Energetska učinkovitost zgrade nakon implementacije mjera poboljšanja energetskih svojstava na primjeru obiteljske kuće

Međimurec, Božidar

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:274294

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 247/GR/2015

Energetska učinkovitost zgrade nakon implementacije mjera poboljšanja energetskih svojstava na primjeru obiteljske kuće

Božidar Međimurec, 5144/601

Varaždin, veljača 2016. godine

Sveučilište
Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 247/GR/2015

Energetska učinkovitost zgrade nakon implementacije mjera poboljšanja energetskih svojstava na primjeru obiteljske kuće

Student

Božidar Međimurec, 5144/601

Mentor

Željko Kos, struč.spec.ing.aedif.

Varaždin, veljača 2016. godine

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

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Božidar Međimurec | MATIČNI BROJ: 5144/601

DATUM: 14. 10. 2015. | KOLEGIJ: Zgradarstvo II

NASLOV RADA: Energetska učinkovitost zgrade nakon implementacije mjera poboljšanja energetskih svojstava na primjeru obiteljske kuće

MENTOR: Željko Kos, struč.spec.ing.aedif. | ZVANJE: Predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. dr.sc. Božo Soldo, izvanredni prof.
2. Željko Kos, predavač
3. Matija Orešković, predavač
4.
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 247/GR/2015

OPIS

Pristupnik u radu treba s aspekta energetske učinkovitosti građevine izraditi izvješće za postojeće stanje određene zgrade, predložiti mjere za poboljšanje energetskih svojstava i obrazložiti isplativost mjera ili eventualnu neisplativost određene mjere poboljšanja energetske učinkovitosti predmetne zgrade na primjeru uštede energije za grijanje nakon provedbe predloženih mjera toplinske zaštite toplinske ovojnice predmetne zgrade.

Detaljno opisati način izračuna potrebne energije za grijanje, ulazne podatke i dobivene rezultate za stvarne i referentne klimatske podatke te izračunati i usporediti rezultate difuzije vodene pare za stanje prije i nakon provedbe mjera poboljšanja energetskih svojstava toplinske ovojnice zgrade.

Izračunati financijsku uštedu i smanjenje emisije CO2 nakon implementacije svih predloženih mjera energetske učinkovitosti.

U radu je potrebno obraditi slijedeće teme:
- Analiza postojećeg stanja zgrade
- Prijedlog mjera energetske učinkovitosti
- Metodologija proračuna potrebne toplinske energije za grijanje
- Proračun potrebne energije za grijanje i difuzije vodene pare za postojeće i novo stanje ovojnice zgrade
- Financijska ušteda mjera energetske učinkovitosti
- Smanjenje emisije CO2 nakon implementacije mjera energetske učinkovitosti

REPUBLIKA HRVATSKA 5 SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 27. 11. 2015. | POTPIS MENTORA

Sažetak

Predmet završnog rada je s aspekta energetske učinkovitosti izraditi analizu postojećeg stanja, predložiti i analizirati mjere za poboljšanje energetskih svojstava te prikazati uštedu toplinske energije za grijanje nakon provedbe predloženih mjera energetske učinkovitosti na primjeru obiteljske kuće.

Nakon analize postojećeg stanja opisat ću metodologiju proračuna potrebne toplinske energije za grijanje, te prije samog proračuna potrebne energije za grijanje su nam potrebni podaci o geometrijskim karakteristikama zgrade, klimatološki podaci i lokacija na kojoj se nalazi zgrada za koju se provodi proračun. Za proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje upotrebljen je računalni program KI Expert 2013.

Na temelju dobivenih rezultata predlažu se mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti, te se izračunava financijska ušteda i smanjenje emisije $C0_2$ nakon implementacije svih predloženih mjera energetske učinkovitosti.
Također je napravljen proračun difuzije vodene pare Glaserovom metodom za postojeće i novo stanje ovojnice zgrade.

Ključne riječi: mjere energetske učinkovitosti, potrebna toplinska energija, metodologija proračuna, KI Expert 2013, obiteljska kuća, financijska ušteda, smanjenje emisije CO_2 , difuzija vodene pare, Glaserova metoda

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Energetski pregled zgrade 3

3. Metodologija proračuna potrebne energije za grijanje 5

3.1. Potrebna toplinska energija za grijanje 7

3.2. Izmjena toplinske energije transmisijom i ventilacijom 8

3.3. Koeficijent transmisijske izmjene topline 8

3.4. Unutarnji toplinski dobici 9

3.5. Solarni toplinski dobici 9

4. Analiza postojećeg stanja stambene zgrade 10

4.1. Opis građevine 10

4.2. Vanjski zidovi 12

4.3. Podovi 12

4.4. Stropovi 13

4.5. Vanjski otvori 14

4.6. Sustav grijanja/hlađenja, ventilacije 16

4.6.1. Podsustav proizvodnje energije i razvoda 16

4.6.2. Podsustav izmjene topline u prostoru 17

4.7. Sustav pripreme PTV 18

4.8. Sustav potrošnje električne energije 19

5. Proračun potrebne energije za grijanje 24

5.1. Ulazni podaci 27

5.2. Rezultati proračuna 29

5.2.1. Gubici u periodu grijanja 29

5.2.2. Dobici u periodu grijanja 31

5.2.3. Potrebna energija za grijanje 32

5.2.4. Energetski razred 33

6. Prijedlog mjera energetske učinkovitosti 34

6.1. Izolacija vanjskog zida 35

6.2. Izolacija stropa prema tavanu 37

6.3. Izolacija poda na tlu 38

6.4. Izolacija stropa podruma 39

6.5. Zamjena otvora 40

6.6. Ugradnja LED rasvjete 42
6.7. Ukupna financijska ušteda 43
6.8. Energetski razred novog stanja ovojnice zgrade 44
7. Smanjenje emisije CO_2 45
8. Difuzija vodene pare 46
8.1. Proračun difuzije vodene pare vanjskog zida 48
8.2. Rezultati proračuna 50
8.3. Usporedba rezultata 52
9. Zaključak 53
10. Literatura 54

1. Uvod

U stambenim zgradama se troši oko 40% od ukupne potrošnje energije, a istovremeno u njima leži najveći potencijal energetskih i ekoloških ušteda pa je izuzetno važna njihova energetska učinkovitost te osiguravanje minimalne potrošnje energije da bi se postigla optimalna ugodnost boravka i korištenja zgrade. Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade (obliku i konstrukcijskim materijalima), energetskih sustava u njoj (sustava grijanja, hlađenja, prozračivanja, električnih uređaja i rasvjete koji se u njoj koriste), ali i o klimatskim uvjetima podneblja na kojem se nalazi.

Obiteljske kuće čine 65% stambenog fonda u Hrvatskoj, a najviše obiteljskih kuća je izgrađeno prije 1987. godine te nemaju gotovo nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju (energetski razred E i lošiji). Takve obiteljske kuće troše 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode, a mjere energetske učinkovitosti mogu značajno smanjiti njihovu potrošnju, u nekim slučajevima i do 60% u odnosu na trenutnu. Pod pojmom 'obiteljska kuća' smatra se zgrada u kojoj je više od 50% bruto podne površine namijenjeno za stanovanje te zadovoljava jedan od dva navedena uvjeta: da ima najviše 3 stambene jedinice ili da ima građevinsku bruto površinu manju ili jednaku 600 m^2.

Konstantna briga o zaštiti okoliša, poboljšanju energetske učinkovitosti i korištenju obnovljivih izvora energije jedna je od temeljnih komponenti održivog razvoja i jako važan čimbenik u Hrvatskoj. Vlada Republike Hrvatske, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja i Ministarstvo zaštite okoliša i prirode donijeli su 2014. godine *Program energetske obnove obiteljskih kuća*, za razdoblje od 2014. do 2020. godine kojeg provodi Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

Cilj programa energetske obnove obiteljskih kuća je povećanje energetske učinkovitosti postojećih kuća, smanjenje potrošnje energije i emisija CO_2 te smanjenje mjesečnih troškova za energente, uz ukupno poboljšanje kvalitete života. Provedba programa doprinosi čišćem okolišu i ublažavanju klimatskih promjena te donosi direktnu i mjerljivu koristi građanima, gospodarstvu i društvu u cjelini. Plan za energetsku učinkovitost, niz direktiva i poticajnih mehanizama, te obvezna energetska certifikacija zgrada, svakako govore u prilog važnosti upravljanja energijom u zgradama, kao najvećem pojedinačnom potrošaču energije.

Proces pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji i usklađivanja hrvatskog zakonodavstva s europskom pravnom stečevinom, jedna od važnijih aktivnosti u području zgradarstva i energetske učinkovitosti je prijenos Direktive *2002/91/EC* o energetskim svojstvima zgrada. Direktiva ističe da nove zgrade moraju ispunjavati minimalne zahtjeve u pogledu energetskih svojstava, te razmatrati alternativne energetske sustave. Obnovu postojećih zgrada treba smatrati prilikom za poduzimanjem mjera za povećanje energetske učinkovitosti, s obzirom da se u postojećem sektoru zgrada krije najveći potencijal energetskih ušteda.

Međutim, cijene energenata i emisije stakleničkih plinova kako u cijelome svijetu tako i u Republici Hrvatskoj sve više rastu dok se rezerve smanjuju, stoga je neophodno smanjivati potrošnju energenata. Nedostatak energije i nesigurnost u opskrbi energijom je danas veliki problem u Hrvatskoj jer uvozimo preko 50% potrebne energije.

2. Energetski pregled zgrade

Energetski pregled zgrade je ključan i nezaobilazan korak u analizi učinkovitosti potrošnje energije i vode, kontroli potrošnje i smanjenja troškova i potrošnje energije, energenata i vode u zgradama. Sastavni je dio energetskog pregleda identificiranje preporuka za promjene načina rada postrojenja ili promjene ponašanja korisnika te preporuke za primjenu zahvata i realizaciju mjera kojima se poboljšava energetska učinkovitost zgrade bez ugrožavanja ili uz poboljšanje radnih uvjeta, ugodnosti boravka, proizvodnog procesa ili kvalitete usluge u zgradi.

Energetski pregled zgrade podrazumijeva analizu tehničkih i energetskih svojstava zgrade i analizu svih tehničkih sustava u zgradi koji troše energiju i vodu s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije i vode te donošenja zaključaka i preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti.

Osnovni cilj energetskog pregleda zgrade je prikupljanjem i obradom podataka o zgradi i svim tehničkim sustavima u zgradi, utvrđivanje energetskih svojstava obzirom na:

› građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite i potrošnje energije,
› energetska svojstva sustava za grijanje, hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju,
› energetska svojstva sustava za pripremu potrošne tople vode,
› energetska svojstva sustava potrošnje električne energije,
› energetska svojstva sustava potrošnje pitke i sanitarne vode,
› energetska svojstva pojedinih grupa trošila i ostalih tehničkih sustava u zgradi,
› način korištenja zgrade i u njoj ugrađenih energetskih sustava i sustava potrošnje vode.

Svrha energetskog pregleda je:

› analiza stanja i mogućnosti primjene mjera poboljšanja energetskih svojstava zgrade i poboljšanja energetske učinkovitosti u skladu s realnim uvjetima eksploatacije i uporabe zgrade,
› prikupljanje svih potrebnih podataka i informacija o zgradama za provođenje postupka energetskog certificiranja zgrade i određivanja energetskog razreda zgrade u propisanim referentnim klimatskim podacima prema Algoritmu.

Provedba energetskih pregleda je propisana *Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju* (NN 48/14) kojim se ureduju zakonske obveze i zahtjevi za provedbu energetskog pregleda zgrada te obveze i postupak energetskog certificiranja.

Energetski pregled se provodi u skladu sa stvarnim potrebama zgrade, važećim tehničkim propisima, te prema stvarnoj potrošnji pojedinog sustava. Ocjena stanja sustava, te sama ocjena energetske učinkovitosti nužna je za pravilno održavanje i korištenje te u konačnici pravilan izbor i proračun mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti.
Za nove zgrade i zgrade nakon veće rekonstrukcije daju se preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom i očuvanja topline i ispunjenje energetskih svojstava zgrade.

3. Metodologija proračuna potrebne energije za grijanje

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje izračunava se prema *Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti* (NN 97/14) koji predviđa normu *HRN EN ISO 13790* koja opisuje postupak proračuna godišnje potrošnje energije za grijanje i hlađenje stambenih i nestambenih zgrada ili dijelova zgrade.

Prema *HRN EN ISO 13790*, tri su pristupa proračunu potrošnje energije za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:

› kvazistacionarni proračun na bazi sezonskih vrijednosti
› kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti
› dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim

Kod energetskog certificiranja zgrada, za proračun potrebne energije koristiti se kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti. Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti.

Podjela na proračunske zone za koje se odvojeno računa potrebna energija za grijanje i hlađenje, te se za svaku zonu zasebno izdaje energetski certifikat, provodi se za dijelove zgrade ako se razlikuju:

› vrijednosti unutarnje projektne temperature za više od 4 °C,
› namjena drugačija od osnovne i to u iznosu od 10 % i više neto podne površine prostora veće od 50 m^2,
› u pogledu ugrađenog termotehničkog sustava i njegovog režima uporabe.

Proračun prema normi *HRN EN ISO 13790* moguć je na tri načina:

› cijela zgrada tretirana kao jedna zona,
› zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura < 5°C, pa se izmjena topline između samih zona ne uzima u obzir
› zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura ≥ 5°C, pa se izmjena topline između zona uzima u obzir

Potrebni ulazni podaci za proračun:

Klimatski podaci:

ϑ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period (°C);

S_S – srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period (MJ/m^2).

Proračunski parametri:

ϑ_{int} - unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona (°C);

n – broj izmjena zraka svake proračunske zone u jednom satu (h^{-1}).

Podaci o zgradi:

A_k – ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade (m^2);

(vanjski zidovi, zidovi između stanova, zidovi prema garaži/tavanu, zidovi prema negrijanom stubištu, zidovi prema tlu, stropovi između stanova, stropovi prema tavanu, stropovi iznad vanjskog prostora, stropovi prema negrijanom podrumu, podovi na tlu, podovi s podnim grijanjem prema tlu, kosi krovovi iznad grijanih prostora, ravni krovovi iznad grijanih prostora)

A_f – površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama (m^2);

A_K – ploština korisne površine zgrade (m^2);

za stambene zgrade može se približno odrediti $A_K = 0{,}32 \cdot V_e$

A – ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (omotač grijanog dijela zgrade) (m^2);

V_e - bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje A (m^3);

V – neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak (m^3);

f – udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja.

Podaci o termotehničkim sustavima:

› način grijanja zgrade,

› izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu PTV-a,

› vrsta ventilacije (prirodna, prisilna),

› vođenje i regulacija sustava grijanja,

› karakteristike unutarnjih izvora topline.

Rezultati proračuna:

Izlazni rezultati proračuna prema *HRN EN ISO 13790* su mjesečni podaci za svaku zonu i ukupni sezonski podaci:

› transmisijski toplinski gubici

› ventilacijski tolinski gubici

› unutarnji toplinski dobici (ljudi, rasvjeta, uređaji)

› ukupni toplinski dobici od sunčeva zračenja

› faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje

› broj dana grijanja u mjesecu/godini

› potrebna toplinska energija za grijanje svedena na grijani prostor

3.1. Potrebna toplinska energija za grijanje

Prema *Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju zgrada* (NN 48/14, 150/14) godišnja potrebna toplinska energija za grijanje jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanje zgrade.

Potrebna toplinska energija za grijanje:

$$\mathbf{Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol}) [kWh]} \quad (1)$$

gdje su:

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh);

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-);

Q_{int} – unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh);

Q_{sol} – toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh).

