

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:

Hribar, B., 2015. Študija možnosti energetske prenove večstanovanjske stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M.): 72 str.

Datum arhiviranja: 29-09-2015

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:

Hribar, B., 2015. Študija možnosti energetske prenove večstanovanjske stavbe. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M.): 72 pp.

Archiving Date: 29-09-2015

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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

BLAŽ HRIBAR

**ŠTUDIJA MOŽNOSTI ENERGETSKE PRENOVE
VEČSTANOVANJSKE STAVBE**

Diplomska naloga št.: 190/B-GR

**THE STUDY ON THE RESIDENTIAL BUILDING
ENERGY RENOVATION OPTIONS**

Graduation thesis No.: 190/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 10. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Blaž Hribar izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Študija možnosti energetske prenove večstanovanjske stavbe«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 15.8.2015

Blaž Hribar

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.8:727.2(043.2)
Avtor:	Blaž Hribar
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	/
Naslov:	Študija možnosti energetske prenove večstanovanjske stavbe
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij – B
Obseg in oprema:	72 str., 67 pregl., 8 sl., 35 graf.
Ključne besede:	energetska prenova, potrebna letna toplota za ogrevanje, PURES 2010, energetska učinkovitost, ukrepi energetske prenove, obnovljivi viri energije

Izvleček

V diplomski nalogi predstavim študijo možnosti energetske prenove večstanovanjske stavbe, ki se nahaja na Cesti 9. avgusta 8abc v Zagorju ob Savi. Na začetku pregledam trenutno veljavno zakonodajo na področju porabe energije in jo kasneje uporabim pri študiji. Izbran stanovanjski blok na kratko predstavim in zanj izračunam energetske bilanco za obstoječe stanje. Pričakovano je stavba energetske potratna, zato v nadaljevanju na trenutnem stanju stavbe izvajam različne energetske ukrepe. Ukrepe analiziram s strani učinkovitosti glede porabe energije v stavbi in njihove izvedljivosti. Nato sestavim različne kombinacije uporabljenih ukrepov, ki uspešno zmanjšajo porabo energije v stavbi, jih analiziram in komentiram. Napravim tudi kombinacijo ukrepov, ki naredi stavbo v skladu z veljavno zakonodajo energetske učinkovito. Z nekaterimi kombinacijami ukrepov znižam letno potrebno toploto za ogrevanje za več kot 80 odstotkov, najučinkovitejša kombinacija pa jo zmanjša za kar 88,5 odstotkov. Na koncu preverim še uporabo obnovljivih virov energije in sicer uporabo toplotne črpalke in fotonapetostnih modulov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 699.8:727.2(043.2)
Author: Blaž Hribar
Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.
Co-advisor: /
Title: The study on the residential building energy renovation options
Document type: Graduation Thesis – University studies – B
Notes: 72 p., 67 tab., 8 fig., 35 graph.
Keywords: energy renovation, annual heating requirements, PURES 2010, energy efficiency, energy renovation measures, renewable energy sources

Abstract

This graduation thesis presents the study of the energy renovation options for residential building, located on 8abc Cesta 9. avgusta in Zagorje ob Savi. Firstly I discuss currently active legislation concerning energy consumption. Secondly I give a short presentation of our building of interest and I calculate current energy balance. Building is energy inefficient, therefore I propose different measures to improve energy efficiency. I analyse proposed measures from the point of their efficiency and feasibility. I also analyse and comment different combinations of proposed measures. I suggest a combination of measures, that makes our building of interest energy efficient, as defined in currently active legislation. Some combinations reduce annual heating requirements by more than 80 percent and the most efficient combination reduces it by 88.5 percent. At the end I discuss the use of renewable energy sources with focus on heat pump and photovoltaic modules.

ZAHVALA

Za usmeritve in strokovno pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju.

Zahvaljujem se mag. Juretu Vetršku z Inovacijsko-razvojnega inštituta Univerze v Ljubljani, ki mi je pomagal navezati stik z Občino Zagorje ob Savi in Stanovanjskim podjetjem Zagorje. Zahvaljujem se Občini Zagorje ob Savi in gospodu Mateju Drobežu, Stanovanjskemu podjetju Zagorje na čelu z direktorjem mag. Gregorjem Brinjevcem ter Upravni enoti Zagorje ob Savi, ki so mi omogočili, da v svoji diplomski nalogi obravnavam stanovanjski blok na Cesti 9. avgusta v Zagorju. Še posebej se zahvaljujem gospe Marjetki Anžur in gospe Nevenki Arh za pomoč pri iskanju podatkov o obstoječem stanju zgradbe.

Zahvaljujem se prof. Jakobu Štrovsu za pomoč pri prevodu naslova diplomske naloge v angleščino.

Zahvaljujem se tudi dekletu Niki, ki mi je v ključnih trenutkih priskočila na pomoč.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Energetska prenova	1
1.2 Namen diplomske naloge	1
1.3 Potek dela	1
2 ZAKONODAJA.....	2
3 OBRAVNAVANA STAVBA.....	4
3.1 Splošno o objektu	4
3.2 Sestava konstrukcijskih sklopov (KS)	7
4 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE STAVBE ZA OBSTOJEČE STANJE	11
4.1 Računalniški programi	11
4.1.1 Računalniški program TEDI [4]	11
4.1.2 Računalniški program TOST [1]	11
4.2 Vhodni podatki.....	11
4.2.1 Splošni podatki.....	12
4.2.2 Klimatski podatki	12
4.2.3 Računska podobdobja	13
4.2.4 Nočna izolacija in senčenje	13
4.2.5 Konstrukcijski sklopi (KS)	13
4.2.6 Podatki o conah	15
4.2.6.1 1. temperaturna cona (ogrevana): Stanovanja	15
4.2.6.2 2. temperaturna cona (ogrevana): Poslovni prostori	18
4.2.6.3 3. temperaturna cona (ogrevana): Stopnišča in hodniki	21
4.2.6.4 4. temperaturna cona (neogrevana): Podstrešje	23
4.2.6.5 5. temperaturna cona (neogrevana): Klet.....	25
4.3 Rezultati energetske analize obstoječega stanja obravnavane stavbe.....	27

4.3.1 Izračun energetske bilance obstoječega stanja	27
4.3.2 Analiza rezultatov izračuna energetske bilance za obstoječe stanje.....	30
5 UKREPI ZA ZMANJŠANJE POTREBE PO ENERGIJI V STAVBI.....	31
5.1 Spremembe toplotne izolacije (TI) netransparentnih delov stavbe	31
5.1.1 1. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije zunanje stene.....	32
5.1.2 2. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije strehe	34
5.1.3 3. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stropa proti neogrevanemu podstrešju	35
5.1.4 4. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal na terenu	36
5.1.5 5. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal proti neogrevani kleti	37
5.1.6 6. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal proti zunanosti	39
5.1.7 7. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti stopnišču	40
5.1.8 8. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti neogrevanemu podstrešju	41
5.1.9 9. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti neogrevani kleti.....	42
5.2 Spremembe lastnosti transparentnih delov stavbe	44
5.2.1 10. ukrep: Nova okna in vrata	44
5.2.1.1 Vsa nova okna.....	44
5.2.1.2 Po PURES-u 2010.....	44
5.2.1.3 Trojna zasteklitev	45
5.3 11. ukrep: Minimalno prezračevanje	46
5.4 Sprememba projektnih notrajnih temperatur	47
5.4.1 12. ukrep: Znižanje (zvišanje) notranjih temperatur	47
5.4.2 13. ukrep: Znižanje notranje temperature v nočnem času	48
5.5 14. ukrep: Nočna izolacija	49
5.6 15. ukrep: Steklenjaki	50
5.7 Primerjava vseh ukrepov	51
6 KOMBINACIJE UKREPOV	54
6.1 1. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI	54
6.2 2. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, srednje debeline TI.....	54
6.3 3. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, večje debeline TI	55
6.4 4. kombinacija ukrepov: Vsi ostali ukrepi	56

6.5 5. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI + vsa nova okna	57
6.6 6. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI + okna po PURES-u	57
6.7 7. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, srednje debeline TI + okna po PURES-u	58
6.8 8. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, večje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo	59
6.9 9. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše TI + vsa nova okna + ostali ukrepi.....	59
6.10 10. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI + okna po PURES-u + ostali ukrepi	60
6.11 11. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, srednje debeline TI + okna po PURES-u + ostali ukrepi	61
6.12 12. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, večje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo + ostali ukrepi	61
6.13 13. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, največje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo + ostali ukrepi	62
6.14 14. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, največje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo + ostali ukrepi + steklenjaki	63
6.15 15. kombinacija ukrepov: Smiselna	63
6.16 Primerjava (pregled) kombinacij ukrepov	64
7 ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE (OVE).....	66
7.1 Toplotna črpalka	66
7.2 Fotonapetostni moduli (PV)	66
7.3 Uporaba obnovljivih virov energije na stavbi	66
8 ZAKLJUČEK	69
VIRI.....	71

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sestava tal na terenu	7
Preglednica 2: Sestava zunanje stene proti terenu	8
Preglednica 3: Sestava zunanje stene nad terenom	8
Preglednica 4: Sestava tal nad neogrevano kletjo.....	8
Preglednica 5: Sestava tal nad zunanostjo.....	8
Preglednica 6: Sestava stropa med ogrevanimi prostori	9
Preglednica 7: Sestava predelne stene med ogrevanimi prostori iste stanovanjske enote	9
Preglednica 8: Sestava stene med ogrevanimi prostori različnih stanovanjskih enot	9
Preglednica 9: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju.....	9
Preglednica 10: Sestava strehe nad neogrevanim podstrešjem.....	9
Preglednica 11: Sestava strehe nad ogrevanimi stanovanji	10
Preglednica 12: Vhodni podatki za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode	12
Preglednica 13: Klimatski podatki za izbrano lokacijo	12
Preglednica 14: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih	12
Preglednica 15: Podatki o posameznih konstrukcijskih sklopih	14
Preglednica 16: Osnovni podatki za 1. temperaturno cono	16
Preglednica 17: Podatki o prezračevanju za 1. temperaturno cono.....	16
Preglednica 18: Podatki o zunanji steni in strehi za 1. temperaturno cono	16
Preglednica 19: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 1. temperaturno cono .	17
Preglednica 20: Podatki o tleh nad terenom za 1. temperaturno cono	17
Preglednica 21: Podatki o predelnih elementih za 1. temperaturno cono (netransparentni del)	18
Preglednica 22: Osnovni podatki za 2. temperaturno cono	19
Preglednica 23: Podatki o prezračevanju za 2. temperaturno cono.....	19
Preglednica 24: Podatki o zunanji steni za 2. temperaturno cono	19
Preglednica 25: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 2. temperaturno cono .	20
Preglednica 26: Podatki o tleh na terenu za 2. temperaturno cono	20
Preglednica 27: Podatki o tleh nad terenom za 2. temperaturno cono	20
Preglednica 28: Podatki o predelnih elementih za 2. temperaturno cono (netransparentni del)	21
Preglednica 29: Osnovni podatki za 3. temperaturno cono	21
Preglednica 30: Podatki o prezračevanju za 3. temperaturno cono.....	22
Preglednica 31: Podatki o zunanji steni za 3. temperaturno cono	22
Preglednica 32: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 3. temperaturno cono .	22

Preglednica 33: Podatki o tleh na terenu za 3. temperaturno cono	23
Preglednica 34: Podatki o predelnih elementih za 3. temperaturno cono (netransparentni del)	23
Preglednica 35: Osnovni podatki za 4. temperaturno cono	24
Preglednica 36: Podatki o prezračevanju za 4. temperaturno cono.....	24
Preglednica 37: Podatki o zunanji steni in strehi za 4. temperaturno cono	24
Preglednica 38: Podatki o predelnih elementih za 4. temperaturno cono (netransparentni del)	24
Preglednica 39: Osnovni podatki za 5. temperaturno cono	25
Preglednica 40: Podatki o prezračevanju za 5. temperaturno cono.....	25
Preglednica 41: Podatki o zunanji steni in strehi za 5. temperaturno cono	25
Preglednica 42: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 5. temperaturno cono..	25
Preglednica 43: Podatki o tleh za 5. temperaturno cono	26
Preglednica 44: Podatki o predelnih elementih za 5. temperaturno cono (netransparentni del)	26
Preglednica 45: Podatki o neto uporabni površini, kondicionirani prostornini, površini toplotnega ovoja stavbe in oblikovnem faktorju	27
Preglednica 46: Izračunana energetska bilanca stavbe za obstoječe stanje	28
Preglednica 47: Izgube in dobitki za celotno stavbo pri obstoječem stanju.....	29
Preglednica 48: Podatki o potrebni, končni in primarni energiji pri obstoječem stanju za celotno stavbo.....	29
Preglednica 49: Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe pri obstoječem stanju.....	29
Preglednica 50: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na zunanji steni	32
Preglednica 51: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na strehi	34
Preglednica 52: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na stropu proti neogrevanemu podstrešju.....	35
Preglednica 53: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh na terenu	36
Preglednica 54: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti neogrevani kleti.....	38
Preglednica 55: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti zunanosti.....	39
Preglednica 56: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti stopnišču.....	40
Preglednica 57: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevanemu podstrešju	41

Preglednica 58: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevani kleti	42
Preglednica 59: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne transparentne površine	45
Preglednica 60: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri minimalnem prezračevanju	46
Preglednica 61: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri spremembi projektnih notranjih temperatur	48
Preglednica 62: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri znižanju projektne notranje temperature v nočnem času	49
Preglednica 63: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri dodani nočni izolaciji	50
Preglednica 64: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri uvedbi steklenjakov	51
Preglednica 65: Končna energija v stavbi za 15. kombinacijo ukrepov	66
Preglednica 66: Lastnosti toplotne črpalke	67
Preglednica 67: Povprečna dnevna in mesečna proizvodnja elektrike in povprečno dnevno in mesečno sončno obsevanje	67

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Toplotna prehodnost U v odvisnosti od debeline toplotne izolacije.....	32
Grafikon 2: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na zunanji steni	33
Grafikon 3: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na strehi	34
Grafikon 4: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na stropu proti neogrevanemu podstrešju.....	36
Grafikon 5: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh na terenu.....	37
Grafikon 6: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti neogrevani kleti	38
Grafikon 7: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti zunanosti.....	39
Grafikon 8: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti stopnišču	40
Grafikon 9: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevanemu podstrešju	42
Grafikon 10: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevani kleti	43
Grafikon 11: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne transparentne površine	45
Grafikon 12: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri minimalnem prezračevanju	47
Grafikon 13: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri spremembi projektnih notranjih temperatur	48
Grafikon 14: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri znižanju projektne notranje temperature v nočnem času.....	49
Grafikon 15: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri dodani nočni izolaciji	50
Grafikon 16: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri uvedbi steklenjakov.....	51
Grafikon 17: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih ukrepih.....	52
Grafikon 18: Sprememba letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih ukrepih.....	53
Grafikon 19: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 1. kombinaciji ukrepov	54
Grafikon 20: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 2. kombinaciji ukrepov	55

Grafikon 21: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 3. kombinaciji ukrepov	56
Grafikon 22: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 4. kombinaciji ukrepov	56
Grafikon 23: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 5. kombinaciji ukrepov	57
Grafikon 24: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 6. kombinaciji ukrepov	58
Grafikon 25: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 7. kombinaciji ukrepov	58
Grafikon 26: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 8. kombinaciji ukrepov	59
Grafikon 27: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 9. kombinaciji ukrepov	60
Grafikon 28: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 10. kombinaciji ukrepov	60
Grafikon 29: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 11. kombinaciji ukrepov	61
Grafikon 30: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 12. kombinaciji ukrepov	62
Grafikon 31: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 13. kombinaciji ukrepov	62
Grafikon 32: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 14. kombinaciji ukrepov	63
Grafikon 33: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 15. kombinaciji ukrepov	64
Grafikon 34: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih kombinacijah ukrepov	65
Grafikon 35: Spremembe letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih kombinacijah ukrepov	65

KAZALO SLIK

Slika 1: Stanovanjski blok na Cesti 9. avgusta 8abc, pogled na južno in zahodno fasado (vir: lasten).....	4
Slika 2: Tloris stavbe razdeljen na tri dele (8a, 8b, 8c)	4
Slika 3: Tloris kleti	5
Slika 4: Tloris pritličja	5
Slika 5: Tloris prvega in drugega nadstropja	6
Slika 6: Tloris tretjega nadstropja	6
Slika 7: Tloris četrtega nadstropja	7
Slika 8: Dekorativne opečne plošče v izgledu opeke [23]	33

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

$F_{sh,ob}$	Faktor osenčenosti objekta
$g_{gl+sh,w}$	Prepustnost celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil
g_s	Prehod celotnega sončnega sevanja skozi senčila
g_w	Prehod celotnega sončnega sevanja skozi zasteklitev
H'_T	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino ovoja
KS	Konstruktivski sklop
OVE	Obnovljivi viri energije
PV	Fotonapetostni moduli
$Q_{l,f}$	Dovedena energija za razsvetljavo
Q_{NC}	Letni potrebni hlad za hlajenje
$Q_{NC,f}$	Dovedena energija za hlajenje stavbe
Q_{NH}	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe
$Q_{NH,f}$	Dovedena energija za ogrevanje stavbe
Q_P	Letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi
$Q_{TČ}$	Potrebna energija za delovanje toplotne črpalke
$Q_{w,f}$	Dovedena energija za pripravo tople vode
U	Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov
U_{max}	Največja dovoljena toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

1.1 Energetska prenova

Za energetske prenovi stavbe se odločimo, ker želimo izboljšati bivalne razmere in energetske učinkovitost stavbe. Če izboljšamo energetske učinkovitost stavbe, pomeni, da stavba po prenovi porabi manj energije za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo, kot jo je pred prenovi. S tem zmanjšamo tudi obratovalne stroške, ki jih imamo s samo stavbo (račun za elektriko, ogrevanje, toplo vodo). Sama investicija v prenovi stavbe pa seveda ni majhna. Odvisna je od vrste in velikosti ukrepa, ki ga izvedemo na stavbi. Kateri ukrep izberemo, je odvisno od učinkovitosti ukrepa in cene ukrepa. Najboljši je seveda tisti ukrep, ki ima največji vpliv na zmanjšanje porabe energije in je hkrati najcenejši. Zato je pred začetkom energetske prenove smiselno preučiti različne variante in poiskati optimizirano rešitev.

