

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Roksandić, M., 2016. Energetska analiza tipske enodružinske hiše iz porobetona. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentorica Dovjak, M.): 49 str.

Datum arhiviranja: 11-07-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Roksandić, M., 2016. Energetska analiza tipske enodružinske hiše iz porobetona. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Dovjak, M.): 49 pp.

Archiving Date: 11-07-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

MATIC ROKSANDIĆ

**ENERGETSKA ANALIZA TIPSKE ENODRUŽINSKE
HIŠE IZ POROBETONA**

Diplomska naloga št.: 124/OG-MO

**ENERGY ANALYSIS OF SINGLE FAMILY PATLERN
BOOK HOUSE MADE OF AERATED CONCRETE**

Graduation thesis No.: 124/OG-MO

Mentor:

doc. dr. Roman Kunič

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 29. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent ___Matic Roksandić___, vpisna številka _____26109993_____, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: _____Energetska analiza tipske enodružinske hiše iz porobetona_____.

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: ___Ljubljana_____

Datum: ___16.6.2016_____

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.86:725.3(043.2)
Avtor:	Matic Roksandić
Mentor:	doc. dr. Roman Kunič
Somentorica:	doc. dr. Mateja Dovjak
Naslov:	Energetska analiza tipske enodružinske hiše iz porobetona
Tip dokumenta:	diplomska naloga, visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	49 str., 44 pregl., 19 sl.
Ključne besede:	PURES 2010, ničenergijska hiša, akcijski načrt za skoraj ničenergijsko stavbo, porobeton, energetska bilanca stavbe, obnovljivi viri energije, poraba energije

Izveček:

V diplomski nalogi sem analiziral, kako s posameznimi ukrepi zadostiti pogojem, ki jih zahteva Akcijski načrt za skoraj ničenergijsko stavbo.

Na izbrani tipski stavbi sem najprej predstavil ukrepe, s katerimi zadostimo vsem zahtevam PURES-a 2010. V nadaljevanju pa je predstavljenih pet dodatnih ukrepov, ki vplivajo na dodatno zmanjšanje porabe energije v stavbi. Cilj je izpolniti zahteve, ki jih predvideva AN sNES. Za analizo vseh izvedenih ukrepov uporabljam programa TEDI in TOST, ki omogočata prikaz energetske bilance stavbe. V nadaljevanju predstavim tudi način uporabe obnovljivih virov energije v stavbi. Po vključitvi vseh ukrepov v izračun energetske bilance stavbe dosežem, da stavba ustreza zahtevam, ki bodo najverjetneje v sedanji obliki do leta 2020 zakonsko določene.

BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	699.86:725.3(043.2)
Author:	Matic Roksandić
Supervisor:	assist. prof. Roman Kunič, Ph.D.
Co-advisor:	assist. prof. Mateja Dovjak, Ph.D.
Title:	Energy Analysis of a single family pattern-book house made of aerated concrete
Document type:	Graduation Thesis–Higher professional studies
Scope and tools:	49 p., 44 tab., 19 fig.
Keywords:	PURES 2010, zero energy house, action Plan for the nearly-zero energy house, aerated concrete, energy balance of the house, renewable energy, energy consumption

Abstract:

In the thesis I analyzed, how to satisfy the conditions required by the Action Plan for the nearly-zero energy house (AN sNES) with individual measures.

In the first place I introduced measures to satisfy all the requirements of PURES 2010 on the selected pattern-book house. Then I presented five additional actions that affect the further reduction of energy consumption in the house. The aim was to meet the requirements provided for by AN sNES. For analysing all the measures carried out, I used the program TEDI and TOST, which allow displaying of the energy balance of the house. Then I presented a way to use renewable energy in the house. After inclusion of all measures in the calculation of the energy balance of the house, I reached the energy saving building requirements that will be statutory defined in 2020.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Romanu Kuniču in somentorici doc. dr. Mateji Dovjak. Zahvaljujem se tudi prof. Mitji Koširju, ki mi je nudil pomoč v primeru odsotnosti obeh mentorjev.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Opredelitev problema	2
1.2 Namen naloge	2
2 ZAKONODAJA	3
2.1 PURES 2010	5
2.2 Akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe	6
3 ENERGIJSKE LASTNOSTI STAVBE	7
3.1 Osnovni podatki objekta	7
3.2 Računalniški program TOST	10
3.2.1 Vhodni podatki	11
3.2.2 Izračun dejanske porabe energije objekta	12
3.2.3 Karakteristike stavbe po conah	12
3.2.4 Rezultati programa TOST – dejanska poraba energije stavbe	19
4 ZADOSTITEV ZAHTEVAM PURES 2010	21
4.1 Ukrep 1 – povečanje TI na zunanjem ovoju stavbe	21
4.2 Ukrep 2 – dodatno povečanje TI na zunanjem ovju stavbe in stropu	22
5 UKREPI ZA DOSEGO SKORAJ NIČ ENERGIJSKE STAVBE	26
5.1 Ukrep A – povečanje toplotne izolacije na zunanjem ovoju stavbe	27
5.2 Ukrep B – povečanje toplotne izolacije tal	29
5.3 Ukrep C – Povečanje toplotne izolacije stropa proti podstrešju + povečanje toplotne izolacije na prehodu cone 1 in 2	32
5.4 Ukrep D – zamenjava transparentnih delov stavbe	34
5.5 Ukrep E – nočna izolacija	36
5.6 Primerjava vseh ukrepov	38
5.7 Združeni vsi ukrepi hkrati	38
6 ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE	41
6.1 Fotovoltaika	41
6.2 Toplotne črpalke	43
7 ZAKLJUČEK	46
VIRI	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Poraba energije v stanovanjskih stavbah [2]	2
Slika 2: Tloris pritličja	7
Slika 3: Prečni prerez.....	8
Slika 4: Vzhodna in severna fasada	8
Slika 5: Zahodna in južna fasada	9
Slika 6: Program TOST – klimatski podatki	10
Slika 7: Toplotna izolacija Ytong Multipor [3]	21
Slika 8: Sprememba vrednosti energijske bilance stavbe (kWh/m ² a)	25
Slika 9: Toplotna izolacija FRAGMAT	29
Slika 10: Prikaz prehajanja toplote skozi različne vrste zasteklitve [15].....	34
Slika 11: Nočna izolacija s poliuretanskim polnilom [17].....	36
Slika 12: 43 mm ALU lamela, polnjena s poliuretansko peno [17]	36
Slika 13: Graf spremembe energijske bilance stavbe po izvedenih posameznih ukrepih (kWh/m ² a).....	38
Slika 14: Sprememba koeficienta transmisijskih izgub H'T (W/m ² K)	40
Slika 15: Graf energijske bilance stavbe pred izvedenimi in po izvedenih ukrepih (kWh/m ² a)	40
Slika 16: Način uporabe OVE	41
Slika 17: Sestava izbrane toplotne črpalke, ki je primerna za vgradnjo v stavbo	43
Slika 18: Mesečna poraba energije za delovanje TČ.....	44
Slika 20: Pregled oddane mesečne energije s strani TČ	45
Slika 19: Graf delovanja toplotne črpalke glede na zunanje temperature.	45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Projektne začetne notranje tempertaure	11
Preglednica 2: Geometrijske karakteristike stavbe (cona 1)	12
Preglednica 3: Tla na terenu (cona 1)	13
Preglednica 4: Zunanja stena (cona 1).....	13
Preglednica 5: Strop proti neogrevanemu prostoru (cona 1)	14
Preglednica 6: Geometrijske karakteristike (cona 2)	15
Preglednica 7: Tla na terenu (cona 2)	15
Preglednica 8: Strop proti neogrevanemu prostoru (cona 2)	16
Preglednica 9: Zunanja stena (cona 2).....	16
Preglednica 10: Geometrijske karakteristike (cona 3)	17
Preglednica 11: Streha (cona 3).....	17
Preglednica 12: Strop proti neogrevanemu prostoru	18
Preglednica 13: Geometrijske karakteristike celotne obravnavane stavbe	19
Preglednica 14: Pregled rezultatov pred ukrepi.....	19
Preglednica 15: Pregled izgub in dobitkov stavbe pred ukrepi	20
Preglednica 16: Izolirana zunanja stena (cona1).....	22
Preglednica 17: Izolirana zunanja stena (cona2).....	22
Preglednica 18: Pregled rezultatov po vgrajeni dodatni izolaciji stavbe	22
Preglednica 19: Dodatno izolirana zunanja stena (cona1).....	23
Preglednica 20: Dodatno izolirana zunanja stena (cona 2).....	23
Preglednica 21: Izoliranje stropa proti neogrevanemu prostoru.....	23
Preglednica 22: Pregled rezultatov po izvedenih ukrepih	24
Preglednica 23: Pregled izgub in dobitkov po izvedenih ukrepih za dosego zahtev PURES 2010.....	24
Preglednica 24: Povečanje toplotne izolacije na zunanji steni (cona 1).....	27
Preglednica 25: Pregled rezultatov po izvedenem ukrepu A.....	27
Preglednica 26: Pregled izgub in dobitkov po izvedbi ukrepa A.....	28
Preglednica 27: Povečanje toplotne izolacije tal (cona 1).....	29
Preglednica 28: Pregled rezultatov po izvedenem ukrepu B	30
Preglednica 29: Pregled izgub in dobitkov po izvedenem ukrepu B	30
Preglednica 30: Povečanje toplotne izolacije stropa proti podstrešju.....	32
Preglednica 31: Dodatna TI na prehodu iz tople cone (cona 1) v hladno (cona 2).....	32
Preglednica 32: Pregled rezultatov ukrepa C	33
Preglednica 33: Pregled izgub in dobitkov ukrepa C	33
Preglednica 34: Pregled rezultatov ukrepa D	34

Preglednica 35: Pregled izgub in dobitkov ukrepa D	35
Preglednica 36: Pregled rezultatov stavbe z uporabo ukrepa E	36
Preglednica 37: Izgube in dobitki stavbe z uporabo ukrepa E	37
Preglednica 38: Pregled rezultatov stavbe z združenimi vsemi ukrepi od A do E	38
Preglednica 39: Izgube in dobitki stavbe z združenimi vsemi ukrepi (A–E)	39
Preglednica 42: Končna energija stavbe (kWh).....	41
Preglednica 43: Izračun povprečnega sončnega sevanja pri optimalnih pogojih	42
Preglednica 44: Povprečna proizvodnja elektrike po mesecih.....	43

SIMBOLI IN DEFINICIJE

I. V_e (m^3), ogrevana prostornina stavbe je prostornina stavbe obdana z zunanjim ovojem, skozi katerega toplota prehaja v okolico.

II. A_u (m^2), uporabna površina je površina vseh ogrevanih prostorov v stavbi.

III. Q_{NH} (kWh), letna specifična potrebna toplota za ogrevanje je potrebna dovedena toplota na letni ravni, za doseg projektnih notranjih.

IV. Q_T (kWh), transmisijske toplotne izgube predstavljajo vse toplotne izgube, nastale s prehodom toplote skozi zunanji ovoj.

V. f_0 (m^{-1}), oblikovni faktor

VI. H'_T (W/K), koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub prikazuje moč transmisijskih toplotnih izgub, ki prehajajo skozi $1m^2$ površine ovoja ogrevane cone v zunanje okolje pri temperaturni razliki 1K.

VII. λ (W/mK), specifična toplotna prevodnost materiala

VIII. U (W/m²K), toplotna prehodnost nam pove kolikšen toplotni tok preteče skozi plast pri temperaturni razliki 1K, debelini d in površini $1 m^2$

IX. g , faktor prehoda celotnega sončnega sevanja je faktor, ki predstavlja razmerje prepuščene gostote energijskega sončnega sevanja in razmerje vpadle prepuščene gostote.

