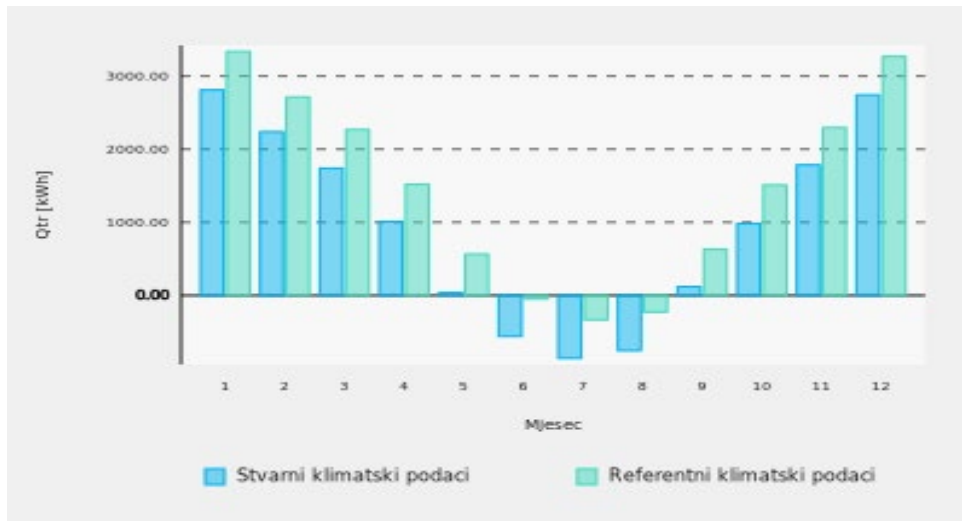
Slika 9. Potrebna toplinska energija za grijanje ( $Q_{H,nd}$ )

Iz slike 10. zaključujemo da je tokom zimskog perioda izmjena topline velika, zbog veće razlike vanjske i unutarnje temperature (veći  $\Delta T$ ). Za stvarne klimatske podatke izmjena topline zimi je manja nego za referentne klimatske podatke. Tokom ljeta, 6. do 8. mjesec, imamo situaciju da se dio toplinske energije prenosi iz okoline u zgradu i akumulira u unutarnjim prostorima. Prema stvarnim klimatskim podacima ta je izmjena veća nego za referentne podatke zbog režima korištenja prostorija. U dolje navedenom primjeru prilikom izračuna su korišteni samo stvarna temperatura korištenja prostorije (17 °C).



Slika 10. Izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja ( $Q_{H,ht}$ )

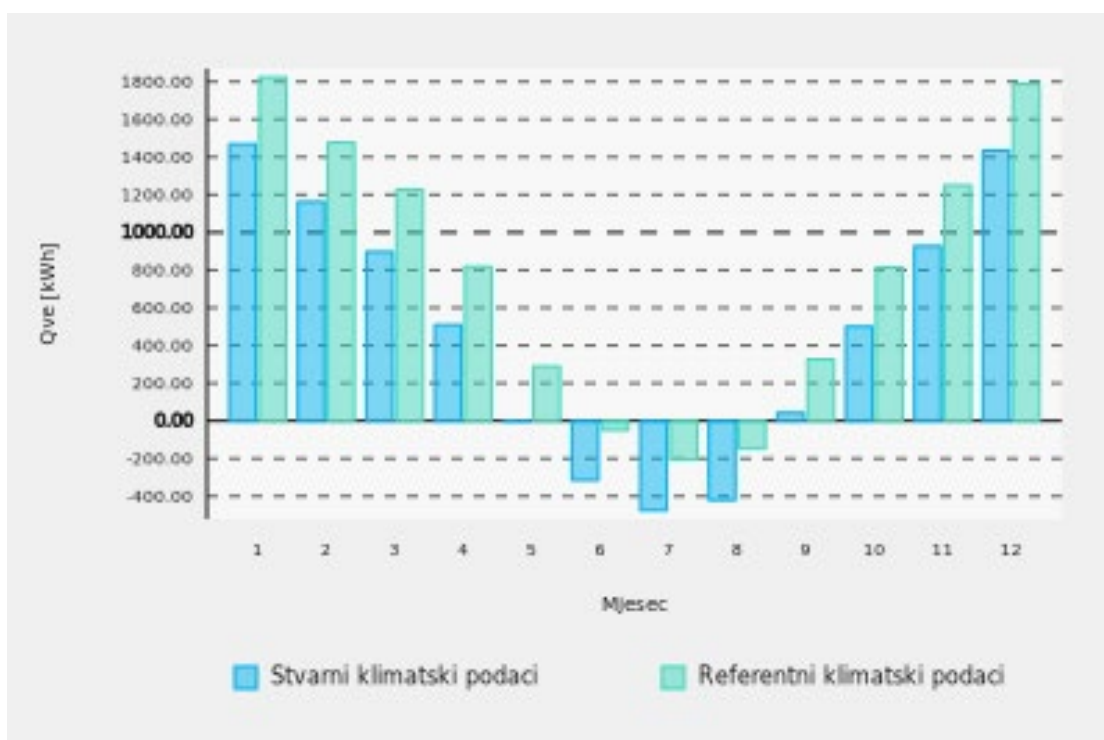
U slici 11. izmjena topline transmisijom, uočavamo da istovjetni koeficijent  $H_t$  pri različitim zimskim i ljetnim temperaturama ima slična ili skoro ista odstupanja kao i kod izmjene topline u slici 10. zbog navedenog režima korištenja. Također u ovom navedenom primjeru prilikom izračuna su korišteni samo stvarna temperatura korištenja prostorije (17 °C).