Če hočemo učinkovito zmanjšati porabo energije v neki stavbi, moramo pri tem postopati po pravilnem vrstnem redu. Najprej moramo zmanjšati porabo energije. To lahko naredimo z različnimi ukrepi. Zamenjamo okna, izboljšamo fasadni ovoj, prenovimo streho in s tem izboljšamo učinkovitost stavbe. Šele nato lahko izboljšamo učinkovitost vgrajenih ogrevalnih, hladilnih in drugih sistemov v stavbi. Ko smo uspešno opravili prvi dve točki, lahko začnemo razmišljati, da bi za preostalo porabo energije uporabljali obnovljive vire.

1.2 Namen diplomske naloge

V diplomski nalogi bom obravnaval energetske učinkovitost stanovanjskega bloka v Zagorju ob Savi. Na podlagi energetske analize stavbe, ki jo bom izvedel s programom TOST [1], bom podal predloge energetske prenove in preveril, njihov vpliv na energetske učinkovitost stavbe in njihovo tehnično izvedljivost. Pri analizi ukrepov energetske prenove bom upošteval minimalne zahteve o energetske učinkovitosti, ki so navedene v Tehnični smernici za graditev TSG-1-004:2010 [2] (v nadaljevanju TSG4). Del teh zahtev so tudi maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov, ki so podane v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah [3] (v nadaljevanju PURES 2010).

1.3 Potek dela

Najprej bom pregledal trenutno veljavno zakonodajo v Sloveniji na področju porabe energije in jo uporabil pri izbiri in vrednotenju ukrepov prenove. Nato bom predstavil stanovanjski blok na Cesti 9. avgusta 8abc v Zagorju ob Savi. Stavba je stara več kot 35 let, zato pričakujem da je energetske zelo potratna. S pomočjo programov TEDI [4] in TOST bom izračunal trenutno stanje stavbe v smislu energetske učinkovitosti. V nadaljevanju bom na trenutnem stanju stavbe posamično izvajal različne ukrepe in sproti preverjal njihov vpliv na energetske bilanco. Vsak ukrep bom analiziral s strani zakonskih zahtev in energetske učinkovitosti. Na koncu bom sestavil kombinacije ukrepov, ki uspešno zmanjšajo porabo energije v stavbi. Z združevanjem ukrepov bom obravnavano stavbo poskušal narediti energetske učinkovito v skladu s pravilnikom PURES 2010. Preveril bom tudi možnost uporabe različnih obnovljivih virov energije.

2 ZAKONODAJA

Zakonodaja na področju energijske porabe stavb je obsežna, saj si države prizadevajo, da bi zmanjšali porabo energentov in s tem znižali količino emisij, ki onesnažujejo ozračje.

Evropska unija (v nadaljevanju EU) je zaradi želje po zmanjšanju energetske porabe in s tem emisij toplogrednih plinov podala cilje do leta 2020 (20-20-20 do 2020):

- 20-odstotno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v primerjavi z letom 1990,
- 20-odstotni delež energije iz obnovljivih virov v skupni rabi energije,
- 20-odstotno povečanje energijske učinkovitosti.

Za doseg te ciljev je Evropska komisija predlagala t. i. podnebno-energetski zakonodajni paket, ki je začel veljati junija 2009 [5].

Evropski parlament in Svet Evropske unije sta 19. maja 2010 sprejela prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU (EPBD-r) [6], ki še zaostrojuje zahteve direktive 2002/91/ES iz leta 2002 [7]. Prenovljena direktiva upošteva cilje podnebno-energetskega zakonodajnega paketa in spodbuja k izboljšanju energetske učinkovitosti stavb v EU.

Države članice morajo pripraviti nacionalne načrte za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb tako, da so do 31. decembra 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske in so nove stavbe, ki jih javni organi uporabljajo kot lastniki, po 31. decembru 2018 skoraj nič-energijske stavbe.

Republika Slovenija je direktivo vpeljala v zakonodajo s sprejetjem treh zakonov. Prvi med njimi je Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) [8], ki ureja pogoje za graditev vseh objektov in določa bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov. Na podlagi tega zakona, sta bila kasneje sprejeta še Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [3] in Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [9].

PURES 2010 določa tehnične zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode, razsvetljave v stavbah in zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije. Poleg tega pravilnik PURES 2010 predpisuje še obvezno uporabo Tehnične smernice za graditev (TSG-1-004) Učinkovita raba energije [2], ki natančneje opredeljuje zahteve PURES-a 2010 in določa potrebne izračune, s katerimi preverjamo učinkovito rabo energije v stavbah.

Dodatno je bil sprejet tudi Energetski zakon (EZ) [10], ki določa načela energetske politike in ureja izdajanje licenc in energijskih dovoljenj. Predpisuje načela zanesljive oskrbe in učinkovite rabe energije ter pogoje za obratovanje energetskega sistema. To je še natančneje opredeljeno v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaje energetskega izkaznika stavb [11] in v Pravilniku o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo [12]. 331. člen Energetskega zakona vladi nalaga obveznost sprejema akcijskega načrta za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES) [13], ki podrobno definira kateri so kriteriji, ki jih mora izpolnjevati stavba, da jo klasificiramo kot skoraj nič-energijsko stavbo (sNES).

Za zagotavljanje varstva okolja pred obremenjevanjem, človekovega zdravja, počutja in kakovost njegovega življenja, učinkovite rabe energije in varstva pred požarom je v Sloveniji sprejet Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) [14].

Pri moji diplomski nalogi mi je najbolj pomagal PURES 2010, ki se uporablja pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavbe ali njenih delov, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja. Da je dosežena energijska učinkovitost stavbe, morajo biti izpolnjeni pogoji po omejitvi:

- specifičnih transmisijskih izgub (H'_T),
- letne potrebne toplote za ogrevanje (Q_{NH}),
- letnega potrebnega hlada za hlajenje (Q_{NC}),
- porabe letne primarne energije (Q_P) in
- največje dovoljene toplotne prehodnosti posameznega elementa stavbnega ovoja (U_{max}).

Energijska učinkovitost stavbe je dosežena, če je poleg zgoraj naštetih zahtev po omejitvi porabe energije za ogrevanje, hlajenje in omejitvi primarne energije ter koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, najmanj 25 odstotkov celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije v stavbi. Energijska učinkovitost stavbe je dosežena tudi, če je delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode pridobljen 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 podporo električni energiji, proizvedeni v sproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom,
- je stavba najmanj 50 odstotkov oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja.

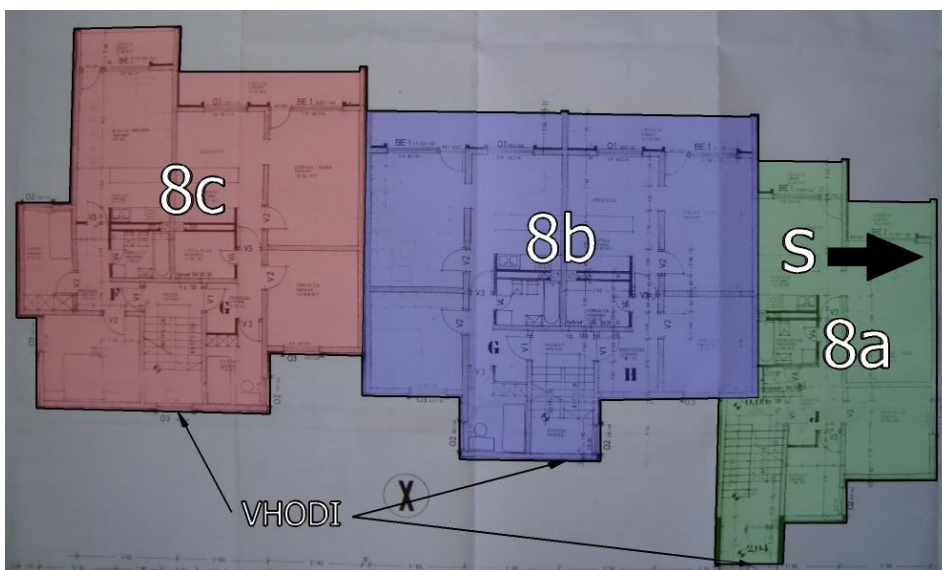
3 OBRAVNAVANA STAVBA

3.1 Splošno o objektu

Za obravnavan objekt sem si izbral stanovanjski blok na Cesti 9. avgusta 8abc v Zagorju ob Savi na koordinatah $X = 110014$ in $Y = 500056$ [15] (slika 1). Nahaja se v neposredni bližini centra mesta ob pomembni Cesti 9. avgusta, ki je dobila ime po dnevu praznika občine. Stavba leži na 247 metrih nadmorske višine. Projektirana je bila v začetku leta 1980. Stavba ni bila v svoji celotni življenjski dobi nikoli prenovljena ali bistveno spremenjena. Sestavljena je iz treh delov, 8a, 8b in 8c. Vsak del ima svoj ločen vhod na vzhodni strani stavbe (slika 2).

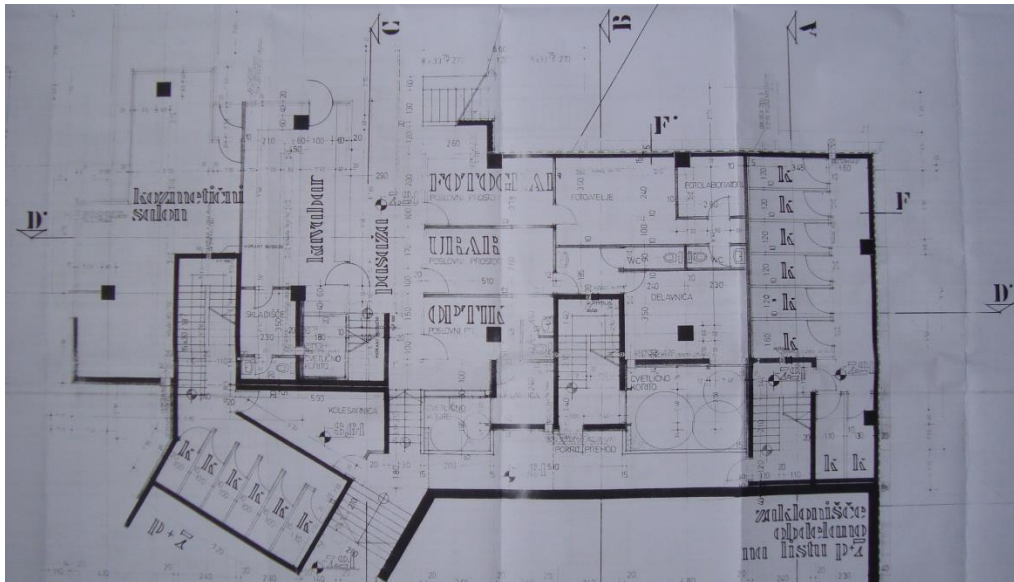


Slika 1: Stanovanjski blok na Cesti 9. avgusta 8abc, pogled na južno in zahodno fasado (vir: lasten)



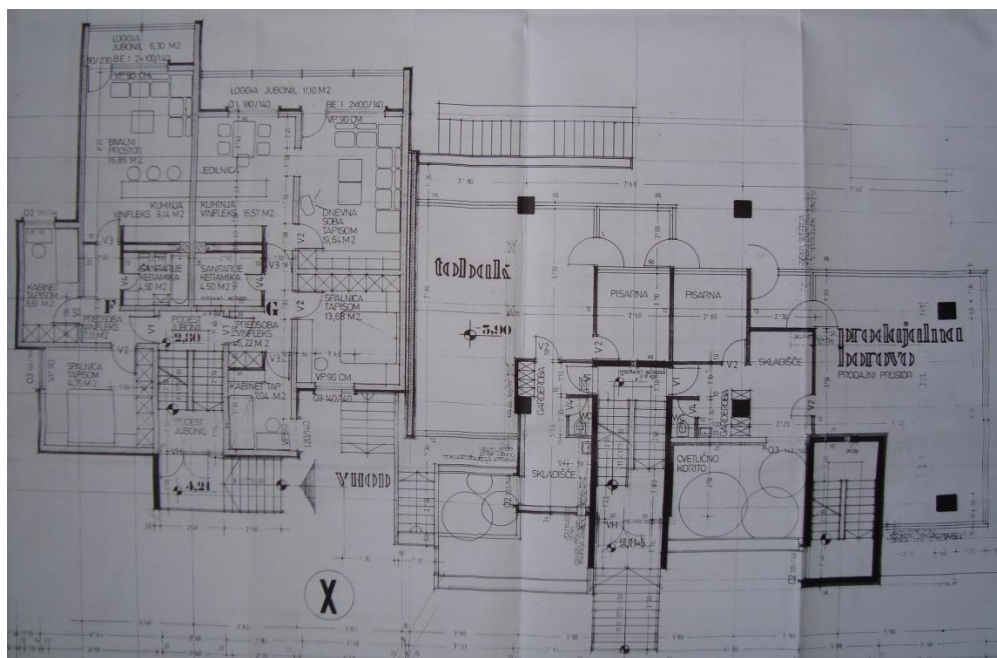
Slika 2: Tloris stavbe razdeljen na tri dele (8a, 8b, 8c)

Stanovanjski blok ima poleg kleti in pritličja še tri nadstropja na severnem (8a) in južnem delu (8c). V srednjem delu (8b) so štiri nadstropja. Klet je na severni in vzhodni strani pod nivojem terena, na jugu in zahodu pa je odprta proti Cesti zmage. V kleti se na delu, ki je odprt proti zunanosti, nahajajo poslovni prostori (dva gostinjska lokala, ključavničar in frizer), na severni in vzhodni strani, ki sta pod nivojem terena, pa so kolesarnica in kleti stanovanjcev (slika 3).



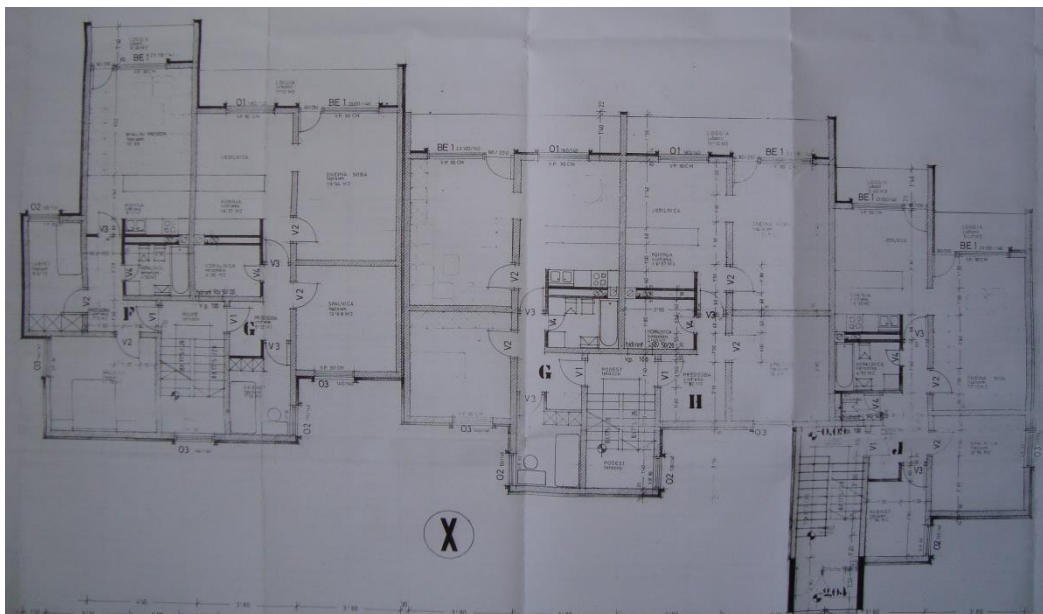
Slika 3: Tloris kleti

Tudi v pritličju so prostori deljeni na poslovne prostore (trgovina in odvetniška pisarna) (65,4 m² in 72,86 m²) in stanovanjski del, ki ga sestavljata eno dvosobno (65,75 m²) in eno trosobno stanovanje (75,98 m²) (slika 4).