X. T_I , toplotna izolacija.

XI. $T_{\check{C}}$, toplotna črpalka.

XII. OVE, obnovljivi viri energije.

XIII. d , debelina

1 UVOD

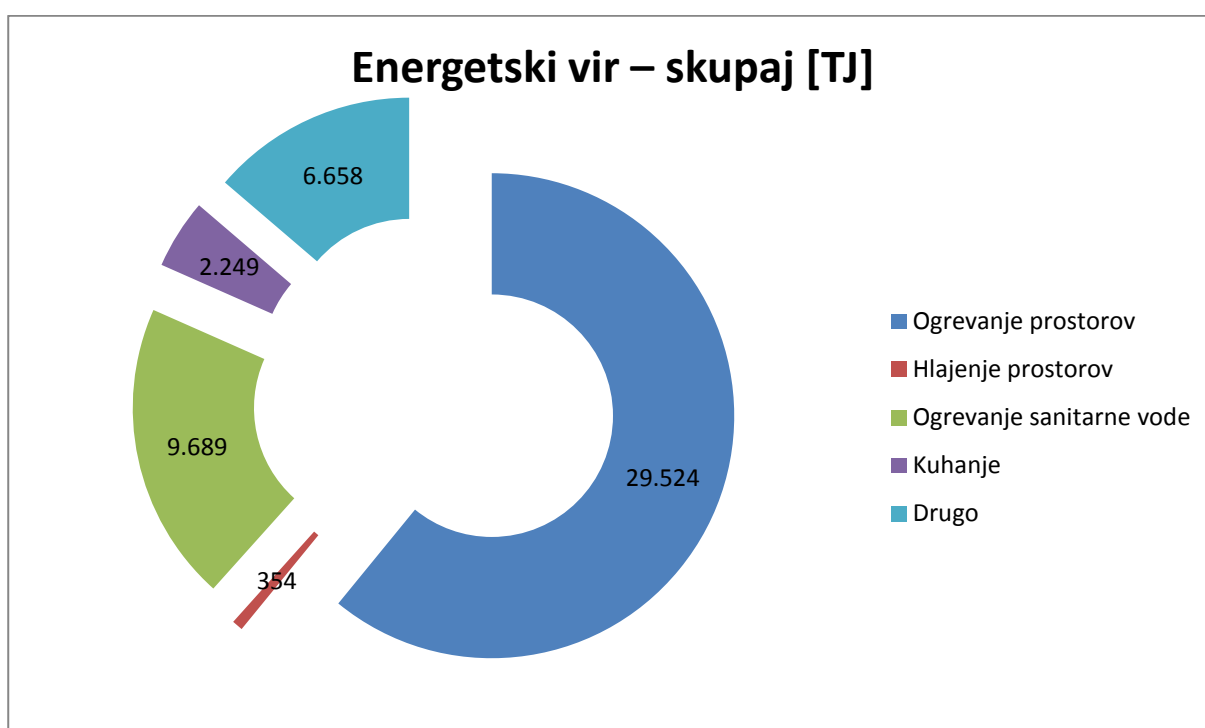
Nepremičninska kriza je prisotna že od leta 2006, ko se je znatno zmanjšalo število letno izdanih gradbenih dovoljenj. Vse več ljudi se odloča za energetske prenove obstoječih stavb, vendar po zadnjih podatkih stavbe še vedno predstavljajo kar 40 % porabe vse energije in 36 % vseh izpustov toplogrednih plinov v ozračje v Evropski Uniji (EU). V ta namen je bilo sprejetih že precej direktiv in pravilnikov, saj se članice EU zavzemajo za boljšo energijsko učinkovitost stavb. Leta 2010 so izdali najnovejšo Direktivo o energetske učinkovitosti stavb, s katero želi EU predvsem zmanjšati porabo energije in izboljšati energijsko učinkovitost stavb. Na podlagi evropske Direktive je v Sloveniji nastal Pravilnik o učinkoviti rabi energije PURES 2010.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije določa različne tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah. Vse rešitve, gradbene ukrepe in metodologijo izračuna za doseg zahtev določa tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije.

Težnja po vse manjši porabi energije je že sprožila akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe. Z njim naj bi nadgradili obstoječo zakonodajo in zmanjšali porabo potrebne energije, ki bo v veliki meri proizvedena iz obnovljivih virov v neposredni bližini stavbe.

1.1 Opredelitev problema

Po podatkih Statističnega Urada Republike Slovenije odpade največji delež porabljene energije za ogrevanje prostorov stavb. Iz spodnje tabele vidimo, da je to 29.524 TJ energije oziroma 61 % vse porabljene energije. Razlog tolikšne porabe energije so v večini primerov neustrezno sestavljeni konstrukcijski sklopi zunanje ovoja stavbe. Pravilnik o učinkoviti rabi energije postavlja minimalne zahteve, ki morajo biti dosežene za energijsko učinkovitost stavb. Cilj pa so strožje zahteve, ki so predstavljene v akcijskem načrtu za skoraj ničenergijske stavbe.



Slika 1: Poraba energije v stanovanjskih stavbah [2]

1.2 Namen naloge

Akcijski načrt za skoraj ničenergijsko stavbo (v nadaljevanju AN sNES) je trenutno le predlog, ki bi pripomogel k zmanjšanju porabe energije in povečanju deleža obnovljivih virov energije (OVE). Ne vemo kakšna bo dokončna oblika AN sNes, zato vse analize opravljamo na zadnjo veljavno različico, ki je bila izdana aprila 2015.

V nalogi sem izbral še neobstoječo tipsko hišo, ki jo bom najprej analiziral v skladu z obstoječim standardom (PURES 2010), nato pa bom analiziral še možnosti, na kakšen način doseči vrednosti, ki jih zahteva akcijski načrt za skoraj ničenergijsko hišo.

2 ZAKONODAJA

Glavna cilja Evropske unije (EU) sta zmanjšanje porabe energije in odprava potrate energije. Obstaja veliko možnosti za zmanjšanje porabe s stroškovno učinkovitimi ukrepi, za katero pa bo ključna prav podpora EU. Ker se 40 % celotne energije porabi v zgradbah, je EU uvedla zakonodajo, s katero bi zagotovila, da bi porabili manj energije.

Ključni del te zakonodaje je Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (Direktiva 2002/91/ES, EPBD), prvič objavljena leta 2002, ki od vseh držav EU zahteva, da okrepijo svoje gradbene predpise in uvedejo sisteme certificiranja energije za stavbe (sistemi certificiranja trajnostnih objektov – energetske izkaznice za stavbe). Vse države so morale uvesti tudi redne inšpekcijske preglede kotlov in klimatskih naprav.

Uvedba nacionalnih zakonodaj, ki izpolnjujejo zahteve EU, je bila zelo zahtevna, saj je imela zakonodaja številne napredne vidike. To je bila odlična priložnost za uvedbo energetske učinkovitosti v stavbah v EU in tudi pomemben in nenehen izziv mnogih držav EU, da so spremenile pravni red in izvršile Direktivo.

Državam članicam EU je za podporo pri tej nalogi Evropska Komisija sprožila usklajeno ukrepanje Direktive o energetske učinkovitosti stavb z namenom spodbujati dialog in izmenjavo dobrih praks med državami. Ključni cilj je bil okrepiti izmenjavo informacij in izkušenj iz prenosov v nacionalno zakonodajo ter izvajanje te pomembne evropske zakonodaje. Intenzivno aktiven forum nacionalnih strokovnjakov iz 29 držav se je osredotočil na iskanje skupnih pristopov za najbolj učinkovito izvajanje te evropske zakonodaje.

Prvotno usklajeno ukrepanje Direktive o energetske učinkovitosti stavb se je zaključilo v juniju 2007, vendar se je druga faza z rokom izvedbe v letu 2009 za potrdila in inšpekcije, ki je tekla do leta 2010, začela takoj po koncu prvega usklajenega delovanja. Ko se je v letu 2005 začela, je bila večina držav še vedno v fazi načrtovanja. Po spodbujanju napredka in konvergenca preko vse EU, je bil pristop okrepljen v letu 2007.

S sprejetjem prenovljene Direktive o energetske učinkovitosti stavb v letu 2010 (Direktiva 2010/31/EU) se države članice EU soočajo z novimi težkimi izzivi. Najpomembnejša med njimi sta, napredovanje v smeri novih in prenovljenih, skoraj ničelno energijskih stavb do leta 2020 (2018 v primeru javnih stavb) in uporaba stroškovno optimalne metodologije za določanje minimalnih zahtev. Trenutno usklajevalno ukrepanje se osredotoča na prenos in izvajanje prenovljene direktive in je potekalo od leta 2011 do leta 2015. V prvem delu (do leta

2012) se je osredotočalo na prenos prenovljene direktive, drugi del usklajenega delovanja pa se osredotoča na izvajanje in nova spoznanja [2].

2.1 PURES 2010

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) je bil sprejet na osnovi zahtev, ki jih predpisuje Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb [9].

»V tem pravilniku so določene tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe [1]«.

Pravilnik velja za gradnjo vseh novih stavb in rekonstrukcij, kjer se posega v najmanj 25% površine toplotnega ovoja.

Pri rekonstrukcijah stavb, pri katerih se posega v manj kot 25 odstotkov stavbe in za vse objekte bruto tlorisne površine manjše od 50 m², je potrebno iz tehnične smernice zagotoviti le zahteve glede toplotne prehodnosti.

Poleg strožjih zahtev na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode in razsvetljave (9.–14. člen v pravilniku) je pomembna tudi zahteva po najmanj 25 odstotnem deležu obnovljivih virov v celotni končni energiji za delovanje sistemov v stavbi, ki se šteje kot izpolnjena tudi v naslednjih primerih:

»če je delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode dosežen na enega od naslednjih načinov:

- *najmanj 25 odstotkov iz sončnega obsevanja;*
- *najmanj 30 odstotkov iz plinaste biomase;*
- *najmanj 50 odstotkov iz trdne biomase;*
- *najmanj 70 odstotkov iz geotermalne energije;*
- *najmanj 50 odstotkov iz toplote okolja;*
- *najmanj 50 odstotkov iz naprav SPTE z visokim izkoristkom v skladu s predpisom, ki ureja podpore električni energiji, proizvedeni v soproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom;*
- *je stavba najmanj 50 odstotkov oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja.*
- *ali za enostanovanjske stavbe – če je vgrajenih najmanj 6 m² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500kWh/(m²a);*

- *ali če je potrebna toplota za ogrevanje za najmanj 30 odstotkov nižja od mejne vrednosti iz 7. člena pravilnika PURES 2010 [12]«.*

2.2 Akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe

Ta načrt je bil sprejet v skladu s 331. členom Energetskega zakona EZ-1 in v skladu z 9. členom Direktive 2010/31/EU Evropskega Parlamenta in Sveta 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenova).

*»Definicija **skoraj ničenergijske stavbe** obsega določitev minimalnih zahtev glede največjih dovoljenih potreb za ogrevanje, hlajenje oz. klimatizacijo, pripravo tople vode in razsvetljavo v stavbi v skladu z gradbeno tehnično zakonodajo (PURES 2010), določitev največje dovoljene rabe primarne energije v stavbi ter določitev najmanjšega dovoljenega deleža obnovljivih virov energije v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe [12]«.*

AN sNES vključuje programe in ukrepe za doseganje ciljev in se obnavlja na vsaka tri leta na podlagi rezultatov. Cilj je spodbuditi uporabo tehničnih uveljavljenih, vendar finančno trenutno še nedostopnih tehnologij, s katerimi bi lahko proizvajali energijo iz OVE na stavbi oziroma v sami bližini [12].

3 ENERGIJSKE LASTNOSTI STAVBE

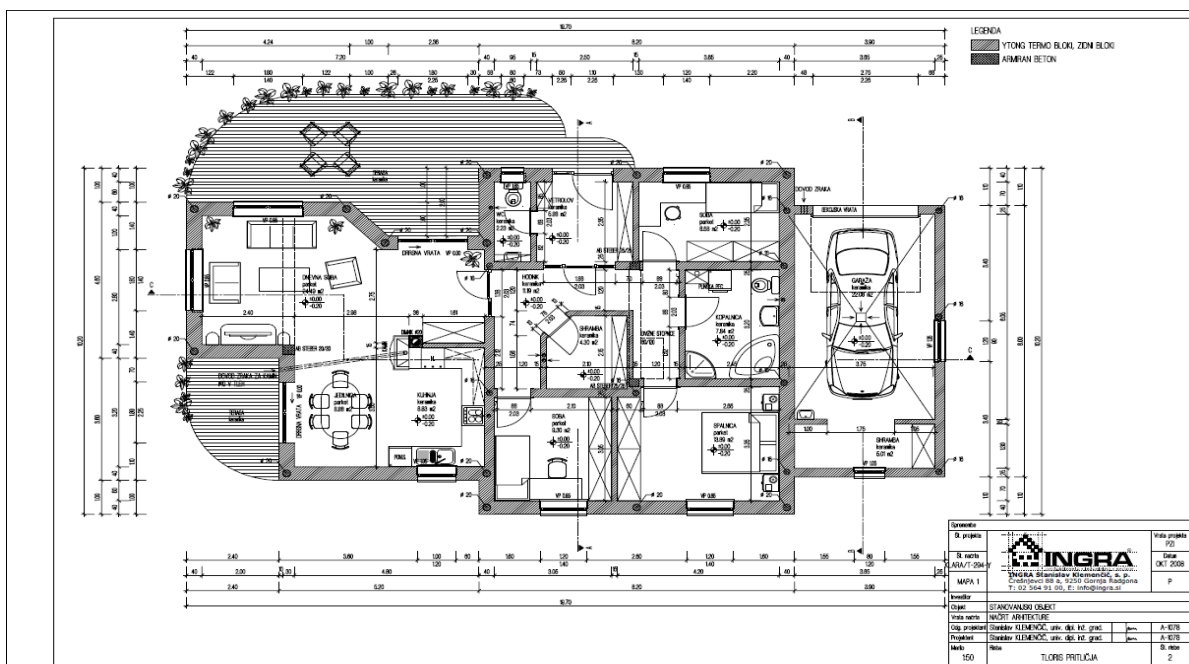
3.1 Osnovni podatki objekta

Obravnavani objekt je tipska hiša Klara podjetja Xella porobeton si, d. o. o., ki ga je projektiralo podjetje INGRA, Stanislav Klemenčič s. p., in še ni zgrajena. Gre za pritlični objekt neugodne geometrijske oblike v velikosti 132,5 m². Etažna višina je 2,65 m. Vse stene in zidovi so predvideni za gradnjo z ytong termobloki. Bivalni del ima stene debeline 0,40 m, garaža pa 0,25 m. Objekt je razdeljen na tri različne temperaturne cone, in sicer:

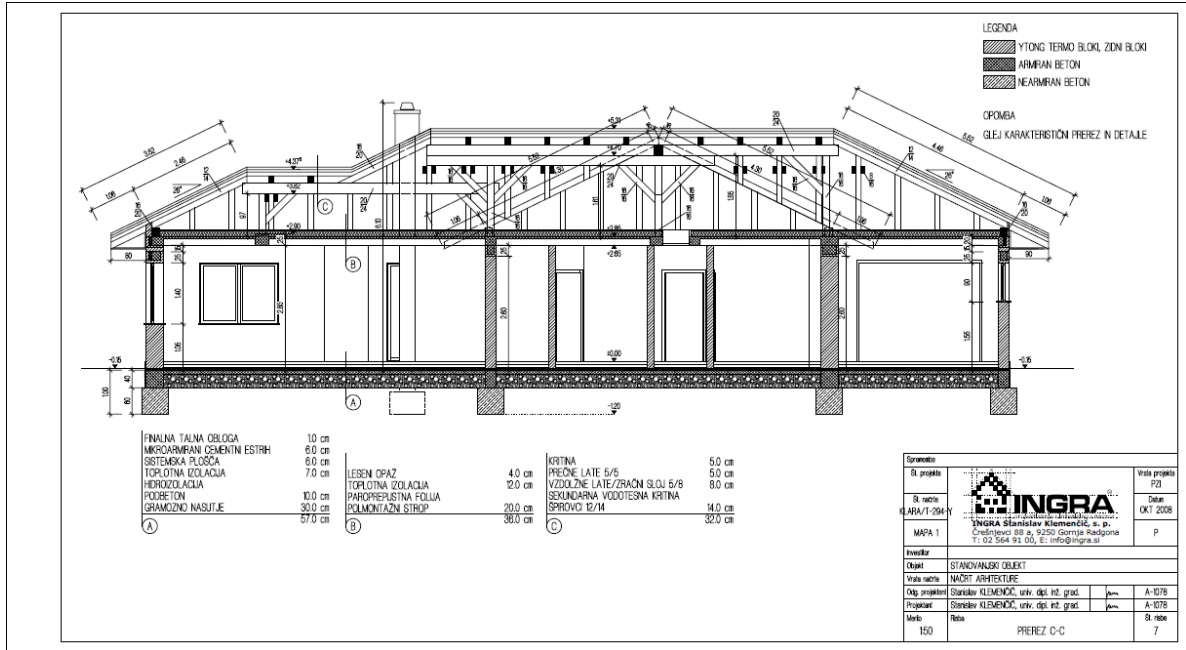
CONA 1: ogrevana cona (bivalni del pritličja)

CONA 2: neogrevana cona (garaža)

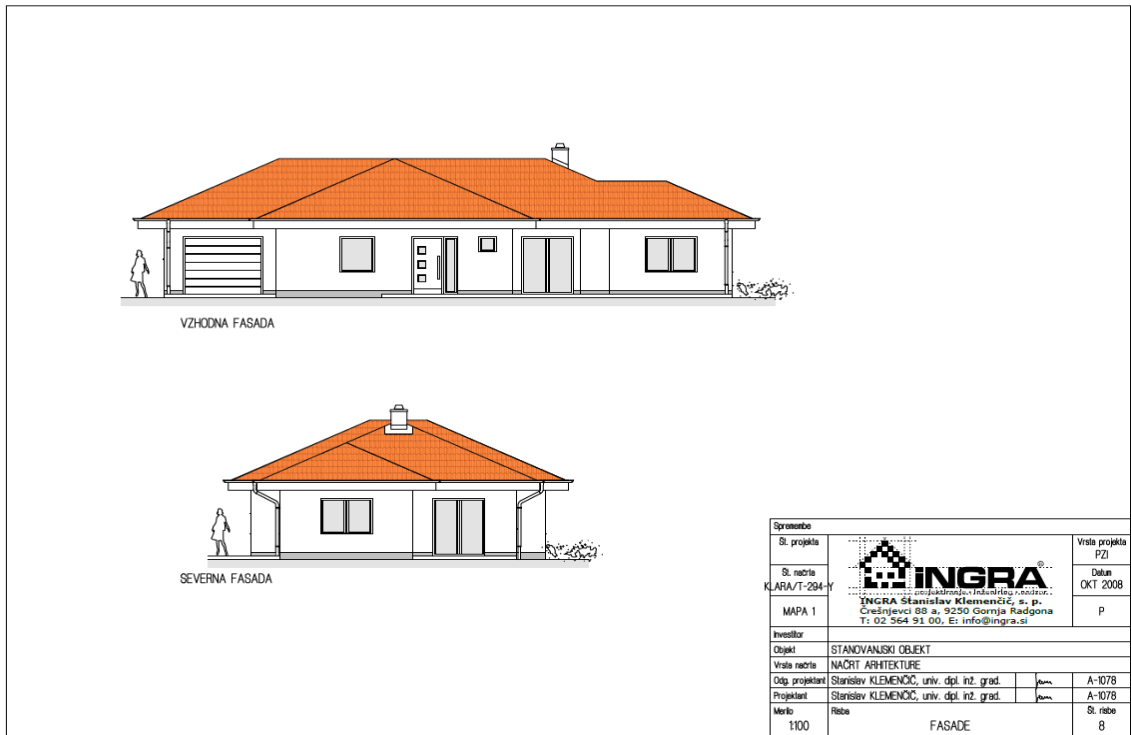
CONA 3: neogrevana cona (podstrešje)



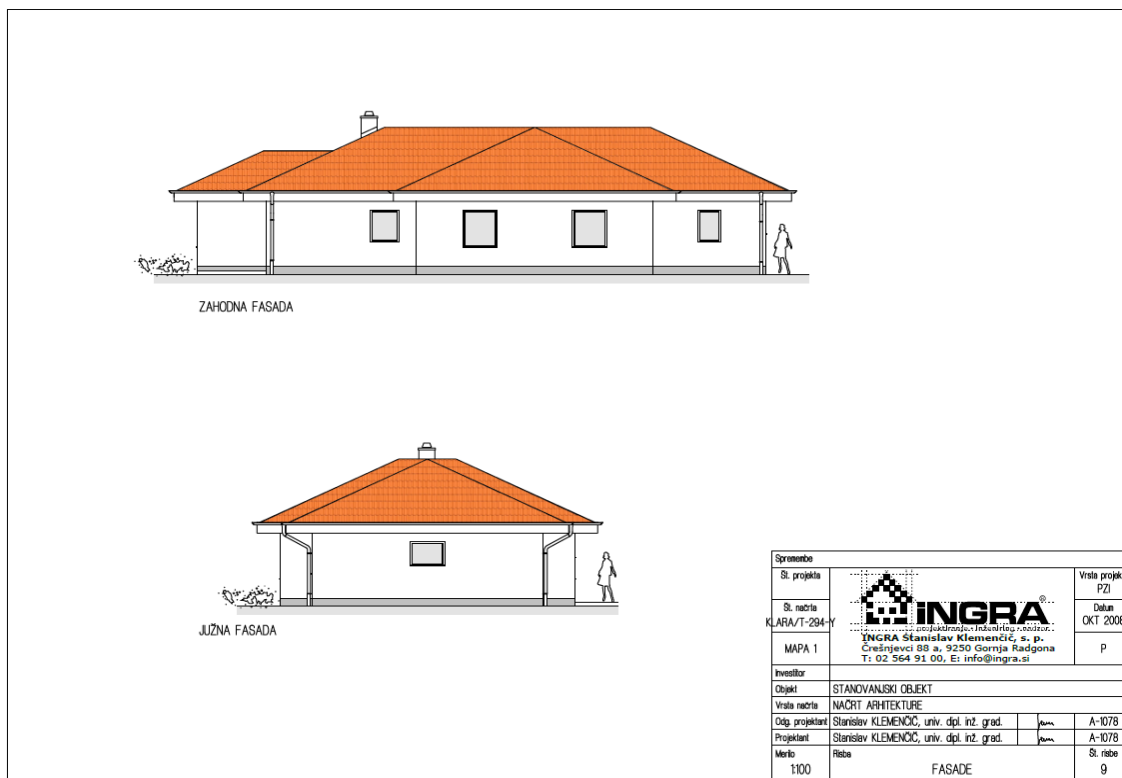
Slika 2: Tloris pritličja (Vir: INGRA 2008.)



Slika 3: Prečni prerez (Vir: INGRA 2008.)



Slika 4: Vzhodna in severna fasada (Vir: INGRA 2008.)



Slika 5: Zahodna in južna fasada (Vir: INGRA 2008.)

Površina transparentnih konstrukcijskih sklopov pri ogrevani coni je $23,34 \text{ m}^2$, pri neogrevani coni (CONA 2) $8,23 \text{ m}^2$. Na podstrešju ni transparentnih konstrukcijskih sklopov. Okna po projektu niso predvidena, zato izberem dvojna low-e, Ar (16mm), ki imajo toplotno prehodnost $U = 1,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ter g-faktor zasteklitve $0,58$ (Pilkington, 2008) [5].

3.2 Računalniški program TOST

Program TOST se, z upoštevanjem tehnične smernice TSG-1-004:2010 in SIST EN ISO 13790, uporablja za izračun energetske bilance stavb po pravilniku o učinkoviti rabi energije PURES 2010.

Pri samem programu je najprej potrebno navesti osnovne podatke, torej opis stavbe in vse, ki so bili pri izdelavi stavbe prisotni. Moja izbrana tipska hiša še ni bila zgrajena, tako da sem predpostavil njeno postavitve v središče Slovenije, Ljubljano. Program glede na koordinate poda klimatske podatke, ki so vidni na sliki 6.

Podatki o projektu, objektu, projektantu in osnovni podatki za račun

Projekt | Stavba in projektant | Splošni podatki | Klimatski podatki | Računska podobdobja | NI, senčenje | Podatki o conah | Rezultati | Obnovljivi viri | Beležka

Podani koordinati

X: 99676 Y: 461583

Naloži klimatske podatke

Povezavo med katastrskimi občinami, parcelnimi številkami in koordinatami najdete na spletnih straneh [RS MQP](#)

Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9.7
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	230
Začetek ogrevalne sezone (dan)	270
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Izbrani kvadrat	
Point ID	12211
X	99500
Y	461500

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	-1.0	102	28	52	156	75	31
FEB	1.0	174	41	80	215	121	28
MAR	6.0	307	70	149	260	179	31
APR	9.0	437	110	210	251	220	30
MAJ	14.0	546	133	256	237	251	15
JUN	18.0	569	153	250	218	264	0
JUL	20.0	610	141	263	240	283	0
AVG	19.0	528	116	239	269	260	0
SEPT	15.0	362	84	163	259	188	3
OKT	10.0	213	58	101	203	116	31
NOV	4.0	106	34	57	121	58	30
DEC	1.0	77	25	43	111	48	31
Ogrev.sezona	5.1	1719	443	836	1460	960	230

Učilnice ULFGG 2012/2013-11

UL FGG Katedra za Stavbe in Konstrukcijske Elemente

TOST

Shrani Končaj

Slika 6: Program TOST - klimatski podatki

3.2.1 Vhodni podatki

→ Prevodnost zemljine

Prav tako kot nisem imel določene lokacije, nimam podatkov o prevodnosti zemljine, zato se orientiram na vrednosti iz navodil za program TOST, ki določa za neznano zemljino vrednost $\lambda_g = 2,00$ (W/mK) [5].

→ Vpliv toplotnih mostov

Standard SIST EN ISO 14683, skladno s tehnično smernico TSG-1-004:2010, upošteva vpliv vseh toplotnih mostov pri vseh objektih na poenostavljen način. Torej če je linijska toplotna prehodnost toplotnega mostu manjša od 0,2 W/mK, potem lahko vpliv toplotnih mostov upoštevamo s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za 0,06 W/m²K [9].

→ Vrsta energentov ter učinkovitost sistemov za ogrevanje

Pri izbiri energentov sem se orientiral po izbiri uporabnikov Ljubljane. Za ogrevanje sem izbral energent *daljinsko toploto brez kogeneracije*, za hlajenje *električno energijo*, za ogrevanje tople vode prav tako *električno energijo*. Za faktor učinkovitosti sistema pri generaciji, distribuciji in emisijah sem se ravnal po predpisanih vrednostih iz priloženih tabel v TSG-1-004:2010.

→ Projektne notranje temperature

Projektne notranje temperature so definirane kot predvidene temperature po projektu za različna temperaturna obdobja.

Preglednica 1: Projektne začetne notranje temperature

	T podnevi	T ponoči	T vikend	T nezasedeno
Pozimi (°C)	21	19	20	18
Poleti (°C)	26	26	26	26

→ Način prezračevanja

Poznamo tri vrste načina prezračevanja:

1. Naravno prezračevanje

Način prezračevanja predstavljajo naravne fizikalne lastnosti zraka pri T (Q, veter, difuzijski efekti) v prostorih in zunaj njih brez posluževanja mehanskih naprav [20].

2. Umetno prezračevanje

Mehansko prezračevanje, pri katerem se zamenja zrak v prostoru z uporabo klimatskih naprav.

3. Hibridno prezračevanje

Hkrati se uporablja naravno in mehansko prezračevanje.

Za obravnavani objekt izberem tip naravnega prezračevanja. Količine minimalne izmenjave zraka podaja v skladu s tehnično smernico standard SIST EN ISO 13790. Za naravno prezračevane stanovanjske stavbe je minimalna urna izmenjava zraka $0,5 \text{ h}^{-1}$ za ogrevano cono in $0,2 \text{ h}^{-1}$ za neogrevano cono.