3.2. Izmjena toplinske energije transmisijom i ventilacijom

Izmjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenata toplinske izmjene topline H (W/K):

$$\mathbf{Q_{Tr} = H_{Tr} /1000 \cdot (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \ [kWh]} \quad (2)$$

$$\mathbf{Q_{Ve} = H_{Ve} /1000 \cdot (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \ [kWh]} \quad (3)$$

gdje su:

H_{Tr} – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

H_{Ve} – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$\vartheta_{int,H}$ – unutarnja postavna temperatura grijane zone (°C);

ϑ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) (°C);

t - trajanje proračunskog razdoblja (h).

3.3. Koeficijent transmisijske izmjene topline

Koeficijent transmisijske izmjene topline H_{Tr} određuje se iz sljedećeg izraza:

$$\mathbf{H_{Tr} = H_D + H_U + H_A + H_{g,m} \ [W/K]} \quad (4)$$

gdje su:

H_D – koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu (W/K);

H_U – koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani/nehlađeni prostor prema vanjskom okolišu (W/K);

H_A – koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi (W/K);

$H_{g,m}$ – koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec (W/K).

3.4. Unutarnji toplinski dobici

Unutarnji toplinski dobici Q_{int} od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću 5 W/m^2 ploštine korisne površine za stambene prostore, a 6 W/m^2 za nestambene prostore.

$$\mathbf{Q_{int} = qs_{pec}\, A_K \cdot t / 1000\ [kWh]} \quad (5)$$

gdje su:

qs_{pec} – specifični unutarnji dobitak po m^2 korisne površine, 5 W/m^2 ili 6 W/m^2;

A_K – korisna površina (m^2);

t – proračunsko vrijeme (h).

3.5. Solarni toplinski dobici

Solarni toplinski dobici Qsol za promatrani vremenski period t (h):

$$\mathbf{Q_{sol} = \Sigma Q_{sol,k} + \Sigma(1\text{-}b_{tr,l})Q_{sol,u,l}\ [kWh]} \quad (6)$$

gdje su:

$Q_{sol,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

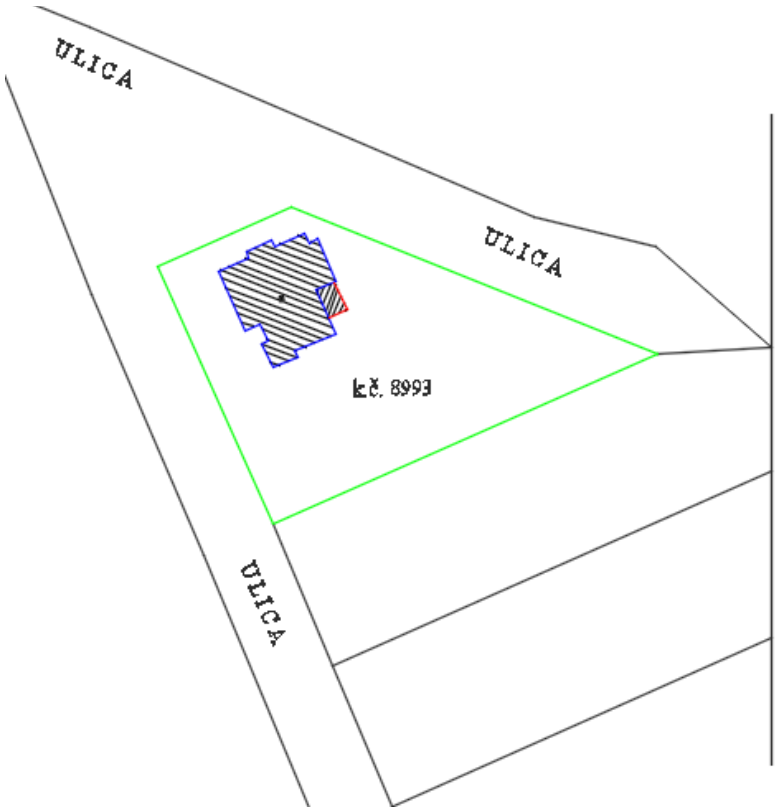
$b_{tr,l}$ – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l prema HRN EN ISO 13 789 (-);

$Q_{sol,u,l}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh).

4. Analiza postojećeg stanja stambene zgrade

4.1. Opis građevine

Predmet analize je stambena kuća izgrađena 2004. godine, koja se nalazi u Domašincu, na k.č.br. 8993, k.o. Domašinec. Stambena kuća je pravokutnog tlocrtnog oblika unutar najvećih dimenzija 15,25 x 13,25 m i visine 6,34 m mjereno od najniže kote terena. Promatrana zgrada izgrađena je kao slobodno stojeća prizemnica. Zgrada ima 3 etaže: podrum, prizemlje i nestambeno podkrovlje. Ukopani podrum, koji je izveden u dijelu kuće, i podkrovlje spada u negrijani prostor, odnosno grijani prostor je samo prizemlje zgrade. S sjeverne strane je vanjsko stepenište i terasa, a s južne strane je ulazni trjem. Ukupna bruto površina grijanog dijela zgrade je 148,42 m^2, a korisna neto površina grijanog dijela iznosi 119,92 m^2. Promatrana zgrada je izvedena od šupljih opečnih blokova i s armirano betonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima. Vanjski zidovi promatrane građevine izvedeni su od šupljih opečnih blokova debljine 30 cm, iznutra ožbukanih vapneno cemetnom žbukom debljine 2 cm. Promatrana zgrada je priključena na postojeću komunalnu infrastrukturu. Od energenata u promatranoj zgradi se koristi električna energija, voda i prirodni plin. Sve instalacije u zgradi su izvedene podžbukno.



Slika 4.1 Situacija

4.2. Vanjski zidovi

Vanjski zidovi čine u prosjeku najveći pojedinačni element vanjske ovojnice zgrade i njihova je funkcija između ostalog sprječavanje gubitka topline.

Promatrana zgrada je izvedena od šupljih opečnih blokova i s armirano betonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima. Vanjski zidovi promatrane građevine izvedeni su od šupljih opečnih blokova debljine 30 cm, iznutra ožbukanih vapneno cemetnom žbukom debljine 2 cm.

Vanjski zidovi su s aspekta toplinske zaštite vrlo loši i predstavljaju značajne transmisijske gubitke, te **ne zadovoljavaju** uvjete toplinske zaštite.

Tablica 4.1 Sastav i koef. prolaska topline građevnog dijela – Vanjski zidovi

Vanjski zidovi					
R.b.	**Materijal**	**d [cm]**	**λ [W/mK]**	**U [W/m ^{2} K]**	**U $_{max}$ [W/m ^{2} K]**
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	1,17	0,30
2	Šuplji blokovi od gline	30,000	0,450		

4.3. Podovi

Pod na tlu u prizemlju izveden je kao armirano betonska ploča debljine 12 cm, hidroizolacija 0,8 cm, EPS 6 cm, cementni estrih debljine 5 cm i parket 2 cm. Pod na tlu je izveden s toplinskom zaštitom ali nedovoljnom, te **ne zadovoljava** uvjete toplinske zaštite.

Tablica 4.2 Sastav i koef. Prolaska topline građevnog dijela – Pod na tlu - prizemlje

Pod na tlu – prizemlje					
R.b.	**Materijal**	**d [cm]**	**λ**	**U [W/m ^{2} K]**	**U $_{max}$ [W/m ^{2} K]**
1	Parket	2,000	0,130	0,53	0,30
2	Cementni estrih	5,000	1,600		
3	PVC folija	0,013	0,200		
4	Ekspandirani polistiren (EPS)	6,000	0,042		
5	Hidroizolacija	0,800	0,230		
6	AB ploča	12,000	2,300		

4.4. Stropovi

Strop prema podrumu izveden je kao fert strop 14+6 cm (u podgledu ožbukan vapneno cementnom žbukom debljine 2 cm), cementni estrih debljine 8 cm i parket 2 cm.

Tablica 4.3 Sastav i koef. Prolaska topline građevnog dijela – Strop prema podrumu

Strop prema podrumu					
R.b.	**Materijal**	**d [cm]**	**λ**	**U [W/m ^{2} K]**	**U $_{max}$ [W/m ^{2} K]**
1	Parket	2,000	0,130	1,25	0,40
2	Cementni estrih	8,000	1,600		
3	Fert strop	20,000	0,650		
4	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000		

Strop prema tavanu izveden je kao fert strop 14+6 cm u podgledu ožbukan vapneno cementnom žbukom debljine 2 cm.

Tablica 4.4 Sastav i koef. prolaska topline građevnog dijela – Strop prema tavanu

Strop prema tavanu					
R.b.	**Materijal**	**d [cm]**	**λ [W/mK]**	**U [W/m ^{2} K]**	**U $_{max}$ [W/m ^{2} K]**
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	1,90	0,30
2	Fert strop	20,000	0,650		

Strop iznad stubišta se sastoji od sljedećih slojeva: brodski pod 3 cm, drvena konstrukcija - rogovi 10/12, mineralna vuna 12 cm, daske 2,4 cm, krovna folija, sloj zraka i pokrov crijepom.

Tablica 4.5 Sastav i koef. prolaska topline građevnog dijela – Strop iznad stubišta

Strop iznad stubišta					
R.b.	**Materijal**	**d [cm]**	**λ**	**U [W/m ^{2} K]**	**U $_{max}$ [W/m ^{2} K]**
1	Brodski pod	3,000	0,130	0,39	0,20
2	Heterogeni sloj- MW, drvena konstrukcija	12,000	0,000		
3	Daske	2,400	0,130		
4	Krovna folija LDS	0,040	0,200		
5	Neprovjetravan sloj zraka	5,000	-		
6	Crijep	2,000	1,500		

Strop prema tavanu, strop podruma i strop iznad stubišta su s aspekta toplinske zaštite vrlo loši i predstavljaju velike transmisijske gubitke, te **ne zadovoljavaju** uvjete toplinske zaštite.

4.5. Vanjski otvori

Prozori i ostakljene konstrukcije pročelja su najdinamičniji element vanjske ovojnice u izmjeni energije s okolišem zgrade zbog velikih koeficijenata prolaska topline u odnosu na ostale konstrukcije. Prozori su dio vanjske ovojnice predviđen za prirodno prozračivanje. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke i na gubitke ventilacijom.

Uvidom u postojeće stanje prozora pretpostavljaju se vrijednosti koeficijenata prolaska topline ovisno o vrsti ostakljenja te prema materijalu i debljini okvira ugrađenih prozora i vrata.

Svi vanjski prozori su izrađeni od drvenog okvira s dvostrukim staklom s koeficijentom toplinske provodljivosti otvora U_w = 2,20 W/m^{2}K. Ulazna vrata i vrata za izlaz na terasu su također drvena s dvostrukim staklom s koeficijentom toplinske provodljivosti otvora U_w = 2,20 W/m^{2}K, a drvena vrata u spavaoni za izlaz na terasu imaju koeficijent toplinske provodljivosti otvora U_w = 3,50 W/m^{2}K.

Tablica 4.6 Koeficijenti toplinske provodljivosti otvora

Naziv otvora	Broj otvora	U_w [W/m ^{2} K]	$U_{w,max}$ [W/m ^{2} K]
Ulazna vrata 150x220	1,00	2,20	2,00
Vrata 100x220	1,00	3,50	2,00
Vrata 200x220	1,00	2,20	2,00
Prozor 120x140	6,00	2,20	1,40
Prozor 200x140	3,00	2,20	1,40
Prozor 80x100	3,00	2,20	1,40

Otvori su s aspekta toplinske zaštite loši te predstavljaju značajne transmisijske ali i ventilacijske gubitke. Svi otvori su s drvenim okvirima, te **ne zadovoljavaju** niti minimalne uvjete toplinske zaštite.

Vrijednosti koeficijenata prolaska topline građevnih dijelova za promatranu zgradu dane su u tablici 4.7. Kao što je vidljivo iz tablice, niti jedan građevni dio **NE ZADOVOLJAVA** zahtjeve tehničkog propisa.

Tablica 4.7 Vrijednosti koeficijanata prolaska topline građevnih dijelova

Naziv građevnog dijela	U [W/m ^{2} K]	U_{max} [W/m ^{2} K]
Vanjski zidovi	1,17	0,30
Zid prema tavanu	1,50	0,30
Zid prema stubištu	1,29	0,40
Zid prema tlu	1,61	0,30
Pod na tlu prizemlje	0,53	0,30
Pod na tlu podrum	0,53	0,30
Strop prema tavanu	1,90	0,25
Strop prema podrumu	1,25	0,40
Strop iznad stubišta	0,39	0,20
Vanjska vrata	2,20-3,50	2.00
Prozori	2,20	1,40

4.6. Sustav grijanja/hlađenja, ventilacije

Za predmetnu građevinu energija se dobiva centralno pomoću plinskog kotla proizvođača TVT nazivne snage 30 kW.
Hlađenje u promatranoj zgradi nije riješeno.
Ventilacija u promatranoj zgradi je prirodna kroz otvorene prozore i vrata.

Općenito sustav grijanja/hlađenja sastoji se od sljedeća tri podsustava:

› podsustav proizvodnje energije (izvori energije)

› podsustav razvoda (distribucije)

› pdsustav izmjene topline u prostoru(ogrjevna/rashladna tijela)

U nastavku su opisani navedeni podsustavi centralnog sustava grijanja/hlađenja.

4.6.1. Podsustav proizvodnje energije i razvoda

Za pripremu ogrjevnog medija režima 70/55 °C koristi se plinski kotao proizvođača TVT nazivnog toplotnog učinka 30 kW. Kotao je smješten u podrumu.

Kompletna razvodna mreža grijanja izvedena je od bakrenih cijevi. Cijevni razvod nije izoliran što pridonosi većim gubicima razvoda sustava. Podsustav razvoda centralnog grijanja promatrane zgrade je jednostavan i ima jedan krug grijanja, preko kojeg se opskrbljuju toplom vodom radijatori. Razvod ogrjevnog i rashladnog medija unutar objekta vođen je po podu prizemlja.

4.6.2. Podsustav izmjene topline u prostoru

Krajnji podsustav termotehničkog sustava grijanja, u kojem dolazi do predaje toplinske energije na prostor koji se grije, je podsustav izmjene topline. Za potrebe grijanja prostora obiteljske kuće ugrađeno je ukupno 10 pločastih radijatora proizvođača KORAD ukupnog toplinskog učina 26,164 kW (kod temperaturnog režima 90/70/20 °C).

› Ukupan broj radijatora: 10
› Ukupni instalirani toplinski učin radijatora (90/70/20 °C): 26,164 kW
› Ploština korisne površine zgrade A_k: 119,92 m^2



Slika 4.2 Instalirani pločasti radijatori

Tablica 4.8 Raspodjela ogrjevnih tijela

Prostorija	Broj ogrijevnih tijela	Ukupni učin na režimu 90/70 °C (kW)	Ukupni učin na režimu 75/65 °C (kW)
Dnevni boravak	3	6,738	5,292
Kuhinja + blagovaona	1	4,330	3,396
Hodnik	1	3,031	2,377
Kupaona I	1	1,732	1,358
Kupaona II	1	1,732	1,358
Dječja soba I	1	2,598	2,038
Dječja soba II	1	2,598	2,038
Spavaona	1	3,135	2,466
Ukupno:	10	26,164	20,323

Svi radijatori su opremljeni s termostatskim radijatorskim setovima za decentralnu automatsku regulaciju temperature zraka u prostoru.

4.7. Sustav pripreme PTV

Potrošna topla voda za potrebe kupaone i kuhinje u promatranoj zgradi se priprema centralno pomoću električnog akumulacijskog spremnika PTV-a proizvođača Ariston smještenog u podrumu. Zapremnina akumulacijskog spremnika iznosi 100 litara, a priključna snaga iznosi 2000 W. Razvod sustava pripreme potrošne tople vode nema recirkulacijski vod.