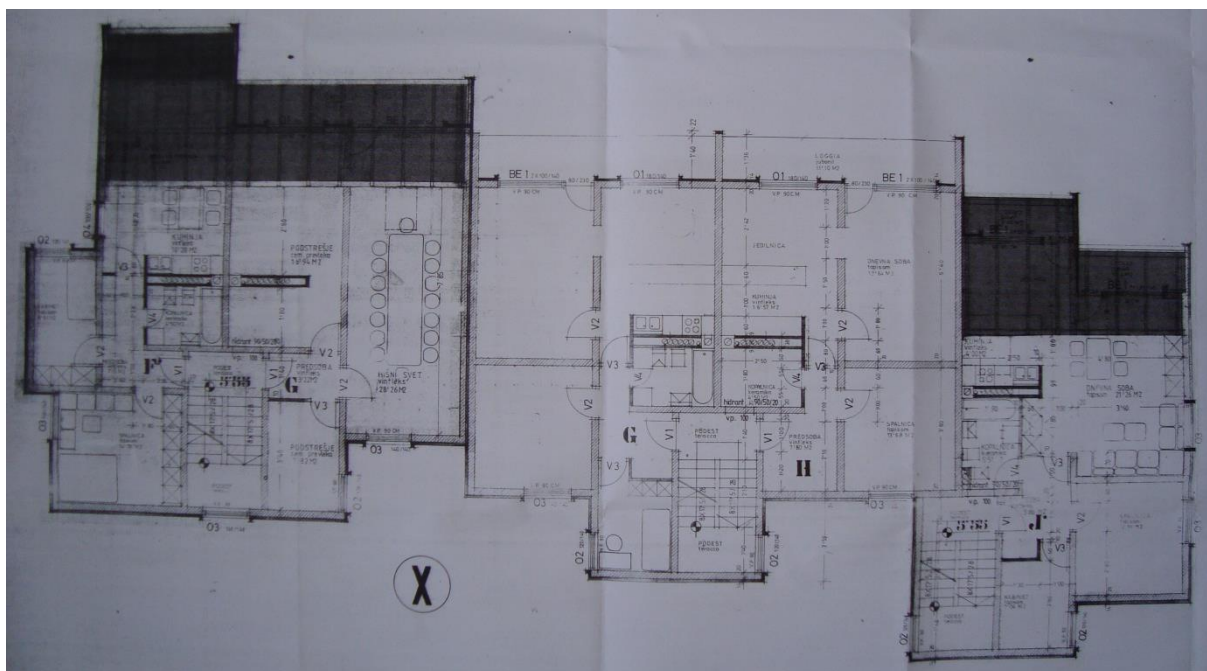
Slika 4: Tloris pritličja

Nad pritličjem sta dve enaki nadstropji (slika 5) z dvema dvosobnima stanovanjema (65,75 m² in 70,52 m²) in tremi trosobnimi stanovanji (75,98 m², 75,98 m² in 78,86 m²).



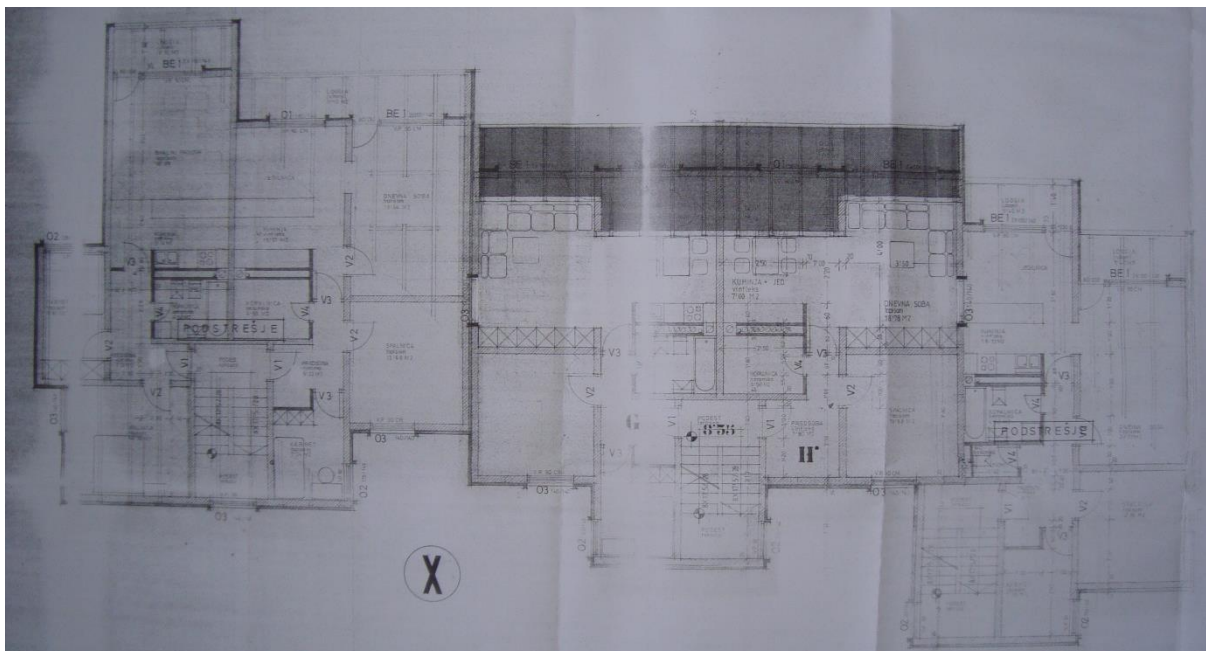
Slika 5: Tloris prvega in drugega nadstropja

Tretje nadstropje ima tri dvosobni (45,20 m², 70,52 m² in 56,63 m²) in dve trosobni stanovanji (dvakrat 75,98 m²), namesto trosobnega stanovanja v južnem delu stavbe (8c) pa je prostor za hišni svet in podstrežje (slika 6).



Slika 6: Tloris tretjega nadstropja

Četrto nadstropje ima le dve dvosobni stanovanji (57,20 m² in 51,76 m²) v srednjem delu (8b), v severnem (8a) in južnem delu (8c) je podstrešje (slika 7). Streha je v več nivojih in je nagnjena za 17° proti zahodu. Zaključni sloj predstavlja profilirana pločevina T 39-200.



Slika 7: Tloris četrtega nadstropja

Konstruksijska etažna višina v kleti 8a in 8b dela stavbe je 3,3 m. V pritličju se ta poveča na 3,9 m. V višjih nadstropjih, kjer so stanovanja, meri konstrukcijska višina etaže 2,8 m. V kleti 8c dela stavbe je konstrukcijska etažna višina višja kot v ostalih delih in meri 4,3 m. Pritličje in vsa nadstropja nad njim imajo konstrukcijsko etažno višino 2,8 m. Vse balkonske površine, ki pripadajo stanovanjem so orientirane proti zahodu.

Ogrevanje kot tudi gretje tople vode je daljinsko (toplovod). Toplota se pridobiva izključno s kurjenjem lesne biomase [16].

3.2 Sestava konstrukcijskih sklopov (KS)

Stavbo sestavljajo različni konstrukcijski sklopi, ki sem jih predstavil v preglednicah 1 do 11. Sestave so povzete po originalni projektni dokumentaciji [17].

Preglednica 1: Sestava tal na terenu

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina [m]
Tla na terenu	betonal	tanka plast
	zglajeni izravnalni beton	0,08
	hidroizolacija	0,005
	cementni estrih	0,01
	podložni beton	0,10
	nasutje tolčenca	0,20

Preglednica 2: Sestava zunanje stene proti terenu

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina [m]
Zunanja stena proti terenu	betonski porolit (zaščita hidroizolacije)	0,10
	hidroizolacija	0,005
	cementni estrih*	0,01
	armiranobetonski zid	0,20

* verjetno gre za izravnavo s pomočjo cementnega kita oziroma glazure in zagotovo ne gre za cementni estrih

Preglednica 3: Sestava zunanje stene nad terenom

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina [m]
Zunanja stena nad terenom	betonski blok	0,20
	stiropor	0,02
	opeka NF	0,12

Preglednica 4: Sestava tal nad neogrevano kletjo

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina [m]
Tla nad neogrevanim prostorom (nad kletjo)	ploščice iz umetnega kamna	0,01
	armiran cementni estrih	0,06
	PVC folija	0,0002
	stiropor	0,03
	armiranobetonska plošča	0,15

Preglednica 5: Sestava tal nad zunanostjo

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina [m]
Tla nad neogrevanim prostorom (nad zunanjim zrakom)	tapisom	tanek
	cementni estrih	0,05
	PVC folija	0,0002
	stiropor	0,06
	armiranobetonska plošča	0,15
	spuščen strop	0,50

Preglednica 6: Sestava stropa med ogrevanimi prostori

Konstruktivski sklop	Material	Debelina [m]
Stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori	tapisom	tanek
	cementni estrih	0,045
	PVC folija	0,0002
	stiropor	0,015
	tlačna plošča	0,04
	prednapeti nosilci s polnili	0,17
	stropni omet	0,01

Preglednica 7: Sestava predelne stene med ogrevanimi prostori iste stanovanjske enote

Konstruktivski sklop	Material	Debelina [m]
Predelna stena med ogrevanimi prostori iste stanovanjske enote	stenski omet	0,01
	betonski porolit	0,09
	stenski omet	0,01

Preglednica 8: Sestava stene med ogrevanimi prostori različnih stanovanjskih enot

Konstruktivski sklop	Material	Debelina[m]
Stena med ogrevanimi prostori različnih stanovanjskih enot	stenski omet	0,01
	betonski blok	0,20
	stenski omet	0,01

Preglednica 9: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju

Konstruktivski sklop	Material	Debelina [m]
Strop proti neogrevanemu prostoru (podstrešju)	cementni estrih	0,04
	PVC folija	0,0002
	stiropor	0,04
	tlačna plošča	0,04
	prednapeti nosilci s polnili	0,17
	stropni omet	0,01

Preglednica 10: Sestava strehe nad neogrevanim podstrešjem

Konstruktivski sklop	Material	Debelina [m]
Streha nad neogrevanim prostorom (podstrešjem)	krovno profilirana pločevina T 39-200	0,001
	strešna lepenka št. 120	0,0015
	zračni prostor	0,05
	špirovci	0,16
	slepi opaž	0,025

Preglednica 11: Sestava strehe nad ogrevanimi stanovanji

Konstrukcijski sklop	Material	Debelina [m]
Streha nad ogrevanim prostorom (stanovanjem)	krovno profilirana pločevina T 39-200	0,001
	strešna lepenka št. 120	0,0015
	zračni prostor	0,05
	tervol	0,08
	PVC folija	0,0002
	slepi opaž	0,025

4 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE STAVBE ZA OBSTOJEČE STANJE

4.1 Računalniški programi

V diplomski nalogi sem za izračune uporabil dva računalniška programa:

4.1.1 Računalniški program TEDI [4]

TEDI [4] je računalniški program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah. Program je bil razvit na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. V program vnesemo podatke o sestavi konstrukcijskega sklopa, ta pa izračuna toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare skozi konstrukcijski sklop. Prav tako ima TEDI že vgrajeno knjižnico z meteorološkimi podatki, ki jih lahko uvozimo za našo izbrano lokacijo. Program takoj izpiše, ali je vnešen konstrukcijski sklop v skladu z veljavno zakonodajo ali ne. Poleg številčnih vrednosti rezultate poda tudi grafično. Če je v obravnavanem konstrukcijskem sklopu prišlo do difuzije vodne pare, lahko iz grafov razberemo v katerem sloju je prišlo do navlaževanja.

4.1.2 Računalniški program TOST [1]

TOST [1] je računalniški program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, pri čemer upošteva standard SIST EN ISO 13790 in TSG4. V TOST moramo vnesti podatke o stavbi, za katero bomo računali energetsko bilanco. Vhodne podatke za izračun sestavljajo splošni podatki (podatki o zemljini, upoštevanju toplotnih mostov, ogrevanju, hlajenju, topli vodi), klimatski podatki, ki jih določi program sam za lokacijo na kateri stoji obravnavana stavba in podatke o računskih podobdobjih, ki jih določimo glede na način uporabe (zasedenost) stavbe. Upošteevamo lahko tudi vpliv nočne izolacije in senčil, kot tudi osenčenost celotnega objekta. Obravnavano stavbo razdelimo na temperaturne cone, ki jih moramo v programu natančno opisati. Glede na vnešene vhodne podatke TOST skladno z zakonodajo izračuna energetsko bilanco stavbe. Rezultate poda tabelarično za vsako cono posebej in za stavbo kot celoto. Program nas obvesti tudi o tem, ali naš objekt izpolnjuje pogoje o uporabi obnovljivih virov energije. Podobno kot TEDI tudi programsko orodje TOST uporabnika takoj obvesti, ali rezultati predstavljajo energetsko učinkovito stavbo ali ne.

4.2 Vhodni podatki

S predpostavko, da je obravnavani objekt energetsko neučinkovit, sem s programom TOST najprej izračunal energetsko bilanco za obstoječe stanje. Vhodne podatke za izračun energetske bilance sem razbral iz načrtov stavbe (geometrijske podatke) [17], nekaj sem jih pridobil s terenskim ogledom in nekaj iz ustreznih standardov, ki jih kasneje v tekstu sproti navajam. Preostale vrednosti sem poiskal v navodilih za uporabo programa TOST [18], ali pa sem jih inženirsko ocenil.

4.2.1 Splošni podatki

Pod rubriko splošni podatki, ki se jih najprej vnese v program TOST, sem izbral upoštevanje mejnih vrednosti po 1. januarju 2015, ko so začele veljati strožje mejne vrednosti energetske učinkovitosti. Toplotne mostove sem upošteval v skladu s standardoma SIST EN ISO 13789 in SIST EN ISO 14683, za toplotno prevodnost zemljine pa sem upošteval vrednost 2,00 W/mK. Za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode sem upošteval podatke, ki jih prikazuje preglednica 12.

Preglednica 12: Vhodni podatki za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Energent	Daljinska toplota brez kogeneracije	Električna energija	Daljinska toplota brez kogeneracije
Učinkovitost sistemov			
Generacija	0,90	2,50	0,90
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,96	0,92	0,96

4.2.2 Klimatski podatki

Klimatski podatki so odvisni od lege stavbe (geografske širine, nadmorske višine ...). Moj obravnavani stanovanjski blok stoji v mestu Zagorje ob Savi, na koordinatah X = 110014 in Y = 500056. Tem koordinatam pripadajo klimatski podatki zbrani v preglednici 13 in podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih predstavljeni v preglednici 14.

Preglednica 13: Klimatski podatki za izbrano lokacijo

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-10
Povprečna letna temperatura (°C)	10
Letna sončna energija (kWh/m²)	1160
Trajanje ogrevalne sezone (dan)	245
Začetek ogrevalne sezone (dan)	260
Konec ogrevalne sezone (dan)	140

Preglednica 14: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	117	32	63	178	82	31
Februar	2,0	191	45	94	236	128	28

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 14

Marec	6,0	312	71	155	264	177	31
April	10,0	446	113	222	256	221	30
Maj	15,0	541	132	262	235	242	20
Junij	18,0	584	156	260	224	269	0
Julij	20,0	637	147	279	250	292	0
Avgust	19,0	530	115	243	269	256	0
September	15,0	370	87	174	264	185	13
Oktober	10,0	229	63	114	217	122	31
November	5,0	120	39	67	137	64	30
December	1,0	93	30	55	133	56	31
Ogrevalna sezona	6,1	2020	522	1018	1690	1091	245

4.2.3 Računska podobdobja

V tej rubriki lahko v programu upoštevamo spreminjanje zasedenosti stavbe v odvisnosti od časa (t.i. delovni urniki). Moj objekt je sestavljen iz stanovanjskega dela, ki se uporablja vsak dan v tednu in poslovnih prostorov, ki imajo svoj odpiralni čas. Poslovne prostore predstavlja več različnih enot (trgovine, lokali ...), vsaka z drugačnim delavnikom. Nekatere so odprte le od ponedeljka do petka, nekatere pa še v soboto. Zato sem poiskal neko povprečno število ur, ko so vsi poslovni prostori nezasedeni. V izračunih sem upošteval 36 ur nezasedenosti na vsak vikend v tednu, kar prinese 144 ur nezasedenosti v mesecih s štirimi vikendi in 180 ur nezasedenosti v mesecih s petimi vikendi.

4.2.4 Nočna izolacija in senčenje

Nočne izolacije pri izračunu za obstoječe stanje nisem upošteval, sem pa upošteval senčila za transparentne konstrukcijske sklope. Stavba kot senčila uporablja deloma žaluzije in deloma rolete. Uporabo obeh vrst senčenja sem upošteval v poletnih mesecih juniju, juliju in avgustu.

Če je objekt postavljen med gosto visoko pozidavo, je smiselno upoštevati, da ni 100 odstotno osončen [19]. Ta vpliv senčenja zajamemo s faktorjem osenčenosti objekta $F_{sh,ob}$, ki se ga izračuna skladno s standardom SIST EN ISO 13790 za vsako fasado posebej. V mojem primeru osenčenosti stavbe nisem upošteval, zato sem za faktor $F_{sh,ob}$ privzel vrednost 1.

4.2.5 Konstrukcijski sklopi (KS)

Toplotno prehodnost posameznih konstrukcijskih sklopov (KS) sem izračunal z računalniškim programom TEDI in s tem tudi preveril ustreznost konstrukcijskih sklopov v primerjavi z zahtevami vrednostmi podanimi v tehnični smernici TSG4. Vsak ustrezen konstrukcijski sklop mora zadostiti dvema pogojema. Ne sme presežati maksimalne vrednosti toplotne prevodnosti, ki je odvisna od vrste KS in v KS ne sme prihajati do kondenzacije vodne pare

oziroma če do nje pride, se mora le ta izsušiti v zakonsko predpisanem roku. Podatki o posameznih KS in njihovi ustreznosti so podani v preglednici 15. Izračuni kažejo, da skoraj vsi KS, razen medetažna konstrukcija med ogrevanimi prostori, ne izpolnjujejo zakonskih zahtev. KS so neustrezni s stališča prevelikega U faktorja, predolgega časa izsuševanja ali pa zaradi obeh razlogov hkrati. V preglednici 15 navedene KS oziroma njihove U faktorje sem uporabil tudi pri izračunih energetske bilance obstoječega stanja stavbe.