Slika 11. Izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu ( $Q_{Tr}$ )

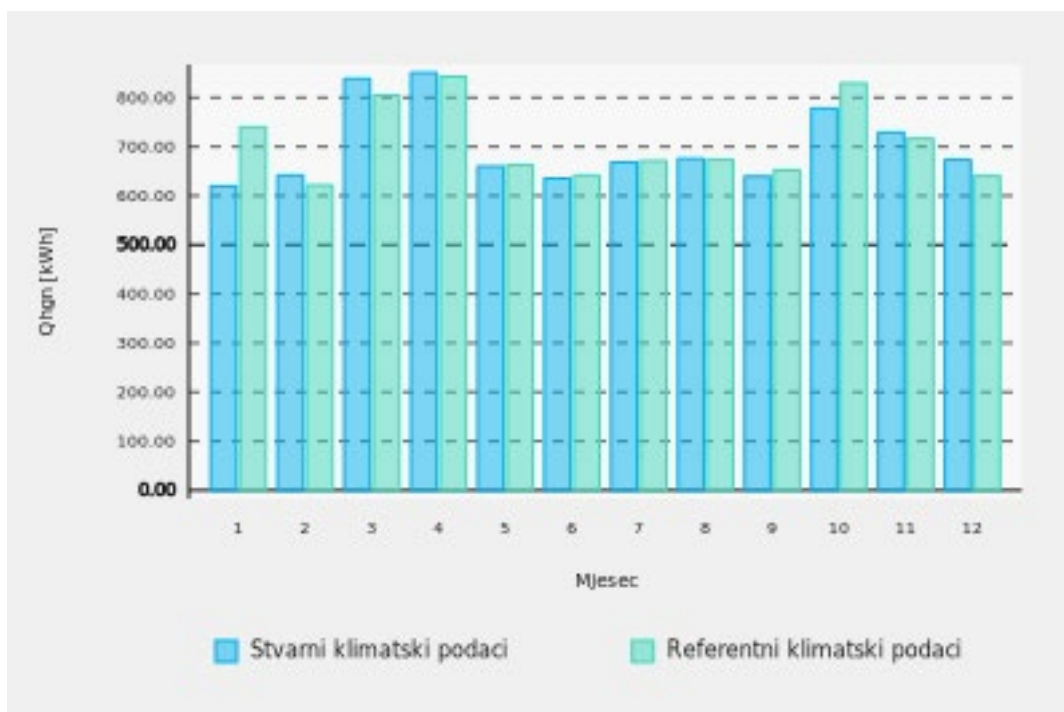
Slika 12. koja prikazuje izmijenjenu energiju zbog potrebe ventilacije/klimatizacije tijekom ljetnih i zimskih mjeseci pokazuje sličnost kao kod prijašnjih izračuna. Ovdje uočavamo potrebu za nadoknadom preko perioda grijanja (dodatak topline) te nepoželjni dobitak topline preko ljeta.

Vidljivo je da izmijenjena energija za ventilaciju tijekom zime veća zbog velike razlike između vanjske temperature i unutarnje temperature zgrade. U ljetnim mjesecima, prema stvarnim klimatskim podacima vidljivo je da toplina ulazi u zgradu sa strujanjem zraka kroz prozore. Razlika između stvarnih i referentnih podataka je također vrlo uočljiva.



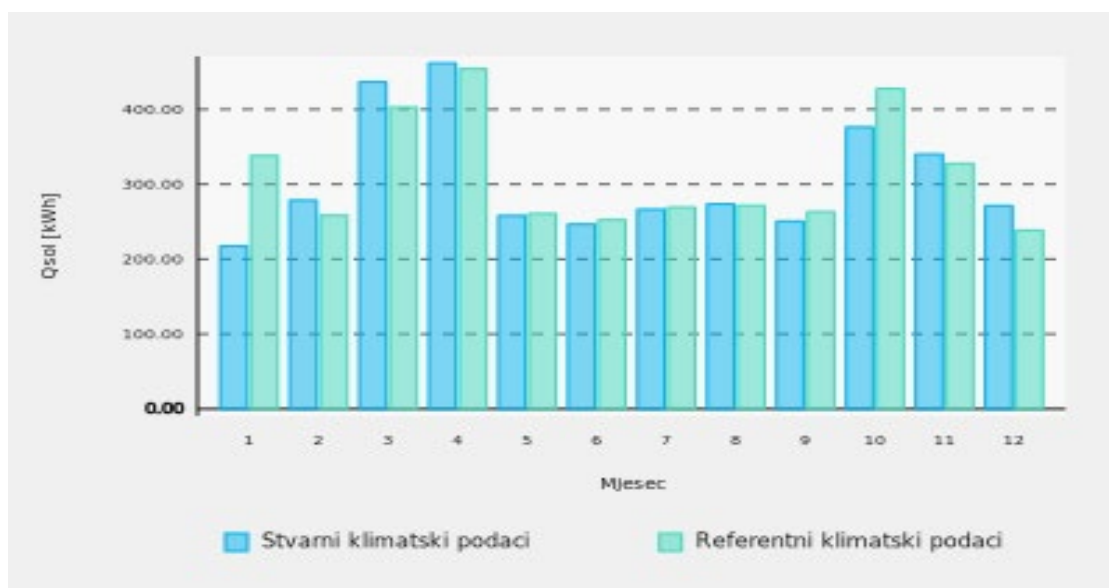
Slika 12. Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu ( $Q_{ve}$ )

Slika 13. pokazuje da su toplinski dobitci po stvarnim klimatskim podacima u periodu grijanja i u ljetnom periodu približno jednaki sa izračunom po referentnim klimatskim podacima. Naprave za zaštitu od sunca su vertikalni samozatezni neprozirni platnjeni zastori na prozorima. Tokom 3., 4. i 10. mjeseca iskorištenje naprava za zaštitu od sunca je manja te su dobitci veći zbog nižeg položaja sunca.



Slika 13. Toplinski dobitci u periodu grijanja ( $Q_{H,gn}$ )