Cijevni razvod sustava pripreme potrošne tople vode je izrađen od bakrenih cijevi i izveden je s toplinskom izolacijom čime su smanjeni gubici u razvodu.



Slika 4.3 Električni bojler

4.8. Sustav potrošnje električne energije

Predmetna zgrada je preko jednog brojila energije povezana na javnu elektroenergetsku mrežu. Električna energija se preuzima na niskom naponu u tarifnom modelu bijeli- kućanstvo. Unutar navedenog tarifnog modela postoje dvije tarife za preuzimanje električne energije. Potrošači električne energije podijeljeni su u karakteristične grupe prema namjeni i načinu korištenja. Tako se razlikuju:

› Sustav grijanja i PTV
› Rasvjeta
› Kuhinjska oprema
› Uređaji za pranje i glačanje
› Ostalo

Sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode uključuje potrošače kao što je cirkulacijska pumpa i električni bojler ukupne instalirane snage 2,045 kW. Sustav grijanja i PTV-a godišnje prosječno potroši 1.135 kWh.

Tablica 4.9 Potrošači električne energije za sustav grijanja i PTV-a

Potrošači	Priključna snaga (W)	Prosječni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Cirkulacijska pumpa	45	1000-4000	135
Električni bojler	2.000	500	1.000
Ukupno:	2.045		1.135

Sustav rasvjete u promatranoj zgradi temelji se na rasvjetnim tijelima s žarnom niti kao izvorima svjetlosti. U tablici 4.10 se može vidjeti da je ukupna instalirana snaga električne rasvjete u promatranoj građevini 2.765 W, a godišnja potrošnja električne energije za rasvjetu 1.808,69 kWh. Regulacija rada rasvjete riješena je lokalnim upravljanjem, pomoću zidnih skopki.

Tablica 4.10 Raspodjela rasvjetnih tijela

Prostorija	Tip izvora svjetlosti	Količina	Priključna snaga (W)	Procijenjeni godišni sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Dnevni boravak	Žarna nit	4	280	730	204,40
Kuhinja+blagovaona	Žarna nit	4	280	1.095	306,60
Hodnik	Žarna nit	4	280	365	102,20
Izba	Žarna nit	1	60	365	21,90
Kupaona I	Žarna nit	2	115	730	83,95
Kupaona II	Žarna nit	3	180	730	131,40
Dječja soba I	Žarna nit	3	180	912	164,16
Dječja soba II	Žarna nit	3	180	912	164,16
Spavaona	Žarna nit	3	180	912	164,16
Stepenište	Žarna nit	5	300	365	107,68
Podrum	Žarna nit	4	300	700	196,00
Tavan	Žarna nit	2	200	365	73,00
Ulazni trijem	Žarna nit	1	75	365	27,38
Terasa	Žarna nit	3	175	365	65,70
UKUPNO:		42	2.765		1.808,69



Slika 4.4 Instalirana rasvjetna tijela

Od uredske opreme u promatranoj zgradi instalirano je stolno računalo, komunikacijska oprema (router) i pisač. Ukupna instalirana snaga svih potrošača u ovoj grupi iznosi 136,5 W. U tablici 4.11 se može vidjeti da je ukupna potrošnja uredske opreme 132,48 kWh.

Tablica 4.11 Potrošači električne energije uredske opreme

Potrošači	Priključna snaga (W)	Prosječni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Stolno računalo	110	300 - 1000	55
Router	8	8760	70,08
Pisač/skener	18,5	400	7,4
Ukupno:	136,5		132,48

Od kuhinjske opreme u promatranoj zgradi u kuhinji nalazi se pećnica, hladnjak, perilica posuđa i ostali manji potrošači kao kuhalo vode, mikser itd. ukupne instalirane snage 6,260 kW. U tablici 4.12 se može vidjeti da je ukupna potrošnja kuhinjske opreme 3.458 kWh.

Tablica 4.12 Potrošači električne energije kuhinjske opreme

Potrošači	Priključna snaga (W)	Prosječni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Pećnica	3.400	500-700	2.380
Hladnjak	100	100-500	50
Perilica posuđa	1.760	300	528
Ostala kuhinjska oprema	1.000	50-1000	500
Ukupno:	6.260		3.458

U promatranoj zgradi još je instalirana perilica rublja i glačalo. Ukupna instalirana snaga uređaja za pranje i glačanje iznosi 4,500 kW. U tablici 4.13 se može vidjeti da je ukupna potrošnja 900 kWh.

Tablica 4.13 Potrošači električne energije opreme za pranje i glačanje

Potrošači	Priključna snaga (W)	Prosječni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Perilica rublja	2.700	200	540
Glačalo	1.800	200	360
Ukupno:	4.500		900

Ostale potrošače električne energije čine punjači za mobitel, aparat za kavu, televizori, digitalni prijemnici itd. ukupne potrošnje 256,96 kWh.



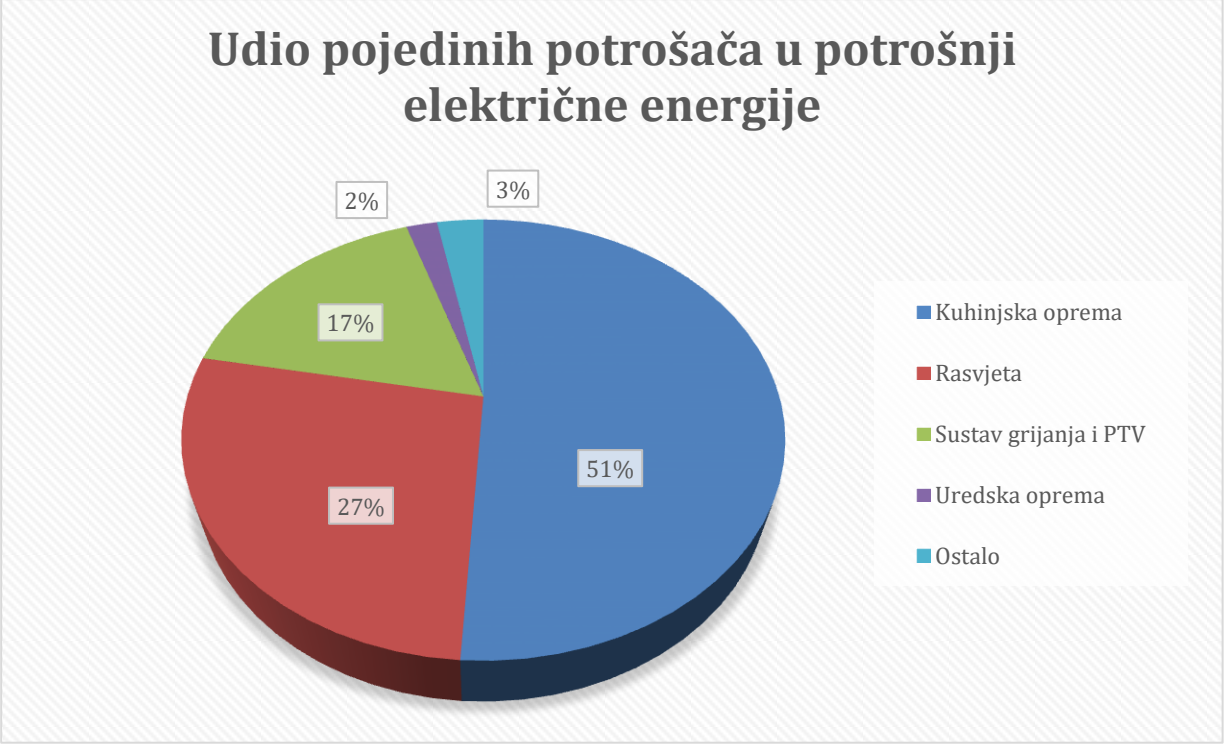
Slika 4.5 Instalirana pećnica, hladnjak i perilica rublja

U tablici 4.14 prikazana je sumarna prosječna godišnja potrošnja po pojedinim potrošačima.

Tablica 4.14 Procijenjena godišnja potrošnja električne energije po pojedinim potrošačima

	Prosječna potrošnja električne energije (kWh)
Sustav grijanja i PTV	1.135
Rasvjeta	1.808,69
Uredska oprema	132,48
Kuhinjska oprema	3.458
Ostalo	256,96
Ukupno:	6.791,13

U dijagramu 4.1 se može vidjeti da je najveći potrošač električne energije u promatranoj zgradi kuhinjska oprema s udjelom od 51%. Nakon toga slijedi rasvjeta s udjelom od 27% te sustav grijanja i PTV-a s 17%. Najmanji postotak potrošnje električne energije otpada na ostale potrošače s 3% te uredsku opremu s 2%.



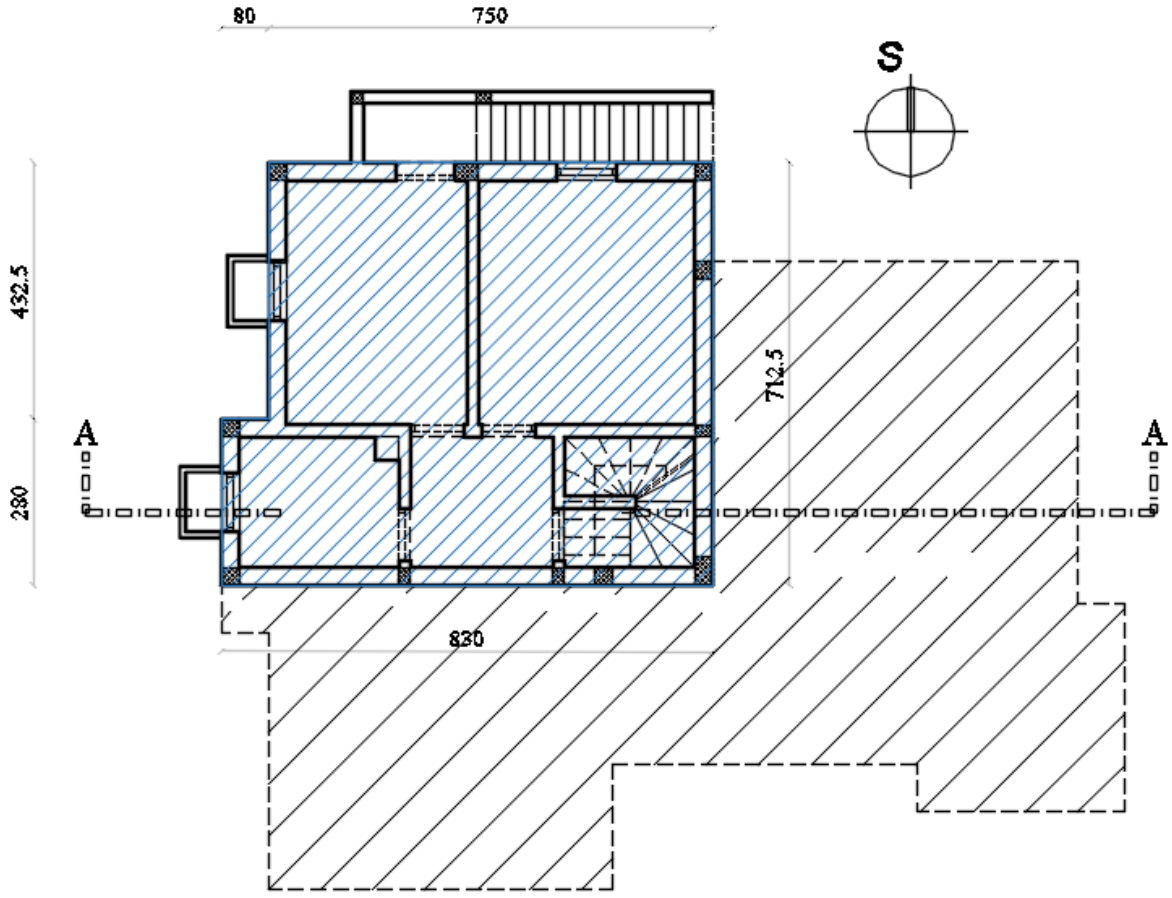
Dijagram 4.1 Udio pojedinih potrošača u potrošnji električne energije

5. Proračun potrebne energije za grijanje

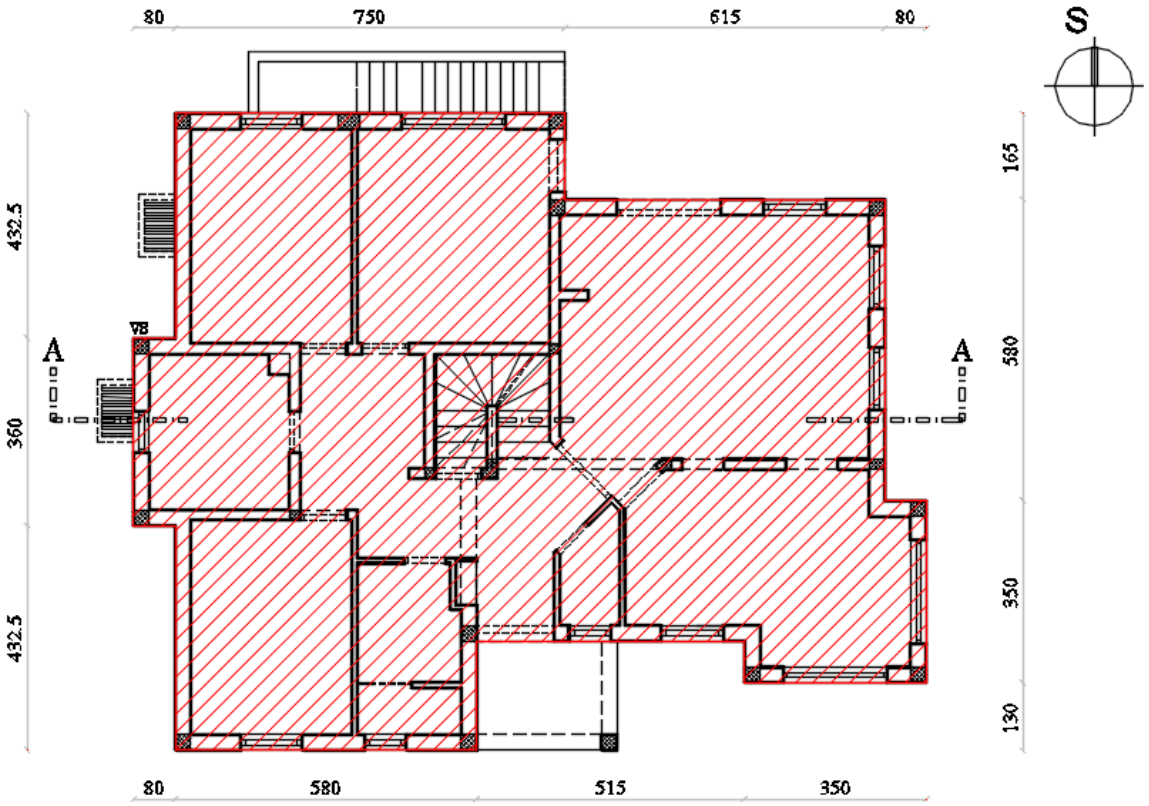
Za potrebe proračuna potrebne toplinske energije za grijanje objekt nije potrebno dijeliti u toplinske zone. Obujam grijanog dijela zgrade iznosi V_e = 371,05 m^3. Vrijeme rada sustava grijanja zone je bez prekida rada noću.