Preglednica 15: Podatki o posameznih konstrukcijskih sklopih

Konstrukcijski sklop	Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa U (W/m^2K)	Največja dovoljena toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa U_{max} (W/m^2K)	Nastajanje kondenza	Ustreznost konst. sklopa, opombe
Tla na terenu	4,778	0,350	Račun difuzije vodne pare ni potreben	NE , previsok U faktor
Zunanja stena proti terenu	4,011	0,300	Račun difuzije vodne pare ni potreben	NE , previsok U faktor
Zunanja stena nad terenom	0,997	0,280	Račun difuzije vodne pare ni potreben	NE , previsok U faktor
Tla nad neogrevanim prostorom (nad kletjo)	0,912	0,280	Prihaja do kondenzacije (čas izsuševanja: 43 dni)	NE , previsok U faktor
Tla nad neogrevanim prostorom (nad zunanostjo)	0,522	0,280	Prihaja do kondenzacije (čas izsuševanja: 50 dni)	NE , previsok U faktor
Stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori	0,921	1,350	Račun difuzije vodne pare ni potreben	DA

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 15

Predelna stena med ogrevanimi prostori iste stanovanjske enote	2,235	Ni omejitve	Račun difuzije vodne pare ni potreben	/
Stena med ogrevanimi prostori različnih stanovanjskih enot	2,459	0,900	Račun difuzije vodne pare ni potreben	NE, previsok <i>U</i> faktor
Strop proti neogrevanemu prostoru (proti podstrešju)	0,630	0,200	Prihaja do kondenzacije	NE, previsok <i>U</i> faktor
Streha nad neogrevanim prostorom (nad podstrešjem)	1,376	Ni omejitve	Račun difuzije vodne pare ni potreben	/
Streha nad ogrevanim prostorom (nad stanovanji)	0,325	0,200	Prihaja do kondenzacije (čas izsuševanja: 92 dni)	NE, previsok <i>U</i> faktor in prevelik čas izsuševanja

4.2.6 Podatki o conah

Če je objekt razdeljen na dele, ki se ogrevajo ali hladijo na različno temperaturo, ga je za izračun energetske bilance potrebno razdeliti na temperaturne cone. Temperaturna cona je lahko tudi del stavbe, ki se uporablja izrazito drugače kot ostala stavba, vendar se ogreva ali hladi na enako temperaturo. Prostore razdelimo na temperaturne cone takrat, ko je razlika v projektni temperaturi večja kot 4 K [20]. Računa se energetska bilanca vsake cone posebej, na koncu se bilance con seštejejo.

Svojo stavbo sem razdelil na 5 različnih temperaturnih con. Tri različno ogrevane temperaturne cone in dve neogrevani coni.

4.2.6.1 1. temperaturna cona (ogrevana): Stanovanja

V prvo temperaturno cono, ki je ogrevana, sem zbral vsa stanovanja v stavbi. V pritličju sta dve stanovanji, v prvih treh nadstropjih je po pet stanovanj, v četrtem pa sta zopet dve stanovanji. Osnovni podatki o tej coni so zbrani v preglednici 16.

Preglednica 16: Osnovni podatki za 1. temperaturno cono

Cona	1. ogrevana cona: Stanovanja	
Neto prostornina cone (m^3)	4582,13	
Uporabna površina cone (m^2)	1309,18	
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Težka	
Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	340,39	
	Dan	Vikend
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} ($^{\circ}C$)	21,0	21,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} ($^{\circ}C$)	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov ϕ_i (W)	5237	5237

Podatke o prezračevanju sem prikazal v preglednici 17.

Preglednica 17: Podatki o prezračevanju za 1. temperaturno cono

Vhodni podatki/Podobdobje	Dan	Vikend
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})	0,70	0,70
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h^{-1})	0,50	0,50

Podatki o zunanji steni in strehi so zbrani v preglednici 18. Pri zunanji steni sem upošteval toplotni most z linijsko toplotno prehodnostjo $\Psi = 0,95$ W/mK na dolžini 95,40 metrov, kar predstavlja dolžino vseh balkonov. Podatek o linijski toplotni prehodnosti Ψ sem poiskal v standardu SIST EN ISO 14683 [21].

Preglednica 18: Podatki o zunanji steni in strehi za 1. temperaturno cono

Konstrukcijski sklop/Vhodni podatki	Površina netransparentnega dela A (m^2)	Toplotna prehodnost U (W/m^2K)
Zunanja stena	549,38	0,997
Streha	66,19	0,325

Okna, ki so vgrajena v stavbo že od izgradnje same, so lesena z dvojno zasteklitvijo. Ta sem poimenoval stara okna. Veliko stanovalcev pa je v preteklosti že zamenjalo okna. Vsa okna, ki so bila že nekoč zamenjana sem združil v eno skupino in jih poimenoval nova okna. Ker bi bilo praktično nemogoče za vsako okno posebej dobiti podatke o njegovih lastnostih, sem naredil poenastavitev. Preštel sem koliko oken je starih in koliko novih, da sem dobil

posamezne površine, ostale lastnosti pa sem inženirsko ocenil s pomočjo podatkov o značilnih zasteklitvah, ki so podani v navodilih za uporabo programa TOST. Površina oken ki ima horizontalno orientacijo predstavlja strešna okna. Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ sem izračunal po enačbi (1) [18]:

$$g_{gl+sh,w} = g_w \times g_s \quad (1)$$

kjer je g_w prehod celotnega sončnega sevanja skozi zasteklitev in g_s prehod celotnega sončnega sevanja skozi senčila. Podatke sem zbral v preglednici 19.

Preglednica 19: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 1. temperaturno cono

Vhodni podatki/Vrsta oken	Stara	Nova
Površina A_w (m ²): horiz.	7,61	/
Površina A_w (m ²): sever	12,60	8,96
Površina A_w (m ²): vzhod	18,76	7,28
Površina A_w (m ²): jug	9,24	7,28
Površina A_w (m ²): zahod	68,24	35,40
Toplotna prehodnost U_w (W/m ² K)	2,60	2,00
Prehod celotnega sončnega sevanja $g_{gl,w}$ (-)	0,76	0,58
Faktor okvirja $F_{F,w}$ (-)	0,20	0,20
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ (-): dan	0,15	0,09
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ (-): vikend	0,15	0,09

Vhodne podatke o konstrukcijskem sklopu tla nad terenom prikazuje preglednica 20.

Preglednica 20: Podatki o tleh nad terenom za 1. temperaturno cono

Vhodni podatki/Konstrukcijski sklop	Tla nad terenom
Debelina zunanje stene nad terenom d_f (m)	0,34
Površina tal A_f (m ²)	92,53
Izpostavljen obseg tal P (m)	10,89
Toplotna prehodnost dvignjenega dela tal U_f (W/m ² K)	0,522
Povprečna hitrost vetra na višini 10 m v_w (m/s)	0,60
Koeficient zaščite proti vetru e (-)	1,00

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 20

Površina prezračevalnih odprtih na dolžino obsega podprostora μ (m²/m)	1,09
Povprečna višina zgornje ravnine dvignjenih tal nad nivojem zunanlega terena h (m)	4,10
Toplotna prehodnost zidov podprostora nad nivojem terena U_w (W/m²K)	0,997

Predelne elemente med posameznimi conami sestavljajo različne predelne stene in medetažne konstrukcije, ki imajo lahko različne toplotne prehodnosti. Ker lahko v program TOST podamo samo eno vrednost toplotne prehodnosti, sem za sestavljene predelne elemente izračunal uravnotežene povprečne toplotne prehodnosti z enačbo (2) [18]:

$$U = (U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2 + \dots + U_n \times A_n) / \sum_{i=1}^n A_i \quad (2)$$

Podatki o predelnih elementih med različnimi toplotnimi conami so zbrani v preglednici 21.

Preglednica 21: Podatki o predelnih elementih za 1. temperaturno cono (netransparentni del)

Predelni element/Vhodni podatki	Površina A (m²)	Toplotna prehodnost U (W/m²K)
Predelni element proti 2. ogrevani coni	293,04	0,644
Predelni element proti 3. ogrevani coni	287,56	2,459
Predelni element proti 1. neogrevani coni	377,10	0,987
Predelni element proti neogrevani coni z neogrevano kletjo	0,00	0,000

Za število dni zagotavljanja tople vode sem vzel 365 dni. Za vrednost gostote moči svetilk pa kar maksimalno dovoljeno vrednost po PURES 2010 za večstanovanjski tip stavbe 8 W/m².

4.2.6.2 2. temperaturna cona (ogrevana): Poslovni prostori

2. ogrevano cono predstavljajo vsi poslovni prostori v stavbi. To sta dva gostinjska lokala, izdelovalnica ključev in frizerski studio, ki se nahajajo v kletnih prostorih ter trgovina in odvetniška pisarna v pritličju stavbe. Osnovne podatke o tej coni sem zbral v preglednici 22.

Preglednica 22: Osnovni podatki za 2. temperaturno cono

Cona	2. ogrevana cona: Poslovni prostori	
Neto prostornina cone (m ³)	1603,86	
Uporabna površina cone (m ²)	333,70	
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Srednja	
Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	55,06	
	Dan	Vikend
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} (°C)	21,0	18,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} (°C)	24,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov ϕ_i (W)	3337	667

Podatke o prezračevanju sem prikazal v preglednici 23.

Preglednica 23: Podatki o prezračevanju za 2. temperaturno cono

Vhodni podatki/Podobdobje	Dan	Vikend
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h ⁻¹)	0,70	0,30
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h ⁻¹)	0,50	0,20

Podatki o zunanji steni so zbrani v preglednici 24. Toplotnih mostov v tej coni nisem upošteval.

Preglednica 24: Podatki o zunanji steni za 2. temperaturno cono

Konstrukcijski sklop/Vhodni podatki	Površina netransparentnega dela A (m ²)	Toplotna prehodnost U (W/m ² K)
Zunanja stena	260,66	0,997

Tudi pri tej temperaturni coni sem transparentne konstrukcijske sklope razdelil na stare in nove. Starim oknom sem v tem primeru povečal toplotno prehodnost, saj imajo ta okna kovinski okvir, ki ima slabše toplotno-izolativne lastnosti. Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih so prikazani v preglednici 25.

Preglednica 25: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 2. temperaturno cono

Vhodni podatki/Vrsta oken	Stara	Nova
Površina A_w (m ²): sever	64,70	/
Površina A_w (m ²): vzhod	9,24	8,96
Površina A_w (m ²): jug	46,78	11,40
Površina A_w (m ²): zahod	94,80	/
Toplotna prehodnost U_w (W/m ² K)	4,00	2,00
Prehod celotnega sončnega sevanja $g_{gl,w}$ (-)	0,76	0,58
Faktor okvirja $F_{F,w}$ (-)	0,20	0,20
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ (-): dan	0,76	0,58
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ (-): vikend	0,76	0,58

Vhodne podatke o konstrukcijskem sklopu tla na terenu za 2. ogrevano cono prikazuje preglednica 26.

Preglednica 26: Podatki o tleh na terenu za 2. temperaturno cono

Vhodni podatki/Konstrukcijski sklop	Tla na terenu
Debelina zunanje stene nad terenom d_f (m)	0,34
Površina tal A_f (m ²)	206,12
Izpostavljen obseg tal P (m)	46,04
Skupni toplotni upor tal $R_{f,t}$ (m ² K/W)	0,209

Vhodne podatke o konstrukcijskem sklopu tla nad terenom prikazuje preglednica 27.

Preglednica 27: Podatki o tleh nad terenom za 2. temperaturno cono

Vhodni podatki/Konstrukcijski sklop	Tla nad terenom
Debelina zunanje stene nad terenom d_f (m)	0,34
Površina tal A_f (m ²)	5,53
Izpostavljen obseg tal P (m)	8,60
Toplotna prehodnost dvignjenega dela tal U_f (W/m ² K)	0,522
Povprečna hitrost vetra na višini 10 m v_w (m/s)	0,60

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 27

Koeficient zaščite proti vetru e (-)	1,00
Površina prezračevalnih odprtih na dolžino obsega podprostora μ (m^2/m)	1,38
Povprečna višina zgornje ravnine dvignjenih tal nad nivojem zunanjega terena h (m)	4,10
Toplotna prehodnost zidov podprostora nad nivojem terena U_w (W/m^2K)	0,997

Podatki o predelnih elementih med različnimi toplotnimi conami so zbrani v preglednici 28.

Preglednica 28: Podatki o predelnih elementih za 2. temperaturno cono (netransparentni del)

Predelni element/Vhodni podatki	Površina A (m^2)	Toplotna prehodnost U (W/m^2K)
Predelni element proti 1. ogrevani coni	293,04	0,644
Predelni element proti 3. ogrevani coni	148,01	2,459
Predelni element proti 1. neogrevani coni	0,00	0,000
Predelni element proti neogrevani coni z neogrevano kletjo	62,32	1,575

Za število dni zagotavljanja tople vode sem vzel 313 dni, za vrednost gostote moči svetilk pa vrednost $10 W/m^2$.

4.2.6.3 3. temperaturna cona (ogrevana): Stopnišča in hodniki

V 3. ogrevano cono sem združil stopnišča in hodnike, ki med seboj povezujejo posamezne dele stavbe. Vhod do stanovanjskega dela predstavljajo tri ločena vertikalna stopnišča. Osnovni podatki o tej coni so zbrani v preglednici 29.

Preglednica 29: Osnovni podatki za 3. temperaturno cono

Cona	3. ogrevana cona: Stopnišča in hodniki
Neto prostornina cone (m^3)	729,12
Uporabna površina cone (m^2)	188,16
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Težka
Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	48,92

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 29

	Dan	Vikend
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} (°C)	16,0	16,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} (°C)	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov ϕ_i (W)	188	188

Podatke o prezračevanju sem prikazal v preglednici 30.

Preglednica 30: Podatki o prezračevanju za 3. temperaturno cono

Vhodni podatki/Podobdobje	Dan	Vikend
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h ⁻¹)	1,00	1,00
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h ⁻¹)	0,50	0,50

Vhodni podatki o netransparentnem delu zunanje stene so zbrani v preglednici 31.

Preglednica 31: Podatki o zunanji steni za 3. temperaturno cono

Konstrukcijski sklop/Vhodni podatki	Površina netransparentnega dela A (m ²)	Toplotna prehodnost U (W/m ² K)
Zunanja stena	192,56	0,997

V tej coni so vsa okna starejša, zato jih nisem delil na stara in nova. Vrata v spodnji preglednici predstavljajo vhodna vrata vseh treh stopnjišč. Ta so lesena z enojno zasteklitvijo, zato je njihov koeficient toplotne prehodnosti visok. Lastnosti transparentnih konstrukcijskih sklopov so podane v preglednici 32.

Preglednica 32: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 3. temperaturno cono

Vhodni podatki/Okna, Vrata	Okna	Vrata
Površina A_w (m ²): sever	7,00	/
Površina A_w (m ²): vzhod	5,88	21,75
Površina A_w (m ²): jug	5,04	3,00
Toplotna prehodnost U_w (W/m ² K)	2,60	6,00
Prehod celotnega sončnega sevanja $g_{gl,w}$ (-)	0,76	0,85

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 32

Faktor okvirja $F_{F,w}$ (-)	0,20	0,20
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ (-): dan	0,76	0,85
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ (-): vikend	0,76	0,85

Vhodne podatke o konstrukcijskem sklopu tla na terenu za 3. ogrevano cono prikazuje preglednica 33.

Preglednica 33: Podatki o tleh na terenu za 3. temperaturno cono

Vhodni podatki/Konstrukcijski sklop	Tla na terenu
Debelina zunanje stene nad terenom d_f (m)	0,34
Površina tal A_f (m²)	35,28
Izpostavljen obseg tal P (m)	12,00
Skupni toplotni upor tal $R_{f,t}$ (m²K/W)	0,209

Podatki o predelnih elementih med različnimi toplotnimi conami so zbrani v preglednici 34.

Preglednica 34: Podatki o predelnih elementih za 3. temperaturno cono (netransparentni del)

Predelni element/Vhodni podatki	Površina A (m²)	Toplotna prehodnost U (W/m²K)
Predelni element proti 1. ogrevani coni	287,56	2,459
Predelni element proti 2. ogrevani coni	148,01	2,459
Predelni element proti 1. neogrevani coni	35,28	0,630
Predelni element proti neogrevani coni z neogrevano kletjo	33,75	2,459

Za to temperaturno cono ni potrebno zagotavljati tople vode. Za vrednost gostote moči svetilk sem vzel vrednost 6 W/m².

4.2.6.4 4. temperaturna cona (neogrevana): Podstrešje

4. temperaturna cona je neogrevana in vključuje podstrešje. V programu TOST je poimenovana 1. neogrevana cona. Osnovni podatki o tej coni so zbrani v preglednici 35.

Preglednica 35: Osnovni podatki za 4. temperaturno cono

Cona	1. neogrevana cona: Podstrešje
Neto prostornina cone (m ³)	355,80
Uporabna površina cone (m ²)	328,57

Lastnosti prezračevanja zajema spodnja preglednica 36.

Preglednica 36: Podatki o prezračevanju za 4. temperaturno cono

Vhodni podatki/Podobdobje	Dan	Vikend
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h ⁻¹)	5,00	5,00
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h ⁻¹)	0,50	0,50

Podatki o zunanji steni (le netransparenten del) in strehi so zbrani v preglednici 37.

Preglednica 37: Podatki o zunanji steni in strehi za 4. temperaturno cono

Konstrukcijski sklop/Vhodni podatki	Površina netransparentnega dela A (m ²)	Toplotna prehodnost U (W/m ² K)
Zunanja stena	111,01	0,997
Streha	272,59	1,376

Transparentnih konstrukcijskih sklopov kot tudi tal na terenu ali nad terenom na podstrešju ni. Podatke o predelnih elementih proti ostalim temperaturnim conam sem podal v preglednici 38.

Preglednica 38: Podatki o predelnih elementih za 4. temperaturno cono (netransparentni del)

Predelni element/Vhodni podatki	Površina A (m ²)	Toplotna prehodnost U (W/m ² K)
Predelni element proti 1. ogrevani coni	377,10	0,987
Predelni element proti 2. ogrevani coni	0,00	0,000
Predelni element proti 3. ogrevani coni	35,28	0,630
Predelni element proti neogrevani coni z neogrevano kletjo	0,00	0,000

Uporabo tople vode in razsvetljavo sem v tej coni zanemaril.

4.2.6.5 5. temperaturna cona (neogrevana): Klet

Zadnjo 5. temperaturno cono predstavlja klet. Je neogrevana. Sestavljajo jo posamezne manjše kletne enote in kolesarnica. V programu TOST je ta cona poimenovana kot neogrevana cona z neogrevano kletjo. Osnovne podatke o tej coni prikazuje preglednica 39.

Preglednica 39: Osnovni podatki za 5. temperaturno cono

Cona	Neogrevana cona z neogrevano kletjo
Neto prostornina cone (m ³)	443,99
Uporabna površina cone (m ²)	95,10

Lastnosti o prezračevanju zajema spodnja preglednica 40.