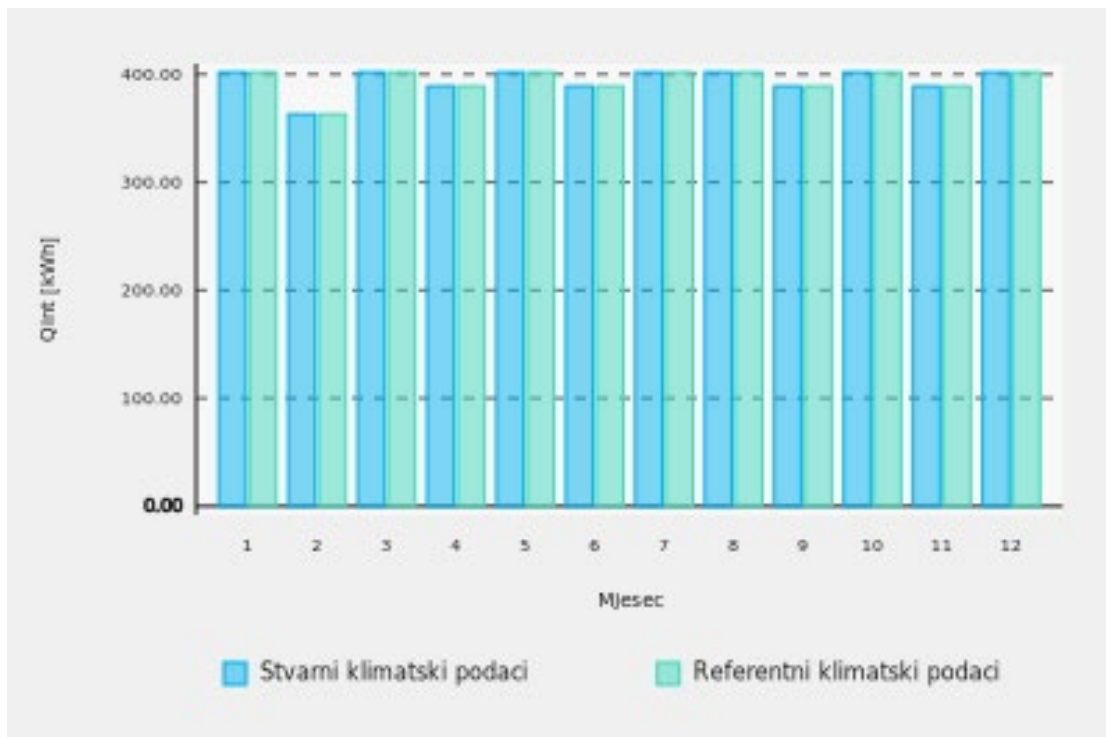
Slika 14. pokazuje toplinske dobitke od sunčevog zračenja vezane za stvarne i referentne klimatske podatke. Ovi podaci se za ljetne mjesece skoro uopće ne razlikuju, a u zimskom periodu primjetna su manja ili veća odstupanja. Bila bi očekivana povećane insolacija tokom ljetnih mjeseci, što se u slici ne vidi. Tokom 3., 4. i 10. mjeseca iskorištenje naprava za zaštitu od sunca je manja te su dobitci veći zbog nižeg položaja sunca koje je uračunato u algoritam.



Slika 14. Toplinski dobitci od Sunčeva zračenja ( $Q_{sol}$ )



U slici 15. gdje se analiziraju unutarnji dobici zgrade uočavamo jednakost stvarnih i referentnih klimatskih podataka.  $Q_{int}$  se prvenstveno odnosi na utjecaje ljudi, uređaja i rasvjete.



Slika 15. Unutarnji dobici zgrade ( $Q_{int}$ )

## 4.5. Prijedlog konkretnih mjera za poboljšanje promatrane zgrade

Temeljem podataka iz proračuna predložene su konkretne mjere vezane za poboljšanje energetske učinkovitosti.

Ove mjere su modelirane u smislu najisplativijih i najučinkovitijih efekata uz najmanja financijska ulaganja i uglavnom se svode na građevinske mjere (GM), elektrotehničke mjere (EM) i strojarske mjere (SM). S obzirom da se dio stana grije na drva i el. energiju, udio u ukupnom  $Q_{gen,in}$  iznosi 20% za peć na drva, 6% za termoakumulacijsku peć, a 74% za plinske peći. Iz usporedbe sa računima plina, u programu je napravljeno da su  $E_{del}$  i  $Q_{H,nd}$  približno jednake. Prosinac i siječanj su mjeseci gdje je potrebno najviše energije te su najveći računi.

Faktor pretvorbe koji je uklopljen u  $E_{prim}$  čine 3 komponente: isporučena energija, energija koja dolazi iz obnovljivih izvora te energija koja dolazi iz neobnovljivih izvora. Faktor pretvorbe proizšao je iz potrebe da neinženjerske struke standardiziraju svu energiju po utjecaju na okoliš.

### 4.5.1 Izolacija vanjske ovojnice

Mjera GM1 podrazumijeva izolaciju čitave fasade (N i S) umanjenu za površinu vrata i prozora i iznosi  $66.47 \text{ m}^2$ . Predlaže se poboljšanje izolacije vanjske ovojnice u smislu stavljanja sloja mineralne vune debljine 10 cm s kojom bi izolirali vanjsku ovojnicu sa sjeverne i južne strane. Pri tome  $n_{50}$  nije promijenjen i iznosi  $n_{50}=12 \text{ [h}^{-1}\text{]}$ . Nakon izolacije koeficijent prolaza topline  $U \text{ [W/m}^2\text{K]}$ , bi zadovoljavao propisane norme.

GM1: Izolacija vanjske ovojnice							
		Promijeni		Ukloni			
Ime sustava	Energent	$Q_{gen,in,uk}$ [kWh]	$W_{aux,uk}$ [kWh]	Cijena energenata [kn]	$E_{del}$ [kWh]	$E_{prim}$ [kWh]	$CO_2$ [kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
GM1: Plinska peć	Prirodni plin	8790.31	0.00	2637.09	8790.31	9625.39	1933.87
GM1: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2375.76	0.00	475.15	2375.76	2375.76	68.90
GM1: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
GM1:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	526.80	0.00	526.80	526.80	850.25	123.27
<b>Ukupno</b>		<b>15081.58</b>	<b>1.14</b>	<b>4656.80</b>	<b>15082.73</b>	<b>16563.89</b>	<b>2871.82</b>
<b>Ušteda</b>		<b>2660.90</b>	<b>0.00</b>	<b>828.12</b>	<b>2660.90</b>	<b>2924.55</b>	<b>483.81</b>

Slika 16. Prikaz uštede energije i novca pri GM1

## 4.5.2 Ugradnja novih prozora i vrata

Mjera je predviđena kao zasebna mjera i podrazumijeva ugradnju novih elemenata otvora u koje spadaju vrata i prozori. Prozori i vrata su površine 14,98m<sup>2</sup>. Prozori bi bili od PVC – a sa dvostruko izolirajućim staklom te s jednim staklom niske emisije Low - E obloga, koja reflektira višak topline pomoću tankog premaza na površini. Vrata bi također bila od PVC – a sa dvostrukom oblogom. Ovdje je koeficijent U [W/m<sup>2</sup>K] uzet iz Metodologije provođenja energetskog pregleda. Također je uzet smanjeni n<sub>50</sub>=9 [h<sup>-1</sup>] koji rezultira smanjenjem Q<sub>H,nd</sub> što u konačnici rezultira manjim troškovima grijanja i odgovornijim ponašanjem prema okolišu.

