

# OBITELJSKA KUĆA KAO ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE

---

Đapić, Stipe

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:949089>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Specijalistički diplomski stručni studij Strojarsstvo

**STIPE ĐAPIĆ**

**Z A V R Š N I R A D**

**OBITELJSKA KUĆA KAO ZGRADA GOTOVO NULTE  
ENERGIJE**

Split, studeni 2020.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Specijalistički diplomski stručni studij Strojstvo

**Predmet:** Grijanje i klimatizacija

**Z A V R Š N I R A D**

**Kandidat:** Stipe Đapić

**Naslov rada:** Obiteljska kuća kao zgrada gotovo nulte energije

**Mentor:** dr. sc. Zlatko Jankoski, prof. v. š. u trajnom zvanju

**Komentor:** /

Split, studeni 2020.

**REPUBLIKA HRVATSKA**  
**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**Sveučilišni odjel za stručne studije**

**Studij:** Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva  
**Predmet:** Grijanje i klimatizacija  
**Nastavnik:** dr. sc. Zlatko Jankoski, prof. v. š. u trajnom zvanju

## **ZADATAK**

**Kandidat:** Stipe Đapić

**Naslov teme:** Obiteljska kuća kao zgrada gotovo nulte energije

U završnom radu potrebno je:

- teoretski objasniti što je „zgrada gotovo nulte energije“ (eng. nZEB – Nearly Zero Energy Building), te regulatorni okvir koji je povezan s nZEB standardom
- prikazati primjere zgrada koje su rađene po nZEB standardu, te navesti i obrazložiti njihove tehničke karakteristike
- odabrati obiteljsku kuću na kojoj će se primijeniti nZEB standard
- izraditi pripadajuću tehničku i nacrtnu dokumentaciju obiteljske kuće
- primijeniti nZEB standard na primjeru obiteljske kuće te izvršiti dimenzioniranje energetskeg sustava za zadovoljavanje energetskeg potreba zgrade (toplinska i rashladna energija, električna energija), koji će obuhvatiti proizvodnju i potrošnje energije
- dati tehnički opis odabranog energetskeg sustava
- prikazati pojednostavljenu tehničko-ekonomsku analizu izvedbe „zgrade gotovo nulte energije“ u odnosu na prosječnu zgradu izgrađenu prema važećim tehničkim propisima;
- iznijeti zaključke;
- navesti literaturu i izvore podataka.

## Sažetak

U radu je teoretski prikazan regulatorni okvir koji se veže na standard za zgrade gotovo nulte energije (nZEB), te su navedeni primjeri nekih zgrada na kojima je taj standard primijenjen. Na primjeru obiteljske kuće, primijenjen je nZEB standard i izvršeno je dimenzioniranje energetskog sustava koji zadovoljava energetske zahtjeve zgrade. Kao tehnički sustav predviđena je upotreba novih tehnologija za grijanje, hlađenje i klimatizaciju, a za proizvodnju energije predviđen je sustav fotonaponskih solarnih pretvornika. Na kraju je prikazana procjena investicijskih troškova za izvedbu termoenergetskog sustava za grijanje građevine (dizalica topline „zrak-voda“) i izvedbu otočnog fotonaponskog sustava.

Ključne riječi: zgrada gotovo nulte energije, nZEB standard, energetski sustav, energetska učinkovitost, obnovljivi izvor energije

## Summary (Family house as a nearly zero energy building)

This thesis theoretically presents the regulatory framework that is related to the standard for nearly zero energy buildings (nZEB), and example are given of some buildings on which it is applied. On the example of a family house, the nZEB standard was applied and the dimensioning of the energy system that satisfies the energy requirements of the building. As for technical system, new technologies are being used for heating, cooling and air conditioning, and as for energy production a system of solar converters will be used. Finally, an estimate of investment costs for the construction of a thermal power system for heating a building (air to water heat pump) and the construction of an off-grid photovoltaic system is presented.

Keywords: near zero energy building, nZEB standard, energy system, energy efficiency, renewable energy.

**SADRŽAJ**

Sažetak .....	ii
Summary (Family house as a nearly zero energy building).....	ii
1. UVOD .....	1
2. ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE (nZEB) .....	2
3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE nZEB ZGRADA .....	5
3.1. ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE I TOPLINSKA ZAŠTITA .....	7
3.2. STROJARSKE KOMPONENTE I SUSTAVI.....	9
3.3. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PUTEM FOTONAPONSKOG SUSTAVA.....	11
3.4. PRIMJERI ISPUNJAVANJA nZEB ZAHTJEVA .....	14
4. OBITELJSKA KUĆA PREMA nZEB STANDARDU.....	18
4.1. TEHNIČKI OPIS I PRIKAZ OBITELJSKE KUĆE.....	18
4.2. PRORAČUN GODIŠNJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE I PRIPREME PTV .....	23
4.3. POTREBNA ENERGIJA ZA HLAĐENJE .....	27
4.4. GODIŠNJA ISPORUČENA I SPECIFIČNA PRIMARNA ENERGIJA .....	28
4.5. PRORAČUN FOTONAPONSKOGA SUSTAVA.....	29
4.6. PROCJENA INVESTICIJSKIH TROŠKOVA.....	33
5. ZAKLJUČAK .....	35
LITERATURA.....	36
PRILOZI.....	38

## Popis slika

Slika 2.1. Potrošnja energije po svim kategorijama zgrada gotovo nulte energije [1].....	10
Slika 2.2. Prikaz nZEB zgrade [1].....	12
Slika 3.1. Utjecaj debljina toplinske izolacije na specifičnu potrebnu energiju za grijanje $Q''_{H,nd}$ [2].....	15
Slika 3.2. Faktori oblika $f_o$ prema veličini i razvedenosti zgrade i specifična potrebna energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [2].....	16
Slika 3.3. Utjecaj mehaničke ventilacije na potrebnu specifičnu energiju za grijanje i hlađenje [2].....	17
Slika 3.4. Isporučena energija za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu, $E_{del,H}$ [kWh/a] [2].....	18
Slika 3.5. Iskorištavanje visokog potencijala energije sunčeva zračenja koji pada na svaku građevinu [5].....	19
Slika 3.6. Teoretski i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije [5].....	20
Slika 3.7. Postupak priključenja kućanstva s vlastitom proizvodnjom [6].....	21
Slika 1.8. Prikaz primjera obiteljske kuće na području kontinentalne Hrvatske [2].....	22
Slika 3.9. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije grijane i/ili hlađene na temperaturu 18 °C ili više (prema Tehničkom propisu) [2].....	23
Slika 3.10. Termotehnički sustav sastavljen od sastoji od dizalice topline zrak-voda, priprema PTV sa dodatnim električnim grijačem, podnog grijanja i ventilokonvektora [2].....	24
Slika 3.11. Termotehnički sustav sastavljen od dizalice topline zrak-zrak, priprema PTV putem solarnog sustava sa dodatnim električnim grijačem i unutarnje jedinice [2].....	25
Slika 4.1. Tlocrt stana na prizemlju.....	27
Slika 4.2. Tlocrt stana na katu.....	28
Slika 4.3. Južna strana obiteljske kuće.....	29
Slika 4.4. Sjeverna strana obiteljske kuće.....	29
Slika 4.5. Zapadna strana obiteljske kuće.....	30
Slika 4.6. Komponente i provjera otočnog fotonaponskog sustava [10].....	32
Slika 4.7. Očekivana dnevna proizvodnja energije otočnog fotonaponskog sustava za ciljenu lokaciju obiteljske kuće [11] .....	33
Slika 4.8. FN paket MIDI 12 [10] .....	35

**Popis tablica**

Tablica 4.1. Geometrijske karakteristike obiteljske kuće.....	26
Tablica 4.2. Orijentacije otvora obiteljske kuće.....	26
Tablica 4.3. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na prizemlju.....	33
Tablica 4.4. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na katu.....	34
Tablica 4.5. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na prizemlju s povećanom izolacijom.....	35
Tablica 4.6. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na katu s povećanom izolacijom.....	35
Tablica 4.7. Utrošak električne energije u obiteljskoj kući na kućanska trošila.....	38
Tablica 4.8. Osnovni parametri sustava .....	39
Tablica 4.9. Proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja .....	39
Tablica 4.10. Primjer troškovnika termotehničkog sustava za dobro izoliranu kuću.....	43



## 1. UVOD

Stalnim povećanjem ljudi na zemlji i napretkom tehnologije dolazi do povećanja potrebe za energetske resursima. Kako bi se spriječila energetska kriza zbog poremećaja u opskrbi energijom potreba za racionalnijom potrošnjom i uštedom energije postalo je jedna od glavnih pitanja politike, ekonomije i znanosti.

Zgrade su kao jedan od najvećih potrošača odgovorne za 40% ukupne potrošnje energije u Uniji, dok u Hrvatskoj potrošnja energije u zgradama iznosi 42,3% ukupne potrošnje energije. U Hrvatskoj je preko 75% zgrada starije od 20 godina i ne zadovoljavaju važeće propise u području energetske učinkovitosti [1].

Zgradama približno nulte energije postavlja se cilj za smanjenjem energetske potrošnje, a istovremeno povećanje korištenja obnovljivih izvora energije i zaštite okoliša. Prema Direktivi o energetske učinkovitosti zgrada gotovo nulte energije definirana je kao zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva, mora se u značajnom postotku pokrivati energijom iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na samom objektu ili u njegovoj neposrednoj blizini. U Hrvatskoj je određeno da je potrebno najmanje 30% od ukupne potrebne energije biti proizvedeno iz obnovljivih izvora energije [1].

Važno je da se nZEB standard približi što većoj populaciji ljudi kroz informativne medije kako bi se što bolje upoznali sa zahtjevima standarda. Također je potrebno s vremenom smanjiti cijene tehnologije potrebne za ostvarivanje takvih standarda te je tako napraviti pristupnom svima. Subvencioniranje od strane Europske Unije uvelike olakšava povećanju broja zgrada nulte energije.

## 2. ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE (nZEB)

Gradnja gotovo nultih zgrada utemeljena je na spoju visokog stupnja učinkovitosti. Ograničenja takvog građenja su bitno stroža od općih u pogledu energetskih razreda. Primjere kategorija dozvoljenih potrošnje energije možemo vidjeti na sljedećoj slici 2.1 [1].

ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE	Najveća dozvoljena potrošnja primarne energije po 1 m <sup>2</sup> površine zgrade, godišnje	
	Kontinentalna HR	Primorska HR
Kategorija zgrade	$E_{prim}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	$E_{prim}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]
Uredska zgrada	30	25
Obiteljska kuća	40	30
Zgrada za obrazovanje	55	50
Višestambena zgrada	80	50
Zgrada hotela i restorana	80	65
Zgrada za trgovinu	170	140
Zgrada sportskih dvorana	190	100
Zgrada bolnica	200	190

Slika 2.1. Potrošnja energije po svim kategorijama zgrada gotovo nulte energije [1]

Neki od najvažnijih zakonodavnih dokumenata koji pokrivaju nZEB i problematiku povezanu sa tim standardom su:

- **Direktiva o energetskim svojstvima zgrada 2010/31/EU** – na snazi od 19. svibnja 2010. (eng. Directive on the energy performance of buildings), definira osnovne pojmove te smjernice za implementaciju zgrada gotovo nulte energije i rokove nakon kojih će morati biti sve novogradnje izgrađene prema nZEB standardu.
- **Direktiva o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora 2009/28/EC** – na snazi od 23. travnja 2009. (eng. Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources), čime se želi potaknuti sve veća proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije u državama članicama, a to se može i primijeniti kao poticanje izgradnje zgrada prema nZEB standardu.
- **Direktiva o energetske učinkovitosti 2012/27/EU** – na snazi od 25. listopada 2012. (eng. Directive on energy efficiency), ujedno prenesena i na hrvatsko nacionalno

zakonodavstvo kao **Zakon o energetskej učinkovitosti (NN 127/14)** čime je određeno da se odluka o energetskej obnovi višestambene zgrade donosi na temelju natpolovične većine glasova suvlasnika zgrade. Također se energetska ušteda ne mora dokazivati mjerenjem, već glavnim projektom.

- **Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskej zaštiti u zgradama** („Narodne novine“ broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18) kojim su određeni tehnički zahtjevi za zgrade u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite kako građevinskog dijela zgrade tako i pratećih sustava strojarskog dijela, a koje je potrebno ispuniti prilikom projektiranja, građenja i rekonstrukcije zgrada.
- **Dugoročna strategija za poticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske** („Narodne novine“ broj 28/19).
- **Plan za povećanje zgrada gotovo nulte energije do 2020. godine (2014).**
- Program poticanja gradnje novih i obnavljanja postojećih zgrada do standarda gotovo nulte energije (2018) [1] [2].

Kako Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine navodi, zgrade su veliki potrošači i zagađivači okoliša. U Europskoj uniji je procijenjeno da su zgrade odgovorne za 40% potrošene energije i 36% emisija CO<sub>2</sub> zbog kojih su i postavljeni novi i stroži kriteriji. Do 2050. godine cilj EU je smanjiti emisije CO<sub>2</sub> za čak 80-95% kao dugoročna vizija klimatski neutralne Europe čime bi povećanjem izgradnje nZEB vrlo visokih energetskej svojstava uvelike pridonijele [2].

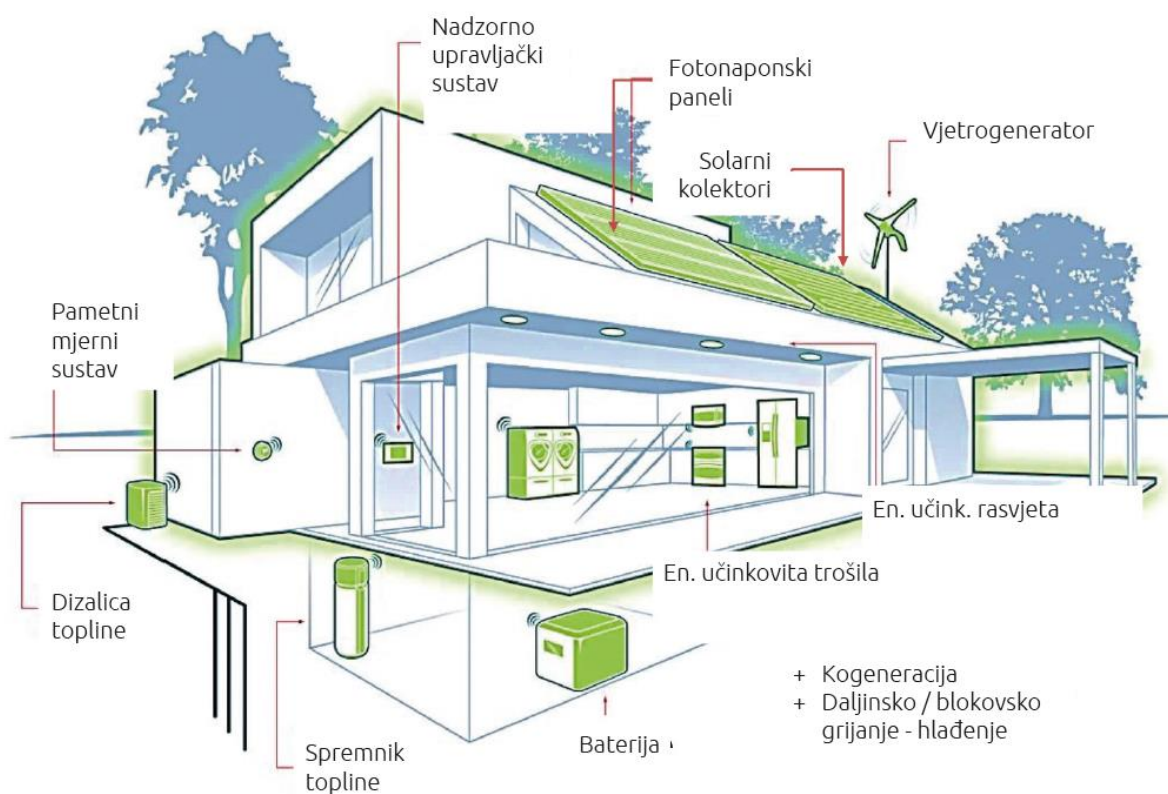
U Hrvatskoj su po prvi put precizno definirane zgrade gotovo nulte energije prikazane u smislu najveće dopuštene potrošnje primarne energije po kategorijama u dopunama propisa. Definirane su time da godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)], nije veća od dopuštenih vrijednosti utvrđenih u Tehničkom propisu i godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)], koja uključuje energije navedene u Tablici 8.a Tehničkog propisa, nije veća od dopuštenih vrijednosti utvrđenih u Tehničkom propisu [2].

Nisko energetska zgrada (slika 2.2) se ne može samo izvesti uz pomoć najnovijih građevinskih materijala i debljih slojeva toplinske izolacije čijim svojstvima je spriječeno rasipanje energije već je potrebno da i sama zgrada proizvodi vlastitu toplinsku, rashladnu i

električnu energiju. Vrste tehnologija obnovljivih izvora energije kojima se mogu ostvariti uvjeti da bi zgrada bila gotovo nulte energije su sljedeći:

- kotlovi na biomasu (npr. peleti, drvena sječka, briketi) za grijanje prostora,
- solarni kolektori za zagrijavanje potrošne sanitarne vode,
- dizalice topline koje se koriste za grijanje i hlađenje prostora,
- fotonaponski paneli i vjetrogeneratori za proizvodnju električne energije,
- spremnik vode i električne baterija kao sustavi za pohranu energije [1].

Energetsku učinkovitost u zgradama za vrijeme korištenja obnovljivih izvora energije postiže se visoko energetske učinkovitim građevinskim materijalom koji se koriste za izradu ovojnice zgrade (fasada, krov, prozori), štednom rasvjetom, te kućanskim i ostalim aparatima visoke energetske učinkovitosti (klase A+, A++ ili A+++). Također je potrebno imati inteligentni mjerni sustav (eng. Smart metering) i nadzorno upravljački sustav kojim ima mogućnost analize i praćenja proizvodnje i potrošnje energije [1].