Preglednica 40: Podatki o prezračevanju za 5. temperaturno cono

Vhodni podatki/Podobdobje	Dan	Vikend
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h ⁻¹)	0,50	0,50
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h ⁻¹)	0,50	0,50

Podatki o zunanji steni (le netransparenten del) in strehi so zbrani v preglednici 41. Toplotni upor dela stene, ki je v stiku z zemljino $R_{b,w,t}$ znaša 0,249 m²K/W.

Preglednica 41: Podatki o zunanji steni in strehi za 5. temperaturno cono

Konstrukcijski sklop/Vhodni podatki	Površina netransparentnega dela A (m ²)	Toplotna prehodnost U (W/m ² K)
Zunanja stena	181,77	0,997
Streha	41,45	1,376

Preglednica 42 prikazuje vhodne podatke o transparentnih konstrukcijskih sklopih.

Preglednica 42: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 5. temperaturno cono

Vhodni podatki/Vrata	Vrata
Površina A_w (m ²): sever	3,00
Toplotna prehodnost U_w (W/m ² K)	6,00
Prehod celotnega sončnega sevanja $g_{gl,w}$ (-)	0,85
Faktor okvirja $F_{F,w}$ (-)	0,20

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 42

Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}(-)$: dan	0,85
Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}(-)$: vikend	0,85

Spodnja preglednica 43 prikazuje vhodne podatke o tleh kleti.

Preglednica 43: Podatki o tleh za 5. temperaturno cono

Vhodni podatki/Konstruktivski sklop	Tla kleti
Debelina zunanje stene nad terenom d_f (m)	0,34
Površina tal A_f (m ²)	95,10
Izpostavljen obseg tal P (m)	28,90
Toplotna prehodnost zunanje stene kleti nad terenom (W/m ² K)	0,997
Toplotna prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo (W/m ² K)	0,912
Skupni toplotni upor tal $R_{bf,t}$ (m ² K/W)	0,209
Globina tal kleti pod nivojem terena (m)	3,30
Povprečna višina zgornje ravnine dvignjenih tal nad nivojem zunanjega terena h (m)	0,00

Podatke o predelnih elementih proti ostalimi temperaturnimi conami sem podal v preglednici 44.

Preglednica 44: Podatki o predelnih elementih za 5. temperaturno cono (netransparentni del)

Predelni element/Vhodni podatki	Površina A (m ²)	Toplotna prehodnost U (W/m ² K)
Predelni element proti 1. ogrevani coni	0,00	0,000
Predelni element proti 2. ogrevani coni	62,32	1,575
Predelni element proti 3. ogrevani coni	33,75	2,459
Predelni element proti 1. neogrevani coni	0,00	0,000

V kleti ni porabe tople vode, za gostoto moči svetilk pa sem vzel vrednost 8 W/m².

4.3 Rezultati energetske analize obstoječega stanja obravnavane stavbe

4.3.1 Izračun energetske bilance obstoječega stanja

Energetsko bilanco stavbe predstavljajo toplotne izgube in toplotni dobitki (korigirani s faktorjem izkoristka η). Toplotne izgube delimo na transmisijske Q_T in prezračevalne Q_V , toplotne dobitke pa sestavljajo notranji Q_I in solarni dobitki Q_S .

Solarni dobitki so dobitki zaradi sončnega obsevanja stavbe in so odvisni od površine zasteklitve, tipa zasteklitve, orientacije zasteklitve in osončenosti zasteklitve. Notranje dobitke predstavljajo ljudje in naprave, ki oddajajo toploto. Med notranje dobitke ne spadajo naprave katerih primarni namen je ogrevanje ali hlajenje.

Transmisijske izgube so toplotne izgube preko stavbnega ovoja, transparentnega in netransparentnega dela, v zunanost. Odvisne so od toplotne prehodnosti, površine ovoja stavbe in temperaturne razlike med notranjostjo in zunanostjo. Pomemben vpliv na velikost transmisijskih izgub imajo tudi toplotni mostovi. Toplotni most se pojavi na mestu, kjer je na stavbnem ovoju prekinjena ali oslABLjena toplotna izolacija. Na tem mestu se zato pojavi večji toplotni tok skozi konstrukcijski sklop. Ventilacijske izgube so toplotne izgube zaradi prezračevanja. Prezračevanje stavbe je lahko naravno z odpiranjem oken (vrat), mehansko, kjer zamenjujemo notranji zrak z zunanjim s pomočjo naprave za prezračevanje, ali pa hibridno prezračevanje, ki predstavlja kombinacijo naravnega in mehanskega prezračevanja. Katero vrsto prezračevanja uporabljamo ni tako pomembno, kot je pomembno to, da v stavbi redno zagotavljamo dovolj svežega zraka.

Programsko orodje TOST kot rezultat poda izračun energetske bilance in ga primerja skladno s slovenskim pravilnikom PURES-om 2010. TOST izračuna skupno neto uporabno površino, kondicionirano prostornino, površino toplotnega ovoja stavbe in oblikovni faktor stavbe (preglednica 45).

Preglednica 45: Podatki o neto uporabni površini, kondicionirani prostornini, površini toplotnega ovoja stavbe in oblikovnem faktorju

Neto uporabna površina stavbe A_u (m^2)	1831,04
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m^3)	6915,11
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m^2)	2370,62
Oblikovni faktor $f_o = A / V_e$ (m^{-1})	0,34

Vrednosti, ki jih TOST izračuna in primerja s predpisanimi, so koeficient specifičnih transmisijskih izgub H'_T , letna raba primarne energije Q_P , letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} in letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (preglednica 46).

Koeficient specifičnih transmisijskih izgub H'_T , ki je razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T in celotno zunanjo površino stavbe A , ne sme presežati vrednosti izračunanih po enačbi (3) [3]:

$$H'_T < 0,28 + T_L/300 + 0,04/f_o + z/4 \quad (W/m^2K) \quad (3)$$

kjer je T_L povprečna letna temperatura na lokaciji, f_o faktor oblike in z razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja stavbe.

Maksimalna dovoljena letna poraba toplote za ogrevanje na enoto uporabne površine za stanovanjske stavbe (za nestanovanjske stavbe je na enoto prostornine) ne sme presegati vrednosti na desni strani spodnje neenačbe (4) [3]:

$$Q_{NH}/A_u \leq 45 + 60f_o - 4,4T_L \text{ (kWh/m}^2\text{a)} \quad (4)$$

Maksimalen dovoljen letni potreben hlad za hlajenje na enoto uporabne površine za stanovanjske stavbe (za nestanovanjske stavbe maksimalna poraba hlada za hlajenje ni omejena) je omejen z izrazom (5) [3]:

$$Q_{ND}/A_u \leq 50 \text{ (kWh/m}^2\text{a)} \quad (5)$$

Največja dovoljena letna poraba primarne energije na enoto uporabne površine za delovanje sistemov v stanovanjski stavbi (maksimalna poraba primarne energije za nestanovanjske stavbe ni omejena) je določena z izrazom (6) [3]:

$$Q_P/A_u \leq 200 + 1,1(60f_o - 4,4T_L) \text{ (kWh/m}^2\text{a)} \quad (6)$$

Potrebna letna primarna energija za delovanje stavbe se določi tako, da se letna potrebna dovedena energija za ogrevanje, pripravo tople vode, hlajenje in delovanje naprav v stavbi pomnoži s faktorjem pretvorbe, ki so določeni v skladu s TSG4.

Preglednica 46: Izračunana energetska bilanca stavbe za obstoječe stanje

		Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisij toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m²K)		1,26	0,48
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)		552449	310832
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		303189	38317
Letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		21909	91552
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m²a)	165,58	21,57
	Q_{NH}/V_e (kWh/m³a)	43,84	-

Podatke o izgubah in dobitkih za celotno stavbo, ki jih izračuna TOST, sem prikazal v preglednici 47.

Preglednica 47: Izgube in dobitki za celotno stavbo pri obstoječem stanju

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	173,96	22,09
Ventilacijske izgube	64,47	3,73
Skupne izgube	238,43	25,82
Notranji dobitki	33,57	5,55
Solarni dobitki	50,05	22,45
Skupni dobitki	83,62	28,01

Vrednosti potrebne, končne in primarne energije za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljava za celotno stavbo sem zbral v preglednici 48.

Preglednica 48: Podatki o potrebni, končni in primarni energiji pri obstoječem stanju za celotno stavbo

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
Potrebna	165,58	11,97	9,75	10,44	202,42
Končna	198,90	5,43	11,71	10,44	231,61
Primarna	238,68	13,57	14,05	26,10	301,71

Program med rezultati poda tudi vrednosti letnih izpustov CO₂ za delovanje sistemov stavbe (preglednica 49). Te se določijo na podlagi podatkov za specifične izpuste CO₂ za posamezne vire energije, tako da se letna potrebna primarna energija za delovanje sistemov, izračunana za posamezen vir energije, pomnoži s pripadajočim podatkom za specifične izpuste CO₂, ki je določen v TSG4, in se vrednosti seštejejo.

Preglednica 49: Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO₂ za delovanje sistemov stavbe pri obstoječem stanju

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p/A_u (kWh/m²a)	301,71
Letni izpusti CO₂ (kg)	146649
Letni izpusti CO₂ na enoto uporabne površine (kg/m²a)	80,09

Energijska učinkovitost stavbe je dosežena, če so poleg zahtev po omejitvi porabe energije za ogrevanje, hlajenje in omejitvi primarne energije ter koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, izpolnjene tudi zahteve po uporabi obnovljivih virov energije, ki sem jih navedel v 2. poglavju.

Moja obravnavana stavba za ogrevanje in pripravo tople vode uporablja daljinsko ogrevanje. Energija se proizvaja izključno s kurjenjem lesne biomase, kar izpolnjuje zakonske zahteve po uporabi obnovljivih virov.

4.3.2 Analiza rezultatov izračuna energetske bilance za obstoječe stanje

Rezultati energetske bilance obstoječega stanja kažejo, da stavba porabi letno preveč primarne energije kot tudi toplote za ogrevanje. Tudi koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub je več kot dvakrat večji od dovoljenega. Mejnih vrednosti ne presega le letni potrebni hlad za hlajenje, ki je daleč pod največjimi dovoljenimi vrednostmi, saj je primarni vir porabe energije ogrevanje stavbe. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine stavbe znaša $165,58 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar je zelo veliko, saj je največja dovoljena vrednost $21,57 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Iz preglednice 47 lahko vidimo da so velike ventilacijske izgube stavbe, ki jih lahko pripišemo načinu in režimu prezračevanja. Največji vpliv pa imajo transmisijske izgube, ki predstavljajo večino toplotnih izgub stavbe. Te so posledica zelo slabe toplotne izolacije stavbnega ovoja in slabe toplotne izolativnosti stavbnega pohištva.

Ker je stavba v glavnem oskrbovana z daljinskim ogrevanjem, pri čemer se energija v celoti proizvaja iz lesne biomase, pomeni, da izpolnjuje pogoje o uporabi obnovljivih virov energije. Vendar kljub temu **objekt ni energetsko učinkovit**, saj ne izpolnjuje pogojev o maksimalnih dovoljenih vrednosti porabe letne toplote za ogrevanje, letne porabe primarne energije in koeficienta specifičnih transmisijских toplotnih izgub.

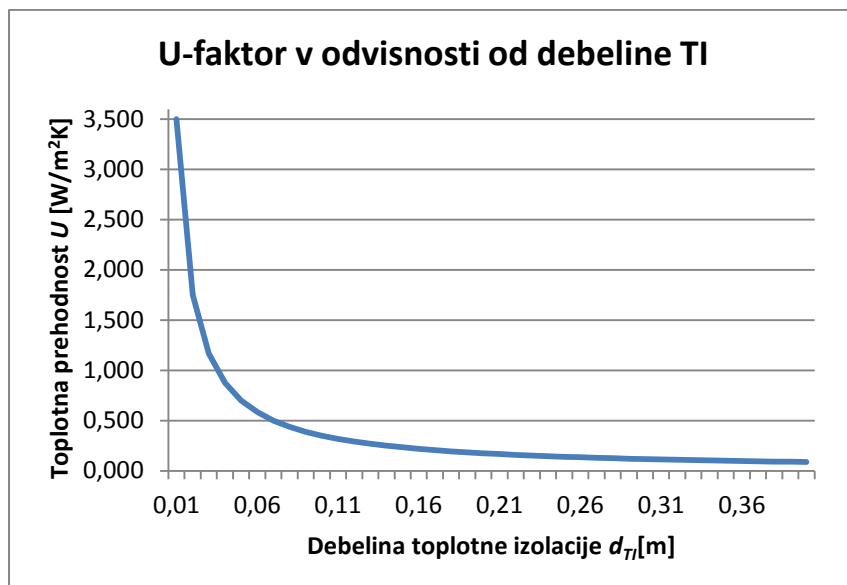
5 UKREPI ZA ZMANJŠANJE POTREBE PO ENERGIJI V STAVBI

Izračun energetske bilance obstoječega stanja je po pričakovanjih pokazal, da je stavba trenutno energetske neučinkovita. Da bi zmanjšal njeno potrebo po energiji, sem za različne ukrepe ponovno izračunal energetsko bilanco in preveril, kako posamezen ukrep vpliva na porabo energije v stavbi.

Ker sem opazil, da ima stavba velike transmisijske izgube toplote skozi stavbni ovoj, sem najprej preveril vpliv izboljšanja toplotno izolativnih lasnosti posameznih konstrukcijskih sklopov in transparentnih površin. Nato sem preveril še vpliv prezračevanja, notranjih projektnih temperatur in nočne izolacije. Na koncu sem energetsko bilanco stavbe izračunal še za primer, ko balkonske površine preuredim v steklenjake. Energetske bilanco stavbe sem sproti izračunaval za vsak ukrep posebej in primerjal rezultate z izračuni obstoječega stanja. Na letni potrebni hlad za hlajenje, ki je že v izračunih za obstoječe stanje daleč pod največjimi dovoljenimi vrednostmi, ukrepi ne vplivajo veliko, zato sem se pri obravnavi ukrepov osredotočil na primerjavo letne potrebne toplote za ogrevanje.

5.1 Spremembe toplotne izolacije (TI) netransparentnih delov stavbe

Če povečamo debelino toplotne izolacije (TI) na konstrukcijskem sklopu, znižamo toplotno prehodnost le tega. S tem zmanjšamo transmisijske izgube in tako znižamo letno porabo toplote za ogrevanje. Vendar se je potrebno zavedati, da se ne splača večati debeline toplotne izolacije do ekstremnih vrednosti, saj cena izolacije raste linearno z večanjem debeline izolacije, toplotna prehodnost (U -faktor) pa pada obratno sorazmerno z debelino, kar prikazuje grafikon 1. Pridemo do točke (različne za različne izolacije), ko večanje debeline s finančnega stališča ni več smiselno, ker je prihranek energije za ogrevanje premajhen. Približna vrednost največje debeline toplotne izolacije, ki se nam jo še splača uporabiti je 25 cm [22]. Po drugi strani pa ni pametno namestiti najmanjših debelin toplotne izolacije, ki še izpolnjujejo pogoje iz zakonodaje, saj s tem v večini primerov ne dosežemo optimizirane rešitve. Na podlagi tega in mejnih vrednosti U faktorja po TSG4, sem za vsak konstrukcijski sklop pripravil tabelo različnih debelin toplotne izolacije. Za vsako debelino posebej sem podal pripadajočo letno porabo toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in izračunal spremembo, ki jo naredi posamezna debelina toplotne izolacije oziroma odstotek zmanjšanja porabe energije za ogrevanje.

Grafikon 1: Toplotna prehodnost U v odvisnosti od debeline toplotne izolacije

5.1.1 1. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije zunanje stene

Zunanjo steno je smiselno dodatno toplotno izolirati, saj je debelina obstoječe izolacije le dva centimetra in je zato njena toplotna prehodnost U bistveno večja kot največja dopustna vrednost po TSG4. Na zunanjo steno oziroma fasado sem na že obstoječo 2 cm debelo plast toplotne izolacije iz stiroporja posamezno dodajal še dodatno plast enakega stiropora ($\lambda = 0,039$ W/mK) različnih debelin. Za vsako debelino toplotne izolacije sem sproti izračunal energetsko bilanco (preglednica 50). Za boljše preglednost sem rezultate prikazal tudi s stolpičnim diagramom (grafikon 2). Toplotna prehodnost zunanje stene znaša $0,997$ W/m²K. Da zadostimo zakonskim zahtevam po največjem dovoljenem U faktorju, ki znaša $0,280$ W/m²K, moramo povečati debelino toplotne izolacije na vsaj 12 cm, kar prinese kar 20,64 odstotno zmanjšanje letne potrebne toplote za ogrevanje.