GM2: Ugradnja novih otvora							
		Q <sub>gen, in, uk</sub>	W <sub>aux, uk</sub>	Cijena energenata	E <sub>del</sub>	E <sub>prim</sub>	CO <sub>2</sub>
Ime sustava	Energent	[kWh]	[kWh]	[kn]	[kWh]	[kWh]	[kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
GM2: Plinska peć	Prirodni plin	9570.33	0.00	2871.10	9570.33	10479.51	2105.47
GM2: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2586.57	0.00	517.31	2586.57	2586.57	75.01
GM2: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
GM2: TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	573.54	0.00	573.54	573.54	925.70	134.21
<b>Ukupno</b>		<b>16119.16</b>	<b>1.14</b>	<b>4979.71</b>	<b>16120.30</b>	<b>17704.26</b>	<b>3060.48</b>
<b>Ušteda</b>		<b>1623.33</b>	<b>0.00</b>	<b>505.21</b>	<b>1623.33</b>	<b>1784.17</b>	<b>295.16</b>

Slika 17. Prikaz uštede energije i novca pri GM2

## 4.5.3 Izolacija vanjske ovojnice i ugradnja novih prozora i vrata

Uzeta je kombinacija prethodnih mjera GM1 + GM2. U proračunu je uzet n<sub>50</sub>=9 [h<sup>-1</sup>] te su toplinski mostovi sada u skladu s normom ΔU<sub>TM</sub> = 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) što rezultira odstupanjem od zbroja pojedinačnih mjera GM1 i GM2. Ako zbrojimo GM1 (slika 16. gdje je ušteda 2.660,90 kWh) i GM2 (slika 17. gdje je ušteda 1.623,33 kWh) dobijemo sumu od 4.284,23 kWh. Razlika od 768,74 kWh u odnosu na uštedu sa slike 18. (5.052,97 kWh) je rezultat navedenog odstupanja. Zbog toga dobiveni podaci nisu jednostalna suma ušteda prethodnih mjera nego postoji odstupanje od 768,74 kWh radi smanjenih toplinskih gubitaka.

GM1+GM2							
		Promijeni		Ukloni			
Ime sustava	Energent	Q <sub>gen, in, uk</sub> [kWh]	W <sub>aux, uk</sub> [kWh]	Cijena energenata [kn]	E <sub>del</sub> [kWh]	E <sub>prim</sub> [kWh]	CO <sub>2</sub> [kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
GM1+GM2: Plinska peć	Prirodni plin	6992.04	0.00	2097.61	6992.04	7656.28	1538.25
GM1+GM2: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	1889.74	0.00	377.95	1889.74	1889.74	54.80
GM1+GM2: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
GM1+GM2: TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	419.03	0.00	419.03	419.03	676.31	98.05
<b>Ukupno</b>		<b>12689.52</b>	<b>1.14</b>	<b>3912.34</b>	<b>12690.66</b>	<b>13934.82</b>	<b>2436.89</b>
<b>Ušteda</b>		<b>5052.97</b>	<b>0.00</b>	<b>1572.58</b>	<b>5052.97</b>	<b>5553.62</b>	<b>918.75</b>

Slika 18. Prikaz uštede energije i novca pri mjeri GM1 + GM2

#### 4.5.4 Ugradnja kondenzacijskog kotla

SM1 predstavlja ugradnju kondenzacijskog kotla. Ova mjera donosi dodatno smanjenje  $E_{del}$  [kWh] što rezultira manjom cijenom potrošene energije. Snaga kotla iznosi 18 kW. Ako bismo oduzeli uštedu prethodne mjere (slika 18. gdje je ušteda 5.052,97 kWh) od 8.550,35 kWh, dobili bismo samostalnu uštedu od 3.497,38 kWh za ugradnju kondenzacijskog kotla. Kada uzmemo ukupnu uštedu  $E_{del}$  [kWh] svih mjera (SM1+GM1+GM2) onda ona iznosi 9.193,28 kWh.

SM1+GM1+ GM2: Ugradnja kondenzacijskog kotla za grijanje i PTV							
		Promijeni		Ukloni			
Ime sustava	Energent	Q <sub>gen, in, uk</sub> [kWh]	W <sub>aux, uk</sub> [kWh]	Cijena energenata [kn]	E <sub>del</sub> [kWh]	E <sub>prim</sub> [kWh]	CO <sub>2</sub> [kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
SM1+GM1+GM2: Kondenzacijski kotao za grijanje i PTV	Prirodni plin	8460.67	89.68	2627.88	8550.35	9409.17	1882.33
<b>Ukupno</b>		<b>8460.67</b>	<b>89.68</b>	<b>2627.88</b>	<b>8550.35</b>	<b>9409.17</b>	<b>1882.33</b>
<b>Ušteda</b>		<b>9281.82</b>	<b>-88.53</b>	<b>2857.05</b>	<b>9193.28</b>	<b>10079.26</b>	<b>1473.30</b>

Slika 19. Prikaz uštede energije i novca pri mjeri SM1+GM1+GM2

#### 4.5.5. Ugradnja dizalice topline

SM2 predstavlja ugradnju dizalice topline, sustav koji upotrebljava OIE. Funkcionira na principu lijevokretnog procesa, gdje se dovodi energija s niže temperaturne razine na višu uz pomoć dodatne energije (rada). [6] DT spada u tip zrak-voda. Nazivna snaga DT je 15kW, volumen spremnika za sanitarnu toplu vodu je 150L. Režim rada DT za grijanje PTV je 55°C/45°C. U ovom slučaju DT radi u paralelnom režimu rada tako da dizalica i grijač rade istovremeno pri niskoj temperaturi i na taj način ušteduje energiju. Ukoliko bi radila alternativnim načinom rada, pri padu temperature ne bi imala dovoljnu snagu za zagrijavanje prostora te bi se uključio samo grijač, čineći DT uređajem koji koristi elektrootporno zagrijavanje. Novčane prednosti za ovaj stan su minimalne zbog toga jer koristi el. energiju za pogon pomoćnih sustava, ali iz naše perspektive je iznimno korisna jer smanjuje  $E_{del}$  za 5.962,76 kWh i emisiju  $CO_2$ . Razlog tome jeste  $W_{aux, uk}$  koji iznosi 3.234,10 koja je potrebna da DT radi.