3.2.2 Izračun dejanske porabe energije objekta

Za izračun dejanske porabe energije obravnavanega objekta je potrebno v program TOST vnesti :

- geometrijske karakteristike obravnavanega objekta, ki so podani pri opisu posameznih con;
- podatke, o toplotni prehodnosti (v nadaljevanju U) posameznih konstrukcijskih sklopov, predhodno izračunane s pomočjo programa TEDI.

3.2.3 Karakteristike stavbe po conah

CONA 1 (ogrevana cona)

Preglednica 2: Geometrijske karakteristike stavbe (cona 1)

Geometrijske karakteristike obravnavane cone	
A –površina zunanjega stavbnega ovoja	105,41 m ²
V – neto ogrevana prostornina cone	300,42 m ³

Geometrijski podatki transparentnih konstrukcijskih sklopov	
Jug	6,57 m ²
Vzhod	4,56 m ²
Zahod	12,21 m ²

Sestava konstrukcijskih sklopov

Preglednica 3: Tla na terenu (cona 1)

Tla na terenu		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
pesek in droban prodec	0,30	1,400
beton iz kamnitega agregata	0,10	1,160
bitumen	0,01	0,170
FRAGMAT EPS 70	0,10	0,039
cementni estrih	0,09	1,400
hrastov parket	0,01	0,21
$U_{izrač.} = 0,316$ (W/m ² K) < $U_{max} = 0,350$ (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 4: Zunanja stena (cona 1)

Zunanja stena		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
ytong zidni bloki	0,40	0,100
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
$U_{izrač.} = 0,24$ (W/m ² K) < $U_{max} = 0,280$ (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 5: Strop proti neogrevanemu prostoru (cona 1)

Strop proti neogrevanemu prostoru		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
porobeton strop	0,20	0,190
paroprepustna folija	0,001	0,00
steklena volna	0,12	0,034
vezane plošče	0,04	0,140
$U_{izrač.} = 0,199 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

CONA 2 (neogrevana cona – garaža)

Preglednica 6: Geometrijske karakteristike (cona 2)

Geometrijske karakteristike obravnavane cone	
A- zunanja površina stavbnega ovoja	27,09 m ²
V- neto ogrevana prostornina cone	77,2 m ³

Geometrijski podatki transparentnih konstrukcijskih sklopov	
Sever	1,08 m ²
Vzhod	0,96 m ²
Zahod	6,19 m ²

Sestava konstrukcijskih sklopov

Preglednica 7: Tla na terenu (cona 2)

Tla na terenu		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
pesek in droban prodec	0,30	1,400
beton iz kamnitega agregata	0,10	1,160
bitumen	0,01	0,170
FRAGMAT EPS 70	0,10	0,039
cementni estrih	0,09	1,400
hrastov parket	0,01	0,21
$U_{izrač.} = 0,316 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,350 \text{ (W/m}^2\text{K)}$		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 8: Strop proti neogrevanemu prostoru (cona 2)

Strop proti neogrevanemu prostoru		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
porobeton strop	0,20	0,190
paroprepustna folija	0,001	0,00
steklena volna	0,12	0,034
vezane plošče	0,04	0,140
$U_{izrač.} = 0,199 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 9: Zunanja stena (cona 2)

Zunanja stena		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
ytong zidni bloki	0,25	0,100
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
$U_{izrač.} = 0,371 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,280 \text{ (W/m}^2\text{K)}$		
KS ne odgovarja ustreznim zahtevam.		

Iz preglednice 9 je razvidno, da konstrukcijski sklop zunanje stene ne ustreza zahtevam, ki jih zahteva PURES 2010. V nadaljevanju bom dodal toplotno izolacijo na zunanji steni in s tem ukrepom poskušal zadostiti zahtevam PURES-a 2010.

Cona 3 (neogrevana cona-podstrešje)

Preglednica 10: Geometrijske karakteristike (cona 3)

Geometrijske karakteristike obravnavane cone	
A-zunanja površina stavbnega ovoja	341,12 m ²
V-neto prostornina stavbe	230,2 m ³

Sestava posameznih konstrukcijskih sklopov

Preglednica 11: Streha (cona 3)

Sestava strehe		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
smrekovi špirovci (v smeri naklona strehe)	0,14	0,140
sekundarna vodotesna kritina	0,001	0,00
smrekove letve (vzdolžno)	0,08	0,140
smrekove letve (prečno)	0,05	0,140
opečni strešnik	0,02	0,99
U_{izrač.} = 0,886 (W/m²K) < U_{max} = 0,200 (W/m²K)		
KS ne odgovarja ustreznim zahtevam.		

Iz preglednice 11 je razvidno, da konstrukcijski sklop ne ustreza zahtevam PURES-a 2010, zato bom v nadaljevanju dodal TI med letvami in s tem ukrepom poskušal zadostiti zahtevam PURES-a.

Preglednica 12: Strop proti neogrevanemu prostoru

Strop proti neogrevanemu prostoru		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
porobeton strop	0,20	0,190
paroprepustna folija	0,001	0,19
steklena volna	0,12	0,034
vezane plošče	0,04	0,140
$U_{izrač.} = 0,199 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

3.2.4 Rezultati programa TOST – dejanska poraba energije stavbe

Geometrijske in energetske karakteristike stavbe

Preglednica 13: Geometrijske karakteristike celotne obravnavane stavbe

Au (m ²) - neto uporabna površina stavbe	105,41
Ve (m ³) - kondicionirana prostornina stavbe	300,42
A (m ²) - površina toplotnega ovoja	506,56
f _o = A/Ve (m ⁻¹) - oblikovni faktor	1,69

Preglednica 14: Pregled rezultatov pred ukrepi

Mejne vrednosti – PURES 21. člen		
H _τ (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan	Največji dovoljen
	0,28	0,36

Mejne vrednosti – PURES 21. člen		
Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana	Največja dovoljena
	11.908	10.909

Mejne vrednosti – PURES 21. člen			
Q _{NH} /A _u , Q _{NH} /V _e – potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana	Največja dovoljena
	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	112,97	103,49
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)	39,64	/

Preglednica 15: Pregled izgub in dobitkov stavbe pred ukrepi

	Ogrevanje pred vsemi ukrepi (kWh/m ² a)
Transmisijske izgube	123,30
Ventilacijske izgube	34,19
Skupne izgube	157,49
Notranji dobitki	38,61
Solarni dobitki	19,41
Skupni dobitki	58,03

Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da objekt še vedno ni skladen z zahtevami, ki jih predpisuje PURES 2010. Kot pričakovano je bila presežena letna potrebna toplota za ogrevanje, predvsem zaradi neizoliranosti stavbe. Presenetljiva pa je tudi največja dovoljena Q_{NH}/A_u , ki znaša **103,49 (kWh/m²a)**. Tako velika vrednost je posledica visoke vrednosti oblikovnega faktorja $f(0) = 1,69$, saj je neposredno vključen v formulo za izračun.

Po 21. členu PURES 2010, točki 2. velja : $Q_{NH}/A_u < 56 + 60 f(0) - 4,5 T(L)$ (kWh/m²a)

4 ZADOSTITEV ZAHTEVAM PURES 2010

V nadaljevanju je cilj izpolniti pogoje, ki jih zahteva PURES 2010. Glede na to, da je presežena količina le 9,16 %, bom najprej poizkusil s 5 cm dodatne TI. Za izolacijo sem izbral proizvod Multipor. Njegove karakteristike so prikazane v preglednici 16.



Slika 7: Toplotna izolacija Ytong multipor [3]

4.1 Ukrep 1 – povečanje TI na zunanjem ovoju stavbe

Preglednica 16: Izolirana zunanja stena (cona1)

Zunanja stena (CONA 1)		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
Ytong zidni bloki	0,40	0,100
Ytong multipor	0,05	0,045
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
U _{izrač.} = 0,188 (W/m ² K) < U _{max} = 0,280 (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 17: Izolirana zunanja stena (cona2)

Zunanja stena (CONA 2)		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
Ytong zidni bloki	0,25	0,100
Ytong multipor	0,05	0,045
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
U _{izrač.} = 0,263 (W/m ² K) < U _{max} = 0,280 (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Kot opazimo iz zgornjih dveh tabel, se je toplotna prehodnost (U) z dodatkom 5 cm izolacije zmanjšala v CONI 1 iz 0,24 W/m²K na 0,188 W/m²K. V CONI 2 se je po pričakovanjih zgodilo isto, in sicer je toplotna prehodnost (U) padla iz vrednosti 0,371 na 0,263 W/m²K. Tako da je sedaj tudi zunanja stena v CONI 2 znotraj območja zahtev PURES, torej U_{max} = 0,280 (W/m²K). Te podatke sem vnesel v program TOST in dobil naslednje rezultate:

Preglednica 18: Pregled rezultatov, po vgrajeni dodatni izolaciji stavbe

H [*] _T (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan	Največji dovoljen
	0,26	0,36
Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana	Največja dovoljena
	11.280	10.909

se nadaljuje ...

...nadaljevanje Preglednice 18

Q _{NH} /A _u , Q _{NH} /V _e – potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana	Največja dovoljena
	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	107,01	103,49
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ² a)	39,64	/

Iz zgornjih tabel je razvidno, da so mejne dopustne vrednosti še vedno nižje od izračunanih. Letna potrebna toplota za ogrevanje je nižja za 5,27 %, koeficient transmisijkih izgub pa se je iz vrednosti 0,28 znižal na 0,26. Ker 5 cm izolacije ne zadošča zahtevam PURES-a, bom dodal še 5 cm dodatne izolacije na že prvotnih 5 cm, torej skupaj 10 cm izolacije. Povečal bom tudi toplotno izolacijo stropne konstrukcije iz 12 cm steklene volne na 20 cm.

4.2 Ukrep 2 – dodatno povečanje TI na zunanjem ovoju stavbe in stropa

Preglednica 19: Dodatno izolirana zunanja stena (cona1)

Zunanja stena (CONA 1)		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
Ytong zidni bloki	0,40	0,100
Ytong multipor	0,10	0,045
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
U _{izrač.} = 0,156 (W/m ² K) < U _{max} = 0,280 (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 20: Dodatno izolirana zunanja stena (cona 2)

Zunanja stena (CONA 2)		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
Ytong zidni bloki	0,25	0,100
Ytong multipor	0,10	0,045
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
U _{izrač.} = 0,203 (W/m ² K) < U _{max} = 0,280 (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 21: Izoliranje stropa proti neogrevanemu prostoru

Strop proti neogrevanemu prostoru (CONA 1 in CONA 2)		
Vrsta materiala	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
porobeton strop	0,20	0,190
paroprepustna folija	0,001	0,00
steklena volna	0,20	0,034
vezane plošče	0,04	0,140
Uizrač. = 0,135 (W/m ² K) < U _{max} = 0,200 (W/m ² K)		
KS odgovarja ustreznim zahtevam.		

Preglednica 22: Pregled rezultatov po izvedenih ukrepih

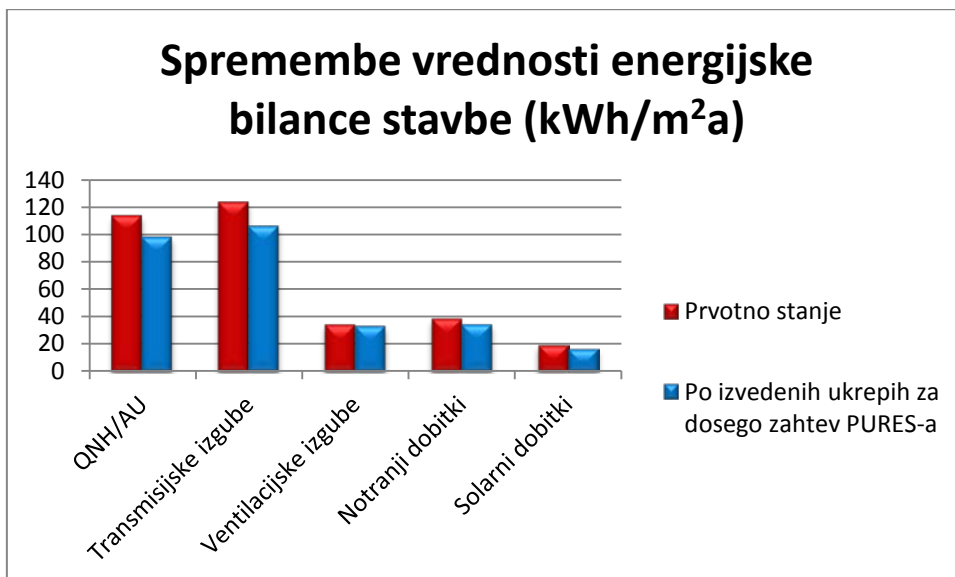
H' _T (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan	Največji dovoljen
	0,24	0,36

Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana	Največja dovoljena
	10.355	10.909

Q _{NH} /A _u , Q _{NH} /V _e – potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana	Največja dovoljena
	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)		98,24
Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)		34,37	/

Preglednica 23: Pregled izgub in dobitkov po izvedenih ukrepih za dosego zahtev PURES 2010

	Ogrevanje (kWh/m ² a) pred ukrepi	Ogrevanje (kWh/m ² a) po ukrepih
Transmissijske izgube	123,30	106,11
Ventilacijske izgube	34,19	33,48
Skupne izgube	157,49	139,59
Notranji dobitki	38,61	34,79
Solarni dobitki	19,41	16,63
Skupni dobitki	58,03	51,42



Slika 8: Sprememba vrednosti energijske bilance stavbe (kWh/m²a)

Z dodatnim povečanjem toplotne izolacije je obravnavana stavba znotraj zahtev PURES-a 2010 (Preglednica 22). Opazimo, da se je koeficient transmisijskih izgub zmanjšal za 0,02. Posledično se je zmanjšala tudi letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine stavbe. Po pričakovanjih so se z dodatnim slojem toplotne izolacije zmanjšale transmisijske izgube, in sicer za 13,94 %. Zmanjšali pa so se tudi solarni in notranji dobitki, in sicer v skupni vrednosti za 11,39 % (Preglednica 23 in slika 8).