**nZEB Zgrada**

Slika 2.2. Prikaz nZEB zgrade [1]

### 3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE nZEB ZGRADA

Iz građevinske perspektive izgradnje nZEB-a uvjetno je da se primjenjuju naprednije toplinske izolacije od minimalno propisanih te da se primjene striktno prema pravilima struke i smjernicama proizvođača. Potrebno je voditi računa na sprečavanje toplinskih mostova, a slično vrijedi i za vrata i prozore. Postizanje nZEB standarda u građevinskom dijelu ne zahtijeva naprednu i specijalnu tehnologiju ili materijale jer je njihov zadatak projektirati i izvesti zgradu takvom da ona osigurava unutarnju mikroklimu koja je ugodna i zdrava za stanovanje. Pojam mikroklike veže pojmove fizike građevine koja obuhvaća toplinsku zaštitu, zaštitu od buke, hidroizolaciju, zaštitu od požara i potrebnu osvjetljenost unutarnjih prostora. Ovojnicu zgrade čine svi dijelovi konstrukcije koji dijele unutarnji grijani prostor od vanjskoga negrijanog. U kontinentalnoj Hrvatskoj dopuštena vrijednost koeficijenta prolaska topline kroz vanjski zid je  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a za stolariju  $U = 1,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ . U praksi bi to značilo da se fasada izrađuje s minimalno 20 cm izolacije, krovište s minimalno 25 cm izolacije, a prozori bi trebali biti izrađeni sa trostrukim staklom. U pregradnim zidovima i međukatnim konstrukcijama također se može postaviti toplinsko-izolacijska zaštita kako bi se osigurao veći komfor u cjelokupnom objektu. Kod odabira toplinsko-izolacijske zaštite potrebno je da vrijednost toplinske provodljivosti bude što niža, što jednostavnija za ugradnju, da ima što bolju zvučnu izolaciju, sadrži protupožarna svojstva, strukturnu stabilnost i samonosivost, nehigroskopnost, hidrofobnost, kemijsku neutralnost, inertnost na mikroorganizme, itd. [1].

Pet ključnih faktora za razmatranje kod projektiranja su:

- 1) **Optimalna razina toplinske izolacije:** Odnosi se na osiguranje potrebne toplinske zaštite ovojnice zgrade i pridonosi visokoj razini energetske učinkovitosti. Većina gubitaka topline u konvencionalnim zgradama gubi se kroz ovojnicu (vanjske zidove, krov i pod). Obrnuta situacija javlja se u ljetnoj sezoni i u toplijim klimatskim zonama. Toplinska izolacija osigurava da toplina ostaje vani, održavajući unutrašnjost ugodnom za život, uz dodatne elemente vanjske zaštite od sunca.
- 2) **Toplinski izolirani prozorski okviri sa visokom kvalitetom stakla:** Kada se govori o takvim prozorima obično se odnosi na prozore s trostrukim staklom. Kroz južno orijentirane prozore dozračuje se više sunčeve energije nego se oslobađa toplinske energije iz interijera zgrade. Položaj Sunca u toplijim mjesecima je više obzoru tako

da se kroz otvore dozračuje manje toplinske energije. Ipak upotreba vanjske zaštite je važno kako bi se spriječilo nepotrebno pregrijavanje.

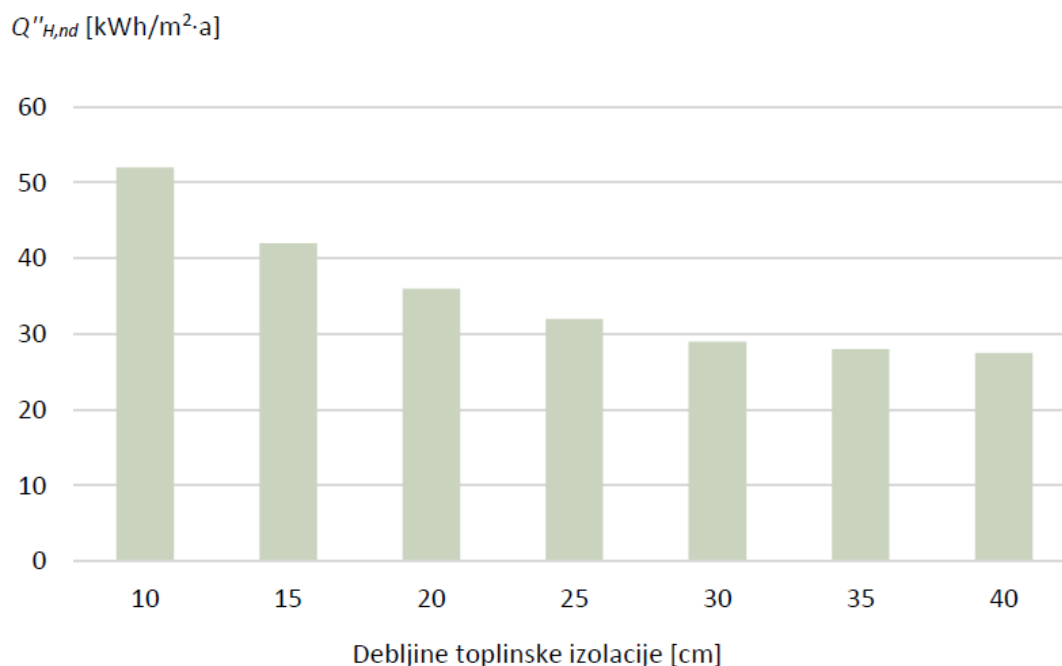
- 3) **Rješavanje toplinskog mosta.** Iz grijanog prostora u negrijani, toplina putuje tamo gdje je otpor najmanji. U strukturi građevine najslabije točke su toplinski mostovi koji propuštaju energiju kroz ovojnici zgrade. Kako bi se izbjegli nepotrebni gubici topline najbolji način za izbjeci toplinske mostove je u procesima dizajniranja i izgradnje.
- 4) **Zrakonepropusnost:** Cijeli unutarnji prostor je obuhvaćen nepropusnom ovojnicom koja sprečava gubitke energije, te oštećenja koja nastaju utjecajem vlage i propuha. Kod projektiranja kuća potrebno je obratiti pozornost na spojeve i detalje spojeva, te izraditi s neprekinutim i nepropusnim slojem.
- 5) **Ventilacija s povratom topline.** Ventilacija s povratom topline osigurava svu potrebnu opskrbu svježeg i čistog zraka za ugodniji život. Izmjenom topline i korištenjem kvalitetne izolacije moguće je vratiti do 90 % topline iz otpadnog zraka. Ventilacijski sustavi s povratom topline su obično tihog rada i jednostavni sa korištenje [3].

Zahtjevi kojima se ispunjava nZEB standard su:

1. Godišnja potrebna toplinska energija koja je potrebna za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)].
2. Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] koja po potrebi uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu.
3. Barem 30 % isporučene energije je potrebno podmiriti iz obnovljivih izvora energije.
4. Ispitivanjem na zgradi dokazati ispunjavanje zahtjeva zrakopropusnost prije tehničkog pregleda.

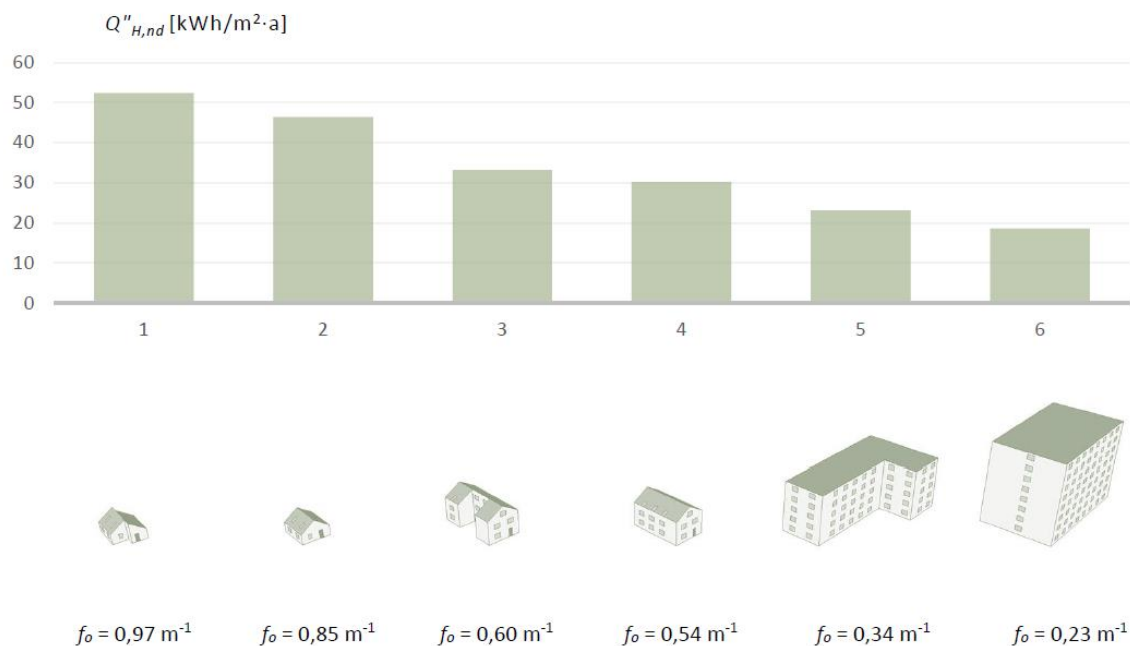
### 3.1. ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE I TOPLINSKA ZAŠTITA

U načelu energetski učinkovitog oblikovanja, projektiranje zgrada niske i visoke razine potrošnje energije lakše će se ispunjavati zahtjevi nZEB standarda korištenjem naprednih termotehničkih sustava i obnovljivih energenata. Jedan od čimbenika koji utječe na energiju potrebnu za grijanje i hlađenje je kvaliteta ovojnice zgrade. Debljina toplinske izolacije najviše utječe na potrebnu energiju grijanja prostora (slika 3.1.) [2].



Slika 3.1. Utjecaj debljina toplinske izolacije na specifičnu potrebnu energiju za grijanje  $Q''_{H,nd}$  [2]

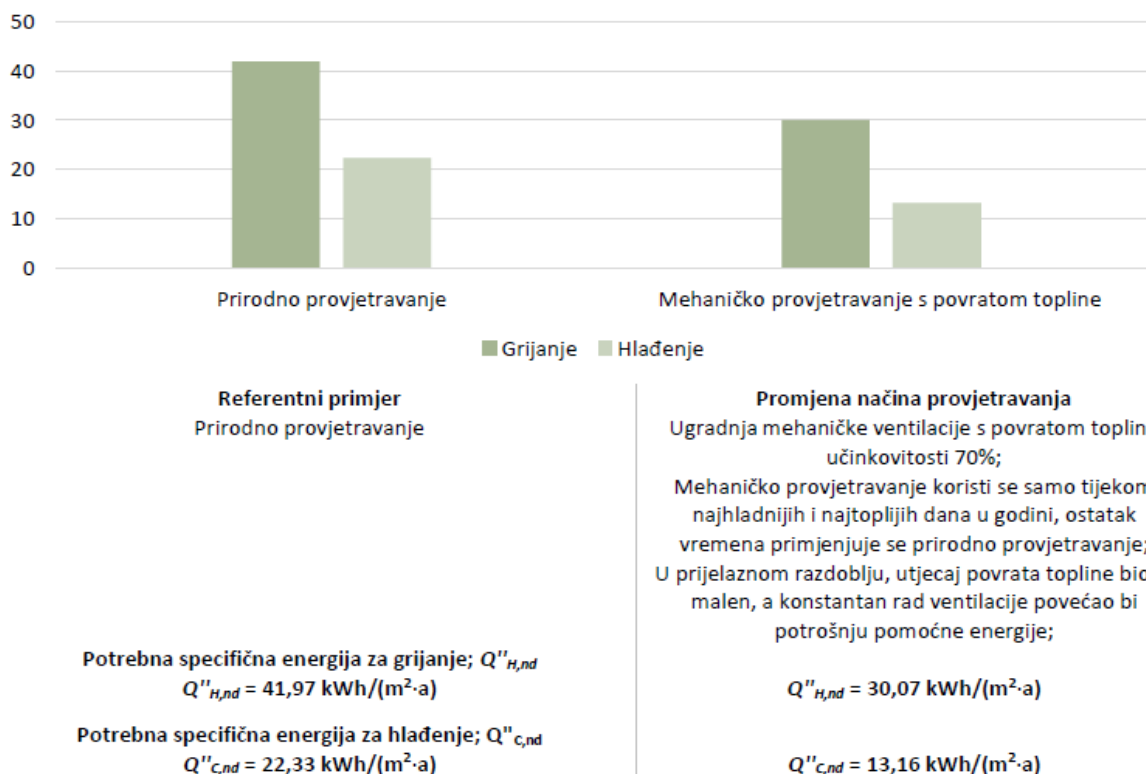
Po razini utjecaja čimbenika na potrebnu energiju grijanja sljedeći je kompaktnost zgrade. Kompaktnost zgrade prikazana je faktorom oblika  $f_0$  na kojega također utječe i veličina zgrade (slika 3.2.). Uloga orijentacije otvora je bitna kada su u pitanju velike staklene plohe i žele se iskoristiti pasivni solarni dobici. Kao zaštitu od sunca ugrađuju se ostakljenja s niskim faktorom propusnosti sunčevog zračenja i vanjskim napravama za zaštitu od pregrijavanja [2].



Slika 3.2. Faktori oblika  $f_o$  prema veličini i razvedenosti zgrade i specifična potrebna energija za grijanje  $Q''_{H,nd}$  [2]

Zbog potrebe za provjetravanjem prostora ventilacijski gubici su neizbježni. Korištenjem prirodne ventilacije kao načinom provjetravanja prostora rezultira nužnim ventilacijskim gubicima koji iznose oko trećinu toplinskih gubitaka u stambenim zgradama. Sprečavanje takvih gubitaka izvodi se prisilnom ventilacijom koja može biti s rekuperacijom topline ili izmjenjivačima topline. Potrebnu energiju za grijanje i hlađenje moguće je znatno smanjiti uz upotrebu mehaničke ventilacije s povratom topline, a povećava se pomoćna energija za ventilaciju (slika 3.3.).

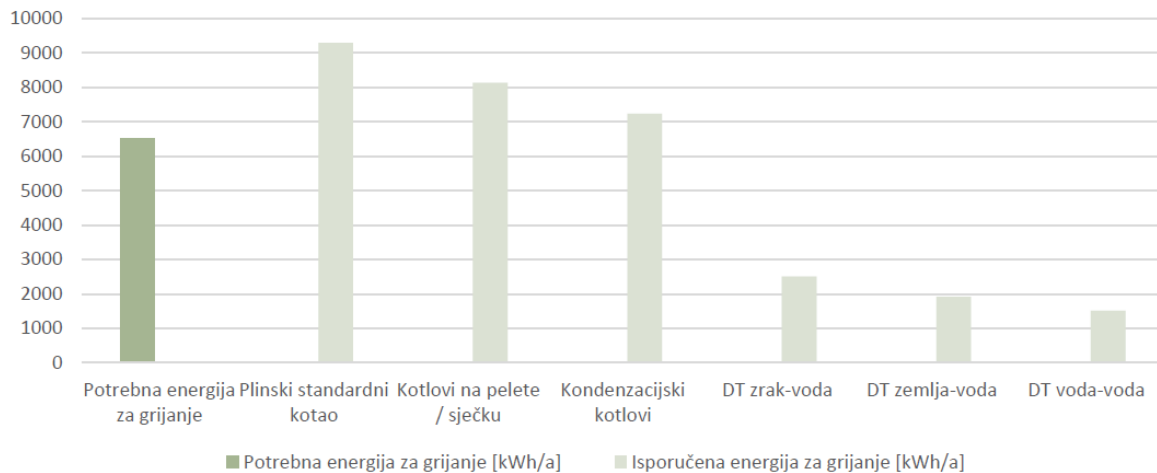




Slika 3.3. Utjecaj mehaničke ventilacije na potrebnu specifičnu energiju za grijanje i hlađenje [2]

### 3.2. STROJARSKE KOMPONENTE I SUSTAVI

Komponente strojarskog dijela izgradnje nZEB zgrada su grijanje, hlađenje i ventilacija. Za potrebe rada tehničkih i termotehničkih sustava isporučuje se energija koja ovisi o potrebnoj energiji i učinkovitosti sustava grijanja, pripreme potrošne vode, hlađenja, ventilacije i rasvjete, a označava se s  $E_{del}$  i izražava u kWh/god. Drugim riječima isporučena energija je ona koja se troši i plaća, a može se podijeliti u neto energiju koju je potrebno potrošiti kako bi se zagrijao prostor i bruto energiju koja se mora potrošiti. Glavni uzrok razlike između bruto i neto energije koju je potrebno ili se mora potrošiti su gubici zbog nesavršenosti sustava. Jedan od suvremenijih i najučinkovitijih sustava su dizalice topline ili toplinske pumpe koje osiguravaju jako malu potrošnju energije. To je tehnologija koja se koristi za grijanje, hlađenje i pripremu tople vode, a isporučena energija je manja od potrebne zbog toga što koriste energiju okoliša. Prema slici 3.4. može se vidjeti usporedba potrebne i isporučene energije ovisno o korištenom termotehničkom sustavu [1].



Slika 3.4. Isporučena energija za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu,  $E_{del,H}$  [kWh/a] [2]

Omjer uspješno predane energije prostoru i energija koja je isporučena termotehničkim sustavom predstavlja učinkovitost rada termotehničkog sustava. Isporučenu energiju za sve tehničke sustave moguće je proračunati algoritmima koji su dostupni na stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja:

- Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi kogeneracije, sustavi daljinskog grijanja, fotonaponski sustavi
- Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Energijski zahtjevi za rasvjetu [4].