SM2+GM1 + GM2: Ugradnja DT za grijanje i PTV							
		$Q_{gen, in, uk}$ [kWh]	$W_{aux, uk}$ [kWh]	Cijena energenata [kn]	$E_{del}$ [kWh]	$E_{prim}$ [kWh]	$CO_2$ [kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
SM2+GM1+GM2: Dizalica topline	Aerotermaalna energija	8546.77	3234.10	3234.10	11780.87	5219.84	756.78
<b>Ukupno</b>		<b>8546.77</b>	<b>3234.10</b>	<b>3234.10</b>	<b>11780.87</b>	<b>5219.84</b>	<b>756.78</b>
<b>Ušteda</b>		<b>9195.72</b>	<b>-3232.96</b>	<b>2250.82</b>	<b>5962.76</b>	<b>14268.59</b>	<b>2598.85</b>

Slika 20. Prikaz uštede energije i novca pri mjeri SM2+GM1+GM2

#### 4.5.6 Postavljanje fotonaponskog sustava

Šesta mjera, koja se nadovezuje na prethodnu, služi za kompenzaciju energije pomoćnih sustava  $W_{aux, uk}$  od DT upotrebom fotonaponskog sustava monokristalnog Silicija snage  $0.17 \text{ kW/m}^2$ , površine  $12 \text{ m}^2$ . Iskustveno takav fotonaponski sustav ima oko  $1 \text{ kW}$  snage za  $6 \text{ m}^2$  te zbog toga ukupna snaga ovog sustava približno kompenzira  $W_{aux, uk}$  potrebnu za DT. Samim time se smanjuje utjecaj na okoliš.

EM1+SM2+GM1+GM2: Ugradnja DT za grijanje i PTV i ugradnja FN elektrane							
Promijeni		Ukloni					
Ime sustava	Energent	Q <sub>gen, in, uk</sub> [kWh]	W <sub>aux, uk</sub> [kWh]	Cijena energenata [kn]	E <sub>del</sub> [kWh]	E <sub>prim</sub> [kWh]	CO <sub>2</sub> [kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
EM1+SM2+GM1+GM2: Dizalica topline	Aerotermaalna energija	8546.62	3234.02	3234.02	11780.64	5219.70	756.76
Fotonapon	Sunčeva energija	-2127.97	0.0	-2127.97	-2127.97	-3434.54	-803.68
<b>Ukupno</b>		<b>6418.65</b>	<b>3234.02</b>	<b>1106.05</b>	<b>9652.67</b>	<b>1785.16</b>	<b>-46.92</b>
<b>Ušteda</b>		<b>11323.84</b>	<b>-3232.88</b>	<b>4378.88</b>	<b>8090.96</b>	<b>17703.27</b>	<b>3402.56</b>

Slika 21. Prikaz uštede energije i novca pri mjeri EM1+SM2+GM1+GM2

#### 4.5.7. Ugradnja split klima uređaja

Sedma mjera je korištenje DT u funkciji split klima uređaja za grijanje. Ovaj uređaj donosi veliku prednost zbog velike količine proizvedene energije po kWh električne energije.

U programu je to ukomponirano u sezonski faktor grijanja SCOP koji iznosi 3.5 kwh/kwh. Snaga split klime je 14kW. Ograničenje split klime je u tome što njena iskazana radna nazivna snaga mora biti za 50% veća, jer pada SCOP pri niskim temperaturama. Potrebna je ugradnja 4 unutarnje jedinice (radijatora) za raspored topline po prostorijama.

SM3+GM1+GM2: DT zrak-zrak; Split klima							
Promijeni		Ukloni					
Ime sustava	Energent	Q <sub>gen, in, uk</sub> [kWh]	W <sub>aux, uk</sub> [kWh]	Cijena energenata [kn]	E <sub>del</sub> [kWh]	E <sub>prim</sub> [kWh]	CO <sub>2</sub> [kg]
<b>Referentni sistemi</b>							
PS: Plinska peć	Prirodni plin	10790.69	0.00	3237.21	10790.69	11815.81	2373.95
PS: PEĆ NA DRVA	Ogrjevno drvo	2916.40	0.00	583.28	2916.40	2916.40	84.58
PS: PTV_ PROTOČNI PLINSKI BOJLER	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
PS:TERMOAKUMULACIJSKA PEĆ	Električna energija	646.68	0.00	646.68	646.68	1043.74	151.32
<b>Ukupno</b>		<b>17742.49</b>	<b>1.14</b>	<b>5484.92</b>	<b>17743.63</b>	<b>19488.44</b>	<b>3355.63</b>
<b>Zamjenski sistemi</b>							
SM3+GM1+GM2: DT zrak-zrak; Split klima za grijanje i hlađenje + plinski bojler	Aerotermaalna energija	0.00	1835.75	1835.75	1835.75	2962.90	429.56
SM3+GM1+GM2: Split klima +plinski bojler za PTV	Prirodni plin	3388.71	1.14	1017.75	3389.85	3712.48	745.78
<b>Ukupno</b>		<b>3388.71</b>	<b>1836.89</b>	<b>2853.50</b>	<b>5225.60</b>	<b>6675.38</b>	<b>1175.35</b>
<b>Ušteda</b>		<b>14353.78</b>	<b>-1835.75</b>	<b>2631.42</b>	<b>12518.03</b>	<b>12813.06</b>	<b>2180.29</b>

Slika 22. Prikaz uštede energije i novca pri mjeri SM3+GM1+GM2

#### 4.5.8. Isplativost predloženih mjera

Ukupna isplativost svih predloženih mjera uz mogućnost sufinanciranja kao i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, prikazani su u tablici 17.

Procijenjena ušteda energije u svim prethodnim mjerama odnosi se na E<sub>del</sub> i ona je manja zbog potrebne W<sub>aux,uk</sub>. Podaci za koje se upotrebljava referentna klimatska postaja znatno odstupaju od stvarne, Q<sub>H,nd</sub>=17.821,08 kWh/a, stoga za potrebe usporedbe isplativosti mjera odabiremo stvarne klimatske podatke. Primjenom mjera za poboljšanje može se zaključiti da je najisplativije kompletno obnoviti vanjsku ovojnicu, te ugraditi DT i FN. Split klima bi donijela najveće uštede zbog velike količine proizvedene energije po kWh električne energije, ali zbog jako velike početne investicije u promatranom kućanstvu nije prihvatljiva.