U nastavku su priložene sve potrebne podloge potrebne za proračun: tlocrti, presjek i pročelja na kojima se vidi podjela grijanih i negrijanih prostora:

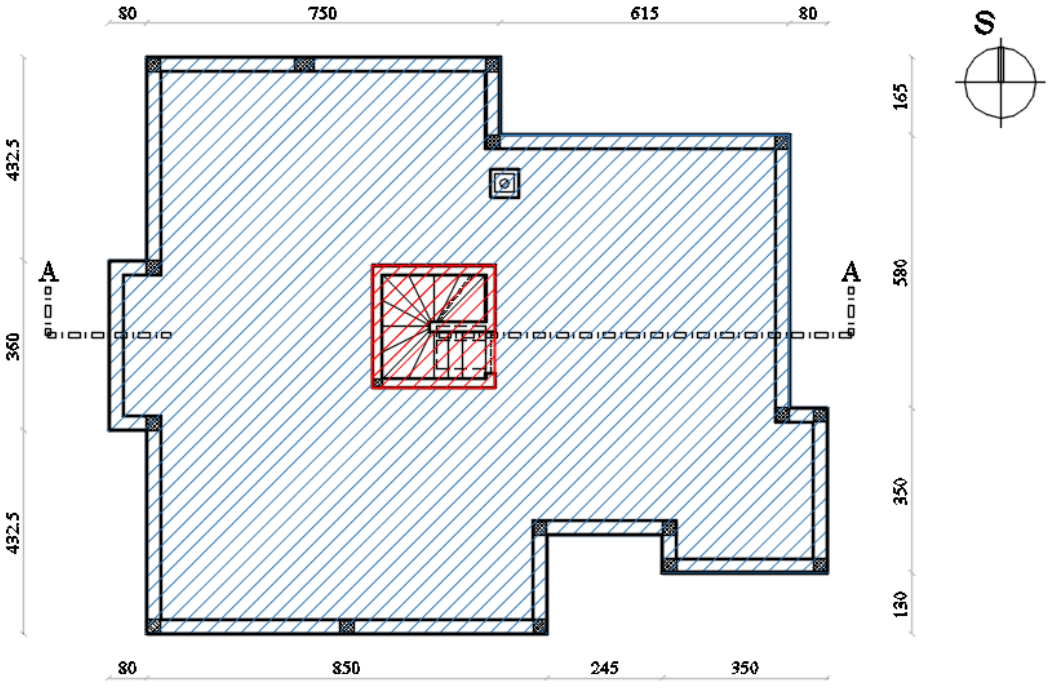
Grijano: ; Negrijano:



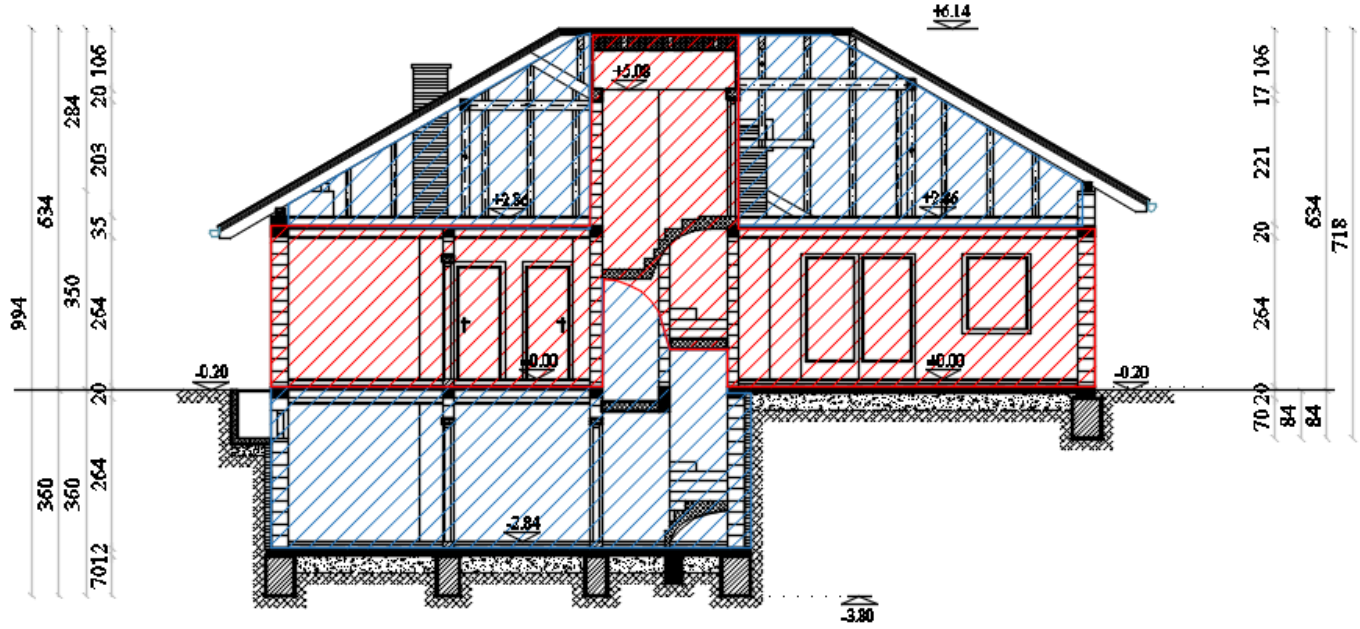
Slika 5.1 Tlocrt podruma



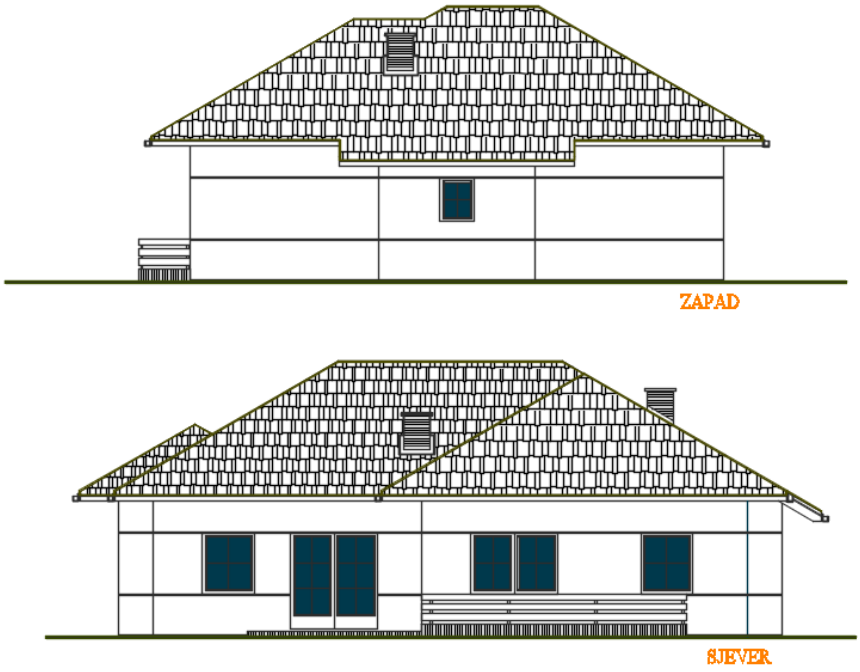
Slika 5.2 Tlocrt prizemlja



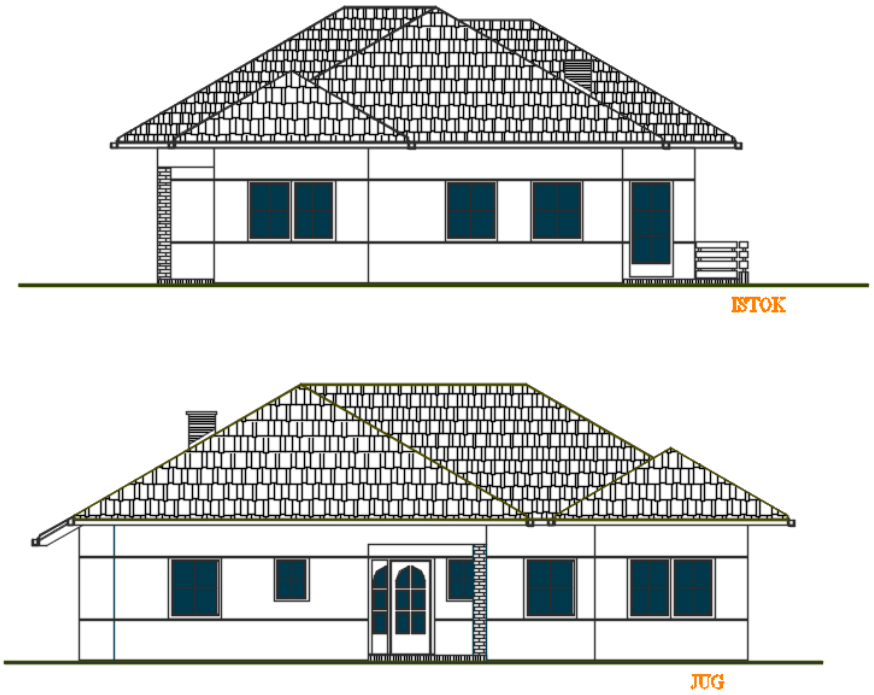
Slika 5.3 Tlocrt potkrovlja



Slika 5.4 Presjek A-A



Slika 5.5 Zapadno i sjeverno pročelje



Slika 5.6 Istočno i južno pročelje

5.1. Ulazni podaci

U ovom radu za potrebe proračuna korišten je računalni program KI Expert 2013 za koji je algoritam izrađen u skladu s važećom normom HRN EN 13790.

Klimatološki podaci lokacije objekta:

Predmetna građevina se nalazi u 2. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e,mj,min} \leq 3\ ^{o}C$ i unutarnjom temperaturom $\Theta_{i} \geq 18°C$.

LOKACIJA: Domašinec
REFERENTNA POSTAJA: Varaždin

Tablica 5.1 Klimatološki podaci referentne postaje

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka (^{o} C)												
m	0,4	2,2	6,4	11,2	16,2	19,6	21,2	20,5	15,5	10,7	6	0,8	10,9
min	-14,9	-13,4	-10,5	0	5,6	9,4	13	10,9	6,5	-1,6	-7,2	-13,4	-14,9
max	13,1	14,4	16,3	20	26,3	28,4	29	29,3	26,2	21,8	19,8	13,8	29,3

	Tlak vodene pare (Pa)												
m	500	560	680	870	1210	1530	1680	1680	1410	1040	750	570	1040

	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	83	75	71	69	68	69	70	73	79	81	84	86	76

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

	Broj dana grijanja		
	Temperatura vanjskog zraka	≤ 10 ° C	169
		≤ 12 ° C	186,9
		≤ 15 ° C	204,6

Orij	[°]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m ^{2})												
S	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	156	227	384	489	582	607	636	571	467	319	167	120	4726
	30	181	257	410	493	565	579	612	567	492	357	193	139	4845
	45	198	274	415	475	525	530	563	538	493	378	209	152	4750
	60	205	277	401	436	465	462	494	487	470	379	215	157	4448
	75	202	266	369	379	389	381	409	416	424	360	210	155	3958
	90	188	242	319	308	305	293	315	331	358	324	195	145	3321
SE, SW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	145	215	372	483	582	609	637	566	454	303	157	112	4635
	30	162	234	389	486	569	588	619	564	472	329	173	124	4709
	45	171	243	390	471	537	550	582	542	471	339	182	131	4610
	60	172	241	375	440	489	495	527	501	450	334	182	132	4338
	75	166	227	344	392	427	427	457	444	411	314	174	127	3910
	90	151	204	301	334	356	352	378	374	356	280	158	116	3359
E, W	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	123	188	340	461	572	606	630	546	417	266	134	95	4377
	30	123	186	335	449	554	585	609	532	411	264	134	95	4276
	45	120	182	323	429	525	553	577	507	397	258	131	92	4093
	60	114	173	304	400	485	509	533	471	374	245	124	88	3819
	75	105	159	277	362	434	455	477	425	341	225	114	81	3456
	90	94	141	244	316	376	393	413	370	301	200	102	72	3022
NE, NW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	100	157	303	432	556	598	617	519	373	224	110	78	4067
	30	85	134	264	389	514	558	572	471	325	189	94	67	3663
	45	71	115	233	347	462	504	514	420	284	164	78	59	3250
	60	65	91	200	308	412	448	457	373	249	127	70	54	2855
	75	59	81	151	258	361	395	402	320	187	105	63	48	2428
	90	52	72	124	183	280	316	315	233	135	94	56	42	1902
E, N	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	85	140	284	418	544	587	604	504	352	200	95	67	3879
	30	75	102	215	352	481	525	534	432	269	137	81	63	3266
	45	71	96	166	273	398	439	441	341	187	123	123	59	2669
	60	65	89	152	202	302	338	332	244	159	115	70	54	2122
	75	59	81	139	181	228	236	236	205	147	105	63	48	1728
	90	52	72	124	163	205	213	214	186	134	94	56	42	1554

Geometrijske (računske) karakteristike zgrade:

Tablica 5.2 Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m^2]	470,00
Obujam grijanog dijela zgrade – V_e [m^3]	371,05
Obujam grijanog zraka – V [m^3]	282,00
Faktor oblika zgrade - f_0 [m^{-1}]	1,27
Ploština korisne površine – A_K [m^2]	119,92
Ukupna ploština pročelja – A_{uk} [m^2]	159,52
Ukupna ploština prozora – A_{wuk} [m^2]	30,78

Za proračun gubitaka topline za obiteljsku kuću koja nema uveden sustav za klimatizaciju, pretpostavlja se da unutarnja temperatura grijanja iznosi 20°C.

5.2. Rezultati proračuna

5.2.1. Gubici u periodu grijanja

Tablica 5.3 Transmisijski gubici

Koeficijenti transmisijskih gubitaka	
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	559,973
Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	90,868
Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K]	0,185
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0,000
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu $H_{g,avg}$ - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H_{Tr} - Koeficijent transmisijske izmjene topline	651,026 [W/K]

Tablica 5.4 Gubici provjetravanjem

Gubici provjetravanjem	
Prirodno provjetravanje	V = 282,00 [m^3] n_{min} = 0,60 V_d = 0,00 [m^3] Zaklonjenost - Nezaklonjeno Broj izloženih fasada - Više izloženih fasada Razina zrakonepropusnosti - Niska razina
Koef. gubitka topline provjetravanjem	H_V = 55,84 [W/K]

Tablica 5.5 Ukupni gubici topline

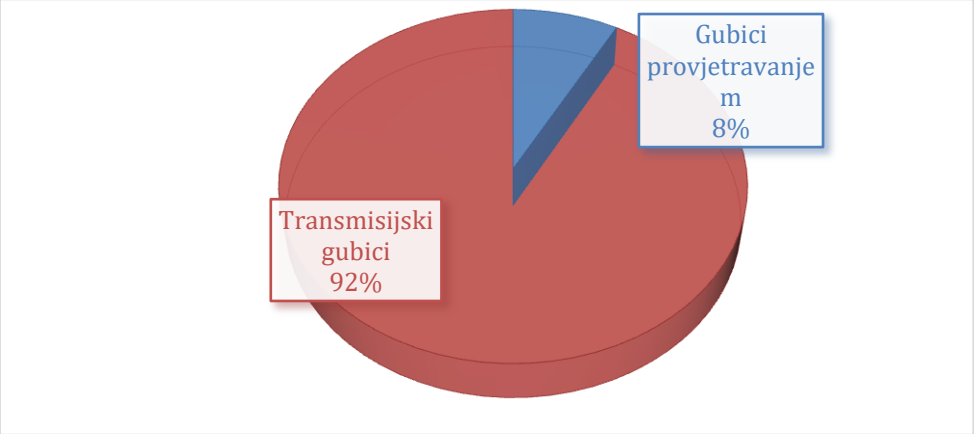
Ukupni gubici topline	
Ukupni koeficijent toplinskog gubitka, H [W/K]	H = 706,87 [W/K]
Način grijanja - Stalno grijanje	$\theta_{int,set,H}$ = 20,00 [°C]

Mjesečni gubici topline		
Mjesec	**Toplinski gubici [MJ]**	**Toplinski gubici [kWh]**
Siječanj	37108,09	10307,80
Veljača	30438,89	8455,25
Ožujak	25748,47	7152,35
Travanj	16123,33	4478,70
Svibanj	7194,42	1998,45
Lipanj	732,88	203,58
Srpanj	0,00	0,00
Kolovoz	0,00	0,00
Rujan	8244,89	2290,25
Listopad	17607,41	4890,95
Studeni	25650,75	7125,21
Prosinac	36350,79	10097,44

Godišnji gubici topline		
	Toplinski gubici [MJ]	**Toplinski gubici [kWh]**
Godišnje	205199,91	56999,97

Najveći dopušteni koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{T'}$ iznosi 0,44 W/m^{2}K, a izračunati iznosi 1,36 W/m^{2}K te prema važećim tehničkim propisima za takvu zgradu ***ne bi zadovoljio***.