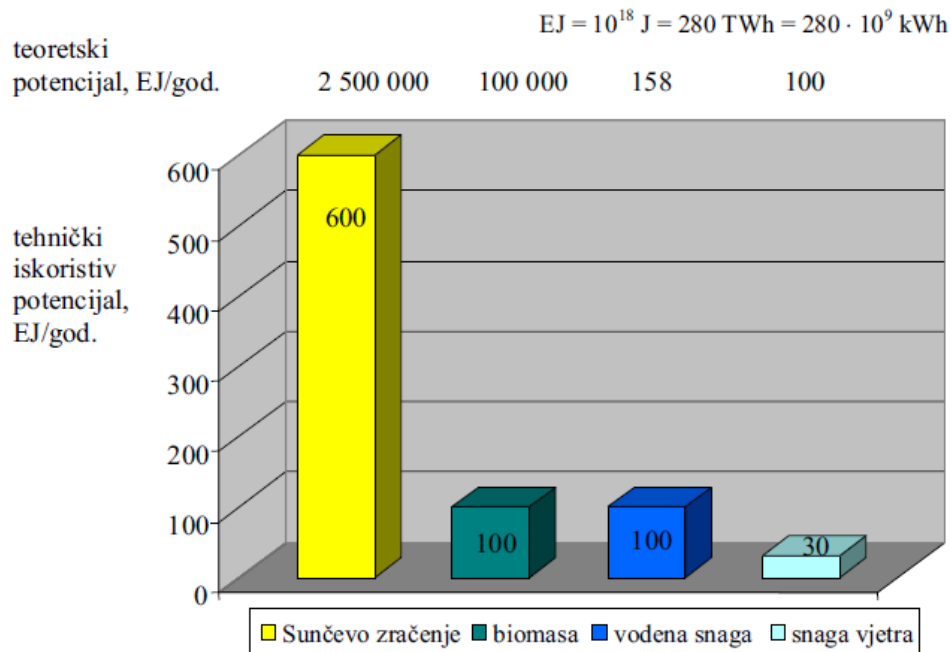
### 3.3. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PUTEM FOTONAPONSKOG SUSTAVA

S uporabom novih tehničkih uređaja i kvalitetne opreme moguće je iskoristiti tehnički potencijal energije sunčeva zračenja i do nekoliko puta veću energiju nego li je građevini potrebno. Za prihvatljivu cijenu se može izraditi sustav za pretvorbu energije sunčevog zračenja u električnu, toplinsku ili energiju za hlađenje prema potrebi. Takvim jednim sustavom mogu se zadovoljiti uvjeti udobnosti, smanjenog uvoza energenata, sigurna opskrba energije uz smanjene negativne utjecaje na okoliš (slika 3.3.) [5].



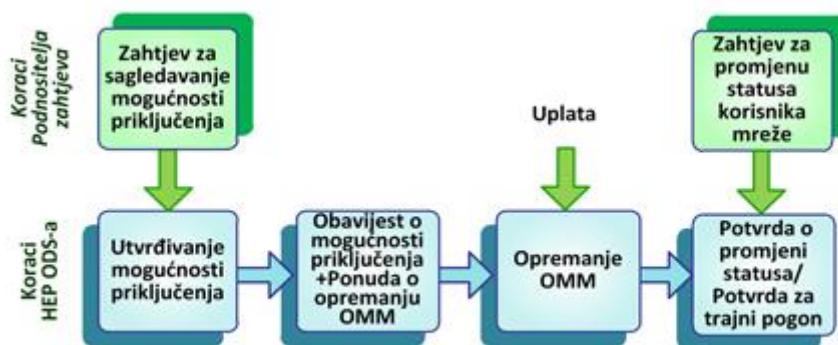
*Slika 3.5. Iskorištavanje visokog potencijala energije sunčeva zračenja koji pada na svaku građevinu [5]*

U Hrvatskoj je još uvijek nizak broj ugrađenih sustava koji iskorištavaju energiju sunčeva zračenja u usporedbi s potencijalom koji ima i komparativnom prednošću. U teoriji je daleko veći potencijal energije sunčeva zračenja u odnosu na druge vrste obnovljivih izvora energije (vode, vjetra, biomase). Moguća iskoristivost energije sunčeva zračenja za grijanje, hlađenje i proizvodnju električne energije je još uvijek daleko veća od svjetske potrošnje ukupne energije (slika 3.6.) [5].



Slika 3.6. Teoretski i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije [5]

Fotonaponski sustavi se dijele na dvije skupine: samostalni sustavi (eng. *off-grid*) koji nisu priključeni na javnu mrežu i sustavi koji su priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (eng. *on-grid*). Za sustav priključen na javnu mrežu potrebno je proći postupak za podnošenje zahtjeva kako bi postao kupac s vlastitom proizvodnjom (slika 3.7.). Prema članku 3. Pravilnika o naknadi za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage određena je naknada za priključenje kupca i za priključenje proizvođača na mrežu. Sve viškove električne energije proizvedene od strane kupca s vlastitom proizvodnjom dužni su kupovati opskrbljivači električnom energijom prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji [6].



Slika 3.7. Postupak priključenja kućanstva s vlastitom proizvodnjom [6]

Samostalni fotonaponski sustavi (engl. *off-grid*) mogu biti s ili bez pohrane energije i to su sustavi koji nisu priključeni na mrežu. Komponente na kojima se takav sustav temelji su:

1. Fotonaponski moduli
2. Regulator punjenja
3. Akumulator
4. Trošila
5. Izmjenjivači (ovisi da li trošila koriste izmjeničnu struju) [5].

Od gore navedenih komponenti fotonaponski sustav ima dva karakteristična procesa: pretvorba energije zračenja sunca u električnu i pretvorba električne energije u kemijsku i obrnuto. U solarnim ćelijama se odvija proces pretvaranja energije sunčeva zračenja u električnu energiju, a u akumulatoru se odvija povratni elektrokemijski proces punjenja i pražnjenja. Kada električna energija dođe do trošila pretvara se u različite oblike kao što su toplinska, mehanička, svjetlosna i ostale, ovisno o kakvom se trošilu radi [5].

### 3.4. PRIMJERI ISPUNJAVANJA nZEB ZAHTJEVA

Za primjer, u nastavku su prikazani rezultati potrošnje energije ovisno o lokaciji i varijanti korištenog termotehničkog sustava, a kako bi se zadovoljili nZEB zahtjevi. Za područje kontinentalne Hrvatske uzeta je obiteljska kuća na lokaciji u Zagrebu (slika 3.8.). Obiteljska kuća se sastoji od prizemlja i potkrovlja, grijana površina je  $155 \text{ m}^2$ , a volumen grijanog prostora  $582 \text{ m}^3$  [2].



Slika 2.8. Prikaz primjera obiteljske kuće na području kontinentalne Hrvatske [2]

Zidovi su izgrađeni od blok opeke s oblogom od 15 cm toplinske izolacije, pod s oblogom od 21 cm toplinske izolacije i krovšte s oblogom od 21 cm toplinske izolacije. Prozori su izrađeni s dvostrukim IZO staklom na koje su dodatno postavljene rolete kao zaštita od sunca. Ventilacija se izvršava u svim prostorima prirodnim putem. Prema zadanim geometrijskim, građevinskim i tehničkim karakteristikama zgrade dobiveni su rezultati specifične potrebne energije za grijanje ( $Q_{H,nd}$ ) u iznosu  $41,97 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  što je manje od maksimalne dopuštene vrijednosti od  $62,80 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , a rezultati specifične potrebne energije za hlađenje ( $Q_{C,nd}$ ) iznose  $22,33 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  što je također manje od maksimalne dopuštene vrijednosti od  $50,00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (tablica 3.9.) [2].

ZAHTRAJEVI ZA NOVE ZGRADE i nZEB / GOEZ	$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]						$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]			
	NOVA ZGRADA i nZEB / GOEZ						NOVA		nZEB / GOEZ	
	kontinent, $\theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\theta_{mm} > 3$ °C			kont $\theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\theta_{mm} > 3$ °C	kont $\theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\theta_{mm} > 3$ °C
VRSTA ZGRADE	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$				
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 38,42 \cdot f_0$	57,50	115	70	45	35
Uredska	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,91 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55
Bolnica	18,72	$10,61 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,91 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	13,90	$8,92 + 24,91 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	/	/

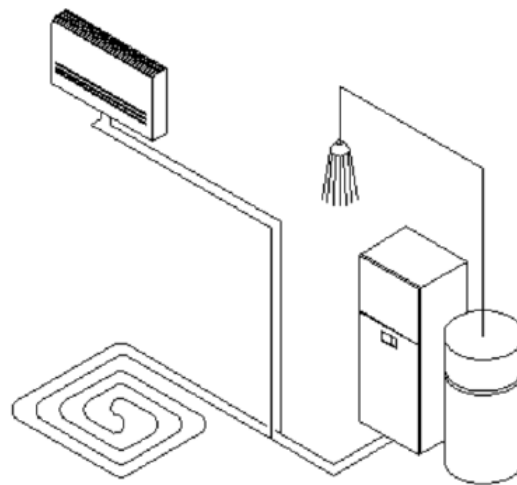
Zgrade gotovo nulte energije ispunjavaju zahtjeve u pogledu primjene obnovljivih izvora energije ako je najmanje 30% godišnje isporučene energije podmireno iz obnovljivih izvora energije.

Slika 3.9. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili višu (prema Tehničkom propisu) [2]

Za termotehnički sustav odabrana je dizalica topline zrak-voda (slika 3.10.). Dizalica topline se koristi energijom iz okoliša s čime je zadovoljen zahtjev o iskorištavanju obnovljivih izvora energije. Primarni energent ovog sustava je električna energija. U sklopu dizalice topline je i priprema PTV, koja sadrži dodatni električni grijač koji služi za rad pri niskim temperaturama kada dizalica topline ne radi u punom kapacitetu ili ne radi uopće. Predaja topline prostorima se vrši putem ventilokonvektora i podnog grijanja. Godišnja isporučena energija stambene zgrade se dijeli prema sustavima koji se u njoj nalaze, te dobiveni rezultati za obiteljsku kuću u kontinentalnoj Hrvatskoj iznose:

- Za grijanje i PTV:  $E_{HW,DEL} = 3614$  kWh/a
- Za hlađenje:  $E_{C,DEL}$  se ne računa za stambene zgrade
- Za rasvjetu:  $E_L$  se također ne računa za stambene zgrade
- Energija proizvedena putem obnovljivih izvora energije na lokaciji zgrade:  $E_{L,RES} = 0$  kWh/a [2].

Prema energetske svojstvu zgrade može se primijetiti da godišnja isporučena energija ( $E_{del}$ ) iznosi 3614 kWh/a, a godišnja primarna energija ( $E_{prim}$ ) iznosi 5834 kWh/a. Kako bi se provjerilo da li obiteljska kuća ispunjava nZEB zahtjeve izračunata je specifična godišnja primarna energija ( $E_{prim}/A_k$ ) te dobiven iznos od 37,64 kWh/m<sup>2</sup>a, što je manje od maksimalnog dopuštenog iznosa od 45,00 kWh/m<sup>2</sup>a. Za ovakav sustav proračunato je da udio koji koristi iz obnovljivih izvora energije iznosi 61,81 %, što također zadovoljava nZEB zahtjev kojim je definiran potreban udio od barem 30 % povrata energije iz obnovljivih izvora energije [2].



*Slika 3.10. Termotehnički sustav sastavljen od dizalice topline zrak-voda, priprema PTV sa dodatnim električnim grijačem, podnog grijanja i ventilokonvektora [2]*

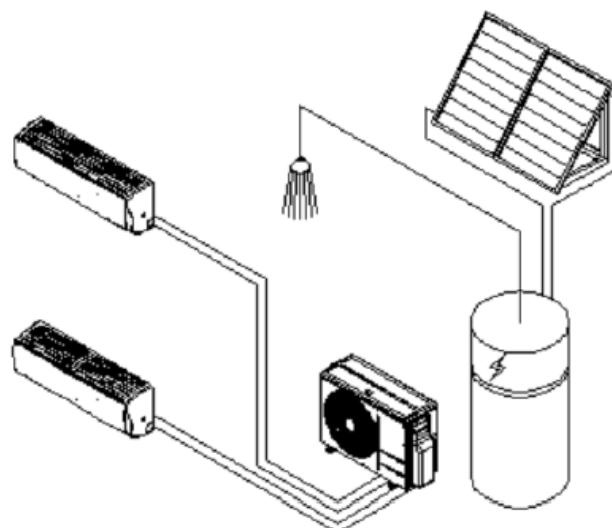
U sljedećem primjeru primjene nZEB standarda biti će prikazana ista obiteljska kuća prema slici 3.8., ali na području primorske Hrvatske, na lokaciji Split. Za iste zadane geometrijske, građevinske i tehničke karakteristike zgrade, dobiveni su rezultati specifične potrebne energije za grijanje ( $Q_{H,nd}^{''}$ ) u iznosu 18,00 kWh/m<sup>2</sup>a, što je manje od maksimalne dopuštene vrijednosti od 45,95 kWh/m<sup>2</sup>a. Izračunata specifična potrebna energija za hlađenje ( $Q_{C,nd}^{''}$ ) iznosi 36,65 kWh/m<sup>2</sup>a, što je također manje od maksimalne dopuštene vrijednosti od 50,00 kWh/m<sup>2</sup>a. Iz rezultata se može zaključiti da ista obiteljska kuća u kontinentalnoj i primorskoj Hrvatskoj nemaju iste rezultate zbog različitih meteoroloških uvjeta. Na ovom primjeru iskorišten je termotehnički sustav s dizalicom topline zrak-zrak (split ili multi split sustav) i solarnim sustavom (slika 3.11.). Primarni energent ovog sustava je električna energija. Proizvodnja topline se vrši split sustavom uz solarni sustav za PTV kombiniran s električnim



grijačem kao dodatkom za zagrijavanje vode. Predaja topline se vrši putem unutarnjih jedinica split ili multi split sustava. Ovakav termotehnički sustav zadovoljava uvjet nZEB standarda za upotrebu obnovljivih izvora energije jer se služi solarnom energijom i energijom okoliša. Godišnja isporučena energija stambene zgrade se dijeli prema sustavima koji se u njoj nalaze, te dobiveni rezultati za obiteljsku kuću u primorskoj Hrvatskoj iznose:

- Za grijanje i PTV:  $E_{HW,DEL} = 1851 \text{ kWh/a}$
- Za hlađenje:  $E_{C,DEL}$  se ne računa za stambene zgrade
- Za rasvjetu:  $E_L$  se također ne računa za stambene zgrade
- Energija proizvedena putem obnovljivih izvora energije na lokaciji zgrade:  $E_{L,RES} = 0 \text{ kWh/a}$  [2].

Prema energetske svojstvu zgrade dobiven je rezultat da godišnja isporučena energija ( $E_{del}$ ) iznosi 2698 kWh/a, a godišnja primarna energija ( $E_{prim}$ ) iznosi 4355 kWh/a. Kako bi se provjerilo da li obiteljska kuća ispunjava nZEB zahtjeve izračunata je specifična godišnja primarna energija ( $E_{prim}/A_k$ ) te dobiven iznos od 28,09 kWh/m<sup>2</sup>a, što je manje od maksimalnog dopuštenog iznosa od 35,00 kWh/m<sup>2</sup>a. Za ovakav sustav proračunato je da udio koji koristi iz obnovljivih izvora energije iznosi 55,40 %, što također zadovoljava nZEB zahtjev kojim je definiran potreban udio od barem 30 % povrata energije iz obnovljivih izvora energije. Površina solarnih panela korištenih u ovom primjeru je 5 m<sup>2</sup> [2].



*Slika 3.11. Termotehnički sustav sastavljen od dizalice topline zrak-zrak, priprema PTV putem solarnog sustava sa dodatnim električnim grijačem i unutarnje jedinice [2]*

## 4. OBITELJSKA KUĆA PREMA nZEB STANDARDU

### 4.1. TEHNIČKI OPIS I PRIKAZ OBITELJSKE KUĆE

Zadatak sadrži primjer obiteljske kuće smještene na lokaciji u Kaštel Starome. Na primjeru obiteljske kuće dimenzionirati će se termotehnički sustav prema zahtjevima nZEB standarda. Geometrijske karakteristike obiteljske kuće prikazane su u tablici 4.1. Grafički tlocrt prizemnog stana prikazan je na slici 4.1., a tlocrt stana na katu na slici 4.2. Grafički nacrti obiteljske kuće orijentirane prema južnoj, sjevernoj i zapadnoj strani prikazane su na slici 4.3., slici 4.4. i slici 4.5.