Tablica 17. Prikaz povrata investicije te smanjenje emisije CO<sub>2</sub>

Ime mjere	Postotak sufinanciranja [%]	Investicija [kn]	Procijenjena ušteda [kn/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO <sub>2</sub> [tona/god]	Pokazatelj [kn/tCO <sub>2</sub> god.]	Pokazatelj [kn/kWh god.]
GM1: Izolacija vanjske ovojnice	60.0	12.000,00	828,12	2.660,90	14,49	0,48	24.793,38	4,51
GM2: Ugradnja novih otvora	60.0	11.200,00	505,21	1.623,33	22,16	0,29	37.966,10	6,89
GM1+GM2	60.0	23.200,00	1.572,58	5.052,97	14,75	0,91	25.244,83	4,59
SM1+GM1+ GM2: Ugradnja kondenzacijskog kotla za grijanje i PTV	40.0	49.800,00	2.857,04	9.193,28	17,43	1,47	33.808,55	5,41
SM2+GM1 + GM2: Ugradnja DT za grijanje i PTV	60.0	47.200,00	2.250,82	5.962,76	20,97	2,59	18.160,83	7,91
EM1+SM2+GM1+GM2: Ugradnja DT za grijanje i za PTV i ugradnja FN elektrane	60.0	59.200,00	4.378,87	8.090,96	13,51	3,40	17.396,41	7,31
SM3+GM1+GM2: Split klima	25.0	58.500,00	2.631,42	12.518,03	22,23	2,18	26.834,86	4,67

## 5. Rasprava rezultata

Početno je prikupljeno niz podataka o stvarnom stanju promatrane stambene jedinice, kao i stvarno stanje potrošnje energije u odabranom kućanstvu. Navedene su i sve vrste energije koje se koriste kao i sve vrste trošila. Napravljeno je više tablica koje pokazuju trenutno energetske stanje zgrade i potrošnju svih energenata. Opisan je trenutni način korištenja energije.

Prema unesenim podacima iz energetskog pregleda zgrade i uz pomoć programa Thorium A+ dobiveno je niz izračuna koji teoretski pokazuju karakteristike građevine, energetske stanje, potrošnju energenata i niz mjera za poboljšanje trenutnog stanja koje se mogu predložiti kao prihvatljive u smislu uštede energije i ekonomski isplative investicije a koje bi bile u skladu s tehničkim propisima i direktivom Europske Unije. Predložene mjere uštede objašnjene su u prethodnom poglavlju.

Svi izračuni pokazani su u obliku tablica i slika za pojedine parametre s unesenim broječanim iznosima, veličinama i dimenzijama. U opisu ovog rada unesene su samo neke tablice i opisane samo glavne značajke važne za dobivanje energetskog razreda stambene jedinice i potrošnju energije.

Kod termodinamičkih sustava, poglavlje 4.4. tablici 9. prikazana je potrebna dnevna i mjesečna  $Q_{H,nd}$  [kWh]. Dobiveni i izračunati podaci su jasno vidljivi i u slici 9. Prikazane veličine dobivene su iz programa Thorium A+, a mogu se objasniti na slijedeći način:

Kod proračuna potrebne toplinske energije za grijanje korišteni su podaci za referentnu i stvarnu klimatsku postaju. Vidljiva je znatna razlika u dobivenim rezultatima za stvarne klimatske podatke i referentne klimatske podatke. Do razlike dolazi zbog različitog režima korištenja toplinske energije kod referentnih i stvarnih podataka. Kod referentnog sustava (referentni klimatski podaci), u programu je za grijanje prostora predviđeno 17 sati grijanja dnevno sa prosječnom temperaturom od 20°C.

Kod stvarnog sustava grijanja računamo sa grijanjem 10 sati dnevno i temperaturom prostora od 17°C. Ovi parametri (10 sati i temperatura 17°C) uzeti su u proračun radi dobivanja stvarnih vrijednosti  $Q_{gen,in,uk}$  koja bi bila usklađena sa stvarnom potrošnjom plina za grijanje, prema računima za plin. To ne znači da u nekim prostorijama temperatura nije znatno viša ali se zato u nekim prostorima uopće ne grije. Prosječne vrijednosti su kako je prethodno navedeno.



U slikama 10 do 15 prikazani su izračunati podaci za izmijenjenu toplinu u periodu grijanja, izmijenjenu toplinu transmisijom za proračunsku zonu, toplinsku energiju za ventilaciju i klimatizaciju, toplinska dobitke u periodu grijanja, toplinske dobitke od sunčanog zračenja i unutarnji dobitci zgrade.

Prema postojećem stanju i referentnim klimatskim podacima izračunat je energetske razred zgrade i to:

Po godišnjoj  $Q''_{H,nd}$ , zgrada ima razred **E** [ $\leq 200 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ].

Po godišnjoj  $E_{prim}$ , zgrada ima razred **D** [ $>265 \leq 410 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ].

Prijedlog konkretnih mjera za poboljšanje stanja zgrade i postizavanje energetske i materijalne uštede, prikazane su u poglavlju 4.5. Poboljšanje stanja uključuje građevinske mjere, elektrotehničke mjere i strojarske mjere, kao i njihovu kombinaciju.

S obzirom da su stvarni klimatski podaci najbitniji za realnu procjenu stanja, kod predlaganja mjera za energetske učinkovitost uzeti su u obzir izračuni temeljeni na stvarnim klimatskim podacima, s tim da se pri procjeni energetske razreda koriste referentni klimatski podaci.

Mjera GM1 podrazumijeva izolaciju fasade (N i S) umanjenu za površinu vrata i prozora koja iznosi  $66.47 \text{ m}^2$ . Predlaže se poboljšanje izolacije vanjske ovojnice u smislu stavljanja sloja mineralne vune debljine 10 cm s kojom bi izolirali vanjsku ovojnicu sa sjeverne i južne strane. Nakon izolacije koeficijent prolaza topline  $U$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ], bi zadovoljavao propisane norme. Pri tome  $n_{50}$  nije promijenjen i iznosi  $12 \text{ h}^{-1}$ . Godišnja ušteda  $E_{del}$  bi iznosila 2.660 kWh.

Mjera GM2 je predviđena kao zasebna mjera i podrazumijeva ugradnju novih elemenata otvora u koje spadaju vrata i prozori, čija je površina  $14,98 \text{ m}^2$ . Prozori bi bili od PVC – a sa dvostruko izolirajućim staklom s jednim staklom niske emisije Low - E obloga, koja reflektira višak topline pomoću tankog premaza na površini. Vrata bi također bila od PVC – a sa dvostrukom oblogom. Ovdje je koeficijent  $U$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] uzet iz Metodologije provođenja energetske pregleda. Toplinski gubici se znatno smanjuju zbog smanjene zrakopropusnosti; smanjeni  $n_{50} = 9 \text{ h}^{-1}$  koji rezultira smanjenjem  $Q_{H,nd}$  što u konačnici utječe na manje troškove grijanja i odgovornijem ponašanju prema okolišu. Godišnja ušteda  $E_{del}$  bi iznosila 1.623,33 kWh.