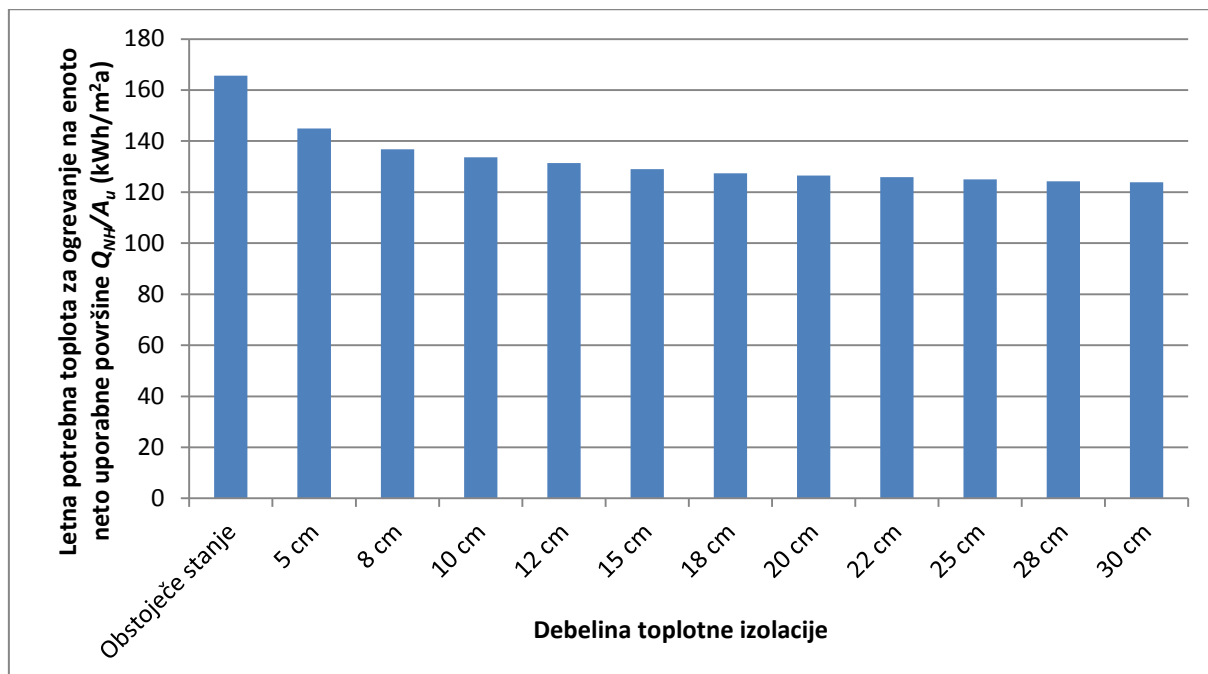
Preglednica 50: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na zunanji steni

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (2 cm)	165,58	0
5 cm	144,94	12,47
8 cm	136,82	17,37
10 cm	133,63	19,30
12 cm	131,40	20,64
15 cm	129,07	22,05
18 cm	127,41	23,05
20 cm	126,56	23,57
22 cm	125,85	23,99

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 50

25 cm	125,00	24,51
28 cm	124,29	24,94
30 cm	123,91	25,17



Grafikon 2: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na zunanji steni

Rezultati energetske bilance kažejo, da lahko s prenovo fasadnega ovoja močno zmanjšamo letno potrebno toploto za ogrevanje. To pa zato, ker je trenutno fasada zelo slabo izolirana, s svojo površino pa predstavlja pomemben faktor pri izmenjavi toplote z okolico. Sedanja fasada ima čez plast toplotne izolacije dano plast opeke, ki daje stavbi poseben izgled. Ta pa je za mesto zelo pomemben, saj stavba stoji v neposredni bližini centra mesta, in je v interesu, da se zunanji izgled stavbe ob prenovi ohrani. Zato bi bila prenova fasade nekoliko zahtevnejša oziroma dražja kot sicer. Lahko bi se opeko na fasadi odstranilo in po dodani toplotni izolaciji vrnilo na fasado, ali pa bi namesto stare debele opeke (12 cm) uporabili dekorativno fasadno oblogo z opečnimi ploščami v izgledu opeke (debeline 2 cm) [23], ki je na videz popolnoma enaka (slika 8).



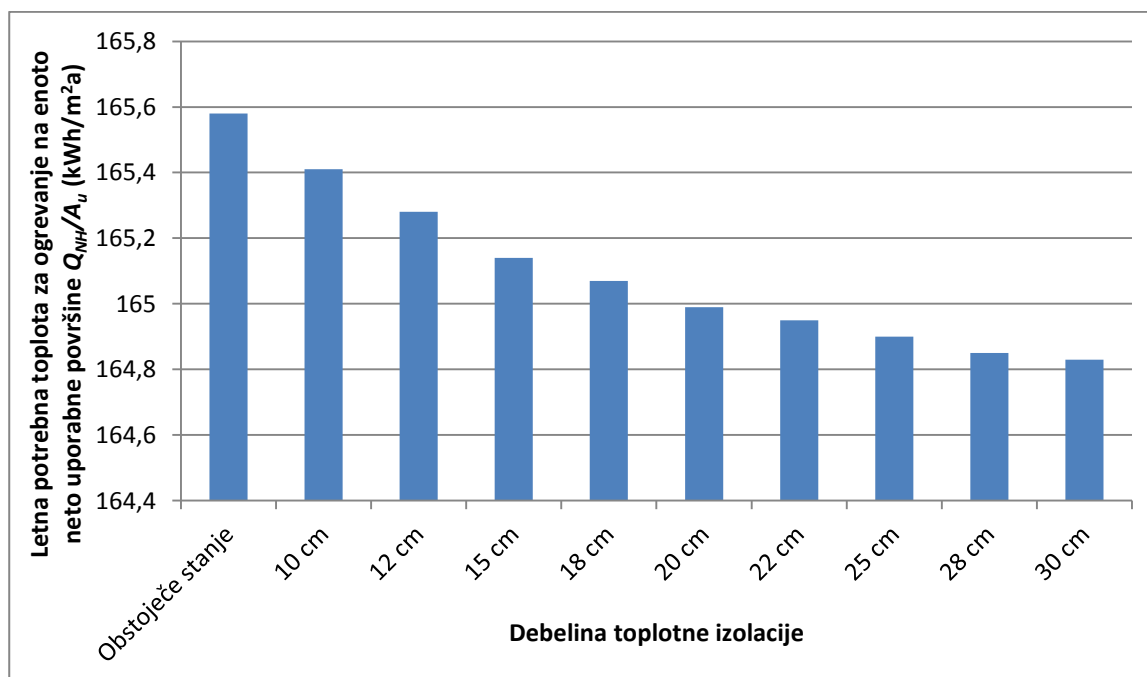
Slika 8: Dekorativne opečne plošče v izgledu opeke [23]

5.1.2 2. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije strehe

Pri tem ukrepu sem povečal debelino strehe, ki pokriva le ogrevana stanovanja. Trenutno konstrukcijski sklop strehe vsebuje 8 cm kamene volne s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,034$ W/mK. Z ukrepom sem dodajal enako izolacijo različnih debelin in sproti preverjal učinek le te (preglednica 51 in grafikon 3). Toplotna prehodnost strehe znaša $0,325$ W/m²K. Vrednost $0,200$ W/m²K, ki predstavlja mejno vrednost po TSG4, dosežemo, če dodamo vsaj še 7 cm kamene volne (skupno 15 cm). To prinese $0,27$ odstotno zmanjšanje letne porabe toplote za ogrevanje.

Preglednica 51: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na strehi

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (8 cm)	165,58	0
10 cm	165,41	0,10
12 cm	165,28	0,18
15 cm	165,14	0,27
18 cm	165,07	0,31
20 cm	164,99	0,36
22 cm	164,95	0,38
25 cm	164,90	0,41
28 cm	164,85	0,44
30 cm	164,83	0,45



Grafikon 3: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na strehi

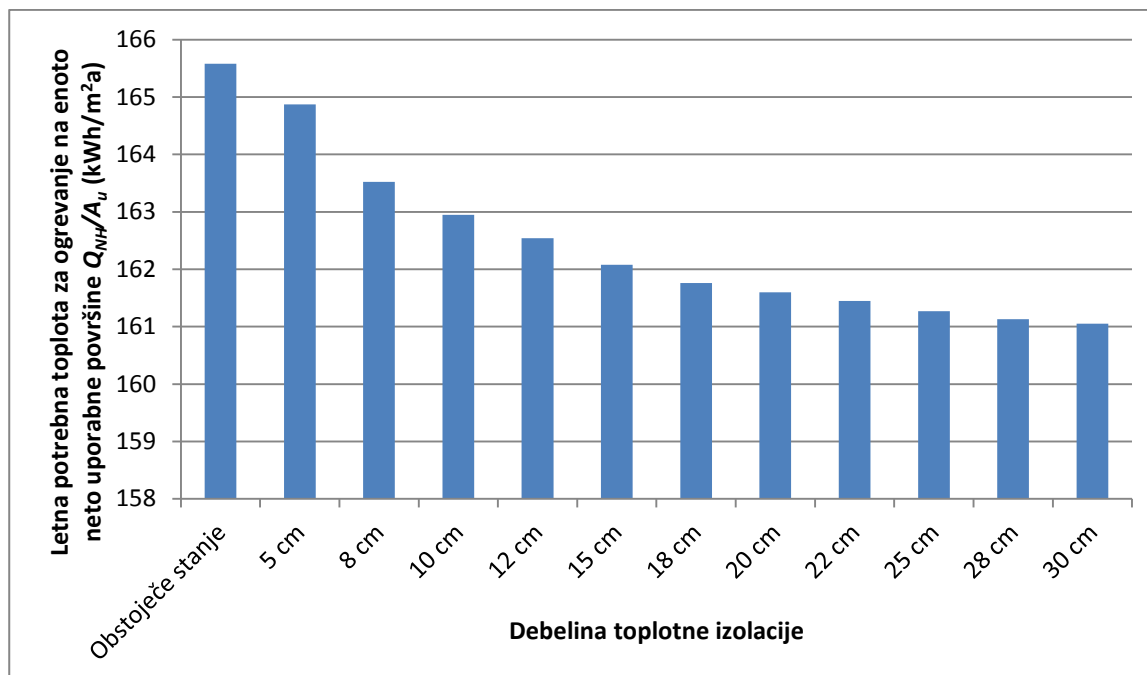
Spremembe v letni potrebni toploti za ogrevanje so pri tem ukrepu zelo majhne saj ima streha že solidno izolacijo. Poleg tega površina dela strehe, ki pokriva stanovanja ni tako velika da bi močno vplivala na rezultate. Tudi če na ta del strehe položimo 30 cm toplotne izolacije, je sprememba v porabi le 0,45 odstotna.

5.1.3 3. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stropa proti neogrevanemu podstrešju

Strop proti neogrevanem podstrešju ima podobno funkcijo kot streha nad stanovanji. Tudi mejna dovoljena vrednost je enaka ($U_{max} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$). Obstoječo toplotno izolacijo predstavlja 4 cm debela plast stiropora ($\lambda = 0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$), ki je v bistvu položena na tla na podstrešju. Tej debelini toplotne izolacije skupaj z ostalimi plastmi, ki sestavljajo ta konstrukcijski sklop, pripada vrednost toplotne prehodnosti $0,630 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar presega zahteve TSG4. Da ugodimo zakonskim zahtevam, potrebujemo na stropu proti neogrevanem podstrešju vsaj še dodatnih 14 cm stiropora z enakimi lastnostmi. S tem bi izboljšali porabo toplote za ogrevanje za 2,31 odstotka. Spremembe porabe toplote za ogrevanje za različne debeline toplotne izolacije prikazujeta preglednica 52 in grafikon 4.

Preglednica 52: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na stropu proti neogrevanemu podstrešju

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (4 cm)	165,58	0
5 cm	164,87	0,43
8 cm	163,52	1,24
10 cm	162,95	1,59
12 cm	162,54	1,84
15 cm	162,08	2,11
18 cm	161,76	2,31
20 cm	161,60	2,40
22 cm	161,45	2,49
25 cm	161,27	2,60
28 cm	161,13	2,69
30 cm	161,05	2,74



Grafikon 4: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na stropu proti neogrevanemu podstrešju

Tudi strop proti podstrešju ne predstavlja tako velikega vira izgub energije, saj se vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje ne spremenijo veliko, tudi če na strop namestimo debelejši sloj izolacije.

5.1.4 4. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal na terenu

Tla na terenu so trenutno brez toplotne izolacije. Toplotna prehodnost tal znaša kar 4,778 W/m²K. Največja dovoljena vrednost U faktorja po TSG4, ki je eden od kazalnikov energijske učinkovitosti stavbe, je 0,350 W/m²K. Tej vrednosti zadostuje toplotna izolacija iz stiropora ($\lambda = 0,037$ W/mK) debeline 10 cm, ki zmanjša letno porabo toplote za ogrevanje za 1,81 odstotka (preglednica 53 in grafikon 5).

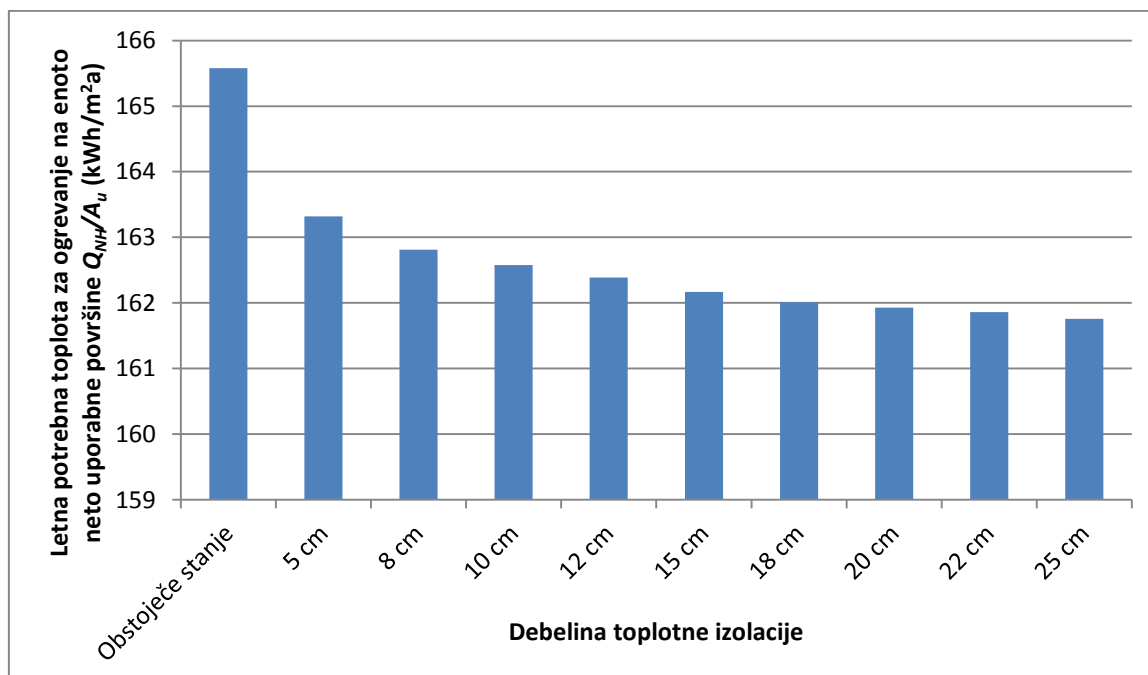
Preglednica 53: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh na terenu

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (0 cm)	165,58	0
5 cm	163,32	1,36
8 cm	162,81	1,67
10 cm	162,58	1,81
12 cm	162,39	1,93
15 cm	162,17	2,06
18 cm	162,01	2,16

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 53

20 cm	161,93	2,20
22 cm	161,86	2,25
25 cm	161,76	2,31



Grafikon 5: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh na terenu

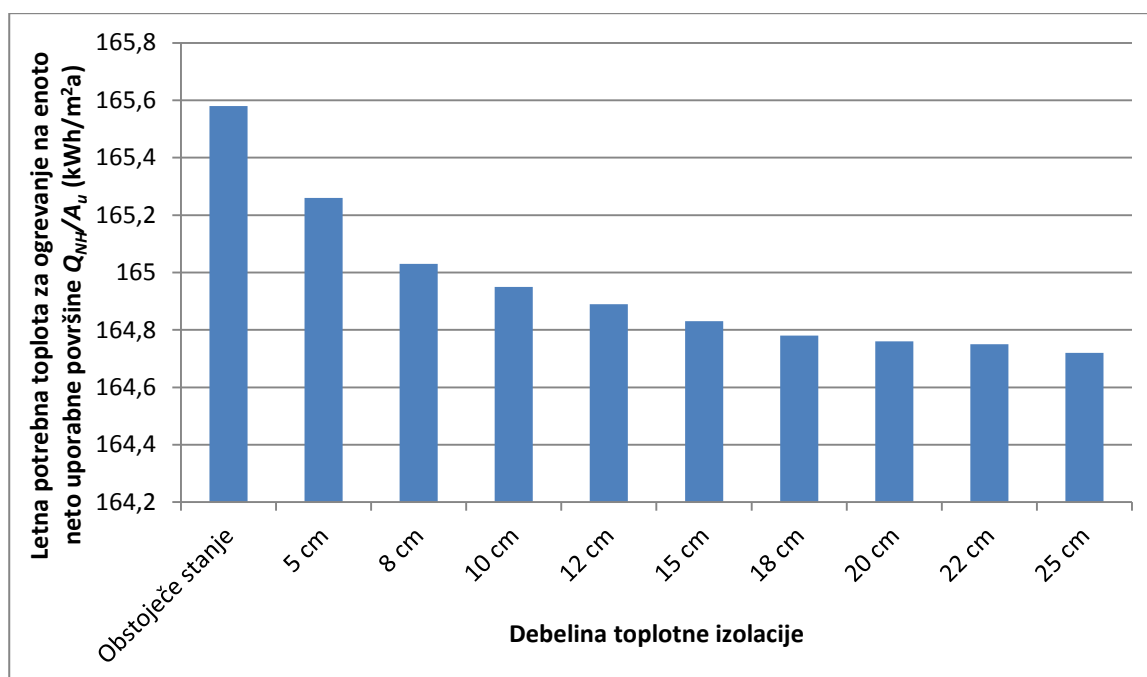
Ta ukrep ni najbolj učinkovit, saj toplotni tok proti tlem ni tako velik. Izvedba tega ukrepa bi bila verjetno zahtevna. Dodatno toplotno izolacijo je nemogoče dati na zunanjo stran, zato bi jo bilo potrebno položiti na notranjo stran. To pa bi povzročalo težave pri vratih, ki bi jih bilo potrebno dvigniti.