Dobiveni rezultati prikazani su i dijagramu 5.1 na kojem je vidljiv udio pojedinih gubitaka topline u periodu grijanja.



Dijagram 5.1 Udio pojedinih gubitaka topline

5.2.2. Dobici u periodu grijanja

Tablica 5.6 Ukupni dobici topline

Ukupni dobici topline		
Unutarnji dobici topline	Q_{int} = 5.252,50 [kWh]	
Solarni dobici topline	Q_{sol} = 50.647,38 [MJ]	
Ostali dobici topline	Q' = 0,00 [MJ]	
Mjesečni dobici topline		
Mjesec	**Toplinski dobici [MJ]**	**Toplinski dobici [kWh]**
Siječanj	3791,75	1053,26
Veljača	4412,42	1225,67
Ožujak	6036,26	1676,74
Travanj	6579,34	1827,60
Svibanj	7232,46	2009,02
Lipanj	7247,98	2013,33
Srpanj	7573,57	2103,77
Kolovoz	7252,48	2014,58
Rujan	6647,85	1846,62
Listopad	5619,99	1561,11
Studeni	3860,81	1072,45
Prosinac	3301,47	917,08
Godišnji dobici topline		
	Toplinski dobici [MJ]	**Toplinski dobici [kWh]**
Godišnje	69556,37	19321,21

5.2.3. Potrebna energija za grijanje

Tablica 5.7 Ukupna potrebna energija za grijanje

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	8.969	814	9.783	607	446	1.053	0,11	0,952	1,00	31,00	8.781
Veljača	7.397	668	8.065	823	403	1.226	0,15	0,927	1,00	28,00	6.928
Ožujak	6.372	565	6.937	1.231	446	1.677	0,24	0,878	1,00	31,00	5.465
Travanj	4.155	354	4.509	1.396	432	1.828	0,41	0,792	1,00	30,00	3.061
Svibanj	2.222	158	2.380	1.563	446	2.009	0,84	0,615	1,00	31,00	1.145
Lipanj	726	16	742	1.582	432	2.013	2,71	0,299	1,00	0,00	0
Srpanj	57	- 50	8	1.658	446	2.104	279,40	0,004	1,00	0,00	0
Kolovoz	360	- 21	340	1.568	446	2.015	5,93	0,155	1,00	0,00	0
Rujan	2.443	181	2.624	1.415	432	1.847	0,70	0,664	1,00	21,00	979
Listopad	4.510	386	4.897	1.115	446	1.561	0,32	0,836	1,00	31,00	3.591
Studeni	6.334	563	6.896	641	432	1.072	0,16	0,925	1,00	30,00	5.904
Prosinac	8.796	798	9.593	471	446	917	0,10	0,958	1,00	31,00	8.715
Ukupno:											44569

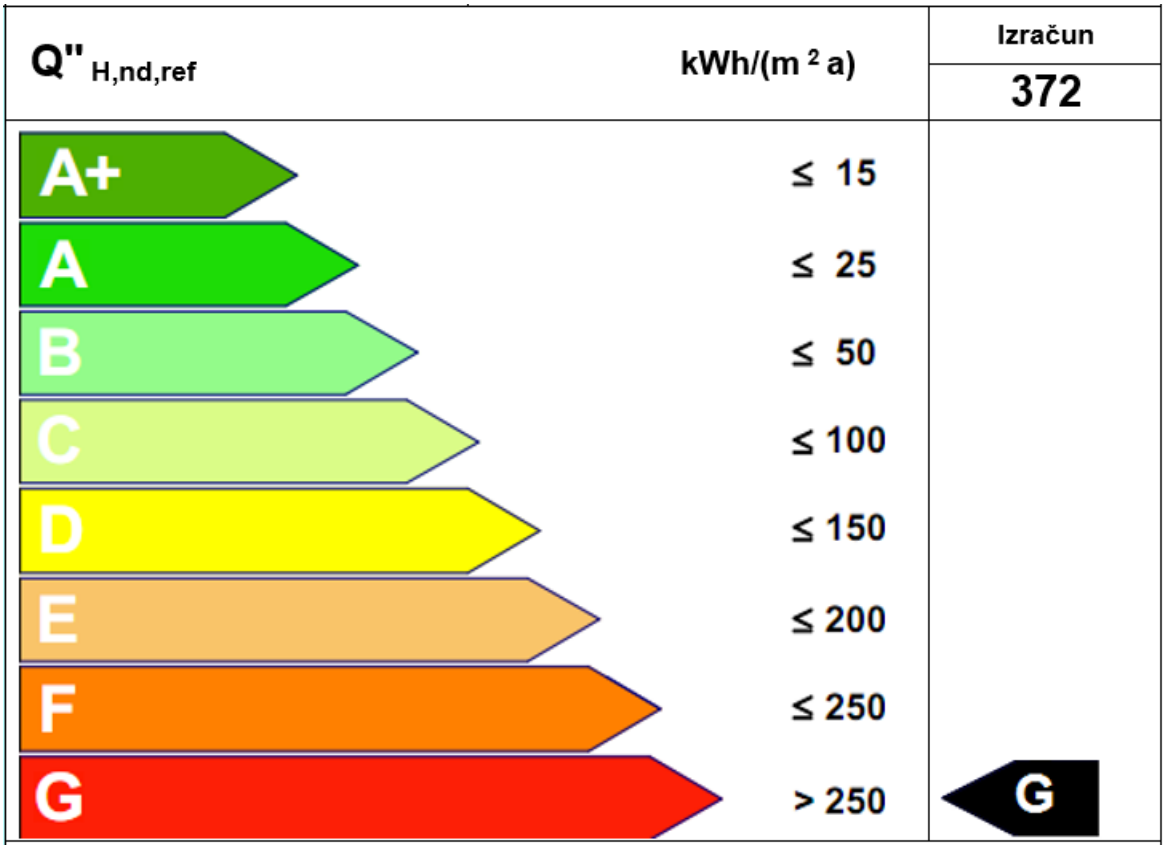
Tablica 5.8 Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili višu	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 477,30\ [m^2]$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 371,05\ [m^3]$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 1,29\ [m^{-1}]$
Ploština korisne površine	$A_k = 119,92\ [m^2]$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 44569,02$ [kWh/a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 371,66$ (max = 72,64) [kWh/m^2 a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne	$Q'_{H,nd}$ = - (max = -) [kWh/m^3 a]
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 3943,18$ [kWh/a]
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 1,36$ (max = 0,44) [W/m^2 K]
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka	H tr,adj = 651,03 [W/K]
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem	$H_{ve,adj} = 55,84$ [W/K]
Ukupni godišnji gubici topline	$Q_l = 205199,91$ [MJ]
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline	$Q_i = 18908,99$ [MJ]
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline	$Q_s = 50647,38$ [MJ]

Potrebna korisna toplinska energija za grijanje zgrade je ključna veličina u ukupnim energetskim potrebama zgrade, te iznosi **$Q_{H,nd}$ = 44.569,02 kWh/a**, odnosno **$Q''_{H,nd}$= 371,66 kWh/m^{2}a,** dok je maksimalna dopuštena godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine **$Q''_{H,nd,max}$= 72,64 kWh/m^{2}a.**

5.2.4. Energetski razred

Prema *Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju zgrada* (NN 48/14) energetski razred zgrade je indikator energetskih svojstava zgrade koji se za stambene zgrade izražava preko godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke svedene na jedinicu ploštine korisne površine zgrade, a za nestambene zgrade preko relativne vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje. Potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke ***$Q''_{H,nd,ref}$ iznosi 371,66 kWh/m^{2}a*** te se zgrada svrstava u ***energetski razred "G".***



Slika 5.7 Energetski razred zgrade

6. Prijedlog mjera energetske učinkovitosti

Nakon provedenog proračuna dobili smo uvid u energetsko stanje vanjske ovojnice koje je nepovoljno. Opće stanje vanjske ovojnice zgrade ne zadovoljava niti minimalne uvjete Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Zato će se u sljedećem koraku razmatrati potencijalne mjere poboljšanja energetske učinkovitosti te će se pod pretpostavkom njihove implementacije provesti ponovni proračun potrebne toplinske energije nakon kojeg će se usporediti ušteda toplinske energije, a time i potrošnja energenta te smanjenje CO_2 u slučaju primjene predloženih mjera. Cilj rekonstrukcije je poboljšanje Energetskog razreda zgrade sa sadašnjeg razreda „G“, na bolji energetski razred.

Preporuke jednostavnh mjera poboljšanja energetske učinkovitosti, bez dodatnih troškova, su sljedeće:

› prilagoditi grijanje ili hlađenje noću i onda kada nema nikoga u zgradi,
› noću spustiti rolete i navući zavjese,
› izbjegavati zaklanjanje i pokrivanje grijaćih tijela zavjesama, maskama i sl.,
› vremenski optimirati grijanje i pripremu tople vode,
› u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1°C,
› koristiti prirodno osvjetljenje u što većoj mjeri,
› isključiti rasvjetu u prostoriji kada nije potrebna,
› isključiti računala, televizore i druge uređaje kada ih ne koristimo,
› izbjegavati gubitke na stand by načinu rada.

Mjere poboljšanja energetske učinkovitosti koje bi eventualno mogli primijeniti uz nešto veće troškove i duži jednostavni period povrata investicije sljede u nastavku.

6.1. Izolacija vanjskog zida

Svi vanjski zidovi zgrade su nezadovoljavajućih karakteristika, te uzrokuju značajne toplinske gubitke. Vanjska izolacija zida znatno pridonosi uštedi potrebne energije za grijanje, štiti građevni element od pregrijavanja i sprječava kondenzaciju vodene pare. Pri rješenju toplinske, zvučne i protupožarne izolacije pročelja zgrade moguća su dva pristupa – izvedba ETICS sustava(ETICS sustav - *External Thermal Insulation Composite System*) ili ventilirane fasade. Ventilirana fasada je vrlo često korištena kod nestambenih zgrada radi svoje kvalitete, dugovječnosti i estetskog dojma, ali se radi o ekonomski prilično visokoj investiciji te se kao takva neće posebno razmatrati, poglavito ne radi obaveze izrade plana povrata investicije što bi u ovom slučaju bio prilično duži period u odnosu na klasičan ETICS sustav.

Planirana je izvedba ETICS toplinskog sustava izolacije vanjskog zida od toplinsko-izolacijskih ploča ekspandiranog polistirena (EPS) debljine 15 cm, koeficijenta toplinske provodljivosti λ = 0,037 W/mK i završnog sloja koji se sastoji od polimercementog ljepila sa armirajućom mrežicom i završni sloj silikatne ili akrilne tankoslojne žbuke.

Ukupna debljina vanjskog zida nakon izvedbe ETICS sustava pročelja iznosi cca 48 cm. Koeficijent prolaska topline vanjskog zida nakon poboljšanja iznosi U= 0,20 W/m^{2}K što ZADOVOLJAVA najveću dopuštenu vrijednost koeficijenta prolaska topline U_{max} = 0,30 W/m^{2}K.

U nastavku se nalazi procjena troškova izvedbe ETICS sustava pročelja.

Tablica 6.1 Procjena troškova izvedbe ETICS sustava

Redni broj	Opis stavke	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
1.1	Izvedba toplinske fasade u povezanom sustavu ETICS, nakon izvršenih potrebnih predradnji a sastoji se od dobave i ugradnje toplinsko-izolacijskih ploča ekspandiranog polistirena, kao EPS (HRN EN 13499) debljine 15 cm, bez regenerata, gutoće 21 kg/m^3, koeficijenta toplinske provodljivosti λ = 0,037 W/mK. U cijenu uključeni svi materijali kompletnog sustava (ljepilo, mrežica, pričvrsnice, završni sloj silikatnom tankoslojnom žbukom, fasadna skela i špaleta).	m^2	192,50	286,00	55.055,00
		Ukupno:			**55.055,00**

Rezultati proračuna godišnje uštede toplinske energije zahvata izolacije vanjskog zida dani su u tablici 6.2. gdje je vidljivo da je provedbom mjere izolacije vanjskog zida moguće uštedjeti 9.773,57 kWh/a toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od 4.384,95 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 12,5 godina.

Tablica 6.2 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjera izolacije vanjskog zida

Naziv mjere	Investicija	Potrošnja prije	Potrošnja nakon	Procijenjene uštede		
		Prirodni plin				
	[kn]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m^3]	[kn]
Izolacija vanjskog zida	55.055,00	44.569,02	34.795,45	9.773,57	1.218,05	4.384,95

6.2. Izolacija stropa prema tavanu

Mjera uključuje postavu slijepog poda (drvene roštiljne konstrukcije) s ispunom od toplinske izolacije od mineralne vune debljine 20 cm gustoće min. 20,00 kg/m^3 i koeficijenta toplinske provodljivosti λ = 0,035 W/mK. Obavezna prethodna postava parne brane od polietilena ispod sloja toplinske izolacije. Kao završna obloga mogu se izvesti daske, OSB ploče, ili sl.
Kosi krov koji se nalazi iznad slijepog poda je izveden s sekundarnim pokrovom, pa je time izbjegnuta opasnost od prodora oborinskih voda i ulaska istih u strukturu slijepog poda.
Koeficijent prolaska topline stropa prema tavanu nakon poboljšanja iznosi U= 0,16 W/m^2K što ZADOVOLJAVA najveću dopuštenu vrijednost koeficijenta prolaska topline U_{max} = 0,25 W/m^2K.

Tablica 6.3 Procjena troškova izvedbe izolacije stropa prema tavanu

Redni broj	Opis stavke	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
1.1	Dobava i postava toplinske od mineralne vune debljine 20 cm, gustoće minimalno 20 kg/m^3 i koeficijenta toplinske provodljivosti 0,035 W/mK, postavljene u barem dva sloja. Toplinska izolacija se postavlja između gredica postavljenih u dva ili više redova (roštiljna konstrukcija), preko kojih se postavljaju OSB ploče debljine 20 mm. U cijenu stavke uključen sav potreban materijal, pribor i spojna sredstva. Obavezna prethodna postava parne brane od polietilena visoke gustoće, debljine 0,19 mm.	m^2	130,00	160,00	20.800,00
		Ukupno:			**20.800,00**

Rezultati proračuna godišnje uštede toplinske energije zahvata izolacije stropa prema tavanu dani su u tablici 6.4. gdje je vidljivo da je provedbom mjere izolacije stropa prema tavanu moguće uštedjeti 19.425,30 kWh/a toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od 8.715,24 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 2,4 godine. Ova građevinska mjera za poboljšanje energetske učunkovitosti bi ujedno i bila **najisplativija** od svih mjera.