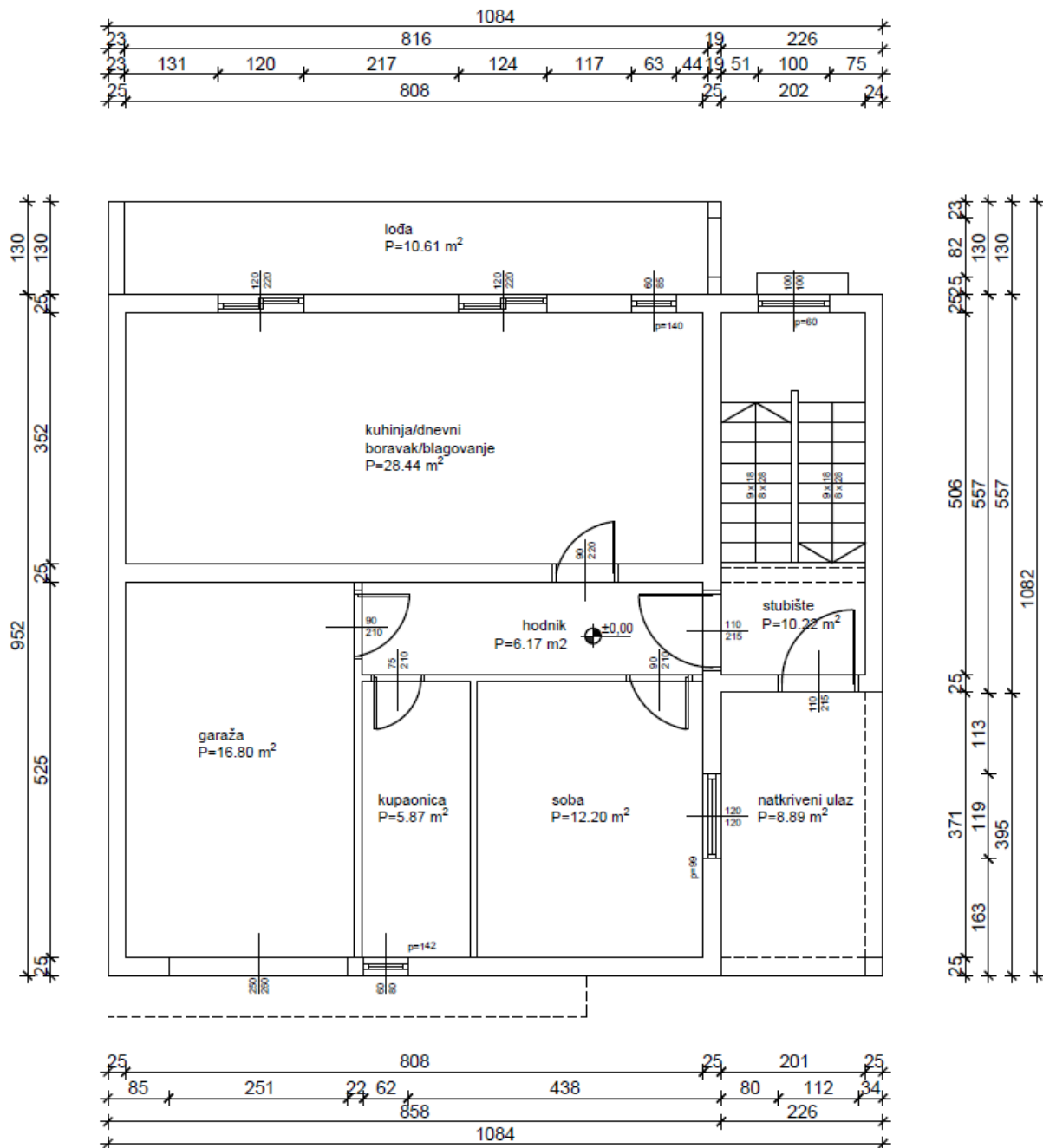
Tablica 4.1. Geometrijske karakteristike obiteljske kuće

Katnost	P+K
Grijana korisna površina, $A_k$	54,59 + 69,84 m <sup>2</sup>
Volumen grijanog prostora, $V_e$	174,69 + 188,57 m <sup>3</sup>
Faktor oblika, $f_o$	0,54 m <sup>-1</sup>

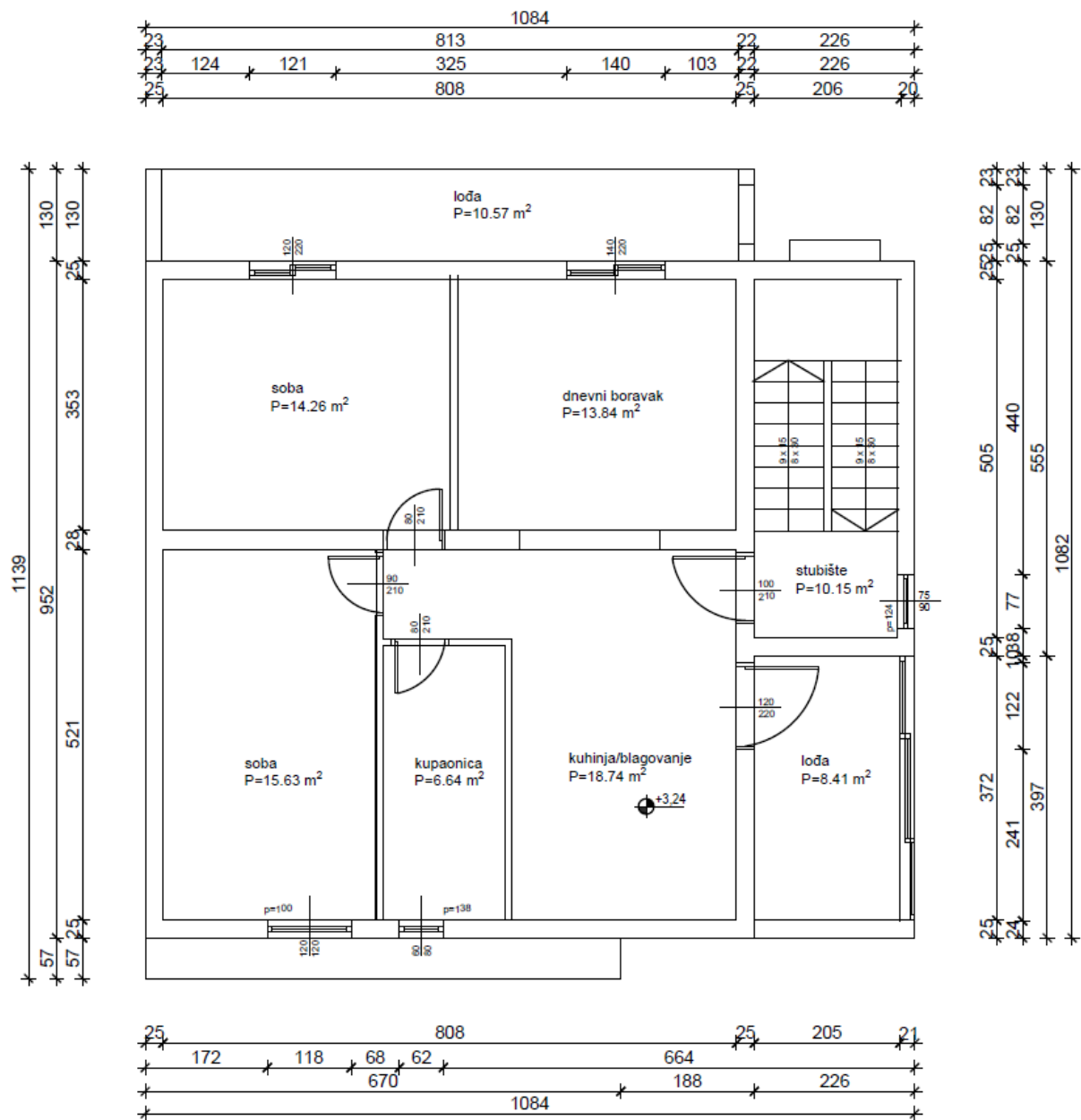
Nosivi zidovi su izrađeni od blokova porotherm opeke debljine 25 cm, a pregradni zidovi od blokova porotherm opeke debljine 10 cm. Na fasadi se nalazi obloga toplinske izolacije od kamene vune debljine 5 cm. Krovšte je izolirano također sa oblogom toplinske izolacije od kamene vune debljine 10 cm. Na otvore su postavljeni prozori i balkonska vrata s dvostrukim IZO staklima, te su kao vanjska zaštita od sunca na prozorima postavljene rolete, a na balkonskim vratima grilje. Prostorije se provjetravaju prirodnim putem. Obiteljska kuća je orijentirana prema južnoj strani, a površine otvora za pojedinu orijentaciju prikazane su u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Orijentacije otvora obiteljske kuće

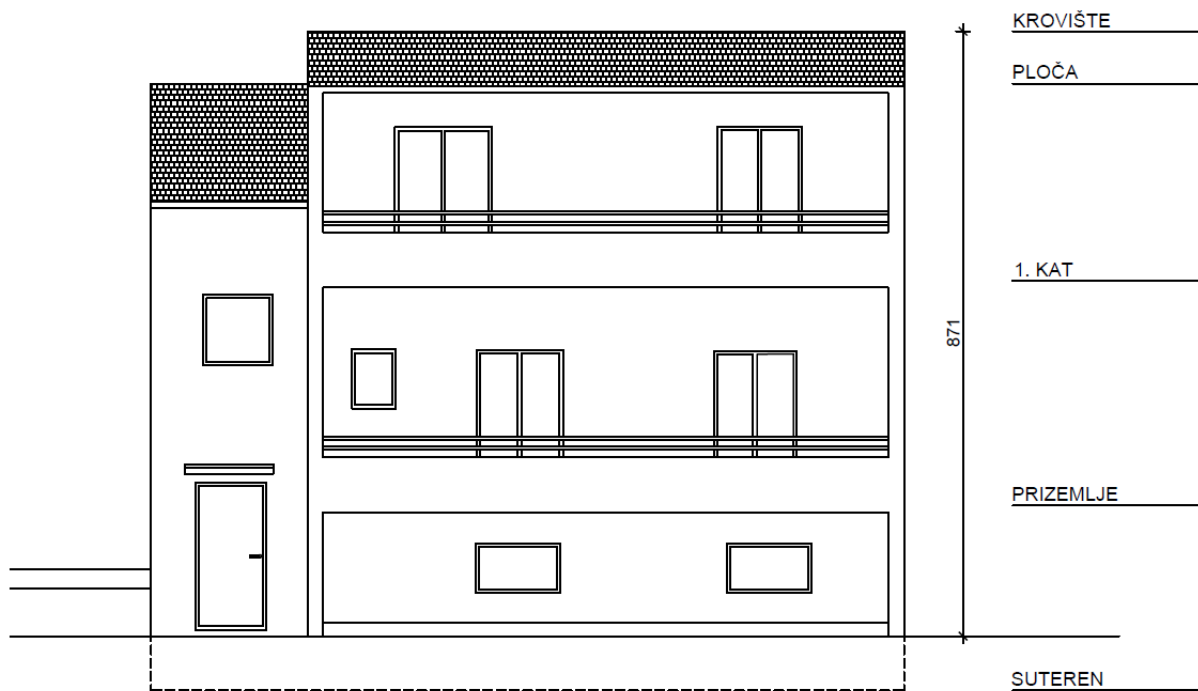
Jug	11,51 m <sup>2</sup>
Sjever	2,4 m <sup>2</sup>
Zapad	1,44 m <sup>2</sup>
Istok	nema otvora



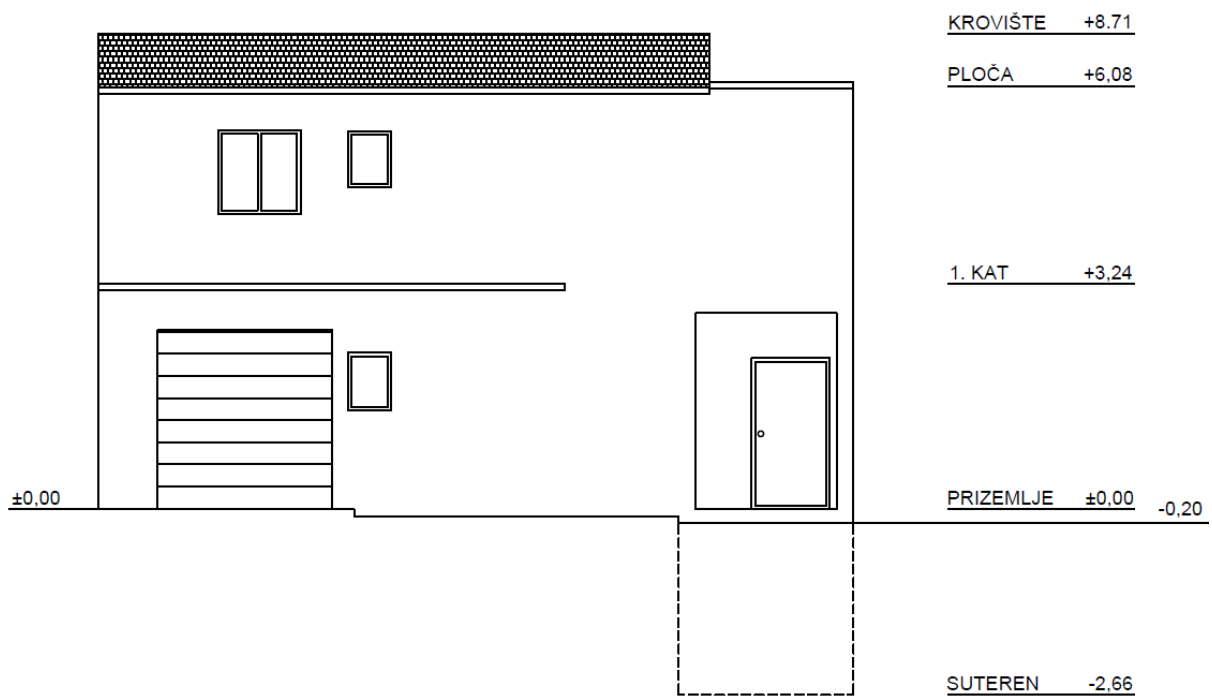
Slika 3.1. Tlocrt stana na prizemlju



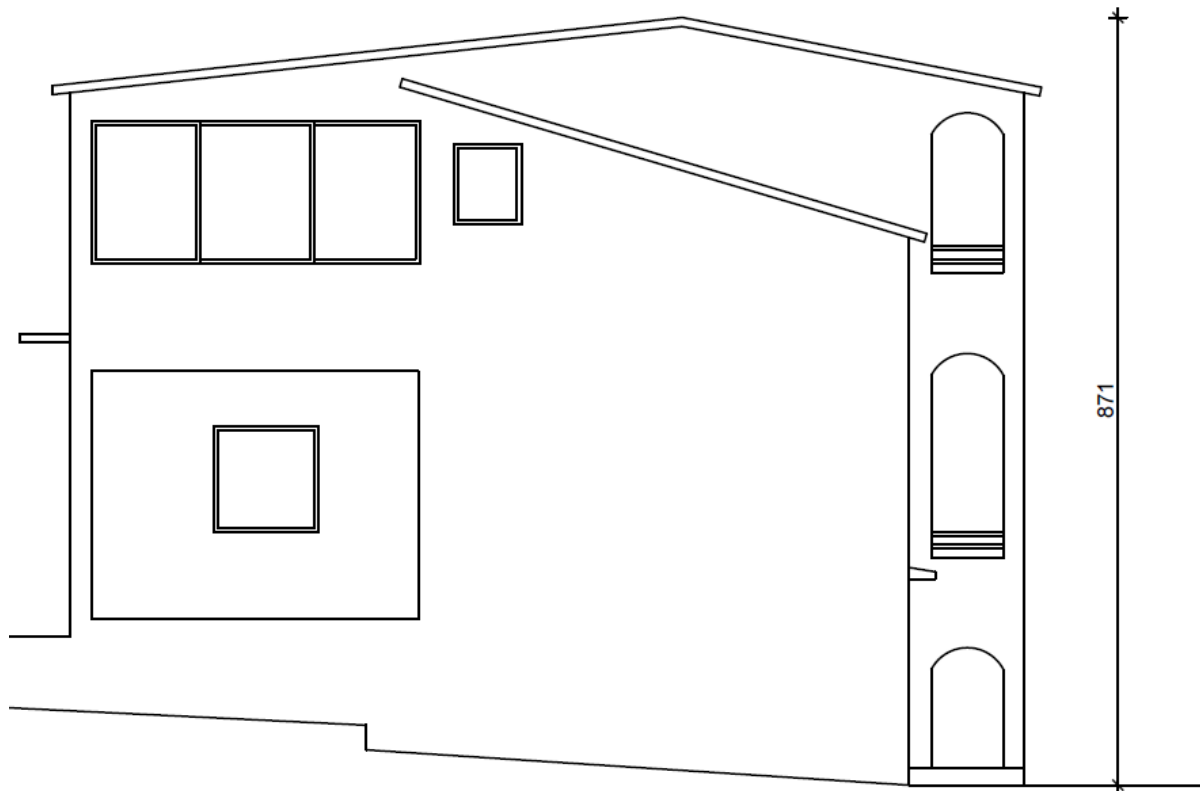
Slika 4.2. Tlocrt stana na katu



Slika 4.3. Južna strana obiteljske kuće



Slika 4.4. Sjeverna strana obiteljske kuće



Slika 4.5. Zapadna strana obiteljske kuće

Prema nZEB zahtjevu za obiteljsku kuću u primorskoj Hrvatskoj godišnja primarna energija ( $E_{\text{prim}}$ ) ne smije prelaziti vrijednost od 35 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. U smjernicama danim od strane Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, određeno je da se u pogledu primarne energije obiteljske kuće uzima u obzir samo godišnja isporučena energija potrebna za grijanje i pripremu tople vode, a godišnju isporučenu energiju za hlađenje i rasvjetu se ne proračunava za stambene zgrade. Za faktor oblika prema veličini i razvedenosti obiteljske kuće ( $f_0 = 0,54 \text{ m}^{-1}$ ) može se odrediti dopuštena specifična potrebna energija za grijanje ( $Q_{H,nd}$ ) prema Tehničkom propisu. Prema tome za obiteljsku kuću u primorskoj Hrvatskoj računa se izrazom [2]:

$$Q_{H,nd} = 19.24 + 38.82 \cdot f_0 = 40,2 \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{a)]} \quad (4.1)$$

## 4.2. PRORAČUN GODIŠNJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE I PRIPREME PTV

Za proračun godišnje potrošnje toplinske energije u sezoni grijanja koriste se „Algoritmi“ za izračun energetskih svojstava zgrada. Zbog preopširnosti proračuna kojeg zahtijevaju „Algoritmi“, za potrebe ovog završnog rada koristiti će se „Metoda stupanj-dan“ za izračun godišnje potrošnje energije za grijanje. Danas se navedena „Metoda“ više ne koristi, već je proračune potrebno izvršiti upotrebom „Algoritama“ (vidi poglavlje 3.2). U okviru od nekog budućeg završnog rada može se izvršiti usporedba u nastavku prikazani rezultati s rezultatima dobivenim primjenom „Algoritama“.