5.1.5 5. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal proti neogrevani kleti

Tlem proti neogrevani kleti sem postopno dodajal plasti stiropora ($\lambda = 0,037$ W/mK) na že obstoječe 3 cm enake toplotne izolacije. Obstoječa toplotna prehodnost tal znaša $0,912$ W/m²K, ki presega maksimalne vrednosti podane v TSG4. Za takšno vrsto konstrukcijskega sklopa je maksimalna dovoljena vrednost toplotne prehodnosti $0,280$ W/m²K. Najmanjša debelina toplotne izolacije, ki zadostuje zakonskim zahtevam, je 13 cm. Sprememba, ki jo debelina 15 cm (za 13 cm nisem naredil izračuna) povzroči pri letni porabi toplote za ogrevanje je 0,45 odstotka. Spremembe, ki jih povzročijo različne debeline toplotne izolacije so zbrane v preglednici 54 in grafikonu 6.

Preglednica 54: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti neogrevani kleti

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (3 cm)	165,58	0
5 cm	165,26	0,18
8 cm	165,03	0,33
10 cm	164,95	0,38
12 cm	164,89	0,42
15 cm	164,83	0,45
18 cm	164,78	0,48
20 cm	164,76	0,50
22 cm	164,75	0,51
25 cm	164,72	0,52



Grafikon 6: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti neogrevani kleti

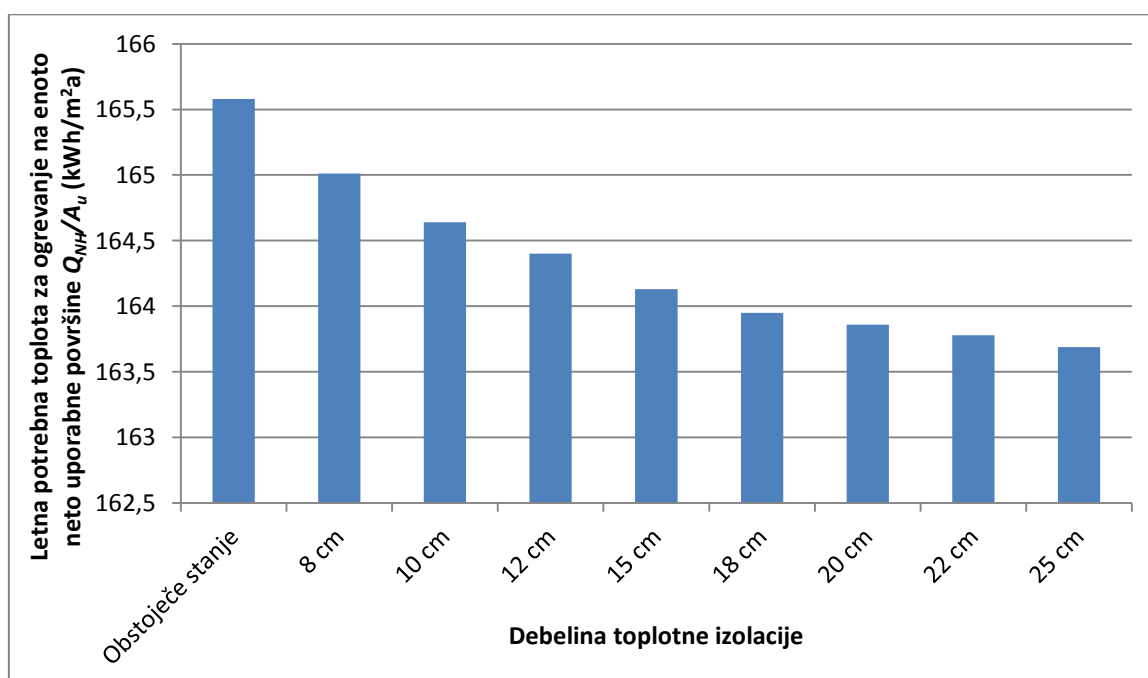
Izračuni energetske bilance stavbe za ta ukrep kažejo, da se letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine stavbe ne spremeni (zmanjša) veliko, če dodatno izoliramo tla proti neogrevani temperaturni coni (kleti). Razlog za to je, da tla proti kleti ne predstavljajo tako velike površine skozi katero bi prehajala toplota, da klet večinoma meji na ogrevane prostore ali proti terenu kamor ni veliko toplotnih izgub in da imajo tla že nekaj obstoječe toplotne izolacije.

5.1.6 6. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal proti zunanosti

Tla proti zunanosti predstavljajo zamaknjena nadstropja glede na pritličje in tla, ki ležijo nad pasažo v kleti. Izolirana so s 6 cm debelo plastjo stiropora s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$. Toplotna prehodnost tega konstrukcijskega sklopa znaša $0,522 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar je več kot dovoljenih $0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$. Da bi lastnosti tal (toplotna prehodnost) odgovarjale zakonskim zahtevam (TSG4), bi obstoječi toplotni izolaciji morali dodati še dodatne 7 cm stiropora ($\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$). Za različne debeline toplotne izolacije sem s programom TOST izračunal letne porabe toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in spremembe le te glede na obstoječe stanje (6 cm stiropora). Izračunane vrednosti so predstavljene v preglednici 55 in grafikonu 7.

Preglednica 55: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti zunanosti

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (6 cm)	165,58	0
8 cm	165,01	0,34
10 cm	164,64	0,57
12 cm	164,40	0,71
15 cm	164,13	0,88
18 cm	163,95	0,98
20 cm	163,86	1,04
22 cm	163,78	1,09
25 cm	163,69	1,14



Grafikon 7: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na tleh proti zunanosti

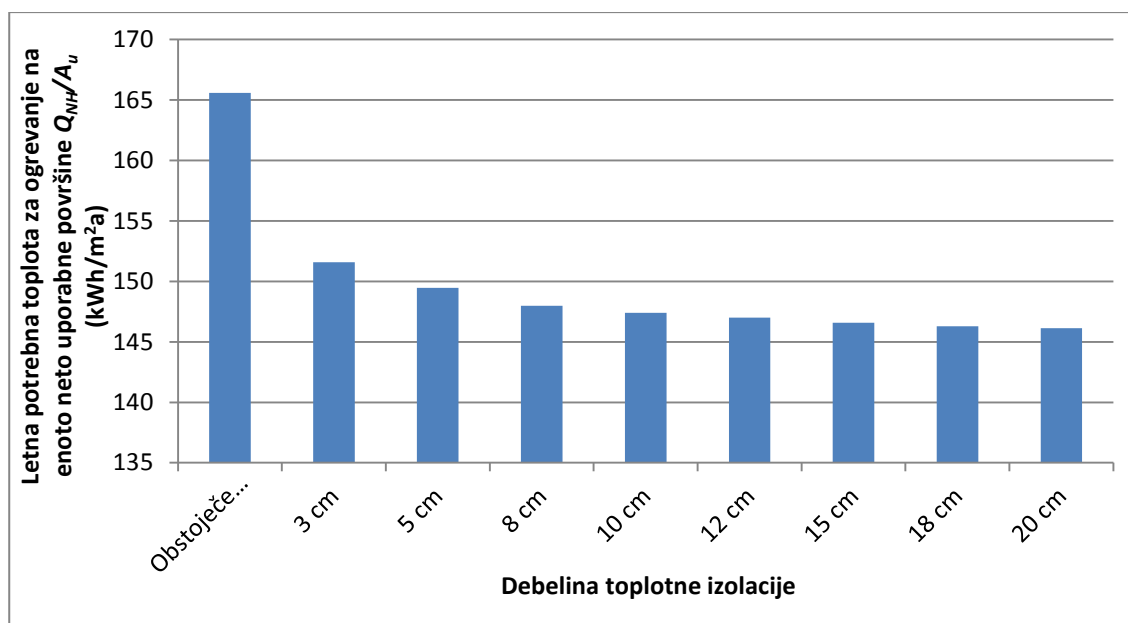
Tal proti zunanosti ni tako veliko kot naprimer fasade, zato tudi njihov vpliv na porabo toplote v stavbi ni tako velik. Tla proti zunanosti so, v primerjavi z ostalimi konstrukcijskimi sklopi, kar dobro izolirana, čeprav ne izpolnjujejo zakonskih zahtev, ki so relativno stroge.

5.1.7 7. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti stopnišču

Ta ukrep sem izvedel, ker je stena med stopniščem in stanovanji zelo slabo toplotno izolirana, stopnišče pa se ogreva na nižjo temperaturo kot stanovanja. To lahko povzroči, da se pojavijo velike toplotne izgube iz stanovanj proti stopnišču. Stena proti stopnišču ima toplotno prehodnost U zelo visoko 2,459 W/m²K. Če steno obložimo s plastjo stiropora ($\lambda = 0,039$ W/mK), lahko zelo enostavno zmanjšamo letno porabo toplote za ogrevanje (preglednica 56 in grafikon 8).

Preglednica 56: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti stopnišču

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (0 cm)	165,58	0
3 cm	151,57	8,46
5 cm	149,46	9,74
8 cm	147,97	10,64
10 cm	147,40	10,98
12 cm	147,01	11,22
15 cm	146,58	11,47
18 cm	146,28	11,66
20 cm	146,13	11,75



Grafikon 8: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti stopnišču

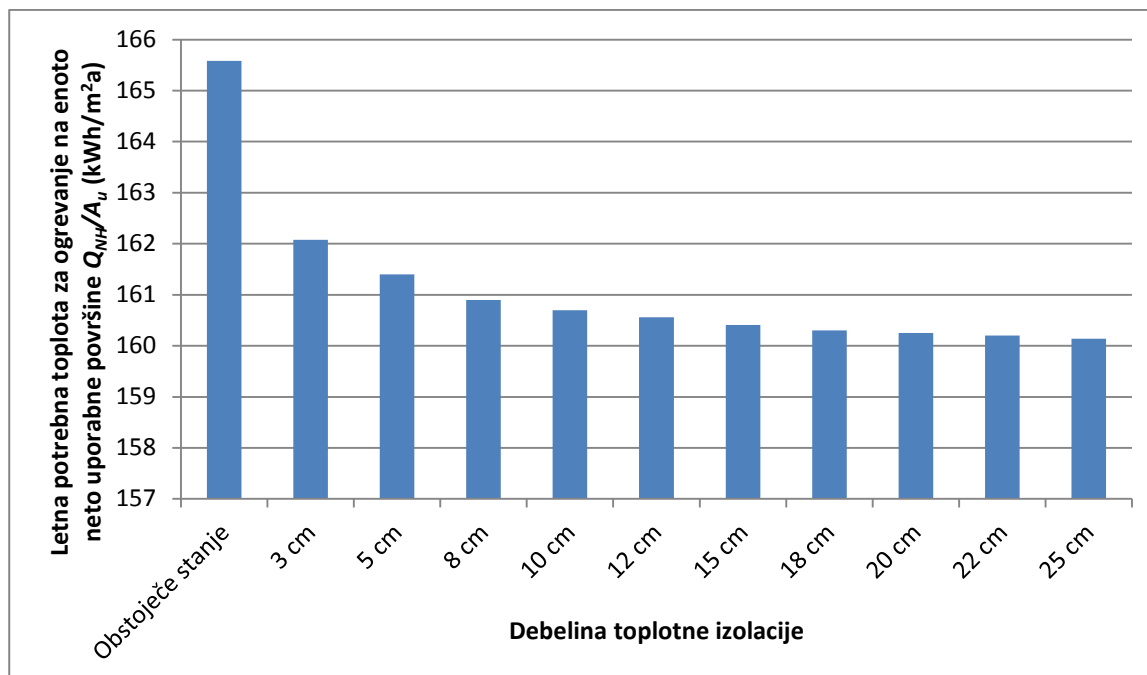
Ta ukrep se je izkazal za zelo učinkovitega, saj lahko že z relativno tanko plastjo stiropora (7 cm) znižamo letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za več kot 10 odstotkov. S tem zmanjšamo toplotne izgube proti stopnišču. V praksi pa bi se izvedba tega ukrepa zakomplicirala, saj so širine stopnišč in hodnikov projektirane na minimalne dovoljene vrednosti [25]. Zato bi morali, da ne bi zmanjšali širin hodnikov in stopnišč pod minimalne zahteve predpisane v zakonodaji, toplotno izolacijo namestiti na notranjo stran stanovanj.

5.1.8 8. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti neogrevanemu podstrešju

Stena proti podstrešju se mi je prav tako zdela problematična, saj je slabo toplotno izolirana. Podstrešje je neogrevano, kar pomeni da je med stanovanji na eni strani in podstrešjem na drugi strani stene lahko velika temperaturna razlika, ki povzroči velik toplotni tok skozi steno in s tem večjo porabo energije za ogrevanje. Za različne debeline toplotne izolacije (stiropor, $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$) sem preveril spremembe porabe toplote za ogrevanje (preglednica 57 in grafikon 9).

Preglednica 57: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevanemu podstrešju

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (0 cm)	165,58	0
3 cm	162,08	2,11
5 cm	161,40	2,52
8 cm	160,90	2,83
10 cm	160,70	2,95
12 cm	160,56	3,03
15 cm	160,41	3,12
18 cm	160,30	3,19
20 cm	160,25	3,22
22 cm	160,20	3,25
25 cm	160,14	3,29



Grafikon 9: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevanemu podstrešju

Rezultati kažejo, da lahko s primerno izolacijo vidno vplivamo na porabo energije za ogrevanje stavbe, čeprav je stena proti neogrevanemu podstrešju relativno malo. S toplotno izolacijo iz stiropora ($\lambda = 0,039$ W/mK) debeline okoli 10 cm zmanjšamo potrebo po toploti za ogrevanje za približno 3 odstotke.

5.1.9 9. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti neogrevani kleti

S tem ukrepom sem želel preprečiti izgube toplote skozi steno proti kleti, ki je neogrevana. Ta stena je namreč brez toplotne izolacije z vrednostjo toplotne prehodnosti $2,459$ W/m²K. Za toplotno izolacijo sem uporabil stiropor s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,039$ W/mK. Rezultate o spremembi letne potrebne toplote za ogrevanje za različne debeline toplotne izolacije sem prikazal v preglednici 58 in z grafikonom 10.

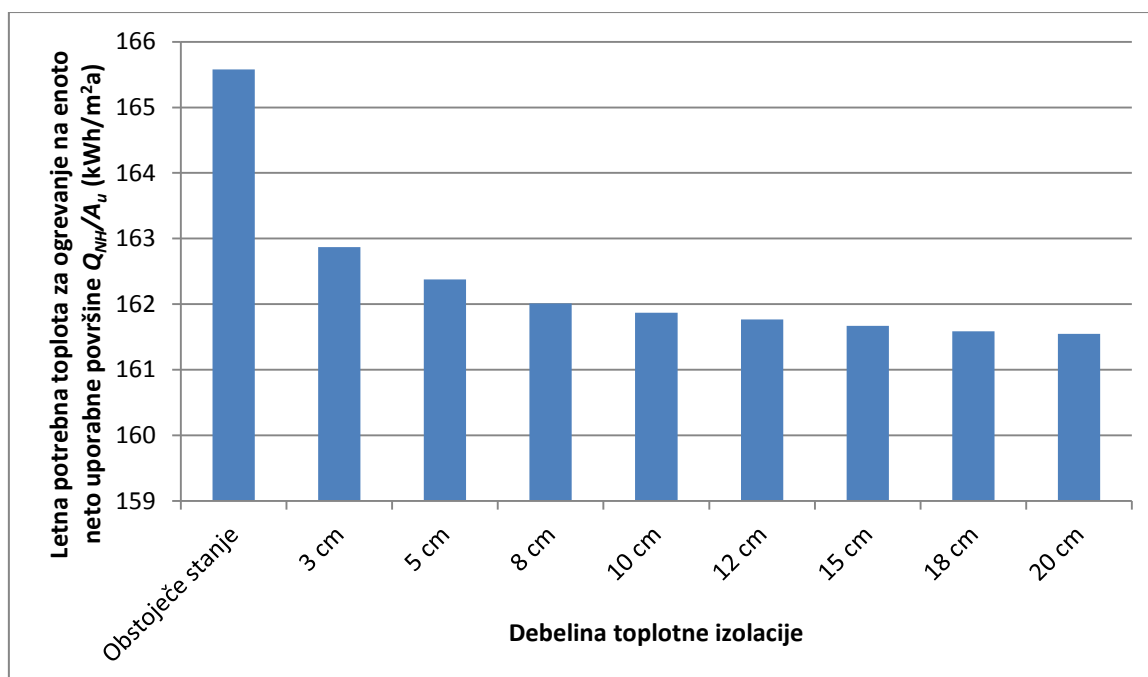
Preglednica 58: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevani kleti

Celotna debelina toplotne izolacije	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (0 cm)	165,58	0
3 cm	162,87	1,64
5 cm	162,38	1,93
8 cm	162,01	2,16
10 cm	161,87	2,24
12 cm	161,77	2,30

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 58

15 cm	161,67	2,36
18 cm	161,59	2,41
20 cm	161,55	2,43



Grafikon 10: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne debeline toplotne izolacije na steni proti neogrevani kleti

Z dodano toplotno izolacijo na steno proti kleti lahko zmanjšamo porabo letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za dobra 2 odstotka. To ni ravno veliko, ampak velike spremembe tudi nisem pričakoval, saj ta stena nima velike površine.

Poleg zgoraj naštetih ukrepov, ki se nanašajo na povečanje debeline toplotne izolacije (ukrepi 1 do 9), sem jih preveril še nekaj. Vendar se ti predvideno niso izkazali za najbolj uspešne zato jih sedaj samo omenim, ne bom pa jim posvečal veliko pozornosti.

Povečal sem debelino toplotne izolacije stene proti terenu, ki ima toplotno prehodnost $4,011 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$) in je toplotno neizolirana. Pri debelini toplotne izolacije 25 cm ($Q_{NH}/A_u = 165,55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) se je potreba po toploti za ogrevanje zmanjšala le za 0,02 odstotka, kar kaže na to, da so izgube toplote proti terenu minimalne. To je posledica tudi tega, da je večino stene proti terenu del kleti, ki je neogrevana.