V nadaljevanju bom z različnimi ukrepi poskušal še izboljšati energetske učinkovitost stavbe in doseči predlog nove zakonodaje, ki jih določa AN sNES. Potrebno je opozoriti, da sem si za analizo izbral stavbo s precej neugodno tlorisno obliko. Sam AN sNES predlaga stavbe bolj kompaktne (v obliki kocke) oblike, saj imajo bolj ugoden oblikovni faktor (za stanovanjske stavbe $f(0) = 0,7$). Posledica so manjše izgube skozi stavbni ovoj. Moja obravnavana stavba ima oblikovni faktor 1,69. V nadaljevanju bom preveril, ali lahko stavba s tako neugodno tlorisno obliko dejansko ustreza zahtevam, ki jih določa AN sNES.

5 UKREPI ZA DOSEGO SKORAJ NIČ ENERGIJSKE STAVBE

- A) Povečanje toplotne izolacije zunanjih sten
- B) Povečanje toplotne izolacije tal
- C) Povečanje toplotne izolacije stropa proti podstrešju
- D) Zamenjava transparentnih delov stavbe
- E) Nočna izolacija

Cilji AN sNES so za primer enostanovanjske stavbe z oblikovnim faktorjem 0,6, kjer je dovoljena potrebna toplota za ogrevanje stavbe $38 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ po PURES-u, dodatno znižati na $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [12]. V odstotkih to pomeni dodatno znižanje za 52 %. Pri analizi moje stavbe, kjer je oblikovni faktor 1,69, to pomeni znižanje potrebne toplote za ogrevanje iz $103,49$ na $68,09 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Ukrepi, ki sledijo za samo izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe, so pogojeni s samo prehodnostjo toplote skozi posamezne sklope stavbe. Pri povečanju toplotne izolacije pri vseh sklopih (ukrepi A, B, C), se bom omejil na maksimalno povečanje, saj želim doseči čim manjše transmisijske izgube, ter na ta način zmanjšanje potrebne letne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine. Za samo streho ni potrebno dodatne izolacije, saj je podstrešje predvideno neogrevano in bi bila dodatna izolacija zgolj dodatni strošek brez učinka.

Naslednji ukrep, ki bo sledil, je zamenjava transparentnih delov stavbe. Uporabil bom okna s čim večjim U-faktorjem ter s tem znižal prehajanje toplote skozi ta del stavbe. Pričakujem pa zmanjšanje solarnih dobitkov.

Na koncu bom preveril še, koliko nočna izolacija pripomore k izboljšanju energetske učinkovitosti stavbe.

5.1 Ukrep A – povečanje toplotne izolacije na zunanjem ovoju stavbe

Zunanji ovoj stavbe je po kvadraturi najboljšežnejši del stavbe. Pričakovati bi bilo največje spremembe prav pri tem delu konstrukcijskega sklopa. Na obstoječih 10 cm izolacije multipor, ki sem jo dodal pri zahtevah PURES-a, bom dodal še 10cm in 15 cm izolacije.

Preglednica 24: Povečanje toplotne izolacije na zunanji steni (cona 1)

Vrsta materiala	Obstoječe stanje		+10 cm TI		+15cm TI	
	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850	0,02	0,850	0,02	0,850
Ytong zidni bloki	0,40	0,100	0,40	0,100	0,40	0,100
Ytong multipor	0,10	0,045	0,20	0,045	0,25	0,045
plemenita fasadna malta	0,03	0,700	0,03	0,700	0,03	0,700
$U_{max} = 0,280$ (W/m ² K)	Uizračunani = 0,156 (W/m ² K)		Uizračunani = 0,116 (W/m ² K)		Uizračunani = 0,103 (W/m ² K)	

Preglednica 25: Pregled rezultatov po izvedenem ukrepu A

H ^τ (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan (U = 0,116 W/m ² K)	Izračunan (U = 0,103 W/m ² K)	Največji dovoljen
		0,23	0,23

Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana (U = 0,116 W/m ² K)	Izračunana (U = 0,103 W/m ² K)	Največja dovoljena
		9.423	9.293

Q _{NH} /A _u , Q _{NH} /V _e – Potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana (U = 0,116 W/m ² K)	Izračunana (U=0,103 W/m ² K)	Največja dovoljena	
	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)		89,39	88,16	68,09
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ³ a)		31,37	30,93	/

Preglednica 26: Pregled izgub in dobitkov po izvedbi ukrepa A

	Ogrevanje (kWh/m ² a) (U = 0,116 W/m ² K)	Ogrevanje (kWh/m ² a) (U = 0,103 W/m ² K)
Transmisijske izgube	96,77	95,46
Ventilacijske izgube	33,31	33,29
Skupne izgube	130,08	128,75
Notranji dobitki	34,24	34,16
Solarni dobitki	16,24	16,18
Skupni dobitki	50,48	50,34

Preglednica 24 prikaže minimalno zmanjšanje koeficienta specifičnih transmisijskih izgub (H^*_{τ}). Vrednost se zniža iz 0,24 na 0,23. Letna potrebna toplota za ogrevanje se zniža za 9,0 %. Večje spremembe ni bilo pričakovati, saj stavba že ustreza zahtevam po PURES-u in je že dokaj varčna. To je razvidno iz podatka toplotne prehodnosti skozi konstrukcijski sklop (U). Opazimo tudi, da je razlika pri 20 cm in 25 cm toplotne izolacije (TI) minimalna pri vseh postopkih analize. Meja TI je torej 20 cm, saj je kakršnokoli večje povečanje izolacije odvečno in bi predstavljalo le dodatni strošek. Solarni in notranji dobitki odstopajo zanemarljivo v primerjavi z obstoječim stanjem.

5.2 Ukrep B – povečanje toplotne izolacije tal



Slika 9: Toplotna izolacija FRAGMAT

V projektni dokumentaciji, predpisani TI debeline 10 cm, bom dodal 5cm in 10 cm iste TI. Iz preglednice 26 ugotovimo, da se toplotna prehodnost s povečevanjem TI nelinearno zmanjšuje. Pri povečanju TI za 5 cm se U zmanjša za 1,4-krat, pri povečanju TI za 10 cm, pa se glede na obstoječe stanje U zmanjša za 1,8-krat.

Preglednica 27: Povečanje toplotne izolacije tal (cona 1)

Vrsta materiala	Obstoječe stanje		+5 cm TI		+10 cm TI	
	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
pesek in droban prodec	0,300	1,400	0,300	1,400	0,300	1,400
beton iz kamnitega agregata	0,100	1,160	0,100	1,160	0,100	1,160
bitumen	0,010	0,170	0,010	0,170	0,010	0,170
FRAGMAT EPS 70	0,100	0,039	0,150	0,039	0,200	0,039
cementni estrih	0,090	1,400	0,060	1,400	0,060	1,400
hrastov parket	0,01	0,21	0,01	0,21	0,01	0,21
$U_{max} = 0,350$ (W/m ² K)	Uizračunani = 0,316 (W/m ² K)		Uizračunani = 0,225 (W/m ² K)		Uizračunani = 0,175 (W/m ² K)	

Preglednica 28: Pregled rezultatov po izvedenem ukrepu B

H'_{τ} (W/m^2K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan ($U=0,225$ W/m^2K)	Izračunan ($U=0,175$ W/m^2K)	Največji dovoljen
	0,22	0,22	0,36

Q_{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana ($U = 0,225$ W/m^2K)	Izračunana ($U = 0,175$ W/m^2K)	Največja dovoljena
	9.379	9.096	10.909

Q_{NH}/A_u , Q_{NH}/V_e – Potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana ($U = 0,225$ W/m^2K)	Izračunana ($U = 0,175$ W/m^2K)	Največja dovoljena
	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	88,98	86,30	68,09
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	31,22	30,28	/

Preglednica 29: Pregled izgub in dobitkov po izvedenem ukrepu B

	Ogrevanje (kWh/m ² a) ($U = 0,225$ W/m^2K)	Ogrevanje (kWh/m ² a) ($U = 0,175$ W/m^2K)
Transmisijske izgube	96,11	93,17
Ventilacijske izgube	33,25	33,17
Skupne izgube	129,37	126,34
Notranji dobitki	34,04	33,76
Solarni dobitki	16,1	15,90
Skupni dobitki	50,14	49,66

Za merodajno vrednost izberem vrednost z U-faktorjem 0,175 W/m^2K . Odločitev temelji na smiselnosti debeline, saj U-faktor s povečevanjem TI nelinearno pada proti ničli, vendar obstaja mejna vrednost, pri kateri se končni rezultati bistveno ne razlikujejo od obstoječih vrednosti. Iz preglednic 27 in 28 lahko odčitamo, da se Q_{NH}/A_u zniža za 12,1 %, koeficient H'_{τ}

se iz 0,24 zniža na vrednost 0,22. Transmisijske izgube se znižajo za 12,2 %, solarni dobitki pa se znižajo za 4,4 %. Notranji dobitki se ne spremenijo.

5.3 Ukrep C – Povečanje toplotne izolacije stropa proti podstrešju + povečanje toplotne izolacije na prehodu cone 1 in 2

Preglednica 30: Povečanje toplotne izolacije stropa proti podstrešju

Vrsta materiala	Obstoječe stanje		+5 cm TI		+10cm TI	
	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
porobeton strop	0,20	0,190	0,20	0,190	0,20	0,190
paroprepustna folija	0,001	0,19	0,001	0,190	0,001	0,190
steklena volna	0,20	0,034	0,25	0,034	0,30	0,034
vezane plošče	0,04	0,140	0,04	0,140	0,04	0,140
$U_{max} = 0,200$ (W/m ² K)	Uizračunani = 0,135 (W/m ² K)		Uizračunani = 0,113 (W/m ² K)		Uizračunani = 0,097 (W/m ² K)	

Pri povečanju toplotne izolacije na prehodu med CONO 1 in CONO 2, sem izbral le 10 cm izolacije. Razlog je v tem, da bi z debelejšo toplotno izolacijo preveč posegal v sam prostor stavbe.

Preglednica 31: Dodatna TI na prehodu iz tople cone (cona 1) v hladno (cona 2)

Vrsta materiala	Predelni KS	
	d (m)	Toplotna prevodnost (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,02	0,850
Ytong zidni bloki	0,40	0,100
Ytong multipor	0,10	0,045
plemenita fasadna malta	0,03	0,700
$U_{max} = 0,280$ (W/m ² K)	Uizračunani = 0,156 (W/m ² K)	

Preglednica 32: Pregled rezultatov ukrepa C

H _τ (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan (U = 0,113 W/m ² K)	Izračunan (U = 0,097 W/m ² K)	Največji dovoljen
	0,24	0,24	0,36

Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana (U = 0,113 W/m ² K)	Izračunana (U = 0,097 W/m ² K)	Največja dovoljena
	9.494	9.357	10.909

Q _{NH} /A _u , Q _{NH} /V _e – Potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana (U = 0,113 W/m ² K)	Izračunana (U = 0,097 W/m ² K)	Največja dovoljena
	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	90,07	88,77	68,09
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ² a)	31,60	31,15	/

Preglednica 33: Pregled izgub in dobitkov ukrepa C

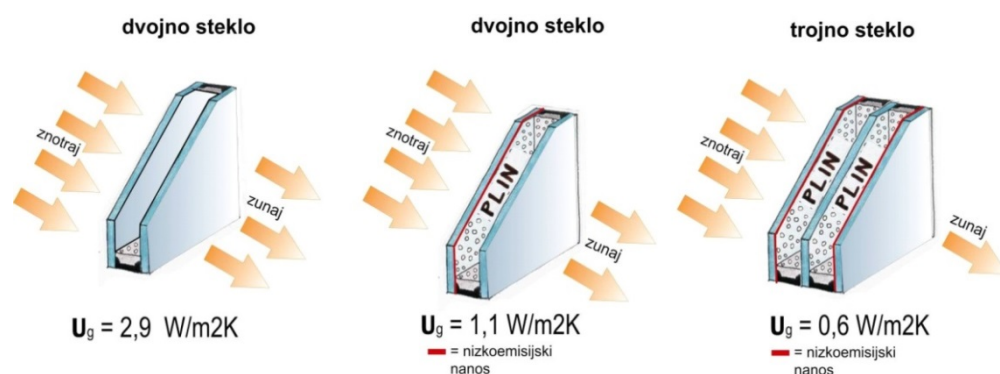
	Ogrevanje (kWh/m ² a) (U = 0,113 W/m ² K)	Ogrevanje (kWh/m ² a) (U = 0,097 W/m ² K)
Transmisijske izgube	97,46	96,09
Ventilacijske izgube	33,32	33,30
Skupne izgube	130,79	129,39
Notranji dobitki	34,29	34,21
Solarni dobitki	16,23	16,18
Skupni dobitki	50,52	50,38

Iz preglednice 31 ugotovimo, da je smiselno uporabiti le dodatnih 5 cm TI, saj se z dodatno TI vrednosti spremenijo zanemarljivo malo. Za merodajno vrednost izberem sklop z U-faktorjem 0,113. Koeficient H_τ se v primerjavi z obstoječim stanjem ne spremeni. Q_{NH}/A_u pa se zniža 8,3 %. Iz preglednice 32 pa odčitamo transmisijske izgube, ki se znižajo za 8,2 %. Solarni dobitki in notranji dobitki se znižajo v vrednosti od 0–1%, kar je zanemarljivo.