Za određivanje potrošnje toplinske energije u sezoni grijanja potrebno je odrediti broj stupanj-dana (SD) izrazom:

$$SD = \sum_{i=1}^Z (\vartheta_{zr,sr} - \vartheta_{ok,sr,i}) \quad (4.2)$$

Stupanj-dan u sezoni grijanja predstavljen je umnoškom broja dana grijanja i temperaturne razlike srednje temperature zraka u prostoriji i srednje vanjske temperature. U sezoni grijanja uzimaju se samo dani kada je temperatura zraka niža od dogovorene temperaturne granice (10, 12 ili 15 °C). Za lokaciju obiteljske kuće uzima se vrijednost stupanj-dan grijanja određen za Split, te iznosi 1749,3 [7].

Za poznati broj stupanj-dana moguće je proračunati godišnju potrošnju toplinske energije ( $Q_g$ ) izraženu u kWh/god i to izrazom:

$$Q_g = 24 \cdot q \cdot SD \cdot y \cdot e_t \cdot e_b \text{ [kW/god]} \quad (4.3)$$

gdje je:

- $q$  – specifična toplina (instalirana snaga) za grijanje objekta, kW/°C
- $SD$  – broj stupanj-dan
- $y$  – korekcijski koeficijent koji uzima u obzir utjecaj vjetera i zaklonjenost objekta
- $e_t$  – korekcijski koeficijent temperaturnog ograničenja
- $e_b$  – korekcijski koeficijent eksploatacijskog ograničenja [7].

Korekcijski koeficijent koji uzima u obzir utjecaj vjetrova i zaklonjenost objekta za normalno vjetrovito područje i zaklonjenost položaja iznosi 0,60. Korekcijski koeficijent temperaturnog ograničenja može se uzeti tablično (slika 4.3.) [7].

Vrsta zgrade	$e_t$
Bolnice i zgrade slične namene	1,00
Stambene zgrade sa grejanjem svih prostorija	0,95
Stambene zgrade sa izrazitim noćnim ograničenjem u grejanju: administrativne zgrade, robne kuće i drugi slični objekti velikih akumulacionih sposobnosti u područjima umerene klime, škole sa večernjim kursevima	0,90
Administrativne zgrade itd. pri manjoj akumulacionoj sposobnosti i u području oštrem klime, škole sa dve smene	0,85
Škole sa jednom smenom nastave i akumulacionom sposobnošću	0,80
Škole sa jednom smenom nastave i malom akumulacionom sposobnošću	0,75

Slika 4.6. Koeficijent temperaturnog ograničenja [7]

Za stambene zgrade sa grijanjem svih prostorija koeficijent temperaturnog ograničenja iznosi 0,95. Prema namijeni prostora korekcijski koeficijent za stalno grijane prostore iznosi 1,0. Specifična toplina potrebna za grijanje izračunata je pomoću norme HRN EN 12 831:2004 s kojom se dobije iznos potrebne snage za grijanje prostorija obiteljske kuće. Detaljan proračun gubitaka topline za zadane geometrijske i tehničke karakteristike obiteljske kuće odrađen je uz pomoć programa Excel. U tablici 4.3. prikazana je rekapitulacija vrijednosti gubitaka topline po prostorijama stana na prizemlju. Rekapitulacija vrijednosti gubitaka topline za stan na katu prikazana je u tablici 4.4.

Tablica 4.3. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na prizemlju

Rb.	Prostorija	Ukupni toplinski gubici [W]	$A_{pr}$ [m <sup>2</sup> ]	$Q/A_{pr}$ [W/m <sup>2</sup> ]
101	Soba 1	838.73	12.20	68.76
102	Kuhinja/Blagovaonica/Dnevni boravak	1351.69	30.36	44.52
103	Kupatilo/WC	684.21	5.87	116.62
104	Hodnik	54.65	6.17	8.86
ΣQ		2929.28	54.59	53.66



Tablica 4.4. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na katu

Rb.	Prostorija	Ukupni toplinski gubici [W]	$A_{pr}$ [m <sup>2</sup> ]	$Q/A_{pr}$ [W/m <sup>2</sup> ]
101	Soba 1	665.41	14.46	46.01
102	Soba 2	582.65	15.63	37.28
103	Dnevni boravak	629.23	14.21	44.27
104	Kuhinja/Blagavaonica	947.82	18.93	50.07
105	Kupatilo/WC	614.76	6.60	93.08
	$\Sigma Q$	3439.87	69.84	49.25

Instalirana snaga termotehničkog sustava za potrebe obiteljske kuće izračunata je zbrajanjem ukupnih gubitaka topline stana na prizemlju i katu koji iznose 6,369 kW, te se odabire termotehnički sustav snage 6,5 kW. Za poznatu snagu termotehničkog sustava može se izračunati specifična toplina potrebna za grijanje, te se računa prema izrazu: [7]

$$q = \frac{q_{inst}}{t_{zr.sr.} - t_{vpt}} \text{ (kW/}^{\circ}\text{C)} \quad (4.4)$$

Specifična toplina potrebna za grijanje obiteljske kuće iznosi 0,27 kW/°C. Prema izrazu 4.3. proizlazi godišnja potrošnja obiteljske kuće u vrijednosti od 6461,21 kWh/god. Na temelju neto površine grijanih prostora obiteljske kuće moguće je odrediti specifičnu toplinsku potrebu objekta izrazom [7]:

$$q_g = \frac{Q_g}{A_n} \text{ (kWh/m}^2\text{god)} \quad (4.5)$$

Dobije se rezultat od 51,92 (kWh/m<sup>2</sup>god) čime nZEB zahtjev nije zadovoljen jer je veći od dopuštene vrijednosti od 40,2 (kWh/m<sup>2</sup>god). Iz tog razloga isti proračun je ponovljen kako bi se utvrdilo da li se zahtjev nZEB standarda može zadovoljiti upotrebom toplinske izolacije od 10 cm. U tablici 4.5. i 4.6. prikazane su rekapitulacije vrijednosti gubitaka topline po prostorijama stana na prizemlju i na katu kada je povećana toplinska izolacija.

Tablica 4.5. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na prizemlju s povećanom izolacijom

Rb.	Prostorija	Ukupni toplinski gubici [W]	$A_{pr}$ [m <sup>2</sup> ]	$Q/A_{pr}$ [W/m <sup>2</sup> ]
101	Soba 1	661.79	12.20	54.26
102	Kuhinja/Blagovaonica/Dnevni boravak	1301.72	30.36	42.88
103	Kupatilo/WC	676.03	5.87	115.22
104	Hodnik	16.40	6.17	2.66
$\Sigma Q$		2655.94	54.59	48.65

Tablica 4.6. Rekapitulacija gubitaka topline za stan na katu s povećanom izolacijom

Rb.	Prostorija	Ukupni toplinski gubici [W]	$A_{pr}$ [m <sup>2</sup> ]	$Q/A_{pr}$ [W/m <sup>2</sup> ]
101	Soba 1	574.84	14.46	39.75
102	Soba 2	431.14	15.63	27.58
103	Dnevni boravak	531.34	14.21	37.39
104	Kuhinja/Blagovaonica	809.40	6.60	122.55
105	Kupatilo/WC	536.76	18.93	28.35
$\Sigma Q$		2883.49	69.84	41.29

Ukupni gubici topline stana na prizemlju i katu iznose 5,539 kW, te se odabire instalirana snaga termotehničkog sustava za potrebe obiteljske kuće u slučaju povećane debljine sloja toplinske izolacije od 5,8 kW. Iz prikazanog se može primijetiti da se potrebna snaga termotehničkog sustava smanjila. Specifična toplina potrebna za grijanje obiteljske kuće iznosi 0,24 kW/°C. Prema izrazu 4.3. dobivena je godišnja potrošnja energije termotehničkog sustava za grijanje obiteljske kuće u vrijednosti od 5743,3 (kWh/god), te na temelju novih rezultata proizlazi specifična toplinska potreba objekta u iznosu od 46,15 kWh/m<sup>2</sup>god. Daljnje povećanje toplinske izolacije nije preporučljivo iz razloga što se prema struci i iskustvu za područje primorske Hrvatske ne upotrebljava toplinska izolacije veća debljine od 10 cm.

Kao što je već napomenuto, upotrebom „Algoritama“, danih od strane Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, za izračun energetske svojstava zgrada mogu se dobiti preciznije vrijednosti. Na osnovu prikazanog proizlazi da „Metoda stupanjdan“ nije primjenjiva u predmetnoj analizi, vjerojatno iz razloga što su se s vremenom

promijenili standardi i kriteriji prema kojima vrijednosti korekcijskih koeficijenata koji se koriste u „Metodi“ više nisu primjenjive. U svakom slučaju bilo bi interesantno usporediti dobivene rezultate s rezultatima proračuna koji bi bili provedeni na osnovu prikladnih „Algoritama“.

U ovom slučaju udio obnovljivih izvora energije od 30% bio bi zadovoljen korištenjem dizalice topline zrak-voda kao termotehničkog sustava za grijanje, jer se isti služi energijom okoliša u iznosu od 61,32 % (prema Tehničkom propisu [2]).

Kako bi se odredila potrošnja toplinske energije za pripremu potrošne tople vode korištena je norma HRN EN 15316-1. Za stambene zgrade koje imaju do 3 stambene jedinice, godišnja potrebna toplinska energija za pripremu tople vode računa se pomoću izraza:

$$Q_W = 12,5 \cdot A_k \text{ (kWh/god)} \quad (4.6)$$

Prema tom izrazu proizlazi da godišnja potrošnja toplinske energije za potrošnu toplu vodu obiteljske kuće iznosi 1555,38 kWh/god [8].

### 4.3. POTREBNA ENERGIJA ZA HLAĐENJE

Specifična potrebna energija za hlađenje ( $Q_{C,nd}$ ) računa se pomoću algoritama danih od Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine za energetsko certificiranje zgrada. Također prema smjernicama danih od Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, uzeta je specifična potrebna energija za hlađenje u iznosu 22,33 kWh/(m<sup>2</sup>·a) kao referentni primjer za obiteljsku kuću koja ima pomičnu vanjsku zaštitu od sunca (grilje i rolete) a provjetravanje prostorija se vrši prirodnim putem. Za potrebe proračuna isporučene i primarne energije nije potrebna precizna vrijednost specifične potrebne energije za hlađenje jer se prema Tehničkom propisu godišnja isporučena energija za hlađenje ( $E_{C,DEL}$ ) ne računa za obiteljske kuće [2].

#### 4.4. GODIŠNJA ISPORUČENA I SPECIFIČNA PRIMARNA ENERGIJA

Količina energije koju je potrebno isporučiti obiteljskoj kući za rad termotehničkog sustava ovisi o potrebnoj energiji i učinkovitosti tog sustava. Prema Tehničkom propisu za obiteljsku kuću uzima se u obzir isporučena energija za potrebe sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode. Za ovaj primjer odabran je termotehnički split sustav s dizalicom topline zrak-voda proizvođača VIESSMANN koji se sastoji od vanjske i unutarnje jedinice, te spremnika potrošne tople vode. Iz proračuna je dobivena godišnja potrošnja toplinske energije za potrebe obiteljske kuće u iznosu od 5743,3 kWh/god, a za pripremu potrošne tople vode 1555,38 kWh/god. Dizalica topline zrak-voda, proizvođača VIESSMANN, snage 6 kW ima koeficijent učinkovitosti ili COP za standardne klimatske uvjete u vrijednosti od 4,7 iz čega proizlazi da za svaki utrošeni 1 kWh energije dizalica topline proizvede 4,7 kWh toplinske energije. S obzirom da dizalica topline neće cijelo vrijeme raditi pri „standardnim“ uvjetima, odnosno da će se vrijednosti vanjske temperature mijenjati tijekom rada, za potrebe ovog proračuna odabrana je prosječna vrijednost koeficijenta COP od 3,5. Za proračunate potrebe toplinske energije obiteljske kuće i poznati koeficijent učinkovitosti ovoga termotehničkog sustava može se izračunati potrebnu godišnju isporučenu energiju:

$$E_{del} = \frac{(Q_g + Q_w)}{COP} = 2085,33 \text{ (kWh/god)} \quad (4.7)$$

Za proračun godišnje primarne energije potrebno je uzeti u obzir faktor primarne energije koja je u ovom slučaju električna energija, dok u tom slučaju vrijednost faktora iznosi 1,614 prema tablici faktora primarne energije i emisija CO<sub>2</sub>. Godišnju primarnu energiju računamo izrazom [4]:

$$E_{prim} = E_{del} \cdot f_p = 3365,73 \text{ (kWh/god)} \quad (4.8)$$

Prema nZEB zahtjevu određenom Tehničkim propisom, za obiteljsku kuću u primorskoj Hrvatskoj, dopuštena specifična godišnja primarna energija iznosi 35 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]. Specifična godišnja primarna energija računa se prema slijedećem izrazu:

$$E'_{prim} = \frac{E_{prim}}{A_k} = 27,05 \text{ (kWh/m}^2\text{god)} \quad (4.8)$$

Iz proračuna se može zaključiti da obiteljska kuća zadovoljava dopuštenu vrijednost nZEB zahtjeva o specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji koja iznosi 35 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] [2].

Iako je upotrebom dizalice topline „zrak-voda“ zadovoljen zahtjev prema kojem je potrebno osigurati udio od barem 30% povrata energije iz obnovljivih izvora energije, u nastavku je prikazan primjer dimenzioniranja fotonaponskog otočnog sustava kojim bi se zadovoljile potrebe za električnom energijom (ali ne u potpunosti tijekom cijele godine).

#### 4.5. PRORAČUN FOTONAPONSKOGA SUSTAVA

Kako bi se odredila ukupna potrošnja električne energije u obiteljskoj kući potrebno je definirati trošila, njihovu snagu i vrijeme tijekom kojeg rade trošila (tablica 4.7.).

Tablica 4.7. Utrošak električne energije u obiteljskoj kući na kućanska trošila

Uređaj	Snaga [kW]	Vrijeme uključenosti trošila u danu [h]	Koeficijent: od maksimalne do srednje snage	Potrebna energija [kWh]
Rasvjeta, LED žarulja	0,08	4	1	0,32
Pećnica	0,98	2	0,3	0,588
Hladnjak i zamrzivač	0,72	24	0,1	1,73
Termotehnički sustav – period grijanja	1,63	6	0,2	1,956
Perilica rublja	0,24	2	0,2	0,096
Sušilica rublja	0,32	2	0,2	0,128
Perilica suđa	0,73	1	0,3	0,219
Kuhinjska napa	0,15	1	0,5	0,075
Televizor	0,25	3	1	0,75
Osobno računalo	0,5	4	0,7	1,4
Ostala trošila	1	1	1	1
<b>Ukupan utrošak u danu</b>	-	-	-	<b>7,512</b>
<b>Ukupan utrošak u godini</b>	-	-	-	<b>2741,88</b>

Za poznatu potrebnu energiju koja je potrebna za rad svih trošila obiteljske kuće mogu se odabrati osnovni parametri sustava. Za izbor napona akumulatora potrebno je voditi se logikom da je napon višekratnik broja 12 (u nekim specifičnim slučajevima i broja 2). Razlog toga odabira je tehnologija koja se koristi pri izradi akumulatora koji su najčešće jedinice od 12 V i po potrebi većeg napona se spajaju u seriju za dobiti 24 ili 48 V. Za potrebe obiteljske kuće odabire se akumulator od 48 V.

Koeficijent dubine pražnjenja akumulatora označava postotak koliko se akumulator prazni od punog kapaciteta, te će se za potrebe ovoga primjera uzeto 50%. Stupanja korisnog djelovanja punjenja označava koliki će postotak privedene energije akumulator stvarno skladištiti. Trajanje autonomije govori koliko će dana biti pokrivena dnevna potrošnja obiteljske kuće u situacijama kada nadopuna baterija nije moguća zbog nedostatka sunčeve energije.

Potpuni oporavak sustava pokazuje koliko dana je potrebno sustavu da se vrati na 100% kapaciteta kada sustav padne na razinu akumulatora. Koeficijent korištenja pokazuje da li se sustav koristi svakodnevno, tj. kontinuirano (u tom slučaju taj koeficijent iznosi 1) ili se sustav koristi samo preko vikenda (u tom slučaju taj koeficijent iznosi 2/7).

Za potrebe obiteljske kuće u primorskoj Hrvatskoj odabrane vrijednosti su prikazane u tablici 4.8. [9].

Tablica 4.8. Osnovni parametri sustava

Napon baterije $U_S$ (V)	48
Koeficijent dubine pražnjenja akumulatora $t_Z$	0,5
Stupanj korisnog djelovanja punjenja $h_{Ah}$	0,9
Trajanje autonomije $n_A$ (d)	1
Potpuni oporavak sustava $n_E$ (d)	10
Koeficijent korištenja sustava $h_B$	1

Nakon odabranih osnovnih parametara sustava i poznate potrebne energije za jedan dan funkcioniranja obiteljske kuće može se odrediti kapacitet akumulatora. Dnevna potreba za energijom određuje koliko akumulator treba osigurati Ah obiteljskoj kući za dnevne potrebe. S dobivenom dnevnom potrebnom energije može se odrediti dnevna potrošnja obiteljske kuće. U tablici 4.9. može se primijetiti kako trajanje autonomije, iz prethodno izabranih osnovnih parametara, ima utjecaja u izračunu kapaciteta idealnog akumulatora. Da bi se produžio vijek trajanja samog akumulatora uzeto je da se akumulator prazni samo do pola svog kapaciteta, te s obzirom na taj slučaj dobije se kapacitet realnog akumulatora. Jedan od ključnih podataka je

potrebno dnevno punjenje kojim se definira potrebnu energiju koju akumulator treba dobiti (u Ah) iz fotonaponskog modula, te će se time definirati potreban broj modula.