Tablica 6.4 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjera izolacije stropa prema tavanu

Naziv mjere	Investicija	Potrošnja prije	Potrošnja nakon	Procijenjene uštede		
		Prirodni plin				
	[kn]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m^3]	[kn]
Izolacija stropa prema tavanu	20.800,00	44.569,02	25.143,72	19.425,30	2.420,91	8.715,24

6.3. Izolacija poda na tlu

Postojeći pod na tlu u prizemlju i podrumu je već izveden s izolacijom od EPS-a lošije kvalitete debljine 6 cm, te je koeficijent prolaska topline U= 0,53 W/m2K što NE ZADOVOLJAVA najveću dopuštenu vrijednost koeficijenta prolaska topline Umax = 0,30 W/m2K.
Da bi se zadovoljio koeficijent prolaska topline zahtjevan propisom, bilo bi potrebno rekonstruirati postojeći pod te izvesti minimalnu toplinsku izolaciju debljine 12 cm s koeficijentom toplinske provodljivosti λ = 0,037 W/mK.
Sam zahvat takve rekonstrukcije podova bi bio velik opseg radova koji se izvode u unutarnjem prostoru, te troškovi radova ogromno rastu i vežu se s radovima na uređenju interijera, a ne samo zbog povećanja energetske učinkovitosti zgrade.
Provedbom ove mjere izolacije podova na tlu uštedjelo bi se do 2.000 kWh/a toplinske energije godišnje što je relativno malo prema ostalim mjerama, s obzirom na troškove izvedbe mjere koji bi iznosili oko 36.000 kn. S time bi jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosio 36 godina.
Ova mjera izolacije podova na tlu, se u ovom slučaju, pokazala kao ekonomski NEISPLATIVOM mjerom energetske učinkovitosti, te se neće razmatrati.

6.4. Izolacija stropa podruma

Mjera izolacije stropa podruma uključuje postavu XPS-a hrapave strukture debljine 10 cm lijepljenog na podgled stropa negrijanog podruma ispod grijanog dijela zgrade, uz dodatnu obradu polimerno-cementnim ljepilom i završnom bojom.
Koeficijent prolaska topline stropa podruma nakon poboljšanja iznosi U= 0,26 W/m^{2}K što ZADOVOLJAVA najveću dopuštenu vrijednost koeficijenta prolaska topline U_{max} = 0,40 W/m^{2}K.

Tablica 6.5 Procjena troškova izvedbe izolacije stropa podruma

Redni broj	Opis stavke	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
1.1	Dobava i postava ekstrudiranog polistirena (XPS-a) debljine 10,00 cm na podgled stropa negrijanog podruma ispod grijanog dijela zgrade. Ploče XPS-a hrapave strukture se lijepe polimerno-cementnim ljepilom o podlogu, te dodatno pričvršćuju plastičnim pričvrsnicama. Nakon toga se preko postavljenih ploča nanosi sloj p-c ljepila u koje se utiskuje tekstilno staklena mrežica. Nakon toga slijedi nanošenje izravnavajućeg sloja ljepila i završno bojanje. Cijena uključuje sav potreban materijal, rad, pribor i prostornu skelu.	m^2	55,40	120,00	6.648,00
		Ukupno:			**6.648,00**

Rezultati proračuna godišnje uštede toplinske energije zahvata izolacije stropa podruma dani su u tablici 6.6. gdje je vidljivo da je provedbom mjere izolacije stropa podruma moguće uštedjeti 1.973,29 kWh/a toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od 885,33 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 7,5 godina.

Tablica 6.6 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjera izolacije stropa podruma

Naziv mjere	Investicija	Potrošnja prije	Potrošnja nakon	Procijenjene uštede		
		Prirodni plin				
	[kn]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m^3]	[kn]
Izolacija stropa podruma	6.648,00	44.569,02	42.595,73	1.973,29	245,93	885,33

6.5. Zamjena otvora

Veći dio stolarije, prozori s drvenim okvirima su u dobrom stanju ali i dalje generiraju velike transmisijske i ventilacijske gubitke. Kada se zbroje jedni i drugi, kroz prozore i vrata ostvaruje se preko 50 % ukupnih toplinskih gubitaka zgrade. Prijedlog je zamjena svih otvora energetski efikasnijim. Koeficijent prolaza topline na staklima se smanjuje ugradnjom dvostrukih i trostrukih stakala, čiji su međuprostori punjeni zrakom, ili bolje inertnim plinom (argonom) koji djeluje kao toplinski izolator. Na vanjskoj površini svakog stakla može biti Low-E premaz (premaz niske emisivnosti), koji smanjuje zračenje topline preko prozora. Low-E premaz je bezbojan i ne utječe na prolazak svjetla.

Procjena investicije bazira se na osnovi dobave i postave otvora s PVC okvirima.

Tablica 6.7 Procjena troškova zamjene otvora

Redni broj	Opis stavke	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
1.1	Zamjena postojećih prozora i vratiju, PVC vratima i PVC prozorima ostakljenih trostrukim staklom, LowE, punjeno Argonom, vrijednosti koeficijenta prolaska topline U_w = 1,0 W/m^{2}K. S unutarnje strane prozora predvidjeti aluminijske žaluzine kao zaslone od prekomjernog Sunčevog zračenja. Stavka uključuje demontažu postojećih otvora, dobavu i ugradnju novih..	m^2	30,78	1.600,00	49.248,00
		Ukupno:			**49.248,00**

Rezultati proračuna godišnje uštede toplinske energije zahvata zamjene otvora dani su u tablici 6.8. gdje je vidljivo da je provedbom mjere zamjene otvora moguće uštedjeti 6.006,19 kWh/a toplinske energije godišnje, što predstavlja godišnju novčanu uštedu od 2.694,70 kn. Ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 18 godina.

Tablica 6.8 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjere zamjene otvora

Naziv mjere	Investicija	Potrošnja prije	Potrošnja nakon	Procijenjene uštede		
		Prirodni plin				
	[kn]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m^3]	[kn]
Zamjena otvora	49.248,00	44.569,02	38.562,83	6.006,19	748,53	2.694,70

6.6. Ugradnja LED rasvjete

Veliki potrošač električne energije u obiteljskoj kući je rasvjeta sa udjelom od 27%. Cijeli sustav rasvjete se temelji na rasvjetnim tijelima s žarnom niti kao izvor svjetlosti. Prijedlog je postojeće žarulje sa žarnim nitima zamjeniti sa LED žaruljama.

Tablica 6.9 Godišnja ušteda električne energije ugradnjom LED rasvjete

Broj žarulja	Snaga žarulje s žarnom niti [W]	Snaga ekvivalentne LED žarulje [W]	Potrošnja žarulje s žarnom niti [kWh]	Potrošnja LED žarulje [kWh]	Ušteda [kWh]
11	100	20	485,26	97,05	388,21
13	75	12	573,49	91,76	481,73
7	60	8	308,81	41,18	267,63
10	40	5	441,13	110,28	330,85
	Ukupno:		1.808,69	340,27	1.468,42

Kao što se može vidjeti iz tablice 6.9 godišnja ušteda ugradnjom LED žarulja iznosila bi 1.468,42 kWh. Ugradnjom LED rasvjete smanjila bi se i instalirana snaga za 2,283 kW. Procijenjeni troškovi zamjenje ukupno 41 žarulje iznose 2930 kn, te ukupni jednostavni period povrata investicije ove mjere iznosi 3,1 godina. Ukupna ušteda u kunama prikazana je u tablici 6.10.

Tablica 6.10 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjere ugradnje LED rasvjete

Naziv mjere	Investicija	Potrošnja prije	Potrošnja nakon	Procijenjene uštede	
		Električna energija			
	[kn]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kn]
Ugradnja LED rasvjete	2.930,00	1.808,69	340,27	1.468,42	932,44

6.7. Ukupna financijska ušteda

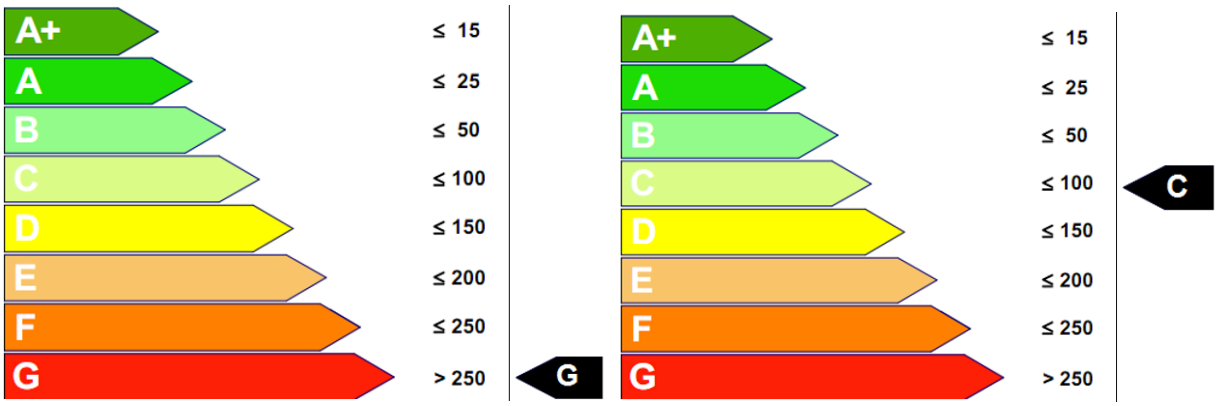
Za provođenje mjera energetske učinkovitosti predmetne zgrade na poboljšanju toplinske zaštite toplinske ovojnice zgrade izračunata je potrebna investicija u iznosu od 134.681 kn i godišnja ušteda od 17.612,66 kn iz čega proizlazi period povrata investicije od 7,6 godina.
Primjenom predmetnih mjera toplinske zaštite toplinske ovojnice zgrade uštedjelo bi se 37.178,06 kWh/a toplinske energije godišnje i 1.468,42 kWh električne energije godišnje. Potrošnja prirodnog plina za novo stanje iznosi 1.045,66 m^3 na godišnjoj razini, a ukupna godišnja cijena za grijanje tako iznosi 3.764,36 kn.

Tablica 6.11 Prikaz svih predloženih mjera

Naziv mjere	Investicija	Procijenjene uštede			Jednostavni period povrata
	[kn]	[kWh/a]	[kWh]	[kn]	godina
Izolacija vanjskog zida	55.055,00	9.773,57	-	4.384,95	12,5
Izolacija stropa prema tavanu	20.800,00	19.425,30	-	8.715,24	2,4
Izolacija stropa podruma	6.648,00	1.973,00	-	885,33	7,5
Zamjena otvora	49.248,00	6.006,19	-	2.694,70	18
Ugradnja LED rasvjete	2.930,00	-	1.468,42	932,44	3,1
Ukupno:	134.681,00	37.178,06	1.468,42	17.612,66	7,6

6.8. Energetski razred novog stanja ovojnice zgrade

Potrebna toplinska energija za grijanje u novopredloženom stanju izolacije objekta bila bi 8.390,34 kWh/god sa specifičnom potrebnom toplinskom energijom za grijanje od 69,97 kWh/m^2 a, što bi svrstalo zgradu u ***energetski razred C***.
Maksimalno dopuštena specifična toplinska energija je $Q''_{H,nd}$ = 72,64 kWh/m^2a te prema važećim tehničkim propisima ***zadovoljava*** za takvu novu zgradu.



Slika 6.1 Energetski razred zgrade za postojeće i novo stanje

Energetski razred zgrade upisuje se u energetski certifikat te on u pravilu odražava energetska svojstva zgrade i potrošnju energije, izračunatu na temelju pretpostavljenog režima korištenja zgrade i ne mora nužno izražavati realnu potrošnju u zgradi ili njezinoj samostalnoj uporabnoj jedinici. Naime stvarna potrošnja energije značajno ovisi o ponašanju korisnika zgrade, a energetski razred određen na temelju izračunate potrošnje energije, kao neovisna veličina, omogućuje usporedbu različitih zgrada.

7. Smanjenje emisije CO_2

Emisije CO_2 smatraju se značajnim doprinosom energetskih postrojenja narušavanju toplinske ravnoteže Zemlje. Kako se u toplinskoj ravnoteži sva na Zemlji Sunčeva energija mora odzračiti nazad u Svemir, posljedica povećanja toplinskog otpora (zbog CO_2 u atmosferi) je i povećanje temperature Zemljine površine i atmosfere. Sve mjere energetske učinkovitosti koje se propisuju i primjenjuju, imaju prvenstveno za cilj smanjenje emisija CO_2 .

Godišnja emisija CO_2, izračunava se koristeći faktore emisije CO_2 prema *Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju zgrada* (NN 48/14) tako da se godišnja potrošnja pojedinog goriva ili količina energije dobivena od pojedinog izvora energije, pomnoži s pripadajućim faktorom emisije:

$$\mathbf{G_e = P_e \cdot E \ \ [kg]} \qquad (7)$$

gdje su:

G_e - godišnja emisija CO_2 [kg];

P_e - godišnja potrošnja energenta [m^3; kg; l];

E - emisija CO_2 po jedinici goriva [kg/m^3; kg/kg; kg/l].

Emisija CO_2 ovisi o količini i tipu energenta koji se koristi. U ovom slučaju to su električna energija i prirodni plin. Ukupno godišnje smanjenje emisije CO2 prikazanao je u tablici 7.1.

Tablica 7.1 Ukupno godišnje smanjenje emisije CO_2

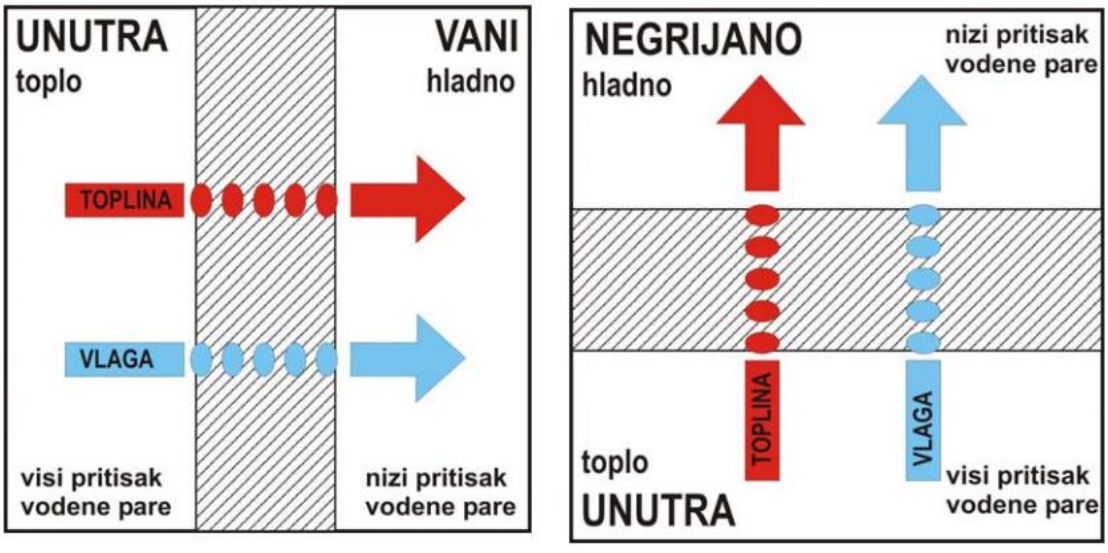
Energent	Emisija CO_2 po jed. goriva	Prije		Nakon		Smanjenje emisije CO_2 [kg]
		Potrošnja	Emisija CO_2 [kg]	Potrošnja	Emisija CO_2 [kg]	
Prirodni plin [m^3]	1,9 kg/m^3	5.554,47	10.553,49	1.045,66	1.986,75	8.566,74
Električna energija [kWh]	0,53 kg/kWh	6.791,13	3.599,29	5.322,71	2.821,03	778,26
Ukupno:			14.152,78		4.807,78	9.345,00

Primjenom predloženih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti zgrade uštedjelo bi se 4.508,81 m^3 prirodnog plina na godišnjoj razini, a godišnja emisija CO_2 smanjila bi se za 9.345,00 kg godišnje.