5.4 Ukrep D – zamenjava transparentnih delov stavbe

Kot transparentni del ovoja stavbe, ima okno v današnjih časih vedno večji pomen. Omogoča dnevno osvetlitev prostorov, vidni stik z zunanjo okolico in prezračevanje prostorov. V tehnični smernici je že pri sami arhitekturni zasnovi opredeljeno, kako se z vidika ohranjanja energije upošteva oblika okna in zasteklitev, ki zagotavlja zahtevano svetlost v prostoru. Hkrati pa mora zagotoviti čim manjše izgube toplotne energije pozimi v prostoru ter zaščito pred sončnim obsevanjem in segrevanjem poleti. [9]

Pri sami zasteklitvi na znižanje transmisijskih izgub skozi steklo ni možno vplivati, lahko pa zmanjšamo transmisijske izgube skozi plin v medstekelnem prostoru. Tehnologija je pokazala, da je najučinkovitejši način polnjenje z različnimi žlahtnimi plini [13].



Slika 10: Prikaz prehajanja toplote skozi različne vrste zasteklitve [15]

Kot zamenjavo za obstoječa okna sem izbral okna s trojno zasteklitvijo Trojno Low-e, Kr (10 mm). Toplotna prehodnost izbranega transparentnega konstrukcijskega sklopa je 0,87 W/m²K), g-faktor pa ima vrednost 0,53. Ker faktor okvirja ni znan, se ravnam po tehnični smernici, v kateri je navedeno, da se v tem primeru vzame vrednost 0,7 (Pilkington, 2008). Po vnosu podatkov v program TOST sem dobil naslednje rezultate:

Preglednica 34: Pregled rezultatov ukrepa D

H [*] _T (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan	Največji dovoljen
		0,22

Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana	Največja dovoljena
		9.312

... se nadaljuje

...nadaljevanje Preglednice 34

$Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$ – Potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana	Največja dovoljena
	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	88,34	68,09
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ² a)	31,00	/

Preglednica 35: Pregled izgub in dobitkov ukrepa D

	Ogrevanje po ukrepu D (kWh/m ² a)
Transmisijske izgube	94,92
Ventilacijske izgube	33,36
Skupne izgube	128,28
Notranji dobitki	34,40
Solarni dobitki	14,95
Skupni dobitki	49,35

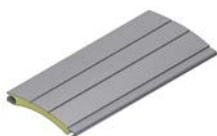
Iz preglednice 33 je razvidno, da se je H_{τ} znižal za 8,33 %. Zmanjšala pa se je tudi letna potrebna toplota za ogrevanje, in sicer za 10,08 %. Pričakoval sem celo slabše rezultate, saj so bila že prej vgrajena kvalitetna okna z dvojno zasteklitvijo, ki so ustrezala zahtevam PURES-a. Vgraditev oken s trojno zasteklitvijo pomeni tudi zmanjšanje solarnih dobitkov. Iz preglednice 35 so se v primerjavi z obstoječo stavbo solarni dobitki zmanjšali za 10,1 %, transmisijske izgube so se zmanjšale za 10,55 %, medtem ko so notranji dobitki ostali nespremenjeni.

5.5 Ukrep E – nočna izolacija

V zimskem času je smiselno namestiti zaščito transparentnim konstrukcijskim sklopom, saj le-ti predstavljajo 35 % celotnega ovoja stavbe. Za zmanjšanje prehoda toplote skozi okna se uporablja nočna izolacija (slika 10), pri kateri so lamele polnjene s poliuretanskim polnilom (slika 11). Na vsa okna v stavbi namestimo nočno izolacijo, njihova uporaba pa je smiselna v obdobju od oktobra do aprila (ogrevalna sezona).



Slika 11: Nočna izolacija s poliuretanskim polnilom [17]



Slika 12: 43 mm ALU lamela polnjena s poliuretansko peno [17]

Preglednica 36: Pregled rezultatov stavbe z uporabo ukrepa E

H [*] _T (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan	Največji dovoljen
		0,24

... se nadaljuje

...nadaljevanje Preglednice 36

Q _{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana	Največja dovoljena
	9.639	10.909

Q _{NH} /A _u , Q _{NH} /V _e – Potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana	Največja dovoljena
	Q _{NH} /A _u (kWh/m ² a)	91,44	68,09
	Q _{NH} /V _e (kWh/m ² a)	32,08	/

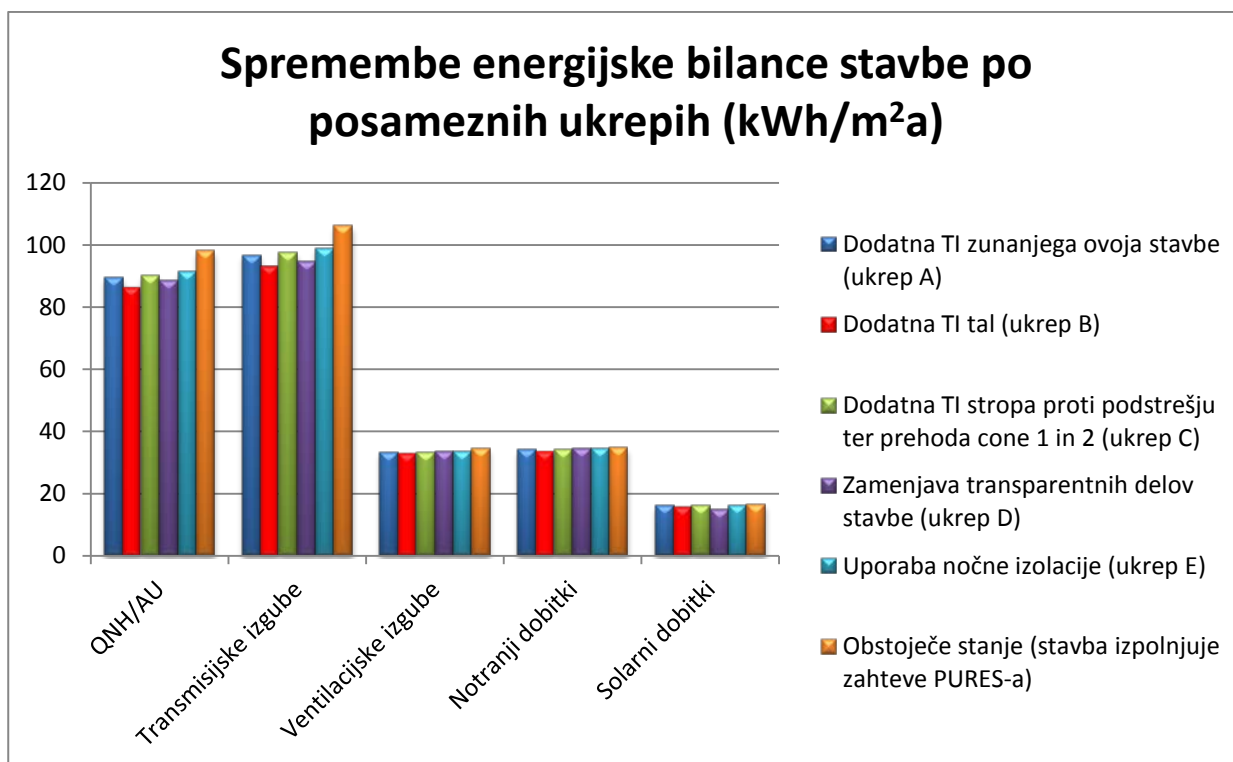
Preglednica 37: Izgube in dobitki stavbe z uporabo ukrepa E

	Ogrevanje po ukrepu E (kWh/m ² a)
Transmisijske izgube	99,04
Ventilacijske izgube	33,38
Skupne izgube	132,42
Notranji dobitki	34,48
Solarni dobitki	16,4
Skupni dobitki	50,88

Z uporabo nočne izolacije se letna potrebna toplota za ogrevanje zniža za 6,80 kWh/m²a (Preglednica 35). Transmisijske izgube se zmanjšajo za 6,66 % (Preglednica 36). Notranji in solarni dobitki po pričakovanih ostanejo nespremenjeni, saj nočna izolacija nima vpliva na omenjeni vrednosti (Preglednica 37).

5.6 Primerjava vseh ukrepov

Iz slike 13 je razvidno, da je k zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje najbolj pripomogla dodatna izolacija tal in zamenjava transparentnih delov stavbe. Takšne rezultate sem tudi pričakoval, saj sem TI na zunanjem ovoju dodatno povečal za doseg zahtev PURES-a.



Slika 13: Graf spremembe energijske bilance stavbe po izvedenih posameznih ukrepih (kWh/m²a)

5.7 Združeni vsi ukrepi hkrati

Za doseg maksimalne toplotne učinkovitosti stavbe združimo vse ukrepe skupaj in jih vnesemo v program TOST. Naš cilj je zadostiti pogojem AN sNES-a.

Preglednica 38: Pregled rezultatov stavbe z združenimi vsemi ukrepi od A do E

H ^{tr} (W/m ² K) – koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	Izračunan	Največji dovoljen
	0,18	0,36

... se nadaljuje

...nadaljevanje Preglednice 38

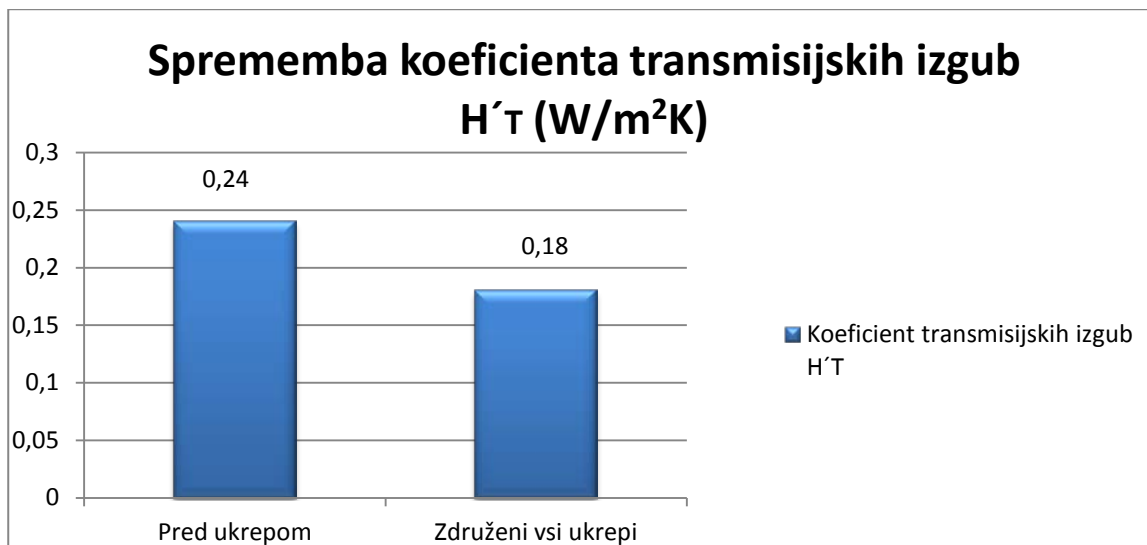
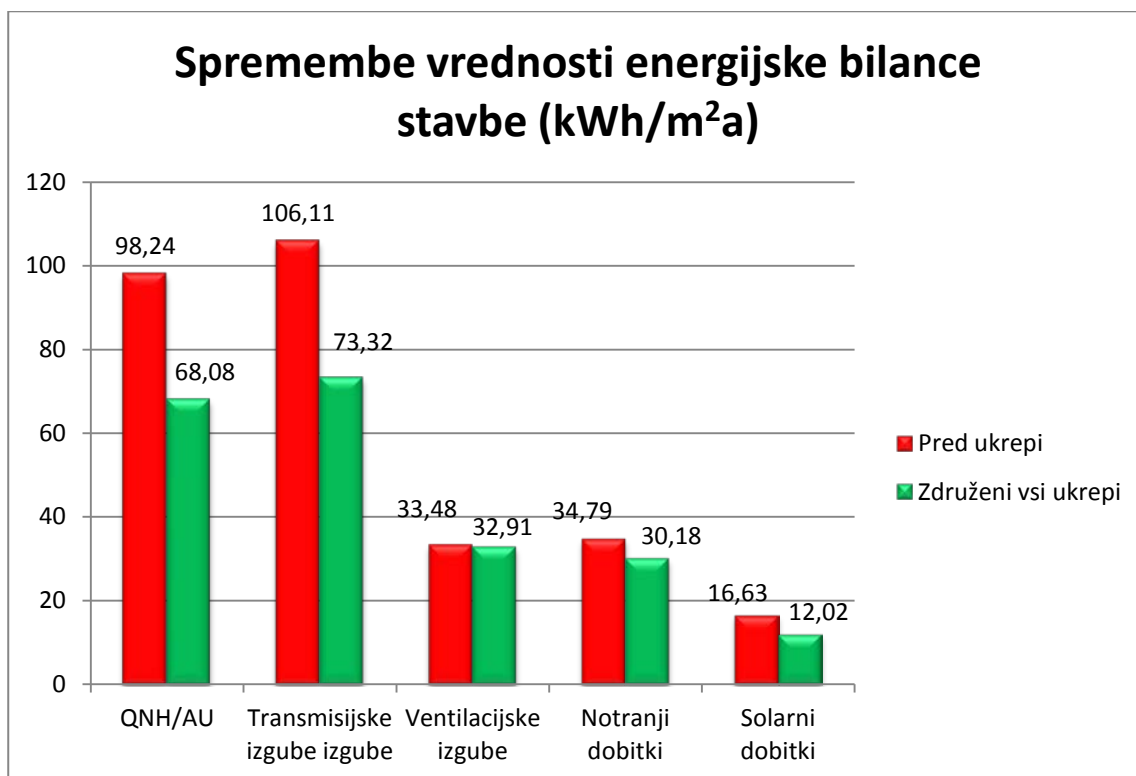
Q_{NH} (kWh) – potrebna toplota za ogrevanje na letni ravni	Izračunana	Največja dovoljena
	7.177	7.180

$Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$ – Potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in prostornine na letni ravni		Izračunana	Največja dovoljena
	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	68,08	68,09
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ² a)	23,89	/

Preglednica 39: Izgube in dobitki stavbe z združenimi vsemi ukrepi (A–E)

	Ogrevanje Pred ukrepi (kWh/m ² a)	Ogrevanje Združeni vsi ukrepi(kWh/m ² a)
Transmisijske izgube	106,11	73,32
Ventilacijske izgube	33,48	32,91
Skupne izgube	139,59	106,23
Notranji dobitki	34,79	30,18
Solarni dobitki	16,63	12,02
Skupni dobitki	51,42	42,20

Po vnosu vseh ukrepov opazimo, da je zahtevana letna potrebna toplota za ogrevanje 68,09 kWh/m²a, izračunana pa 68,08 kWh/m²a, torej smo zadostili pogojem, ki jih zahteva AN sNES (Preglednica 38). Vrednost Q_{NH}/A_u se je po izvedenih ukrepih zmanjšala za 30,16 kWh/m²a, kar predstavlja 31 % toplotno izboljšavo (Slika 15). H_T se v primerjavi z obstoječim stanjem (stavba ustreza zahtevam PURES-a) zmanjšala za 0,06 W/m²K (Preglednica 38 in Slika 14). Bolj zaščiten toplotni ovoj pomeni zmanjšanje transmisijskih izgub za 31 % in ventilacijskih za 2 % (Preglednica 39 in slika 15). Solarni dobitki so se pričakovano znižali za 4,41 kWh/m²a, zaradi vgrajenih oken s trojno zasteklitvijo (Preglednica 39 in Slika 15).

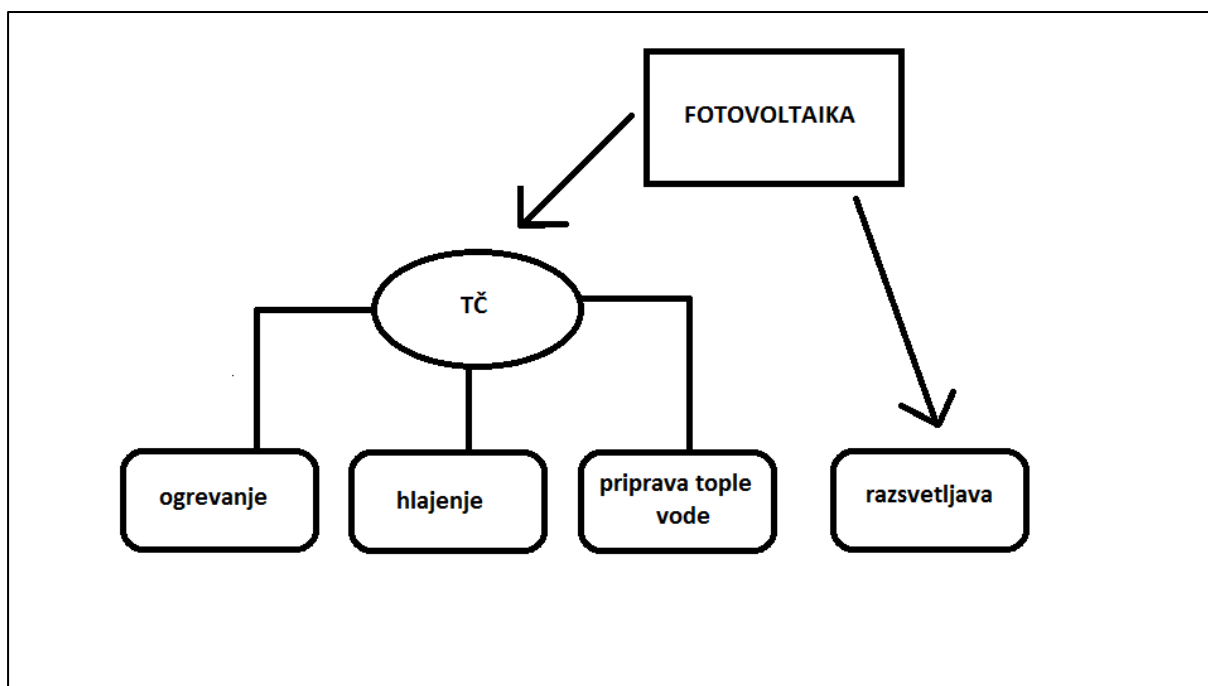
Slika 14: Sprememba koeficienta transmisijskih izgub $H'T$ (W/m^2K)Slika 15: Graf energijske bilance stavbe pred izvedenimi in po izvedenih ukrepih (kWh/m^2a)

6 ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE

Iz programa TOST odčitamo podatke o potrebni končni energiji, ki je potrebna za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo v stavbi. Za razsvetljavo izberem moč svetilke 8 W/m², kar je maksimalna vrednost po tehnični smernici. AN sNES postavlja zahteve po vsaj 50 % samooskrbi energije iz obnovljivih virov. Torej v analizi obravnavane stavbe to pomeni vsaj 5.193 kWh (Preglednica 42). V obravnavani stavbi se bom posvetil 100 % deležu OVE.

Preglednica 40: Končna energija stavbe (kWh)

Cona	Ogrevanje (Q _{NH})	Hlajenje (Q _{NC})	Topla voda (Q _w)	Razsvetljava (Q _i)	Skupaj
OC	7.177	301	1.307	1.265	10.050
NC	0	0	0	325	325
NC	0	0	0	0	0
Skupaj	7.177	301	1.307	1.590	10.375



Slika 16: Način uporabe OVE

6.1 Fotovoltaika

Proizvodnja elektrike je pogojena s površino strehe, kjer postavljamo fotovoltaično elektrarno. Za izračun moči fotovoltaične elektrarne uporabim program Photovoltaic Geographical Information System [22]. V slednjega vnesemo lokacijske podatke

obravnavanega objekta, na podlagi katerih program izračuna prejeta energijo sončnega obsevanja na letni ravni (preglednica 55) ter hkrati poda optimalen nagib in orientacijo fotovoltaičnih modulov.

Program na podlagi izračuna predpostavi še 23,6 % izgubo celotnega fotovoltaičnega sistema, s katero zajame izgube zaradi refleksije površine in razne izgube pri pretvornikih in kabljih.

Optimalen nagib fotovoltaičnega panela: 35°

Optimalna orientacija fotovoltaičnega panela: 0° (0° – jug)

Preglednica 41: Izračun povprečnega sončnega sevanja pri optimalnih pogojih

Mesec	Povprečno sončno obsevanje j (kWh/m ²)
Jan	49,2
Feb	78,4
Mar	130,0
Apr	148,0
Maj	176,0
Jun	178,0
Jul	195,0
Aug	180,0
Sept	137,0
Okt	92,9
Nov	48,0
Dec	37,4
Skupaj	1450,0

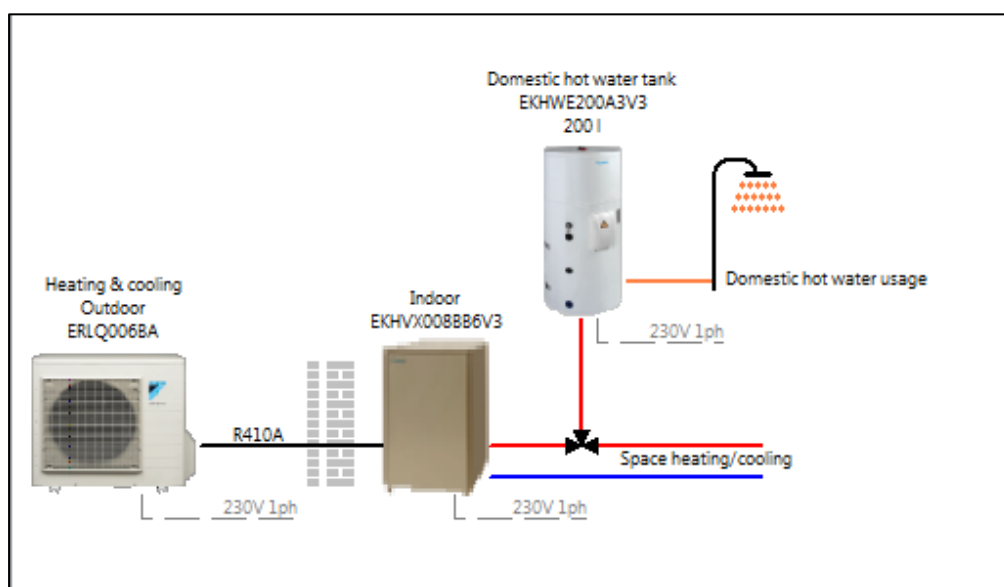
Površina strehe obravnavane tipske stavbe je 341,12 m². Za proizvodnjo 1 kWp energije je potrebno približno 7 m² fotovoltaičnih modulov, ki zahtevajo 10 m² ravne površine strehe. Torej za izkoristek 10 kWp nazivne moči bi potreboval 100 m² ravne površine strehe, z naklonom 35° in orientirane proti jugu. Naša končna potreba po energiji je 10.375 kWh, s fotocelicami zagotovimo 10.500 kWh na leto.

Preglednica 42: Povprečna proizvodnja elektrike po mesecih

Mesec	Proizvedena količina elektrike (kWh)
Jan	398
Feb	625
Mar	981
Apr	1070
Maj	1240
Jun	1230
Jul	1340
Aug	1240
Sept	992
Okt	692
Nov	375
Dec	303
Skupaj	10500

6.2 Toplotne črpalke

»Naraven tok toplote je iz višje na nižjo temperaturo. Toplotne črpalke pa omogočajo spremembo toplotnega toka v drugo smer z razmeroma majhno količino energije. Na tej podlagi lahko toplotna črpalka prenese vir toplote iz naravnih virov v okolici (zrak, tla, voda).



Slika 17: Sestava izbrane toplotne črpalke, ki je primerna za vgradnjo v stavbo

Poleg ogrevanja se toplotne črpalke uporabljajo tudi za hlajenje, toplota se v tem oziru prenese v nasprotno smer (iz porabnika, ki se hladi, v okolje z višjo temperaturo). [18]«

Za naš objekt uporabim toplotno črpalko zrak-voda. Potrebne količine vnesem v program Daikin altherma [16]. Klimatske podatke izberem iste kot za našo obravnavano stavbo (Slika 2). Za potrebe ogrevanja, hlajenja in uporabe tople vode (Preglednica 42) nam program simulira TČ, nazivne moči 6 kW (Slika 17). Optimalno delovanje TČ je pogojeno z zunanjo temperaturo okolja. V primeru padca zunanje temperature pod $-8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Slika 18), TČ ne zmore več greti prostorov s pomočjo okolja. Vključijo se grelci, ki jih poganja elektrika.