Prema proračunu u tablici 4.9. može se primijetiti da je potrebno u akumulator dovesti 203,71 Ah dnevno da bi se moglo utrošiti 166,67 Ah [9]. Pri analizi je uzeta nešto veća dnevna potreba za električnom energijom u iznosu od 8 kWh (u odnosu na proračunatih 7,512 kWh).

Tablica 4.9. Proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja

Projektiranje dnevna potrošnja $E_D = h_B \cdot E_V$ (Wh) $E_V$ – potrebna energija po danu	8000
Dnevna potrošnja $Q_D = E_D/U_S$ (Ah)	166,67
Kapacitet idealnog akumulatora $K_N = n_A \cdot E_V/U_S$ (Ah)	166,67
Minimalni kapacitet realnog akumulatora $K = K_N/t_Z$ (Ah)	333,34
Potrebno dnevno punjenje $Q_L = (1/\eta_{Ah}) \cdot (Q_D + K_N/n_E)$ (Ah)	203,71

Za dobivene rezultate odabran je otočni fotonaponski sustav proizvođača Schrack, i to model otočnog sustava Midi 12. Karakteristike i komponente toga sustava prikazane su na slici 4.6. [10].

Sustav		MIDI 12		
Broj FN modula	Snaga FN modula	Energija iz FN modula u danu = snaga FN modula x 4h Sunca	Punjač	Broj punjača
12	3000	12000 Wh	MPPT 150/70	1
Baterija	Ukupna energija spremljena u bateriji	Projektno, zbog očuvanja dugovječnosti baterije, u dnevnom ciklusu se smije iz baterije preuzeti max 50% kapaciteta baterije:	Kontrola: ulaz energije u bateriju iz FN polja > energije koja se projektno smije preuzeti iz baterije	
48 V, 440 Ah, C20 = 4 x 12 V, 220 Ah, C20	21120 Wh	10560 Wh	12000 > 10560 Wh	
Baterija	Snaga FN polja	Struja punjena baterije = snaga FN polja / napon baterije	Kontrola: teorijska optimalna struja punjena baterije (15-20% kapaciteta)	
48 V, 440 Ah, C20 = 4 x 12 V, 220 Ah, C20	3000 Wp	63A	66-110	
Ukupna energija spremljena u bateriji	Maksimalno dozvoljena trajna snaga izmjeničnih trošila je ona koja bi ukupnu energiju spremljenu u bateriji "potrošila" za 5h". (iz uvjeta da izmjenjivač u trajnom radu dodatno ne uništava bateriju)		Snaga izabranog izmjenjivača: (izmjenjivač može biti i stražnji, ali trajnom radu trošila ne smiju uzimati više snage nego što je dao proračun	
21120 Wh	4224 W		3000V a	
FN moduli	baterija	Punjač	Izmjenjivač	Energija na raspolaganju tropišilima
12 x 250 Wp	8 x 12 V, 220 Ah, C20	1 x MPPT 150/70	48 VDC - 3000 VA	3000 W x 2.5 h

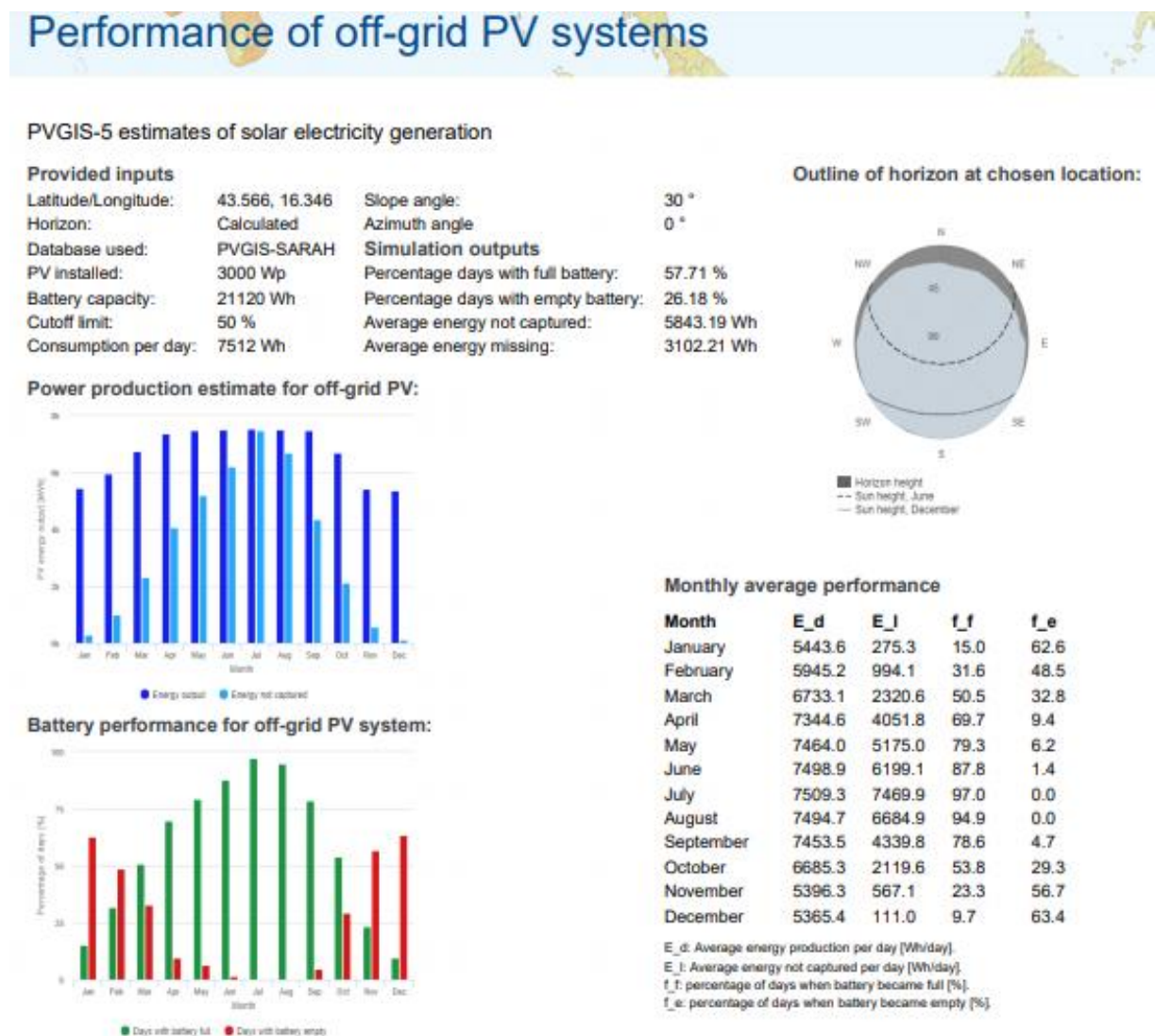
Slika 4.6. Komponente i provjera otočnog fotonaponskog sustava [10]

Time se odabiru dva seta od 4 baterijska sloga 12 V i 220 Ah, iz čega proizlazi ukupni napon sustava od 48 V i kapacitet akumulatorskih baterija od 440 Ah, 12 fotonaponskih modula pojedinačne snage 250 W<sub>p</sub>, koji su povezani u seriju, što daje ukupnu snagu fotonaponskog

polja od 3000 W<sub>p</sub>, te mrežni izmjenjivač snage 3000 VA što je optimalno za ukupnu snagu fotonaponskih modula kako bi se dobila što veća iskoristivost.

Iz javnog servisa PVGIS može se doći do podataka koliko će proizvesti energije odabrani otočni fotonaponski sustav u pojedinom mjesecu za obiteljsku kuću na ciljanoj lokaciji u Kaštel Starome, te za zadanu orijentaciju i nagib modula (slika 4.11.) [11].

Iz slike 4.11 može se zaključiti da će odabrani fotonaponski sustav uglavnom zadovoljiti potrebe za električnom energijom tijekom perioda od travnja do rujna, dok će u periodu od listopada do ožujka biti potrebno predvidjeti dodatni izvor električne energije ili električnu energiju preuzimati iz elektrodistribucijske mreže.



Slika 4.7. Očekivana dnevna proizvodnja energije otočnog fotonaponskog sustava za ciljanoj lokaciji obiteljske kuće [11]



#### 4.6. PROCJENA INVESTICIJSKIH TROŠKOVA

Investicije za sustave i materijale koje je potrebno koristiti za postizanje nZEB standarda su relativno visoke, ali ih je isto tako moguće amortizirati gledajući na dugoročnu upotrebu, te upotrebu različitih državnih ili europskih subvencija koji su osmišljeni kako bi poticali ugradnju sustava koji koriste obnovljive izvore energije. Prikazana procjena investicijskih troškova za izvedbu sustava za grijanje građevine, te za izvedbu otočnog fotonaponskog sustava daje približan prikaz visine investicije iz razloga što cijene sustava i materijala variraju od proizvođača do proizvođača, ali i izvođača sustava. U tablici 4.10. prikazan je troškovnik za koji su uzete srednje vrijednosti cijena termotehničkog sustava s dizalicom topline „zrak-voda“, spremnikom potrošne tople vode i ventilokonvektorima.

Tablica 4.10. Primjer troškovnika termotehničkog sustava za dobro izoliranu kuću

Sustav dizalice topline zrak voda	30 000 kn/kom
Spremnik PTV	8500 kn/kom
Ventilokonvektori	1700 kn/kom
Bakrene cijevi	21-100 kn/m
Dobava-ugradnja	20 000 kn/kom

Broj kom.	Opis dijelova
4	Prekidač istosmjerne struje, karakteristična krivulja C, 13A, 2-polni, 10kA
1	Prekidač istosmjerne struje, karakteristična krivulja C, 40A, 2-polni, 10kA
1	fotonaponski odvodnik klase I + II (B + C), 550VDC, 12,5kA
20	MC4 spojnica 4-6 mm <sup>2</sup> Ø kabelska uvodnica 5,5 - 9 mm
20	MC4 spojnica 4-6 mm <sup>2</sup> Ø kabelska uvodnica 5,5 - 9mm
8	AGM Super ciklus Baterije 12V / 220AH
1	SmartSolar MPPT 150/70-Tr VE.Can
1	BMV700 precizni monitor baterije uključujući 500A Shunt
1	A MultiPlus II 48/3000 / 35-32 3000W 48V
3	osigurač s trakom 100A 48V DC M10
1	osigurač s trakom 160A 48V DC M10
4	držač osigurača
4	Poklopac držača osigurača
1	DC prekidač 400 A
12	EXE Solar A-EXP 250Wp poli IEC

Slika 4.8. FN paket MIDI 12 [10]

Kada se uzmu u obzir sve komponente, te sama ugradnja sustava, proizlazi investicijski trošak od oko 100.000 kn, što u konačnici ovisi i o površini objekta i njegovim zahtjevima. Potrebno je uzeti u obzir da se preko Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost može iskoristiti poticaj od strane javnih bespovratnih sredstava kojim su financira i do 50% troškova ugradnje termotehničkog sustava dizalice topline.

Cijena fotonaponskog sustava je preuzeta sa mrežne stranice proizvođača Schrack, dok cijena odabranog sustava MIDI 12 iznosi 86.081 kn. Detaljan pregled svih komponenata koje su sastavni dio paketa MIDI 12 može se vidjeti na slici 4.12. Zbog potrebe mijenjanja baterija svakih 5 do 6 godina potrebno je predvidjeti nabavu novih baterija čija cijena iznosi oko 3000 kn/kom.

Detaljna ekonomska analiza izvedbe nZEB građevine u odnosu na izvedbu prosječne građevine u skladu s važećim tehničkim propisima nije prikazana u završnom radu jer zahtijeva detaljno poznavanje tržišnih uvjeta i cijena u okviru arhitektonske i građevinske struke. Također bi bilo potrebno u analizi uzeti u obzir investicijske troškove opremanja građevine s potrošačima visoke energetske učinkovitosti, te investicijske troškove svih energetske sustava. Konačno, sama analiza bi trebala uključiti i vijek trajanja pojedinih sustava, troškove održavanja građevine i energetske sustava, energetske bilance proizvedene i potrošene energije, te mnogobrojne druge parametre što nadilazi opseg ovog završnog rada.

## 5. ZAKLJUČAK

Projektni zadatak kojim se pokazalo kako pristupiti projektiranju zgrada za potrebe postizanja nZEB zahtjeva na primjeru obiteljske kuće, proveden je u skladu sa svim važećim normama i pravilnicima, te u skladu s pravilima struke, uz napomenu da je umjesto primjene „Algoritma“ za proračun godišnje potrošnje toplinske energije u sezoni grijanja korištena „Metoda stupanj-dan“.

Za obiteljsku kuću u primorskoj Hrvatskoj na lokaciji u Kaštel Starom, ukupne grijane korisne površine 124,23 m<sup>2</sup>, proračunati su zahtjevi nZEB standarda. Zbog opširnosti proračuna korištenjem „Algoritama“ za izračun energetske svojstava zgrada, za potrebe ovog završnog rada korištena je „Metoda stupanj-dan“. Pomoću norme HRN EN 12 831:2004 proračunati su ukupni toplinski gubitci, a time i potrebna snaga sustava za grijanje. Proračunom godišnje potrebne energije za grijanje obiteljske kuće, toplinske izolacije od 10 cm, i sustava za grijanje snage oko 6 kW, dobivena je specifična toplinska potreba objekta u iznosu od 46,15 kWh/m<sup>2</sup>god. S obzirom da dopuštena specifična potrebna energija iznosi 40,2 [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] može se zaključiti kako primjenom navedenog pristupa pri proračunu godišnje potrošnje toplinske energije u sezoni grijanja nije ispunjen zahtjev prema nZEB standardu.

Godišnja potrebna primarna energija obiteljske kuće za termotehnički sustav (dizalica topline „zrak-voda“) prosječne vrijednosti COP-a od oko 3,5, iznosi 27,05 kWh/m<sup>2</sup>god za ukupnu grijanu korisnu površinu. Bitno je napomenuti da je time zadovolje nZEB zahtjev dopuštene specifične potrebne primarne energije u iznosu od 35 kWh/m<sup>2</sup>god za područje primorske Hrvatske. Prema Tehničkom propisu dizalica topline zrak-voda ima 61,32% iskoristivosti energije iz okoliša čime je zadovoljen zahtjev od 30% upotrebe energije iz okoliša. Proračunom fotonaponskog sustava demonstrirano je kako se može povećati udio korištenja energije okoliša u zadovoljavanju sveukupnih energetske potreba građevine, a u cilju demonstracije samo održivosti objekta. Pri tome bi trebalo uzeti u obzir i mogućnost upotrebe sustava solarnih toplinskih pretvornika, a kako bi se smanjila potreba za toplinskom energijom iz drugih izvora.

Tema ovoga rada je još u ranoj primjeni u praksi što ostavlja još dosta nepoznanica koje će se definirati s vremenom i generiranjem praktičnih iskustava. Detaljna obrada svakog poglavlja ovog rada može biti tema nekog novog završnog rada, čime će se dobiti još bolji uvid u cilju postizanja što veće energetske učinkovitosti specifične građevine.