Nakon provođenja mjere GM1+GM2 energetski razred zgrade postao bi **C** za oba slučaja. Odmah je vidljivo da integralni pristup, odnosno kombinacija mjera donosi puno veće uštede zato jer kompletna obnova vanjske ovojnice podrazumijeva smanjenje  $n_{50}$ , poboljšavanje toplinskih mostova i smanjenje transmisivskih gubitaka  $H_D$ . Godišnja ušteda  $E_{del}$  bi iznosila 5.052,97 kWh.

Ukoliko u postojeći sustav dodamo kondenzacijski kotao, SM1, za potrebe grijanja i PTV, mjera donosi dodatno smanjenje  $E_{del}$  što rezultira manjom cijenom potrošene energije. Ugradnjom kotla neće doći do promjene  $Q_{H,nd}$  jer se ne mijenjaju svojstva zgrade, te bi razred zgrade i dalje ostao C.  $E_{prim}$  se smanjila na 119,36 [kWh/m<sup>2</sup>a] zbog boljeg iskorištenja energije. Godišnja ušteda  $E_{del}$  bi sada iznosila 9.193,28 kWh.

Mjera SM2 podrazumijeva ugradnju dizalice topline DT koja spada u tip zrak-voda. Nazivna snaga DT je 15kW, volumen spremnika za sanitarnu toplu vodu je 150L. Režim rada DT za grijanje PTV je 55°C/45°C. Snaga pomoćnog grijača bila bi 75% snage DT i iznosi 11.25 kW. U ovom slučaju bi DT radila u paralelnom režimu rada tako da dizalica i grijač rade istovremeno pri niskoj temperaturi i na taj način štedi energiju. Ukoliko bi DT radila alternativnim načinom rada, pri padu temperature ne bi imala dovoljnu snagu za zagrijavanje prostora te bi se uključio samo grijač, čineći DT uređajem koji koristi elektrootporno zagrijavanje.

Novčane prednosti za ovaj stan su minimalne zbog toga jer koristi električnu energiju za pogon pomoćnih sustava, ali iz naše perspektive je iznimno korisna jer smanjuje emisiju CO<sub>2</sub>. Postavljanjem DT,  $E_{prim}$  se smanjila na 60,68 [kWh/m<sup>2</sup>a] te bi energetski razred bio poboljšan na **A**. Godišnja ušteda  $E_{del}$  tada bi iznosila 7.939,23 kWh.

Kombinirane mjere EM1+SM2+GM1+GM2 podrazumijeva ugradnju FN. Ona služi za kompenzaciju energije pomoćnih sustava  $W_{aux,uk}$  od DT upotrebom fotonaponskog sustava monokristalnog Silicija snage 0.17 kW/m<sup>2</sup>, površine 12 m<sup>2</sup>. Iskustveno takav fotonaponski sustav ima oko 1 kW snage za 6 m<sup>2</sup> te zbog toga ukupna snaga, mogućom godišnjom proizvedenom električnom energijom od 2.127,97 kWh, ovog sustava približno kompenzira  $W_{aux, uk}$  od 2.773,62 kWh potrebnu za DT. Samim time se smanjuje utjecaj na okoliš. Razred po  $E_{prim}$ , koja iznosi 28,88 [kWh/m<sup>2</sup>a], bi se poboljšao na **A+** i time bi u najvećoj mjeri dovelo do pozitivnog doprinosa kućanstva prema okolišu. Godišnja ušteda  $E_{del}$  bi sada iznosila 8.090,96 kWh.

Ugradnjom split klime, mjera SM3+GM1+GM2, smanjuje se  $E_{\text{prim}}$  na 53,92 [kWh/m<sup>2</sup>a], ali je promjena minimalna te stoga nije ekonomski opravdano u odnosu na DT. Ovaj uređaj donosi veliku prednost zbog velike količine proizvedene energije po kWh, u programu je to ukomponirano u sezonski faktor grijanja, SCOP. Snaga split klime je 14kW. Ograničenje split klime je u tome što njena iskazana radna nazivna snaga mora biti za 50% veća, jer pada SCOP pri niskim temperaturama. Potrebna je ugradnja 4 unutarnje jedinice (radijatora) za raspored topline po prostorijama. Godišnja ušteda  $E_{\text{del}}$  bi sada iznosila 14.422,82 kWh.

Svi rezultati energetskih razreda zgrade prikazani su u tablici 18. Podaci za razrede po mjerama samo su usporednog karaktera jer se ne koriste za potrebe energetskog certifikata.

Tablica 18. Usporedba energetskih razreda zgrade

Model	$Q''_{H,nd}/m^2a$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	Razred (prema $Q_{H,nd}$ )	Vrijednosti	$E_{\text{prim}}/m^2a$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	Razred (prema $E_{\text{prim}}$ )	Vrijednosti
PS: OK	165,51	E	≤ 200	308,77	D	>265 ≤410
GM1	133,09	D	≤ 150	257,99	C	>120 ≤265
GM2	144,59	E	≤ 200	295,65	D	>265 ≤410
GM1+GM2	105,55	D	≤ 150	179,94	C	>120 ≤265
SM1+GM1+GM2	105,55	D	≤ 150	119,36	C	>120 ≤265
SM2+GM1+GM2	105,55	D	≤ 150	60,68	A	>80 ≤100
EM1+SM2+GM1+GM2	105,55	D	≤ 150	28,88	A+	≤80
SM3+GM1+GM2	105,55	D	≤ 150	53,92	A	>80 ≤100

## 6. Zaključak

Proveden je postupak obrade i analize podataka vezanih za obiteljsku stambenu jedinicu kako bi se ustanovile energetske značajke, odredio energetski razred, troškovi primjene pojedinih mjera, vrijeme u kojem bi se ostvario povrat investicije. Napravljene su energetske analize koje su omogućile uvid u postojeće stanje. Postojeće stanje je bilo slijedeće:

Po godišnjoj  $Q''_{H,nd}$ , zgrada ima razred **E** [ $\leq 200$  kWh/(m<sup>2</sup>a)].