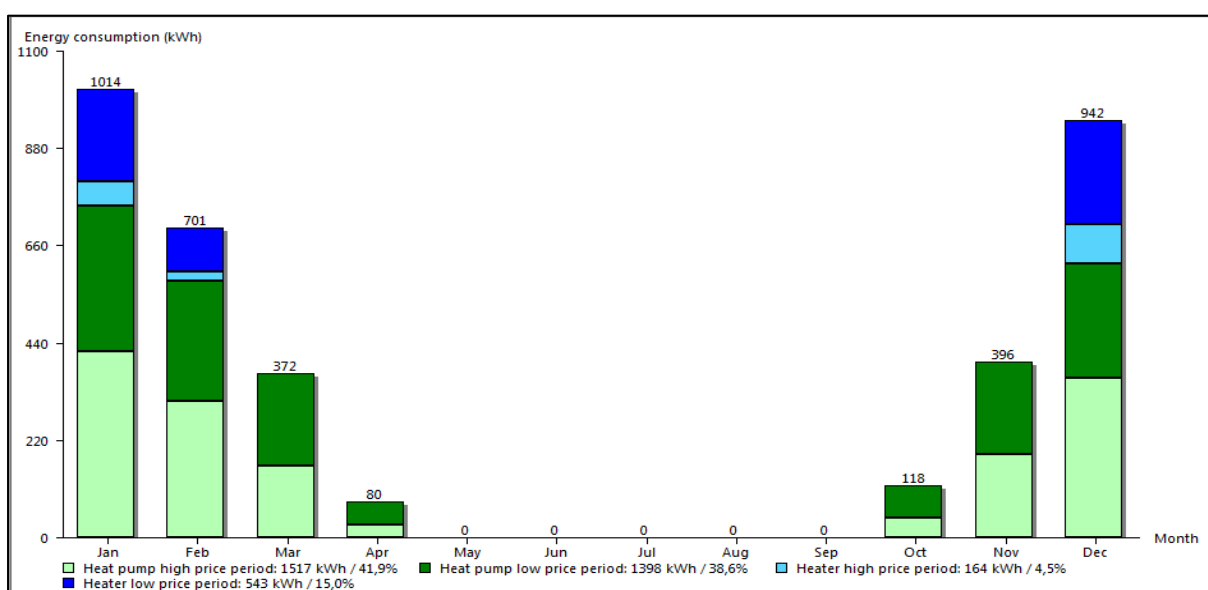
Letno porabi TČ 3.623 kWh energije (Slika 17) za delovanje, ki ga zagotovim s fotocelicami (Preglednica 44). Proizvede 8.966 kWh energije letno (Slika 19). Za obravnavano stavbo je potrebna končna energija 8.785 kWh, torej naša toplotna črpalka s pomočjo fotovoltaičnih celic popolnoma zadosti potrebam stavbe.

COP (coefficient of performance) = Q/W , kjer je Q proizvedena energija in W porabljena energija s strani TČ.

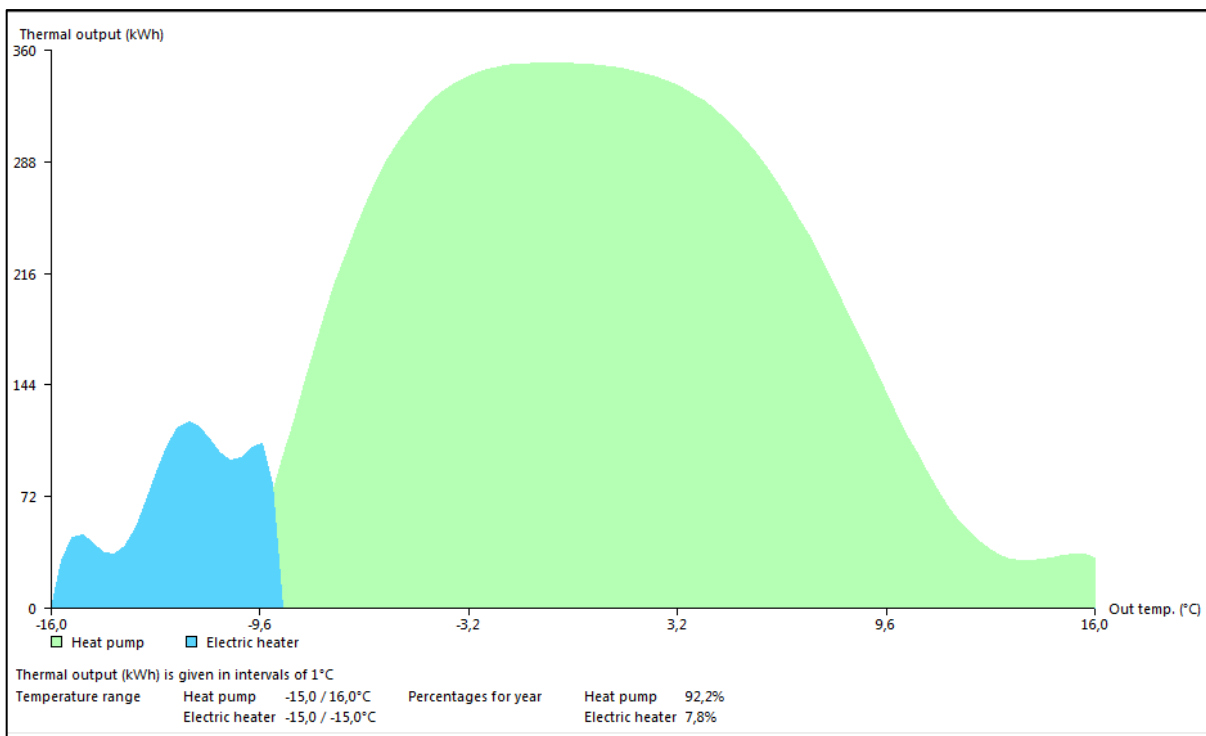
Izračun za koeficient proizvedene toplote na enoto porabljene energije elektrike.

$$\text{COP} = 8966/3623 = 2,5$$

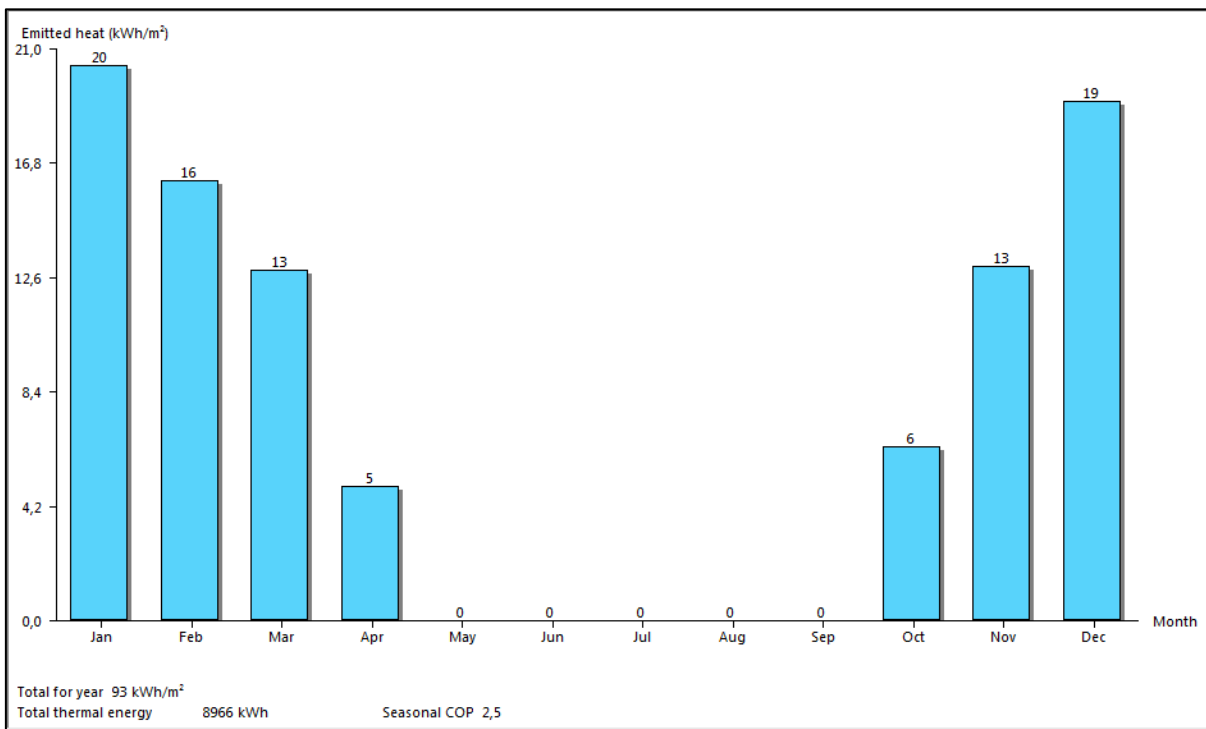
Izbrana TČ proizvede 2,5 enot toplote na porabljeno 1 enoto energije elektrike.



Slika 18: Mesečna poraba energije za delovanje TČ



Slika 19: Graf delovanja toplotne črpalke, glede na zunanje temperature.



Slika 20: Pregled oddane mesečne energije s strani TČ

7 ZAKLJUČEK

Po statističnih podatkih Urada Republike Slovenije odpade na ogrevanje prostorov gospodinjstev v Sloveniji 61 % delež vse porabljene energije. Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) že od leta 2010 podaja zahteve, ki vsako leto izboljšujejo statistične podatke o porabi energije v stavbah. Cilj Republike Slovenije pa je do leta 2020 vse nove stavbe narediti ničenergijske. Analizirana tipska stavba z oblikovnim faktorjem 1,69 je na meji zahtev AN sNES. To pomeni, da v bodoče razvejanih tlorisnih oblik stavb ni pričakovati, saj to pomeni večje toplotne izgube.

Zahteve PURES-a sem za obravnavano tipsko stavbo dosegel z dodatno TI na zunanjem ovoju in dodatno TI na prehodu iz tople v hladno cono. Potrebna toplota za ogrevanje se je znižala za 8 %. Za doseg AN sNES bilo potrebno izvesti več dodatnih ukrepov, ki pa so znižali letno potrebno energijo za ogrevanje za 31 %. Menim, da bo v prihodnosti najmanjša ovira pri zahtevah AN sNES zagotoviti OVE. V obravnavani stavbi sem dosegel 100% delež OVE s toplotno črpalko in fotovoltaičnimi celicami. Obstaja pa še mnogo drugih načinov za doseg vsaj 50 % OVE, ki jih zahteva AN sNES.

»V deležu OVE je vključena energija proizvedena na stavbi iz obnovljivih virov (npr.: energija okolja, sončna toplotna energija, vetrna, hidroenergija) ter obnovljivi del dovedene energije (npr.: biomasa, sistemi daljinskega ogrevanja z deležem energije, proizvedenim z OVE), zmanjšan za odvedeno obnovljivo energijo izven obravnavane stavbe [12]«.

Na celoten izbor načina ogrevanja, hlajenja, razsvetljave in zagotavljanja tople vode vpliva veliko dejavnikov. Pomembnejši med njimi je strošek investicije in njena doba povrnitve. Vendar se lahko s primerno investicijsko realizacijo doseže cilj, ki ga AN sNES želi doseči. To je vse stavbe zgraditi ničenergijske.

VIRI

- [1] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni. list. RS št. 52/2010: 7840.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (Pridobljeno 8. 2. 2015.)
- [2] Statistični urad Republike Slovenije. 2014.
<http://www.stat.si/StatWeb/glavnanavigacija/podatki/prikazistaronovico?IdNovice=6564>
(Pridobljeno 13. 2. 2015.)
- [3] Concerted action EPBD. 2014.
<http://www.epbd-ca.eu/> (Pridobljeno 15. 2. 2015.)
- [4] Ytong Multipor brošura. 2015. Xella.
http://www.ytong.rs/rs/docs/multipor_brosura_ytong.pdf (Pridobljeno 15. 2. 2015.)
- [5] Krainer, A., Predan, R. 2014. Računalniški program TOST, Navodila za uporabo.
Ljubljana, UL FGG: 8., 9. 30. str.
- [6] Krainer, A., Predan, R. 2014. Računalniški program TEDI.
Ljubljana, UL FGG
- [7] Poročilo komisije Evropskemu parlamentu in Svetu. 2014. Napredek držav članic pri skoraj nič-energijskih stavbah.
<http://eurlex.europa.eu/legalcontent/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R%2801%29&from=EN> (Pridobljeno 8. 5. 2015.)
- [8] Slekovec, A. 2014. Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje pri prenovi stavb. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Slekovec): 12., 13., 14., 15. str.
- [9] Jordan, T. 2014. Oblikovanje standardne oblike tehnične dokumentacije po PURES 2010. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Jordan): 6. str.

- [10] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. 2010. Ministrstvo za okolje in prostor.
http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 18. 5. 2015.)
- [11] Direktiva 2012/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Ur. L. EU 153/13.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX:32010L0031> (Pridobljeno 4. 6. 2015.)
- [12] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020. 2015. Ministrstvo za infrastrukturo.
<http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/akcijski-nact-za-skoraj-nic-energijske-stavbe/> (Pridobljeno 8. 5. 2015.)
- [13] Garažna vrata. 2015. Hausmart.
<http://www.hausmart.si/garazna-vrata-in-vrtljiva-vrata/sekcijska-garazna-vrata/sekcijska-garazna-vrata/> (Pridobljeno 4. 8. 2015.)
- [14] Košir., M. Presentacija Stavbni ovoj-transparentni del. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.
- [15] Okna. 2015. Jelovica
www.jelovica-okna.si/pvc-okna-jeloplast-8000.html. (Pridobljeno 29. 9. 2015.)
- [16] Daikin Altherma Simulator 3.5.5. 2015
<http://daikin-altherma-simulator.software.informer.com/download/> (Pridobljeno 2. 1. 2016)
- [17] Nočna izolacija. 2015. Roletarstvo Medle.
<http://www.medle.si/termo> (Pridobljeno 2. 1. 2016.)
- [18] Toplotne črpalke. 2015.
<http://toplotnacrpalka.org/> (Pridobljeno 15. 1. 2016)

[19] Toplotne črpalke. Učinkovita raba energije. 2013. Agencija RS za učinkovito rabo energije

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-12.PDF> (Pridobljeno 18. 1. 2016)

[20] Dovjak., M. Presentacija Bivalno okolje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.