## LITERATURA

- [1] Izdavač: V-EDUCA: IZGRADNJA ZGRADA GOTOVO NULTE POTROŠNJE ENERGIJE – nZEB – nearly Zero Energy Buildings; Web adresa: [www.v-educa.com](http://www.v-educa.com)
- [2] Izdavač: MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA - SMJERNICE ZA ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE; Web adresa: <https://mgipu.gov.hr/vijesti/smjernice-za-zgrade-gotovo-nulte-energije-10503/10503>
- [3] Izdavač: Passive House Institute - Definiranje zgrada gotovo nulte energije - Pasivne kuće i obnovljivi izvori energije. Prijevod: Grad Zagreb, Gradski ured za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj; Web adresa: [www.passivehouse-international.org](http://www.passivehouse-international.org)
- [4] Izdavač: MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA - Algoritam za izračun energetske svojstava zgrada; Web adresa: <https://mgipu.gov.hr/pristup-informacijama/zakoni-i-ostali-propisi/podrucje-energetske-ucinkovitosti/algoritam-za-izracun-energetskih-svojstava-zgrada-objavljen-15-svibnja-2017-u-obveznoj-primjeni-od-30-rujna-2017/8930>
- [5] Izdavač: Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu, Srednja škola Oroslavje - Doc. dr. sc. Ljubomir Majdandžić, dipl. ing.– FOTONAPONSKI SUSTAVI; Web adresa: [www.ipa-oie.com](http://www.ipa-oie.com)
- [6] Internet: HEP - Priključenje kućanstva s vlastitom proizvodnjom; Web adresa: <http://www.hep.hr/ods/pristup-mrezi/prikljucenje-na-mrezu-28/proizvodjaci-185/185>
- [7] PDF: Grijanje i klimatizacija – Metoda stupanj-dani
- [8] Izdavač: Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost - PRIRUČNIK ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA; Web adresa: <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetsko-certificirane-zgrada.pdf>
- [9] Internet: Shrack Tehnick: Projektiranje otočnog sustava; Web adresa: <https://www.schrack.hr/know-how/alternativni-izvori/projektiranje-otocnog-sustava/>
- [10] Internet: Shrack Tehnick: MPPT regulatori i nadzornici; Web adresa: <https://www.schrack.hr/know-how/alternativni-izvori/mppt-regulatori-i-nadzornici/>

[11] Internet: PVGIS alat; Web adresa: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)

## **PRILOZI**

Prilog 1 – Proračuni gubitaka toplinske energije po prostorijama za stan na prizemlju prema HRN EN 12831 (5 cm izolacije)

Prilog 2 – Proračuni gubitaka toplinske energije po prostorijama za stan na katu prema HRN EN 12831 (5 cm izolacije)

Prilog 3 – Proračuni gubitaka toplinske energije po prostorijama za stan na prizemlju prema HRN EN 12831 (10 cm izolacije)

Prilog 4 – Proračuni gubitaka toplinske energije po prostorijama za stan na katu prema HRN EN 12831 (10 cm izolacije)

## Prilog 1

Prostorija: SOBA 1														
Unutarnja projektna tem.		18	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata	nv = 1		
Vanjska projektna tem.		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1		Broj prozora	np = 1		
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		12.20	m <sup>2</sup>	Koeffcijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjs		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠIN A (m <sup>2</sup> )	POVRŠIN AZA SMANJEN	POVRŠIN AUZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	PREGRADNI ZID 1	1	3.16	3.10	9.80	VRATA	7.82	0.125	0	3	1.13	8.83	26.50	
I	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0.125	0	-6	0.99	11.85	-71.08	
Z	VANJSKI ZID 1	1	3.86	3.10	11.97	PROZOR	10.53	0.01	0	22	0.34	3.58	78.73	
S	VANJSKI ZID 1	1	3.16	3.10	9.80	-	9.80	0.34	0.30	22	0.34	3.43	75.52	
-	PROZOR PVC	1	1.20	1.20	1.44	-	2.69	0.48	0.12	22	1.40	3.82	84.12	
-	VRATA DRVO	1	0.90	2.20	1.98	-	1.87	0	0	3	1.98	3.70	11.11	
-	POD	1	3.16	3.86	12.20	-	12.20	0.325	0.22	-3	0.38	4.71	-14.12	
-	STROP	1	3.16	3.86	12.20	-	12.20	0.330	0.22	6	3.09	37.76	226.58	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI					$\sum Q_{T,pr}$								<b>417.36</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE					$Q_{zag,pr}$								<b>134.17</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI					$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$								<b>177.80</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI					$Q_{pr}$								<b>838.73</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = -0,27 - Soba 1					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 18,91 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 7,564 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 6,35 W/K					
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: KUHINJA/BLAGAVAONICA/DNEVNI BORAČAK														
Unutarnja projektna temp		20	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata		nv=3
Vanjska projektna temp		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1			Broj prozora		np=1
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50Pa:				5	h-1					
Površina poda:		30.36	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e=	0.02					
Srednja godišnja vanjska temp		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε=	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA UZETA ZA PROR	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	VANJSKI ZID 1	1	8.60	3.10	26.66	2X VRATA, PROZOR PVC	15.62	0.195	0.30	26	0.34	5.37	139.60	
Z	UNUTARNJI ZID 1	1	3.53	3.10	10.94	-	10.94	0.195	0	7	0.34	3.72	26.04	
I	UNUTARNJI ZID 2	1	3.53	3.10	10.94	-	10.94	0.195	0.30	26	0.38	4.22	109.64	
S	UNUTARNJI ZID 2	1	8.60	3.10	26.66	VRATA	24.68	0	0	7	0.38	9.38	65.65	
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	26	0.38	0.24	6.24	
-	VRATA PVC (LOĐA)	2	1.20	2.20	5.28	-	5.28	0.49	0.12	26	1.25	6.66	173.13	
-	VRATA DRVO	1	0.90	2.20	1.98	-	1.98	0	0	7	1.98	3.92	27.44	
-	POD	1	8.60	3.53	30.36	-	30.36	0.325	0.22	-7	0.40	12.21	-85.50	
-	STROP	1	8.60	3.53	30.36	-	30.36	0.330	0.22	0	3.09	93.88	0.00	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>462.24</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>333.94</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>379.20</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>1351.69</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:										
f <sub>SUS</sub> = 0,263 - Kuhinja/Blagavaonica/Dnevni boravak				e = 1										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 47,06 m <sup>3</sup> /h										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 11,29 m <sup>3</sup> /h					H <sub>v,pr</sub> = 15,8 W/K					
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:										
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11										



Prostorija: KUPATILOWC														
Unutarnja projektna temperatura		24	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata		nv = 1
Vanjska projektna temperatura		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1			Broj prozora		np = 1
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		5.87	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjska temperatura		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE	POVRŠINA UZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
S	VANJSKI ZID 3	1	1.52	3.10	4.71	PROZOR PVC	4.23	0.195	0.3	28	0.29	1.29	36.00	
J	PREGRADNI ZID 1	1	1.52	3.10	4.71	VRATA DRVO	3.14	0	0	9	1.13	3.54	31.90	
Z	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0.195	0	9	0.99	11.85	106.62	
I	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0	0	6	0.99	11.85	71.08	
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	28	1.40	0.73	20.43	
-	VRATA DRVO	1	0.75	2.10	1.58	-	1.58	0	0	9	2.03	3.20	28.78	
-	POD	1	1.52	3.86	5.87	-	5.87	0.01	0.22	-9	0.40	2.35	-21.14	
-	STROP	1	1.52	3.86	5.87	-	5.87	0.33	0.22	0	0.56	3.36	0.00	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI					$\sum Q_{T,pr}$								<b>273.66</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE					$Q_{zag,pr}$								<b>64.54</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI					$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$								<b>256.76</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI					$Q_{pr}$								<b>684.21</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = 0,2 - Kupatilo/WC					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 27,296 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 3,639 m <sup>3</sup> /h      H <sub>v,pr</sub> = 9,17 W/K									
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: KUPATILOWC														
Unutarnja projektna temperatura		24	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata		nv = 1
Vanjska projektna temperatura		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1			Broj prozora		np = 1
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		5.87	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjska temperatura		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE	POVRŠINA UZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
S	VANJSKI ZID 3	1	1.52	3.10	4.71	PROZOR PVC	4.23	0.195	0.3	28	0.29	1.29	36.00	
J	PREGRADNI ZID 1	1	1.52	3.10	4.71	VRATA DRVO	3.14	0	0	9	1.13	3.54	31.90	
Z	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0.195	0	9	0.99	11.85	106.62	
I	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0	0	6	0.99	11.85	71.08	
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	28	1.40	0.73	20.43	
-	VRATA DRVO	1	0.75	2.10	1.58	-	1.58	0	0	9	2.03	3.20	28.78	
-	POD	1	1.52	3.86	5.87	-	5.87	0.01	0.22	-9	0.40	2.35	-21.14	
-	STROP	1	1.52	3.86	5.87	-	5.87	0.33	0.22	0	0.56	3.36	0.00	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI					$\sum Q_{T,pr}$								<b>273.66</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE					$Q_{zag,pr}$								<b>64.54</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI					$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$								<b>276.53</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI					$Q_{pr}$								<b>706.94</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = 0,2 - Kupatilo/WC					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 27,296 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 3,639 m <sup>3</sup> /h      H <sub>v,pr</sub> = 9,876 W/K									
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: HODNIK													
Unutarnja projektna temperatura		15	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata		nv = 5
Vanjska projektna temperatura		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1		Broj prozora		np = 0
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1				
Površina poda:		6.17	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02				
Srednja godišnja vanjska temperatura		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1				
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJEN	POVRŠINA UZETA ZA PROR	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)
J	UNUTARNJI ZID 1	1	4.78	3.10	14.82	2X VRATA	11.26	0.00	0.00	-7	0.58	6.53	-45.73
Z	VANJSKI ZID 1	1	1.29	3.10	4.00	VRATA	1.48	0.195	0.00	0	0.34	0.50	0.00
I	PREGRADNI ZID 1	1	1.29	3.10	4.00	VRATA	2.11	0.00	0.00	0	1.13	2.38	0.00
S	PREGRADNI ZID 1	1	4.78	3.10	14.82	VRATA	12.84	0.195	0.00	-6	1.13	14.51	-87.04
-	VRATA PVC	1	1.20	2.10	2.52	-	2.52	0.49	0.12	0	1.69	4.33	0.00
-	VRATA PVC	1	0.90	2.10	1.89	-	1.89	0.49	0.12	0	1.69	3.26	0.00
-	VRATA DRVO	2	0.90	2.20	3.96	-	3.96	0.00	0.00	7	1.98	7.84	54.89
-	VRATA DRVO	1	0.75	2.10	1.58	-	1.58	0.00	0.00	-9	1.98	3.12	-28.07
-	POD	1	4.78	1.29	6.17	-	6.17	0.01	0.22	0	0.38	2.34	0.00
-	STROP	1	4.78	1.29	6.17	-	6.17	0.33	0.22	7	0.56	3.52	24.66
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>-81.29</b>
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>67.83</b>
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>60.99</b>
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>54.65</b>
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = -0,263 - Kuhinja/Blagavaonica				e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 9,56 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 3,825 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 3,21 W/K					
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11									

## Prilog 2

Prostorija: SOBA 1														
Unutarnja projektna temp		18	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata	nv =	2	
Vanjska projektna temper		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1		Broj prozora	np =	0	
Visina stropa od poda:		2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		14.46	m <sup>2</sup>	Koeffcijent zaštićenosti:				e =	0.03					
Srednja godišnja vanjska		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠIN A (m <sup>2</sup> )	POVRŠIN AZA SMANJEN	POVRŠIN AUZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	VANJSKI ZID 1	1	4.04	2.70	10.91	VRATA PVC	8.27	0.195	0.30	22	0.34	2.87	63.13	
I	VANJSKI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0.195	0.30	22	0.34	3.34	73.59	
Z	PREGRADNI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0	0	2	1.13	10.92	21.85	
S	UNUTARNJI ZID 1	1	4.04	2.70	10.91	VRATA DRVO	9.23	0.195	0	0	0.58	5.35	0.00	
-	VRATA PVC (LODA)	1	1.20	2.20	2.64	-	2.64	0.49	0.12	22	1.25	3.36	73.89	
-	VRATA DRVO	1	0.80	2.10	1.68	-	1.68	0	0	2	1.98	3.33	6.65	
-	POD	1	3.58	4.04	14.46	-	14.46	0.01	0.22	2	0.40	5.79	11.57	
-	STROP	1	3.58	4.04	14.46	-	14.46	0.33	0.22	3	0.56	8.17	24.52	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI					$\sum Q_{T,pr}$								<b>275.20</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE					$Q_{zag,pr}$								<b>159.10</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI					$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$								<b>144.32</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI					$Q_{pr}$								<b>665.41</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = -0,09 - Soba 1					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 19,52 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 4,69 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 6,56 W/K					
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: SOBA 2														
Unutarnja projektna temp		18	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata		nv =	1
Vanjska projektna temp		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1		Broj prozora		np =	1
Visina stropa od poda:		2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		15.63	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjs		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJEN	POVRŠINA UZETA ZA PROR	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
S	VANJSKI ZID 1	1	3.00	2.70	8.10	PROZOR PVC	6.78	0.195	0.30	22	0.34	2.36	52.00	
I	VANJSKI ZID 1	1	5.21	2.70	14.07	-	14.07	0.195	0.30	22	0.34	4.84	106.51	
Z	PREGRADNI ZID 2	1	5.21	2.70	14.07	VRATA DRVO	12.39	0	0	-6	0.99	12.26	-73.58	
J	UNUTARNJI ZID 1	1	3.00	2.70	8.10	-	8.10	0.195	0	0	0.58	4.70	0.00	
-	PROZOR PVC	1	1.10	1.20	1.32	-	1.32	0.48	0.12	22	1.40	1.91	41.92	
-	VRATA DRVO	1	0.80	2.10	1.68	-	1.68	0	0	2	1.98	3.33	6.65	
-	POD	1	3.00	5.21	15.63	-	15.63	0.01	0.22	3	0.40	6.25	18.76	
-	STROP	1	3.00	5.21	15.63	-	15.63	0.33	0.22	3	0.56	8.83	26.48	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>178.75</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>171.93</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>155.98</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>582.65</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:										
f <sub>SUS</sub> = -0,27 - Soba 2				e = 1										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 21.101 m <sup>3</sup> /h										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 5,06 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 7,09 W/K						
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:										
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11										

Prostorija: DNEVNI BORAČAK														
Unutarnja projektna temp	20	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata	nv =	1	
Vanjska projektna temp	-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:					0,5	h-1		Broj prozora	np =	0	
Visina stropa od poda:	2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50					5	h-1					
Površina poda:	14.21	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:					e =	0.02					
Srednja godišnja vanjska temp	12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:					ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE VRATA PVC	POVRŠINA UZETA ZA PRORAZ	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	VANJSKI ZID 1	1	3.97	2.70	10.72		7.63	0.195	0.30	24	0.34	2.65	63.62	
I	PREGRADNI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0.195	0	2	1.13	10.92	21.85	
Z	UNUTARNJI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0	0	5	0.34	3.29	16.43	
S	UNUTARNJI ZID 2	1	3.97	2.70	10.72	PROLAZ	6.07	0	0	0	0.58	3.52	0.00	
-	VRATA PVC (LOĐA)	1	1.40	2.21	3.09	-	3.09	0.49	0.12	24	1.25	3.93	94.23	
-	PROLAZ	1	1.98	2.35	4.65	-	4.65	0	0	0	0	0	0.00	
-	POD	1	3.58	3.97	14.21	-	14.21	0.01	0.22	0	0.40	5.69	0.00	
-	STROP	1	3.58	3.97	14.21	-	14.21	0.33	0.22	5	0.56	8.02	40.12	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>236.26</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>156.34</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>154.56</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>629.23</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:						FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:								
f <sub>SUS</sub> = 0,083 - Dnevni boravak						e = 1								
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod						VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 19,18 m <sup>3</sup> /h								
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop						V <sub>zr,inf</sub> = 4,6 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 6,44 W/K				
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod						KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:								
b <sub>u</sub> = 1 - Strop						f <sub>zag</sub> = 11								

Prostorija: KUHINJA/BLAGAVAONICA															
Unutarnja projektna temperatura		20 °C		Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata		nv = 2	
Vanjska projektna temperatura		-4 °C		Minimalni broj izmjena zraka:				1,5 h-1				Broj prozora		np = 0	
Visina stropa od poda:		2.7 m		Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5 h-1							
Površina poda:		18.93 m <sup>2</sup>		Koeficijent zaštićenosti:				e = 0.02							
Srednja godišnja vanjska temperatura		12 °C		Korekcijski faktor visine zgrade:				ε = 1							
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE	POVRŠINA UZETA ZA PRORAČUN	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)		
J	UNUTARNJI ZID 1	1	5.03	2.70	13.58	PROLAZ	8.88	0	0	0	0.58	5.15	0.00		
Z	VANJSKI ZID 1	1	5.19	2.70	14.01	2x VRATA	8.73	0.195	0.00	22	0.34	2.97	65.32		
I	PREGRADNI ZID 1	1	3.94	2.70	10.64	-	10.64	0	0	4	0.99	10.53	42.13		
S	VANJSKI ZID 2	1	3.21	2.70	8.67	-	8.67	0.195	0.30	22	0.34	3.01	66.12		
-	VRATA PVC	1	1.00	2.10	2.10	-	2.10	0.49	0.12	5	1.69	3.61	18.07		
-	VRATA DRVO	1	1.20	2.20	2.64	-	2.64	0	0	22	1.98	5.23	115.00		
-	PROLAZ	1	2.00	2.35	4.70	-	4.70	0	0	0	0.00	0.00	0.00		
-	POD	1	5.04	3.76	18.93	-	18.93	0.01	0.22	4	0.38	7.18	28.73		
-	STROP	1	5.04	3.76	18.93	-	18.93	0.33	0.22	7	0.56	10.66	74.65		
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$		<b>410.02</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$		<b>208.25</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$		<b>205.92</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$		<b>947.82</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:											
f <sub>SUS</sub> = -0,16 - Kuhinja/Blagavaonica				e = 1											
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 25,56 m <sup>3</sup> /h											
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 6,13 m <sup>3</sup> /h					H <sub>v,pr</sub> = 8,58 W/K						
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:											
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11											

Prostorija: KUPATILOWC														
Unutarnja projektna temperatura		24	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata		nv = 1
Vanjska projektna temperatura		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1			Broj prozora		np = 1
Visina stropa od poda:		2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		6.60	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjska temperatura		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE	POVRŠINA UZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
S	VANJSKI ZID 1	1	1.72	2.70	4.64	PROZOR PVC	4.16	0.195	0.30	28	0.23	1.02	28.45	
J	PREGRADNI ZID 1	1	1.72	2.70	4.64	VRATA DRVO	2.96	0	0	4	0.99	2.93	11.74	
Z	PREGRADNI ZID 2	1	3.84	2.70	10.37	-	10.37	0.195	0	4	0.99	10.26	41.06	
I	PREGRADNI ZID 3	1	3.84	2.70	10.37	-	10.37	0	0	6	0.99	10.26	61.59	
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	28	1.40	0.73	20.43	
-	VRATA DRVO	1	0.80	2.10	1.68	-	1.68	0	0	4	1.98	3.33	13.31	
-	POD	1	1.72	3.84	6.60	-	6.60	0.01	0.22	0	0.40	2.64	0.00	
-	STROP	1	1.72	3.84	6.60	-	6.60	0.33	0.22	9	0.56	3.77	33.91	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>210.48</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>72.65</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>251.44</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>614.76</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:										
f <sub>SUS</sub> = 0,214 - Kupatilo/WC				e = 1										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 26,73 m <sup>3</sup> /h										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 2,14 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 8,98 W/K						
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:										
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11										