8. Difuzija vodene pare

Vlaga vrlo lako može oštetiti objekte, pa je oko 70 % oštećenja objekta posljedica utjecaja vlage. Vlaga može dospjeti u objekat na razne načine, a to zavisi od klimatskih prilika, vrste i karakteristika materijala od kojeg je konstrukcija napravljena, redoslijeda slojeva konstrukcije, načina korištenja objekta. Materijali koji se koriste u građevinarstvu su porozni i samim tim pogodni za zadržavanje vlage u objektima što ostavlja posljedice na objekt jer može da izmjeni mehanička i fizičko-kemijska svojstva materijala, direktno povećava toplinsku provodljivost i smanjuje trajnost objekta.

Difuzija vodene pare je kretanje molekula vodene pare s mjesta veće koncentracije k mjestu manje koncentracije, s težnjom da koncentracija na svim mjestima bude jednaka. Vodena para će prolaziti kroz svaki porozni građevinski element koji odjeljuje dva prostora s različitim parcijalnim tlakovima vodene pare. Difuzija će se odvijati iz prostora s većim parcijalnim tlakom vodene pare prema prostoru s manjim tlakom. Difuzija vodene pare kroz građevinske elemente nije sama po sebi štetna jer nema bitne negativne posljedice po karakteristike i svojstva elementa. Tek kondenzacijom vodene pare u slojevima elemenata, dolazi do degradacije njihovih toplinsko-izolacijskih svojstava i mogućnosti oštećenja građevine.



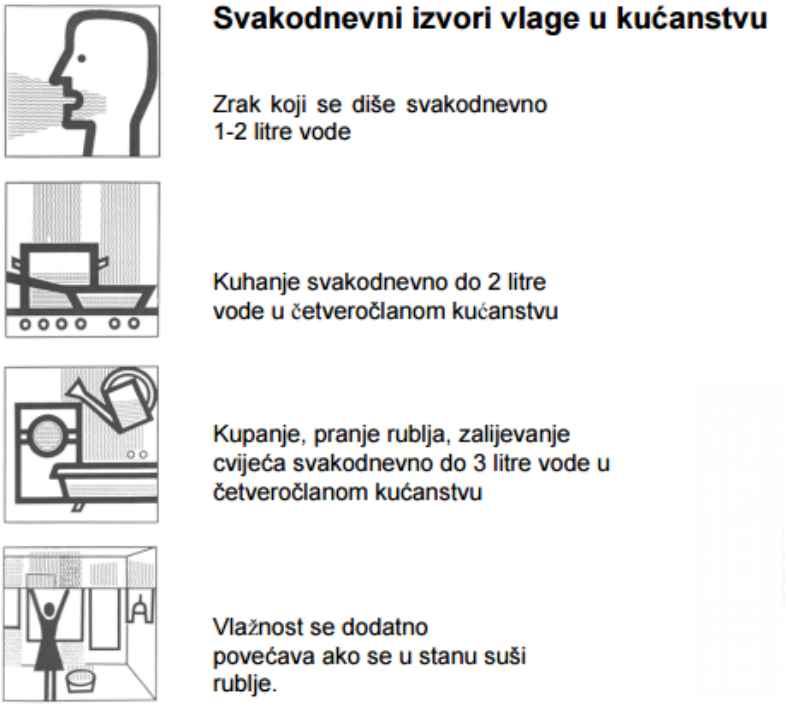
Slika 8.1 Primjer kretanja topline i vlage

Ni pretjerano suh, ni prejterano vlažan zrak nisu pogodni za boravak ljudi, pa se zato tehničkim propisima preciziraju vrijednosti vlažnosti zraka za različite vrste prostorija. Za boravak ljudi u stambenim prostorijama relativna vlažnost ne smije biti više od 50-60% što se smatra idealnim mikroklimatskim uvjetima.

Što je temperatura zraka viša to može sadržavati više vodene pare, a ako se temperatura snizi ili se količina vodene pare poveća dolazi do rošenja ili kondenzacije.

Kondenzacija prevelike vlage nastaje na hladnijim površinama i nepropusnim oblogama (staklo, keramičke obloge, zid oko prozora, sjeverni vanjski zidovi) ili tamo gdje je i inače cirkulacija zraka slabija (kutovii na spoju zida i stropa, iza namještaja ako je uz vanjske zidove i sl.).

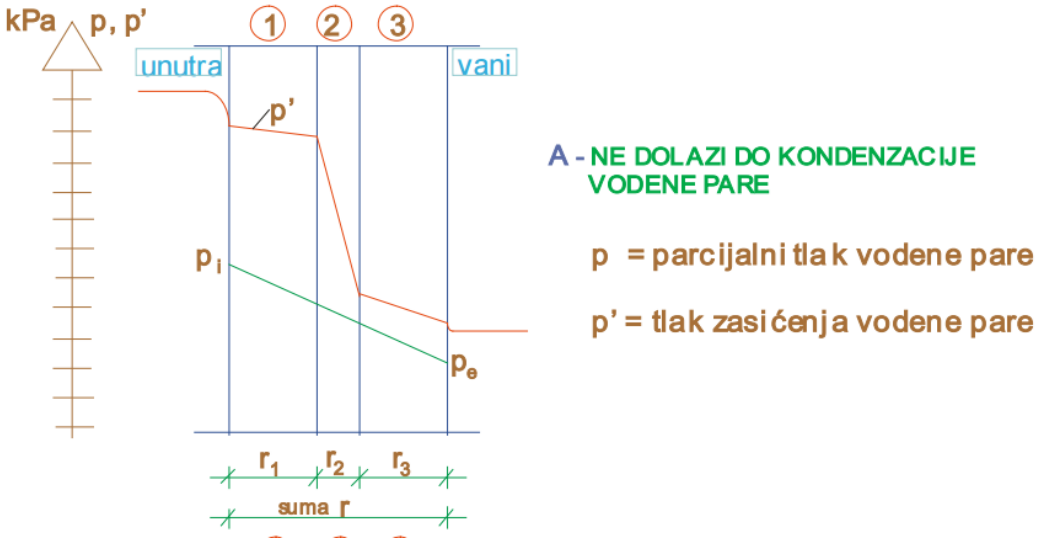
Topli vlažni zrak se dodatno opterećuje vlagom koja nastaje isparavanjem npr. od kuhanja ili sušenja rublja u kupaonica ali značajne količine su i od disanja i znojenja osoba koje dulje borave.



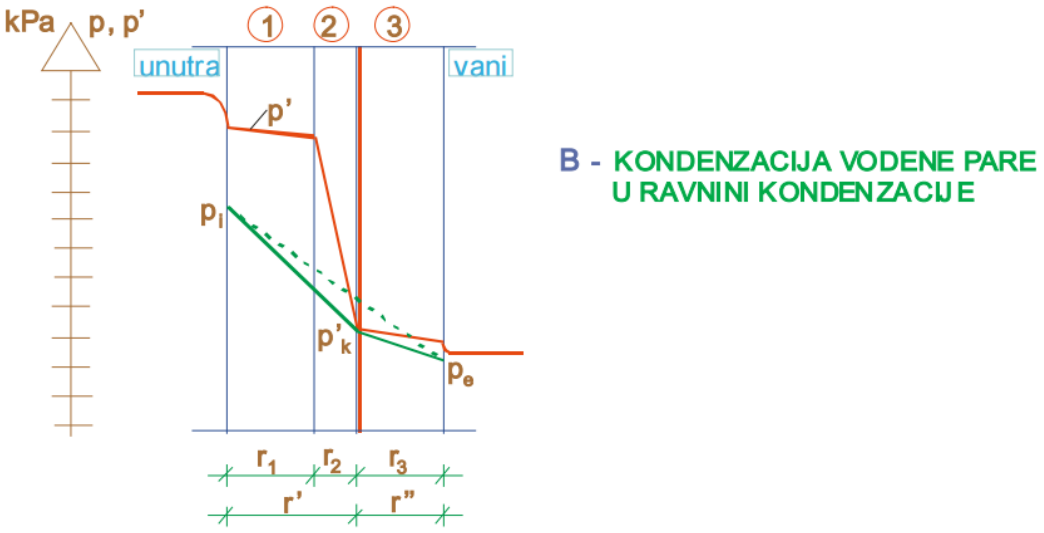
Slika 8.2 Svakodnevni izvori vlage u kućanstvu

8.1. Proračun difuzije vodene pare vanjskog zida

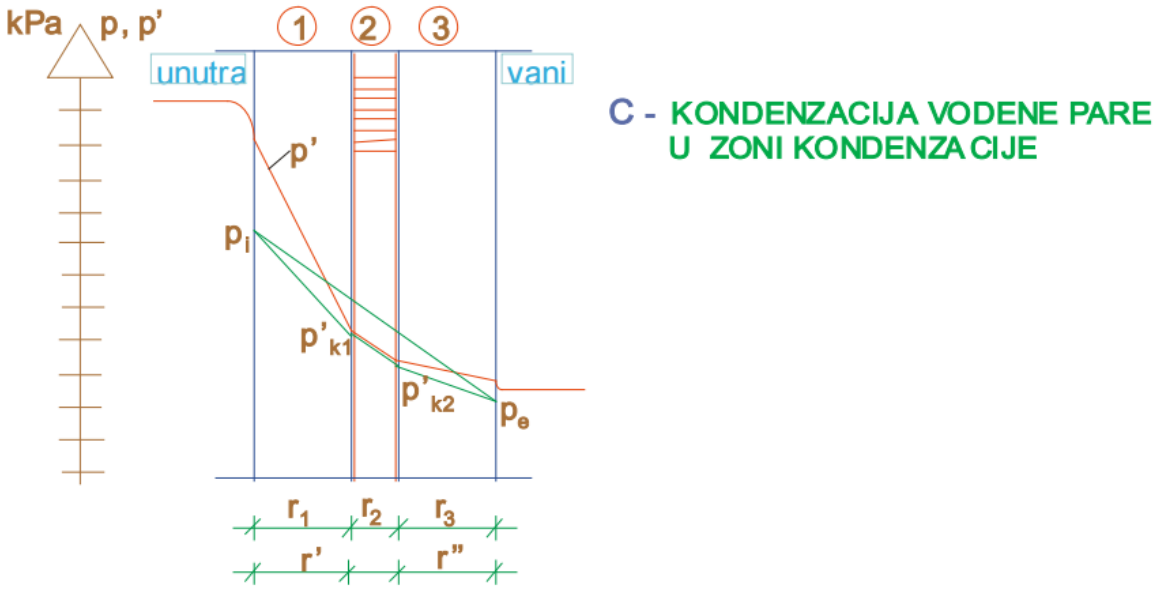
Postupak proračuna difuzije vodene pare kroz građevinske konstrukcije s pomoću Glaserove metode i/ili približne Glaserove metode grafoanalitična je metoda ustanovljena jos 1958. godine i osnovna joj je pretpostavka da u konstrukciji u kojoj eventualno nastaje kondenzat on nastaje u zoni ili ravnini kondenzacije, tj. ne dopušta se, a teoretski nije niti moguće da parcijalni tlakovi budu veći od tlakova zasićenja jer dolazi do rošenja.
Karakteristične sheme difuzije vodene pare po približnoj glaserovoj metodi prikazane su na slikama 8.3, 8.4 i 8.5.



Slika 8.3 Ne dolazi do kondenzacije vodene pare



Slika 8.4 Kondenzacija vodene pare u ravnini kondenzacije



Slika 8.5 Kondenzacija vodene pare u zoni kondenzacije

Ulazni podaci za proračun difuzije vodene pare vanjskog zida glaserovom metodom prikazani su u tablici 8.1.

Tablica 8.1 Ulazni podaci

Temperatura unutar zgrade	τ_i	20	°C
Relativna vlaga u zgradi	Φi	60	%
Temperatura izvan zgrade	τ_e	-10	°C
Relativna vlaga izvan zgrade	Φe	90	%
Koeficijent unutarnjeg prijelaza topline	α_i	8	W/m2*K
Koeficijent vanjskog prijelaza topline	α_e	23	W/m2*K

8.2. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna difuzije vodene pare za stanje prije i nakon provedbe mjera poboljšanja energetske učinkovitosti vanjskog zida približnom glaserovom metodom prikazani su tablično u tablici 8.2, odnosno tablici 8.3.

Tablica 8.2. Rezultati proračuna difuzije vodene pare za postojeće stanje vanjskog zida

Sloj	Materijal sloja	Debljina sloja: d	Koeficijent toplinske vodljivos	Otpor sloja: $U_i = d/\lambda$	Temperatura i pad u sloju: $\Delta\nu$	Temperatura na spoju slojeva: ν		Tlakovi zasićenja: p'		Relativna vlažnost zraka u nutra (Φi) i vani (Φe)	Tlak zraka u nutra (p_i) i vani (p_e)	Faktor otpora difuziji vodene pare:	Otpor difuziji vodene pare: r
		m	W*m2K	m2*K/W	°C	°C		kPa		%	kPa	-	m
UNUTRA						20,0		2,333		60	1,400		
Unutarnji prijelaz Rsi=				0,125	4,385	15,6		1,770					
1	Žbuka	0,02	1	0,020	0,702		14,9		1,692			20	0,40
2	Šuplja opeka	0,30	0,45	0,667	23,388	-8,5		0,323				8	2,40
							-8,5		0,323				
						-8,5		0,323					
							-8,5		0,323				
						-8,5		0,323					
							-8,5		0,323				
						-8,5		0,323					
							-8,5		0,323				
						-8,5		0,323					
Vanjski prijelaz Rse=				0,043	1,525								
VANI							-10,0		0,287	90	0,258	Σ r=	2,8

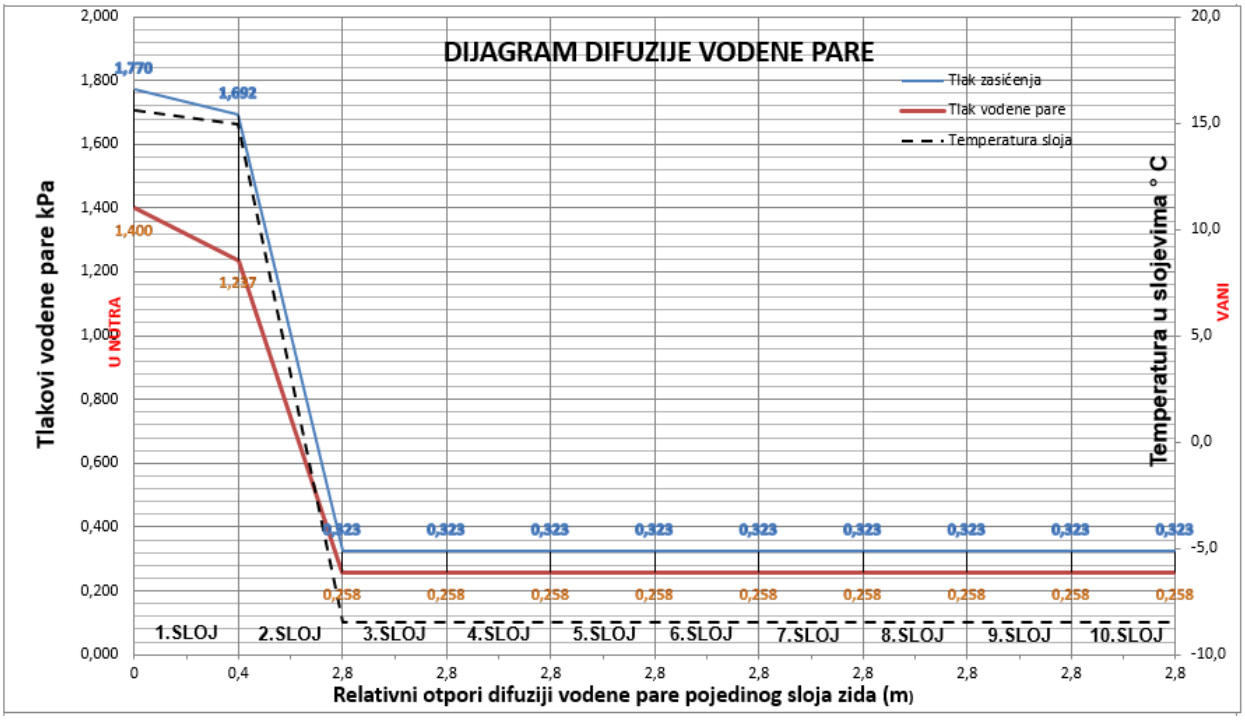
R_o=	0,855 m2*K/W	- Ukupni otpor zida prolazu topline za 1°C
U=	1,169 W/m2*K	- Gubitak topline zida kod razlike temperature za 1°C (koeficijent prolaska topline)
Q=	35,08 W/m2	- Ukupni gubici kroz zid za ukupnu razliku tempereture vani i unutra