Po godišnjoj  $E_{prim}$ , zgrada ima razred **D** [ $>265 \leq 410$  kWh/(m<sup>2</sup>a)].

Programom Thorium A+ je omogućeno modeliranje i simulaciju mjera poboljšanja. Pokazalo se da kombinacija mjera izolacije vanjske ovojnice i ugradnja novih prozora i vrata donosi najviše prednosti za promatrani objekt.

Nakon provođenja mjere GM1+GM2 energetski razred zgrade postao bi **C** za oba slučaja.

Ugradnja kondenzacijskog kotla za grijanje znatno bi pomogla pri uštedi energije, ali je investicija prevelika i neisplativa. Ukoliko bi ugradili kondenzacijski kotao, SM1, za potrebe grijanja i PTV, mjera bi donijela dodatno smanjenje  $E_{del}$  što bi rezultiralo manjom cijenom potrošene energije. Ugradnjom kotla neće doći do promjene  $Q_{H,nd}$  jer se ne mijenjaju svojstva zgrade, te je razred zgrade i dalje ostao **C**.

Novčane prednosti DT za ovaj stan su minimalne zbog toga jer koristi el. energiju za pogon pomoćnih sustava, ali iz naše perspektive je iznimno korisna jer smanjuje emisiju CO<sub>2</sub>. Postavljanjem DT energetski razred bi po  $E_{prim}$  bio poboljšan na **A**.

FN sustav sa DT bi također bio ekonomski opravdan zbog mogućnosti sufinanciranja i relativno brzog povrata investicije. Kombinirane mjere ugradnje FN rezultirale bi smanjenjem utjecaja na okoliš i poboljšanje razreda po  $E_{prim}$ , koja iznosi 28,88 [kWh/m<sup>2</sup>a], a iznosio bi **A+**.

Ugradnjom split klime smanjuje se  $E_{prim}$ , ali ne bi bila ekonomski opravdana zbog prevelikog iznosa investicije.

Kod opredjeljenja za realizaciju i prihvrat određenih mjera, potrebno je pronaći ravnotežu između veličine prostora, potrebe stanara, uštede energije i financija potrebnih za provedbu odabrane mjere.

Iz svega navedenog nedvojbeno se može zaključiti da je za promatranu stambenu jedinicu najisplativije i najučinkovitije kompletno obnoviti vanjsku ovojnicu, ugraditi nove prozore i vrata te ugraditi DT i postaviti FN.

## 7. Popis oznaka i kratica

**A<sub>f</sub> (m<sup>2</sup>):** Ploština bruto površine kondicioniranog dijela zgrade

**A<sub>K</sub> (m<sup>2</sup>):** Ploština korisne površine kondicioniranog dijela zgrade

**V (m<sup>3</sup>):** Obujam grijanog zraka

**V<sub>e</sub> (m<sup>3</sup>):** Obujam grijanog dijela zgrade

**A(m<sup>2</sup>):** Oplošje grijanog dijela zgrade

**f<sub>0</sub>** Faktor oblika zgrade

**n<sub>50</sub>[h<sup>-1</sup>]** Broj izmjena zraka u ovisnosti o stanju zgrade

**Q<sub>gen, in, uk</sub> [kWh]** generirana energija sustava

**W<sub>aux, uk</sub> [kWh]** električna energija pomoćnih sustava

**E<sub>del</sub> [kWh]** isporučena energija

**E<sub>prim</sub> [kWh]** primarna energija

**Q<sub>H,nd</sub> [kWh]** potrebna energija za grijanje

**U [W/m<sup>2</sup>K]** koeficijent prolaska topline

**H [W/K]** koeficijent transmisivne izmjene topline

**PS:** Postojeće stanje

**OK:** Obiteljska kuća

**FZ:** Fizika zgrade

**EC:** Energetski certifikat

**GM:** Građevinska mjera

**SM:** Strojarska mjera

**EM:** Elektrotehnička mjera

**OIE:** Obnovljivi izvori energije

**PTV:** Potrošna topla voda

**DT:** Dizalica topline

**FN:** Fotonapon

**SCOP:** Sezonski faktor grijanja

**JPP:** Jedinствен period povrata investicije

## 8. Literatura

1. Thorium A+ računalni program za energetske certifikatore <http://thoriumaplus.com/> (pristup 28. lipanj 2020.)
2. European Union: Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), Official Journal of the European Union, 53 (2010) <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> (pristup 5. svibnja 2020.)
3. European Union: Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings (recast), 56 (2018) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02010L0031-20181224&from=EN> (pristup 20. svibnja 2020)
4. <https://www.wbdg.org/resources/sun-control-and-shading-devices> (pristup 24. travnja 2020.)
5. Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade (HRN EN ISO 13790), FSB, (2017) [https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovost/meteoroloski\\_podaci/Algoritam\\_HRN\\_EN\\_13790\\_2017.pdf](https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovost/meteoroloski_podaci/Algoritam_HRN_EN_13790_2017.pdf) (pristup 25. svibnja 2020)
6. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18) <http://thoriumaplus.com/wp-content/uploads/2019/03/Tehni%C4%8Dki-propis-o-racionlanoj-uporabi-energije-i-toplinskoj-za%C5%A1titi-u-zgradama-NN-128-15-i-70-18-i-73-18-i-86-18.pdf> (pristup 14. lipanj 2020.)
7. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama, Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode, FSB, (2017) [https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovost/meteoroloski\\_podaci/Algoritam\\_GrijPTV\\_2017.pdf](https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovost/meteoroloski_podaci/Algoritam_GrijPTV_2017.pdf) (pristup 10. lipanj 2020.)
8. Izračun za  $n_{50}$  [ $h^{-1}$ ] <http://thoriumaplus.com/izmjene-zraka-prirodnim-putem-kako-ih-racunati/> (pristup 2. lipnja 2020.)
9. Labudović B., Obnovljivi izvori energije, Energetika marketing, Zagreb, 2002., str.613.-641.
10. Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, (2017) [https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages//dokumenti/EnergetskaUcinkovost/meteoroloski\\_podaci//Metodologija-2017.pdf](https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages//dokumenti/EnergetskaUcinkovost/meteoroloski_podaci//Metodologija-2017.pdf) (pristup 28. travanj 2020.)
11. A. S. Solmaz; Optimizacija energetske učinkovitosti i toplinske ugodnosti uredske zgrade, Građevinar, 70 (2018) 582-586
12. Toplinske značajke zgrada, norma HRN EN ISO 13789:2008