## Prilog 3

Prostorija: SOBA 1														
Unutarnja projektna temp		18	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata	nv =	1
Vanjska projektna temp		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1			Broj prozora	np =	1
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		12.20	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjs		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠIN A (m <sup>2</sup> )	POVRŠIN A ZA SMANJEN	POVRŠIN AUZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	PREGRADNI ZID 1	1	3.16	3.10	9.80	VRATA	7.82	0.125	0	3	1.13	8.83	26.50	
I	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0.125	0	-6	0.99	11.85	-71.08	
Z	VANJSKI ZID 1	1	3.86	3.10	11.97	PROZOR	10.53	0.01	0	22	0.25	2.63	57.89	
S	VANJSKI ZID 1	1	3.16	3.10	9.80	-	9.80	0.34	0.30	22	0.25	2.55	56.12	
-	PROZOR PVC	1	1.20	1.20	1.44	-	2.69	0.48	0.12	22	1.40	3.82	84.12	
-	VRATA DRVO	1	0.90	2.20	1.98	-	1.87	0	0	3	1.98	3.70	11.11	
-	POD	1	3.16	3.86	12.20	-	12.20	0.325	0.22	-3	0.38	4.71	-14.12	
-	STROP	1	3.16	3.86	12.20	-	12.20	0.330	0.22	4	3.09	37.76	151.05	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>301.59</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>134.17</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>139.70</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>661.79</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:						FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:								
f <sub>SUS</sub> = -0,27 - Soba 1						e = 1								
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod						VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 18,91 m <sup>3</sup> /h								
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop						V <sub>zr,inf</sub> = 7,564 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 6,35 W/K				
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod						KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:								
b <sub>u</sub> = 1 - Strop						f <sub>zag</sub> = 11								

Prostorija: KUHINJA/BLAGAVAONICA/DNEVNI BORAČAK													
Unutarnja projektna temperatura:		20	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata		nv = 3
Vanjska projektna temperatura:		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1		Broj prozora		np = 1
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50Pa:				5	h-1				
Površina poda:		30.36	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02				
Srednja godišnja vanjska temperatura:		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1				
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA UZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)
J	VANJSKI ZID 1	1	8.60	3.10	26.66	2X VRATA, PROZOR PVC	15.62	0.195	0.30	26	0.25	3.96	103.05
Z	UNUTARNJI ZID 1	1	3.53	3.10	10.94	-	10.94	0.195	0	7	0.25	2.74	19.15
I	UNUTARNJI ZID 2	1	3.53	3.10	10.94	-	10.94	0.195	0.30	26	0.38	4.22	109.64
S	UNUTARNJI ZID 2	1	8.60	3.10	26.66	VRATA	24.68	0	0	7	0.38	9.38	65.65
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	26	0.38	0.24	6.24
-	VRATA PVC (LOĐA)	2	1.20	2.20	5.28	-	5.28	0.49	0.12	26	1.25	6.66	173.13
-	VRATA DRVO	1	0.90	2.20	1.98	-	1.98	0	0	7	1.98	3.92	27.44
-	POD	1	8.60	3.53	30.36	-	30.36	0.325	0.22	-7	0.40	12.21	-85.50
-	STROP	1	8.60	3.53	30.36	-	30.36	0.330	0.22	0	3.09	93.88	0.00
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>418.80</b>
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>333.94</b>
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>379.20</b>
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>1301.72</b>
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:						FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:							
f <sub>SUS</sub> = 0,263 - Kuhinja/Blagavaonica/Dnevni boravak						e = 1							
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod						VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 47,06 m <sup>3</sup> /h							
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop						V <sub>zr,inf</sub> = 11,29 m <sup>3</sup> /h						H <sub>v,pr</sub> = 15,8 W/K	
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod						KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:							
b <sub>u</sub> = 1 - Strop						f <sub>zag</sub> = 11							

Prostorija: KUPATILOWC														
Unutarnja projektna temperatura		24	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata		nv = 1
Vanjska projektna temperatura		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1			Broj prozora		np = 1
Visina stropa od poda:		3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		5.87	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjska temperatura		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE	POVRŠINA UZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
S	VANJSKI ZID 3	1	1.52	3.10	4.71	PROZOR PVC	4.23	0.195	0.3	28	0.23	1.03	28.89	
J	PREGRADNI ZID 1	1	1.52	3.10	4.71	VRATA DRVO	3.14	0	0	9	1.13	3.54	31.90	
Z	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0.195	0	9	0.99	11.85	106.62	
I	PREGRADNI ZID 2	1	3.86	3.10	11.97	-	11.97	0	0	6	0.99	11.85	71.08	
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	28	1.40	0.73	20.43	
-	VRATA DRVO	1	0.75	2.10	1.58	-	1.58	0	0	9	2.03	3.20	28.78	
-	POD	1	1.52	3.86	5.87	-	5.87	0.01	0.22	-9	0.40	2.35	-21.14	
-	STROP	1	1.52	3.86	5.87	-	5.87	0.33	0.22	0	0.56	3.36	0.00	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI					$\sum Q_{T,pr}$								<b>266.55</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE					$Q_{zag,pr}$								<b>64.54</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI					$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$								<b>256.76</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI					$Q_{pr}$								<b>676.03</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = 0,2 - Kupatilo/WC					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 27,296 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 3,639 m <sup>3</sup> /h      H <sub>v,pr</sub> = 9,17 W/K									
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: HODNIK													
Unutarnja projektna temperatura	15	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata	nv =	5
Vanjska projektna temperatura	-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:		0,5	h-1					Broj prozora	np =	0
Visina stropa od poda:	3.1	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50		5	h-1							
Površina poda:	6.17	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:		e =	0.02							
Srednja godišnja vanjska temperatura	12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:		ε =	1							
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJEN	POVRŠINA UZETA ZA PROR	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)
J	UNUTARNJI ZID 1	1	4.78	3.10	14.82	2X VRATA	11.26	0.00	0.00	-7	0.58	6.53	-45.73
Z	VANJSKI ZID 1	1	1.29	3.10	4.00	VRATA	1.48	0.195	0.00	0	0.25	0.37	0.00
I	PREGRADNI ZID 1	1	1.29	3.10	4.00	VRATA	2.11	0.00	0.00	0	1.13	2.38	0.00
S	PREGRADNI ZID 1	1	4.78	3.10	14.82	VRATA	12.84	0.195	0.00	-6	1.13	14.51	-87.04
-	VRATA PVC	1	1.20	2.10	2.52	-	2.52	0.49	0.12	0	1.69	4.33	0.00
-	VRATA PVC	1	0.90	2.10	1.89	-	1.89	0.49	0.12	0	1.69	3.26	0.00
-	VRATA DRVO	2	0.90	2.20	3.96	-	3.96	0.00	0.00	7	1.98	7.84	54.89
-	VRATA DRVO	1	0.75	2.10	1.58	-	1.58	0.00	0.00	-9	1.98	3.12	-28.07
-	POD	1	4.78	1.29	6.17	-	6.17	0.01	0.22	0	0.38	2.34	0.00
-	STROP	1	4.78	1.29	6.17	-	6.17	0.33	0.22	-7	0.56	3.52	-24.66
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>-130.61</b>
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>67.83</b>
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>77.04</b>
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>16.40</b>
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:						FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:							
f <sub>SUS</sub> = -0,263 - Kuhinja/Blagavaonica						e = 1							
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod						VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 9,56 m <sup>3</sup> /h							
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop						V <sub>zr,inf</sub> = 3,825 m <sup>3</sup> /h      H <sub>v,pr</sub> = 3,21 W/K							
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod						KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:							
b <sub>u</sub> = 1 - Strop						f <sub>zag</sub> = 11							

## Prilog 4

Prostorija: SOBA 1													
Unutarnja projektna temp		18	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata		nv = 2
Vanjska projektna temper		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1		Broj prozora		np = 0
Visina stropa od poda:		2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1				
Površina poda:		14.46	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.03				
Srednja godišnja vanjska		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1				
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠIN A (m <sup>2</sup> )	POVRŠIN A ZA SMANJEN	POVRŠIN AUZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)
J	VANJSKI ZID 1	1	4.04	2.70	10.91	VRATA PVC	8.27	0.195	0.30	22	0.25	2.13	46.76
I	VANJSKI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0.195	0.30	22	0.25	2.48	54.45
Z	PREGRADNI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0	0	2	1.13	10.92	21.85
S	UNUTARNJI ZID 1	1	4.04	2.70	10.91	VRATA DRVO	9.23	0.195	0	0	0.58	5.35	0.00
-	VRATA PVC (LOĐA)	1	1.20	2.20	2.64	-	2.64	0.49	0.12	22	1.25	3.36	73.89
-	VRATA DRVO	1	0.80	2.10	1.68	-	1.68	0	0	2	1.98	3.33	6.65
-	POD	1	3.58	4.04	14.46	-	14.46	0.01	0.22	3	0.40	5.79	17.36
-	STROP	1	3.58	4.04	14.46	-	14.46	0.33	0.22	-3	0.56	8.17	-24.52
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>196.45</b>
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>159.10</b>
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>144.32</b>
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>574.84</b>
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:						FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:							
f <sub>SUS</sub> = -0,09 - Soba 1						e = 1							
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod						VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 19,52 m <sup>3</sup> /h							
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop						V <sub>zr,inf</sub> = 4,69 m <sup>3</sup> /h      H <sub>v,pr</sub> = 6,56 W/K							
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod						KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:							
b <sub>u</sub> = 1 - Strop						f <sub>zag</sub> = 11							

Prostorija: SOBA 2													
Unutarnja projektna temp		18	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata		nv = 1
Vanjska projektna temp		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				0,5	h-1		Broj prozora		np = 1
Visina stropa od poda:		2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1				
Površina poda:		15.63	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02				
Srednja godišnja vanjs		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1				
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJEN	POVRŠINA UZETA ZA PROR	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)
S	VANJSKI ZID 1	1	3.00	2.70	8.10	PROZOR PVC	6.78	0.195	0.30	22	0.25	1.75	38.58
I	VANJSKI ZID 1	1	5.21	2.70	14.07	-	14.07	0.195	0.30	22	0.25	3.58	78.66
Z	PREGRADNI ZID 2	1	5.21	2.70	14.07	VRATA DRVO	12.39	0	0	-6	0.99	12.26	-73.58
J	UNUTARNJI ZID 1	1	3.00	2.70	8.10	-	8.10	0.195	0	0	0.58	4.70	0.00
-	PROZOR PVC	1	1.10	1.20	1.32	-	1.32	0.48	0.12	22	1.40	1.91	41.92
-	VRATA DRVO	1	0.80	2.10	1.68	-	1.68	0	0	2	1.98	3.33	6.65
-	POD	1	3.00	5.21	15.63	-	15.63	0.01	0.22	-3	0.40	6.25	-18.76
-	STROP	1	3.00	5.21	15.63	-	15.63	0.33	0.22	-3	0.56	8.83	-26.48
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>46.99</b>
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>171.93</b>
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>155.98</b>
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>431.14</b>
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = -0,27 - Soba 2				e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 21.101 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 5,06 m <sup>3</sup> /h				H <sub>v,pr</sub> = 7,09 W/K					
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: DNEVNI BORAČAK														
Unutarnja projektna temp	20	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata	nv =	1	
Vanjska projektna temp	-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:					0,5	h-1		Broj prozora	np =	0	
Visina stropa od poda:	2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50					5	h-1					
Površina poda:	14.21	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:					e =	0.02					
Srednja godišnja vanjska temp	12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:					ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE VRATA PVC	POVRŠINA UZETA ZA PROROK	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	VANJSKI ZID 1	1	3.97	2.70	10.72		7.63	0.195	0.30	24	0.25	1.96	47.15	
I	PREGRADNI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0.195	0	2	1.13	10.92	21.85	
Z	UNUTARNJI ZID 1	1	3.58	2.70	9.67	-	9.67	0	0	5	0.58	5.61	28.03	
S	UNUTARNJI ZID 2	1	3.97	2.70	10.72	PROLAZ	6.07	0	0	0	0.58	3.52	0.00	
-	VRATA PVC (LOĐA)	1	1.40	2.21	3.09	-	3.09	0.49	0.12	24	1.25	3.93	94.23	
-	PROLAZ	1	1.98	2.35	4.65	-	4.65	0	0	0	0	0	0.00	
-	POD	1	3.58	3.97	14.21	-	14.21	0.01	0.22	0	0.40	5.69	0.00	
-	STROP	1	3.58	3.97	14.21	-	14.21	0.33	0.22	-5	0.56	8.02	-40.12	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>151.14</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>156.34</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>154.56</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>531.34</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = 0,083 - Dnevni boravak					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 19,18 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 4,6 m <sup>3</sup> /h					H <sub>v,pr</sub> = 6,44 W/K				
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									

Prostorija: KUHINJA/BLAGAONICA														
Unutarnja projektna temp		20	°C	Ventilacija:							Broj unutrašnjih vrata		nv =	2
Vanjska projektna temp		-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1		Broj prozora		np =	0
Visina stropa od poda:		2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1					
Površina poda:		18.93	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02					
Srednja godišnja vanjs		12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1					
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJEN	POVRŠINA UZETA ZA PROR	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
J	UNUTARNJI ZID 1	1	5.03	2.70	13.58	PROLAZ	8.88	0	0	0	0.58	5.15	0.00	
Z	UNUTARNJI ZID 1	1	5.19	2.70	14.01	2x VRATA	8.73	0.195	0.00	22	0.58	5.07	111.43	
I	PREGRADNI ZID 1	1	3.94	2.70	10.64	-	10.64	0	0	4	0.99	10.53	42.13	
S	VANJSKI ZID 2	1	3.21	2.70	8.67	-	8.67	0.195	0.30	22	0.25	2.23	48.96	
-	VRATA PVC	1	1.00	2.10	2.10	-	2.10	0.49	0.12	5	1.69	3.61	18.07	
-	VRATA DRVO	1	1.20	2.20	2.64	-	2.64	0	0	22	1.98	5.23	115.00	
-	PROLAZ	1	2.00	2.35	4.70	-	4.70	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
-	POD	1	5.04	3.76	18.93	-	18.93	0.01	0.22	4	0.38	7.18	28.73	
-	STROP	1	5.04	3.76	18.93	-	18.93	0.33	0.22	-7	0.56	10.66	-74.65	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI												$\sum Q_{T,pr}$	<b>289.66</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE												$Q_{zag,pr}$	<b>208.25</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI												$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$	<b>205.92</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI												$Q_{pr}$	<b>809.40</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:				FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:										
f <sub>SUS</sub> = -0,16 - Kuhinja/Blagavaonica				e = 1										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod				VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 25,56 m <sup>3</sup> /h										
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop				V <sub>zr,inf</sub> = 6,13 m <sup>3</sup> /h					H <sub>v,pr</sub> = 8,58 W/K					
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod				KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:										
b <sub>u</sub> = 1 - Strop				f <sub>zag</sub> = 11										



Prostorija: KUPATILOWC														
Unutarnja projektna temperatura	24	°C	Ventilacija:								Broj unutrašnjih vrata	nv =	1	
Vanjska projektna temperatura	-4	°C	Minimalni broj izmjena zraka:				1,5	h-1			Broj prozora	np =	1	
Visina stropa od poda:	2.7	m	Minimalni broj izmjena zraka pri 50				5	h-1						
Površina poda:	6.60	m <sup>2</sup>	Koeficijent zaštićenosti:				e =	0.02						
Srednja godišnja vanjska temperatura	12	°C	Korekcijski faktor visine zgrade:				ε =	1						
SS	OZNAKA	BROJ	ŠIRINA (m)	VISINA (m)	POVRŠINA A (m <sup>2</sup> )	POVRŠINA ZA SMANJENJE	POVRŠINA UZETA ZA PROR.	Ψ (W/mK)	l (m)	Δt (°C)	U (W/m <sup>2</sup> K)	H <sub>T</sub> (W/K)	Q <sub>T</sub> (W)	
S	VANJSKI ZID 1	1	1.72	2.70	4.64	PROZOR PVC	4.16	0.195	0.30	28	0.23	1.02	28.45	
J	PREGRADNI ZID 1	1	1.72	2.70	4.64	VRATA DRVO	2.96	0	0	4	0.99	2.93	11.74	
Z	PREGRADNI ZID 2	1	3.84	2.70	10.37	-	10.37	0.195	0	4	0.99	10.26	41.06	
I	PREGRADNI ZID 3	1	3.84	2.70	10.37	-	10.37	0	0	6	0.99	10.26	61.59	
-	PROZOR PVC	1	0.60	0.80	0.48	-	0.48	0.48	0.12	28	1.40	0.73	20.43	
-	VRATA DRVO	1	0.80	2.10	1.68	-	1.68	0	0	4	1.98	3.33	13.31	
-	POD	1	1.72	3.84	6.60	-	6.60	0.01	0.22	0	0.40	2.64	0.00	
-	STROP	1	1.72	3.84	6.60	-	6.60	0.33	0.22	-9	0.56	3.77	-33.91	
UKUPNI TRANSMISIJSKI GUBICI					$\sum Q_{T,pr}$								<b>142.66</b>	
DODATNI UČIN ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE					$Q_{zag,pr}$								<b>72.65</b>	
VENTILACIJSKI GUBICI					$Q_{v,pr} = H_{v,pr} (t_{zr,pr} - t_{ok})$								<b>251.44</b>	
UKUPNI GUBICI TOPLINE UVEĆANI ZA 15% ZBOG SIGURNOSTI					$Q_{pr}$								<b>536.76</b>	
FAKTORI ZA GUB. PREMA SUS.PROST.:					FAKTORI ZA GUB. PREMA OKOLINI:									
f <sub>SUS</sub> = 0,214 - Kupatilo/WC					e = 1									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Pod					VENTILACIJA: V <sub>zr,min</sub> = 26,73 m <sup>3</sup> /h									
f <sub>SUS</sub> = 0,208 - Strop					V <sub>zr,inf</sub> = 2,14 m <sup>3</sup> /h      H <sub>v,pr</sub> = 8,98 W/K									
b <sub>u</sub> = 0,5 - Pod					KOREKCIJSKI FAKTOR ZA PONOVRNO ZAGRIJAVANJE:									
b <sub>u</sub> = 1 - Strop					f <sub>zag</sub> = 11									