Tablica 8.3 Rezultati proračuna difuzije vodene pare za novo stanje vanjskog zida

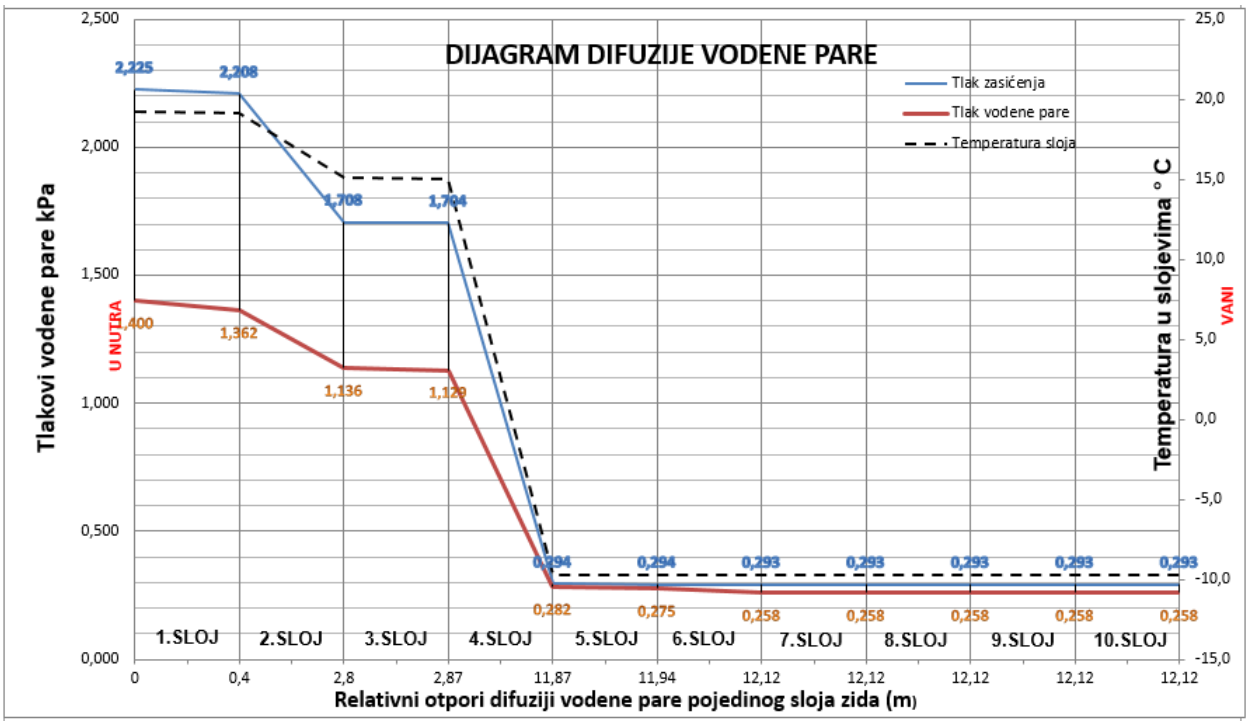
Sloj	Materijal sloja	Debljina sloja: d	Koeficijent toplinske vodljivos	Otpor sloja: $U_i = d/\lambda$	Temperatura i pad u sloju: $\Delta\nu$	Temperatura na spoju slojeva: ν		Tlakovi zasićenja: p'		Relativna vlažnost zraka u nutra (Φi) i vani (Φe)	Tlak zraka u nutra (p_i) i vani (p_e)	Faktor otpora difuziji vodene pare:	Otpor difuziji vodene pare: r
		m	W*m2K	m2*K/W	°C	°C		kPa		%	kPa	-	m
UNUTRA						20,0		2,333		60	1,400		
Unutarnji prijelaz Rsi=				0,125	0,762	19,2		2,225					
1	Žbuka	0,02	1	0,020	0,122		19,1		2,208			20	0,40
2	Šuplja opeka	0,30	0,45	0,667	4,062	15,1		1,708				8	2,40
3	P-c ljepilo	0,01	0,9	0,006	0,034		15,0		1,704			14	0,07
4	EPS	0,15	0,037	4,054	24,702	-9,7		0,294				60	9,00
5	P-c ljepilo	0,005	0,9	0,006	0,034		-9,7		0,294			14	0,07
6	Silikatna žbuka	0,003	0,9	0,003	0,020	-9,7		0,293				60	0,18
							-9,7		0,293				
						-9,7		0,293					
							-9,7		0,293				
						-9,7		0,293					
Vanjski prijelaz Rse=				0,043	0,265								
VANI							-10,0		0,287	90	0,258	Σ r=	12,12

R_o=	4,924 m2*K/W	- Ukupni otpor zida prolazu topline za 1°C
U=	0,203 W/m2*K	- Gubitak topline zida kod razlike temperature za 1°C (koeficijent prolaska topline)
Q=	6,09 W/m2	- Ukupni gubici kroz zid za ukupnu razliku tempereture vani i unutra

Na osnovu proračunatih vrijednosti parcijalnih tlakova vodene pare na granicama između pojedinih slojeva konstrukcije i na osnovu vrijednosti tlakova zasićenja (koji se dobijaju pomoću poznatog rasporeda temperatura kroz konstrukciju), može se nacrtati DIJAGRAM DIFUZIJE VODENE PARE. Na ovom dijagramu crtaju se linija tlakova zasićenja i linija parcijalnih tlakova (tlak vodene pare).



Dijagram 8.1 Difuzija vodene pare za postojeće stanje vanjskog zida



Dijagram 8.2 Difuzija vodene pare za novo stanje vanjskog zida

8.3. Usporedba rezultata

U dijagramu postojećeg stanja i novog stanja vanjskog zida vidimo da se linija tlaka zasićenja i linija tlaka vodene pare ne sijeku što znači da ne dolazi do kondenzacije unutar konstrukcije vanjskog zida. U tom slučaju količina vodene pare koja ulazi u konstrukciju jednaka je količini vodene pare koja izlazi iz konstrukcije. Stoga građevni dio vanjski zid prije i nakon provedbe mjera poboljšanja energetske učinkovitosti ZADOVOLJAVA zahtjev za unutarnju kondenzaciju.

Za postojeće stanje površinska vlažnost iznosi $fR_{si} = 0,77$, dok je maksimalna dozvoljena $fR_{si,max} = 0,71$ pa stoga građevni dio NE ZADOVOLJAVA zahtjev za površinsku kondenzaciju.

Nakon provedbe mjera poboljšanja energetske učinkovitosti površinska vlažnost iznosi $fR_{si} = 0,77$, dok je maksimalna dozvoljena $fR_{si,max} = 0,95$ pa stoga građevni dio ZADOVOLJAVA zahtjev za površinsku kondenzaciju.

9. Zaključak

Na temelju analize podataka energetskih svojstva predmetne obiteljske kuće može se zaključiti da se na zgradi nalazi dovoljno prostora za implementaciju mjera energetske učinkovitosti. Analiza postojećeg stanja je pokazala većim djelom građevni dijelovi nisu uopće izolirani što pridonosi velikim gubicima topline. Ostali građevni dijelovi imaju neku minimalnu izolacija ali nedovoljnu da bi se zadovoljio tehnički propis. Također je dobiveni faktor oblika zgrade jako nepovoljan, što nam odmah ukazuje na veliku vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje i jako loš energetski razred. Uz prethodno spomenute nedovoljne i većim dijelom toplinski neizolirane građevne dijelove, odmah nam se time nameću mjere poboljšanja energetske učinkovitosti.

Proračunom u računalnom programu KI Expert 2013 prema normi HRN EN ISO 13790 izračunato je da je godišnja potrebna energija za grijanje 44.569,02 kWh/a godišnje za postojeće stanje, te 8.390,34 kWh/a godišnje za novo stanje. Predloženim mjerama bi se smanjili transmisijski gubici prema vanjskom okolišu i transmisijski gubici prema negrijanom podrumu i tavanu. Također bi se, implementacijom predložene mjere zamjene otvora smanjili ventilacijski gubici zbog poboljšanja zrakonepropustnosti zgrade dobrim brtvljenjem. Primjenom predloženih mjera,godišnje bi se energente, prirodni plin i električna energija, potrošilo 7.117,68 kn što bi značilo smanjenje prosječnih godišnjih troškova za 70%. Uz predloženu investiciju od 134.681,00 kn za provedbu mjera, jednostavni period povrata bi iznosio 7,6 godina.Uz to godišnja količina emisije CO_2 bi se smanjila za 9.345,00 kg što predstavlja godišnje smanjenje za 66%. Zgrada nakon implementacije mjera poboljšanja energetske učinkovitosti spada u energetski razred C, što je zadovoljavajuće s obzirom na nepovoljni faktor oblika zgrade.

Energetska učinkovitost je kontinuirani proces i ne završava implementacijom mjera poboljšanja, već se nastavlja praćenjem i potvrđivanjem ostvarenih ušteda, uočavanjem novih potencijala, implementaciju novih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti što sve vodi ka sustavnom gospodarenju energijom.
Na primjeru obiteljske kuće napravljen je prvi korak u vidu sustavnog gospodarenja energijom. Sljedeći korak je edukacija korisnika, kako analizirati prikupljene podatke i s time djelovati. Osim toga potrebno je kontinuirano podizati svijest o važnosti energetske učinkovitosti kroz edukacijske radionice, jer sami korisnici su ključan faktor u racionalnom gospodarenju energijom.

10. Literatura

[1] *Pravilnik o energetskom pregledu zgrada i energetskom certificiranju zgrada* (NN 48/14, 150/14), Zagreb, 2014

[2] *Tehnički propis o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (NN 97/14, 130/14), Zagreb, 2014

[3] Soldo V.; Novak S.; Horvat I., *Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790*, Zagreb,2014

[4] *Metodologija provođenja energetskog pregleda građevina*, Zagreb, 2014

[5] *www.fzoeu.hr/energetska učinkovitost/*

[6] *www.mgipu.hr/*

Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, BOŽIDAR MEDIMUREC *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/~~diplomskog~~ (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADE NAKON IMPLEMENTACIJE MJERA POBOLJŠANJA ENERGETSKIH SVOJSTAVA NA PRIMJERU OBITELJSKE KUĆE *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
BOŽIDAR MEDIMUREC
~~Božidar Medimurec~~
(vlastoručni potpis)

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

Ja, BOŽIDAR MEDIMUREC *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADE NAKON IMPLEMENTACIJE MJERA POBOLJŠANJA ENERGETSKIH SVOJSTAVA NA PRIMJERU OBITELJSKE KUĆE *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
BOŽIDAR MEDIMUREC
~~Božidar Medimurec~~
(vlastoručni potpis)

Popis slika

Slika 4.1 Situacija *11*
Slika 4.2 Instalirani pločasti radijatori *17*
Slika 4.3 Električni bojler *18*
Slika 4.4 Instalirana rasvjetna tijela *20*
Slika 4.5 Instalirana pećnica, hladnjak i perilica rublja *22*
Slika 5.1 Tlocrt podruma *24*
Slika 5.2 Tlocrt prizemlja *25*
Slika 5.3 Tlocrt potkrovlja *25*
Slika 5.4 Presjek A-A *26*
Slika 5.5 Zapadno i sjeverno pročelje *26*
Slika 5.6 Istočno i južno pročelje *27*
Slika 5.7 Energetski razred zgrade *33*
Slika 6.1 Energetski razred zgrade za postojeće i novo stanje *44*
Slika 8.1 Primjer kretanja topline i vlage *46*
Slika 8.2 Svakodnevni izvori vlage u kućanstvu *47*
Slika 8.3 Ne dolazi do kondenzacije vodene pare *48*
Slika 8.4 Kondenzacija vodene pare u ravnini kondenzacije *48*
Slika 8.5 Kondenzacija vodene pare u zoni kondenzacije *49*

Popis tablica

Tablica 4.1 Sastav i koef. prolaska topline građevnog dijela – Vanjski zidovi *12*
Tablica 4.2 Sastav i koef. Prolaska topline građevnog dijela – Pod na tlu - prizemlje *12*
Tablica 4.3 Sastav i koef. Prolaska topline građevnog dijela – Strop prema podrumu *13*
Tablica 4.4 Sastav i koef. prolaska topline građevnog dijela – Strop prema tavanu *13*
Tablica 4.5 Sastav i koef. prolaska topline građevnog dijela – Strop iznad stubišta *14*
Tablica 4.6 Koeficijenti toplinske provodljivosti otvora *15*
Tablica 4.7 Vrijednosti koeficijanata prolaska topline građevnih dijelova *15*
Tablica 4.8 Raspodjela ogrjevnih tijela *18*
Tablica 4.9 Potrošači električne energije za sustav grijanja i PTV-a *19*
Tablica 4.10 Raspodjela rasvjetnih tijela *20*
Tablica 4.11 Potrošači električne energije uredske opreme *21*
Tablica 4.12 Potrošači električne energije kuhinjske opreme *21*
Tablica 4.13 Potrošači električne energije opreme za pranje i glačanje *22*
Tablica 4.14 Procijenjena godišnja potrošnja električne energije po pojedinim potrošačima *23*
Tablica 5.1 Klimatološki podaci referentne postaje *27*
Tablica 5.2 Geometrijske karakteristike zgrade *29*
Tablica 5.3 Transmisijski gubici *29*
Tablica 5.4 Gubici provjetravanjem *30*
Tablica 5.5 Ukupni gubici topline *30*
Tablica 5.6 Ukupni dobici topline *31*
Tablica 5.7 Ukupna potrebna energija za grijanje *32*
Tablica 5.8 Rezultati proračuna *32*
Tablica 6.1 Procjena troškova izvedbe ETICS sustava *36*
Tablica 6.2 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjera izolacije vanjskog zida *36*
Tablica 6.3 Procjena troškova izvedbe izolacije stropa prema tavanu *37*
Tablica 6.4 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjera izolacije stropa prema tavanu *38*
Tablica 6.5 Procjena troškova izvedbe izolacije stropa podruma *39*
Tablica 6.6 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjera izolacije stropa podruma *40*
Tablica 6.7 Procjena troškova zamjene otvora *41*
Tablica 6.8 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjere zamjene otvora *41*
Tablica 6.9 Godišnja ušteda električne energije ugradnjom LED rasvjete *42*
Tablica 6.10 Prikaz procjenjenih ušteda nakon provedbe mjere ugradnje LED rasvjete *42*

Tablica 6.11 Prikaz svih predloženih mjera 43
Tablica 7.1 Ukupno godišnje smanjenje emisije CO_2 45
Tablica 8.1 Ulazni podaci 49
Tablica 8.2. Rezultati proračuna difuzije vodene pare za postojeće stanje vanjskog zida 50
Tablica 8.3 Rezultati proračuna difuzije vodene pare za novo stanje vanjskog zida 50

Popis dijagrama

Dijagram 4.1 Udio pojedinih potrošača u potrošnji električne energije 23
Dijagram 5.1 Udio pojedinih gubitaka topline 31
Dijagram 8.1 Difuzija vodene pare za postojeće stanje vanjskog zida 51
Dijagram 8.2 Difuzija vodene pare za novo stanje vanjskog zida 51

U Varaždinu 24.02.2016.

Božidar Međimurec

Božidar Međimurec