Preveril sem tudi vpliv dodane toplotne izolacije na steni med poslovnimi prostori in stanovanji. Stena ima toplotno prehodnost $2,459 \text{ W/m}^2\text{K}$, največja dovoljena vrednost po TSG4 znaša $0,900 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pomeni da obstoječa stena ni ustrezala zakonskim zahtevam. Pri debelini toplotne izolacije 20 cm ($Q_{NH}/A_u = 165,47 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) je sprememba pri porabi letne toplote za ogrevanje samo 0,07 odstotka.

Povečal sem debelino toplotne izolacije tal med stanovanji in poslovnimi prostori, ki imajo toplotno prehodnost $0,921 \text{ W/m}^2\text{K}$, čeprav ta konstrukcijski sklop že izpolnjuje zakonske zahteve ($U_{max} = 1,350 \text{ W/m}^2\text{K}$). Rezultati so pokazali, da pri debelini toplotne izolacije 20 cm ($Q_{NH}/A_u = 165,33 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) zmanjšamo letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto uporabne površine za 0,15 odstotka. Tako v tem kot v prejšnjem primeru ni velike spremembe med ukrepom in obstoječim stanjem, ker so prostori ogrevani na približno enako temperaturo in zato med prostori ni velikega toplotnega toka.

5.2 Spremembe lastnosti transparentnih delov stavbe

Transparentne površine predstavljajo pomemben del stavbe, saj omogočajo osvetlitev prostorov, zajem sončne energije v ogrevalni sezoni in zagotavljajo ugoden psihološki vpliv na uporabnika stavbe. Uporabljamo jih tudi za prezračevanje stavbe. Z vgrajenimi dobrimi okni (z nizko toplotno prehodnostjo) preprečimo uhajanje toplote iz stavbe skozi steklo in okenski okvir. Pomembno je tudi kako je okno vgrajeno, saj se na stiku med okenskim okvirjem in zidom lahko hitro pojavijo toplotni mostovi.

5.2.1 10. ukrep: Nova okna in vrata

S tem ukrepom sem spreminjal lastnosti transparentnih delov stavbe, oken in vrat. Spreminjal sem toplotno prehodnost U_w in prepustnost za sončno sevanje g . Kot sem že opisal sem obstoječa okna na stanovanjskem delu stavbe razdelil na stara in nova. Stara okna predstavljajo vsa lesena okna z dvojno zasteklitvijo ($U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$), ki so na stavbi nameščena že od same izgradnje. Nova okna predstavljajo vsa okna, ki so bila v preteklosti že zamenjana. Zanje sem vzel povprečen $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,58$. Stara okna, ki so nameščena v poslovnih prostorih imajo kovinski okvir, zato sem uporabil večji U -faktor $U_w = 4,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,76$. Nova okna v poslovnih prostorih imajo enake lastnosti kot nova okna v stanovanjskem delu. Steklена vhodna vrata so lesena z enojno zasteklitvijo. Zanje sem vzel toplotno prehodnost $U_w = 6,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,85$. Pri tem ukrepu sem napravil tri variante.

5.2.1.1 Vsa nova okna

Najprej sem preveril, za koliko bi se zmanjšala poraba letne toplote za ogrevanje, če bi bila vsa okna nova. To pomeni, da bi vsa okna imela $U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,58$. To še vedno ne ustreza zakonskim zahtevam in bi bilo nesmiselno napraviti tak ukrep, ampak sem ga vseeno preveril. Ta ukrep bi prinesel 11,72 odstotno znižanje letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (preglednica 59 in grafikon 11).

5.2.1.2 Po PURES-u 2010

Za naslednjo varianto tega ukrepa sem izbral takšna okna, da ravno ustrezajo maksimalnim dovoljenim vrednostim toplotne prehodnosti določene v TSG4. To pomeni, da sem za vsa vertikalna okna vzel vrednost U -faktorja $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,58$, za strešna okna sem vzel $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,58$, ter za vhodna vrata $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,58$. Zaradi te zamenjave transparentnih delov, bi zmanjšali porabo toplote za ogrevanje za 20,53 odstotkov (preglednica 59 in grafikon 11). To je zelo velika razlika, kar kaže, da je ta ukrep zelo učinkovit. V praksi pa bi bilo smiselno vzeti še nekoliko nižje vrednosti toplotnih

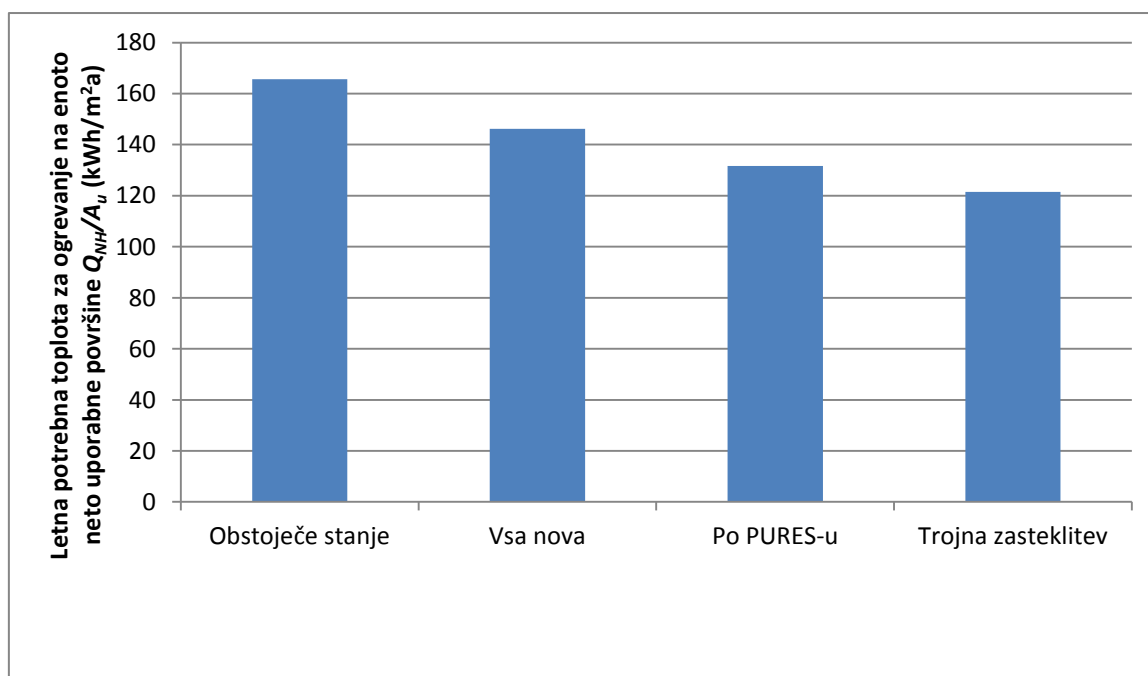
prehodnosti od mejnih, saj se lahko zakonske zahteve z leti še kaj poostrijo, oken pa ni v interesu (zaradi finančnih razlogov) zelo pogosto menjati.

5.2.1.3 Trojna zasteklitev

V tej varianti sem vsem transparentnim delom določil trojno zasteklitev. Tako imajo vsa okna toplotno prehodnost $U_w = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,53$, vhodnim vratom pa sem dodelil U -faktor $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $g = 0,53$. Te vrednosti so vse znotraj zakonsko zahtevanih. Ta ukrep prinese kar 26,62 odstotno zmanjšanje letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (preglednica 59 in grafikon 11).

Preglednica 59: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne transparentne površine

Ukrep	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje (nova in stara)	165,58	0
Vsa nova	146,17	11,72
Po PURES-u	131,59	20,53
Trojna zasteklitev	121,51	26,62



Grafikon 11: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za različne transparentne površine

Transparentne površine v obstoječem stanju so v glavnem slabe, zato so izračunane spremembe pričakovano kar velike. Za zamenjavo oken in vrat bi se bilo očitno kar pametno odločiti. Nova okna z nizkim U-faktorjem zelo dobro tesnijo, zato je redno prezračevanje zelo pomembno. To se pri takšni prenovi včasih pojavi kot problem, saj so ljudje navajeni starih oken, ki slabo tesnijo in se s tem zrak v manjši meri sam menja z zunanjim. Zato se mi zdi pomembno, da se stanovalce pri takšni prenovi tudi obvesti, da redno prezračujejo, da zaradi prevelike vlage v prostoru ne pride do nastanka plesni, ali zdravstvenih težav zaradi slabega zraka v stanovanju.

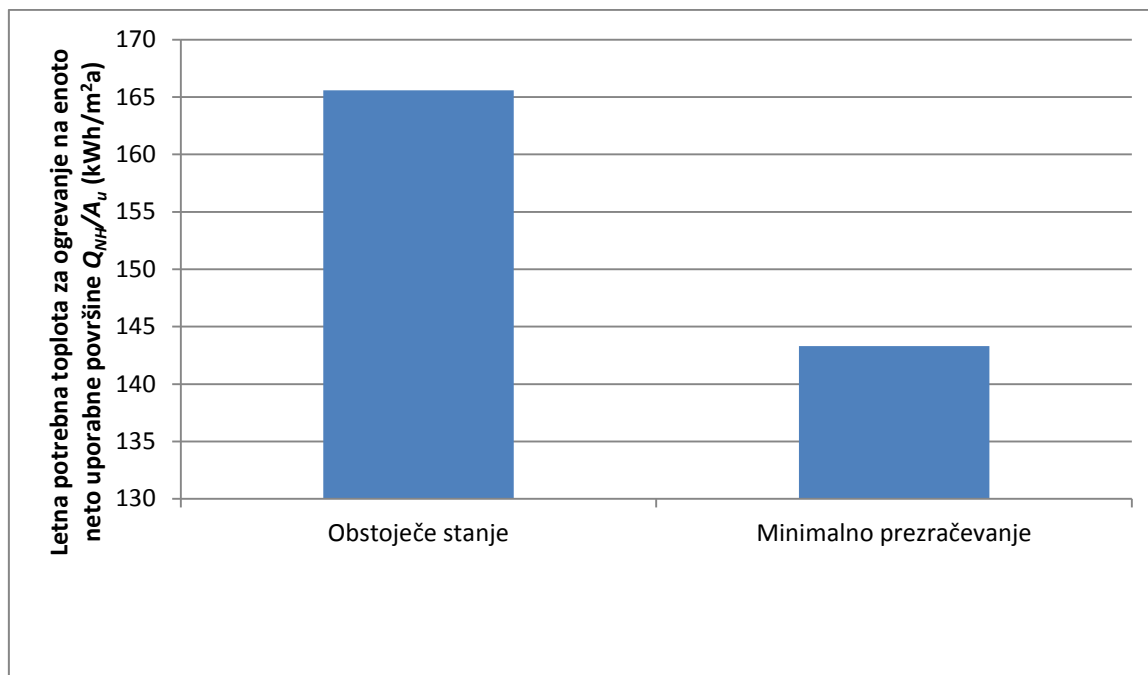
5.3 11. ukrep: Minimalno prezračevanje

Kot sem že napisal pri prejšnjem ukrepu, je prezračevanje zelo pomembno. Stavbo prezračujemo, da v prostorih ohranjamo svež zrak in relativno vlažnost primerno za bivanje. Po drugi strani pa, če preveč prezračujemo, še posebej v ogrevalni sezoni, s tem izgubimo veliko toplote, saj moramo notranji zamenjani zrak ponovno segreti na primerno temperaturo. Torej ni vredno če prezračujemo preveč ali premalo. V moji obravnavani stavbi je uporabljeno naravno prezračevanje, kar pomeni da se zrak izmenjuje z odpiranjem oken (vrat). To prezračevanje ni najbolj energijsko učinkovito je pa fiziološko najbolj zaželen način prezračevanja stavb [20].

V zakonodaji so podane minimalne vrednosti urne izmenjave zraka z zunanjim okoljem za različne prostore. S tem ukrepom sem se posluževal teh vrednosti za minimalno prezračevanje prostorov v moji obravnavani stavbi. V stanovanjih sem zmanjšal urno izmenjavo zraka z $0,7 \text{ h}^{-1}$ na $0,5 \text{ h}^{-1}$ za obdobje dan in vikend. V poslovnih prostorih sem v časovnem podobdobju dan zmanjšal urno izmenjavo zraka z $0,7$ izmenjave na uro na $0,5 \text{ h}^{-1}$, v časovnem podobdobju vikend, ko poslovni prostori niso zasedeni, pa z vrednosti $0,3$ izmenjave na uro na vrednost $0,2$ izmenjave na uro. Na stopnišču sem za obe časovni podobdobji znižal urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem z $1,0 \text{ h}^{-1}$ na $0,5 \text{ h}^{-1}$, na podstrešju pa z $5,0 \text{ h}^{-1}$ na $0,5 \text{ h}^{-1}$ za obe časovni podobdobji. V kleti prezračevanja nisem spreminjal, saj sem že v izračunih za obstoječe stanje upošteval minimalno vrednost $0,5$ izmenjave na uro v obeh časovnih podobdobjih. Letno potrebno toploto za ogrevanje pri minimalnem prezračevanju prikazujeta preglednica 60 in grafikon 12.

Preglednica 60: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri minimalnem prezračevanju

Ukrep	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje	165,58	0
Minimalno prezračevanje	143,30	13,46



Grafikon 12: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri minimalnem prezračevanju

Rezultati energetske bilance stavbe so pokazali, da ta ukrep zmanjša letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za 13,46 odstotka. To je zelo veliko, saj je ta ukrep praktično zastoj, ga pa v praksi ni tako lahko izvesti, saj zahteva spremembo navad uporabnikov.

5.4 Sprememba projektnih notrajnih temperatur

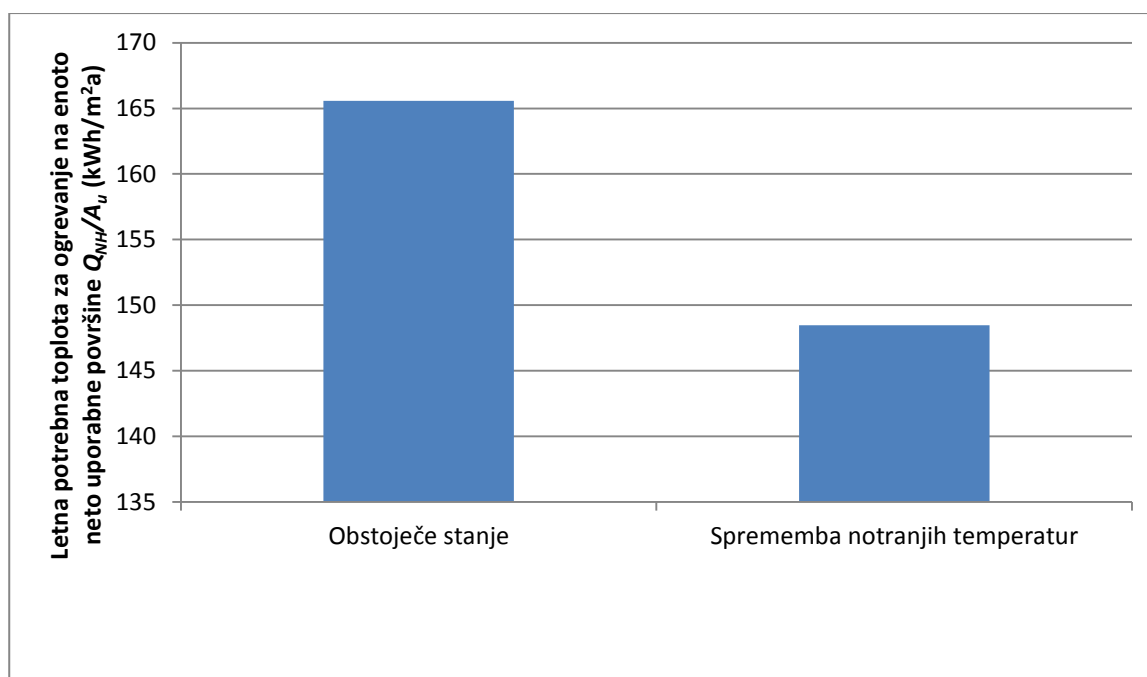
5.4.1 12. ukrep: Znižanje (zvišanje) notranjih temperatur

Za temperaturno ugodje je potrebno prostore v stavbi pozimi ogrevati, poleti pa po potrebi hladiti, da ohranjamo temperature v določenem intervalu. Pri izračunu za obstoječe stanje nisem v vseh ogrevanih temperaturnih conah predpostavil minimalnih (maksimalnih) vrednosti za doseganje temperaturnega ugodja v stavbi (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb). S tem ukrepom pa sem v izračun energetske bilance vnesel minimalne (maksimalne) vrednosti projektnih notranjih temperatur ogrevanih prostorov.

V stanovanjih sem v izračunu za obstoječe stanje uporabil projektno notranjo temperaturo pozimi 21 °C in poleti 26 °C za obe časovni podobdobji (dan in vikend). V tem ukrepu sem znižal projektno notranjo temperaturo pozimi na 20 °C. V poslovnih prostorih sem za časovno podobdobje dan pozimi znižal projektno temperaturo z 21 °C na 20 °C, poleti pa sem jo z 24 °C povečal na 26 °C. Za časovno podobdobje vikend, ko poslovni prostori niso zasedeni, projektnih temperatur nisem spreminjal (pozimi 18 °C in poleti 26 °C). Temperatur na stopnišču nisem spreminjal. Za projektno notranjo temperaturo pozimi sem upošteval 16 °C, za projektno notranjo temperaturo poleti pa 26 °C, za obe časovni podobdobji. Ta sprememba notranjih projektnih temperatur bi stavbi prinesla 10,33 odstotno zmanjšanje letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (preglednica 61 in grafikon 13).

Preglednica 61: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri spremembi projektnih notranjih temperatur

Ukrep	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje	165,58	0
Sprememba notranjih temperatur	148,47	10,33



Grafikon 13: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri spremembi projektnih notranjih temperatur

Ukrep je učinkovit, saj lahko s preprosto regulacijo temperatur izboljšamo obstoječe stanje za dobrih 10 odstotkov, pri tem pa ohranimo primerno temperaturno ugodje v stavbi.

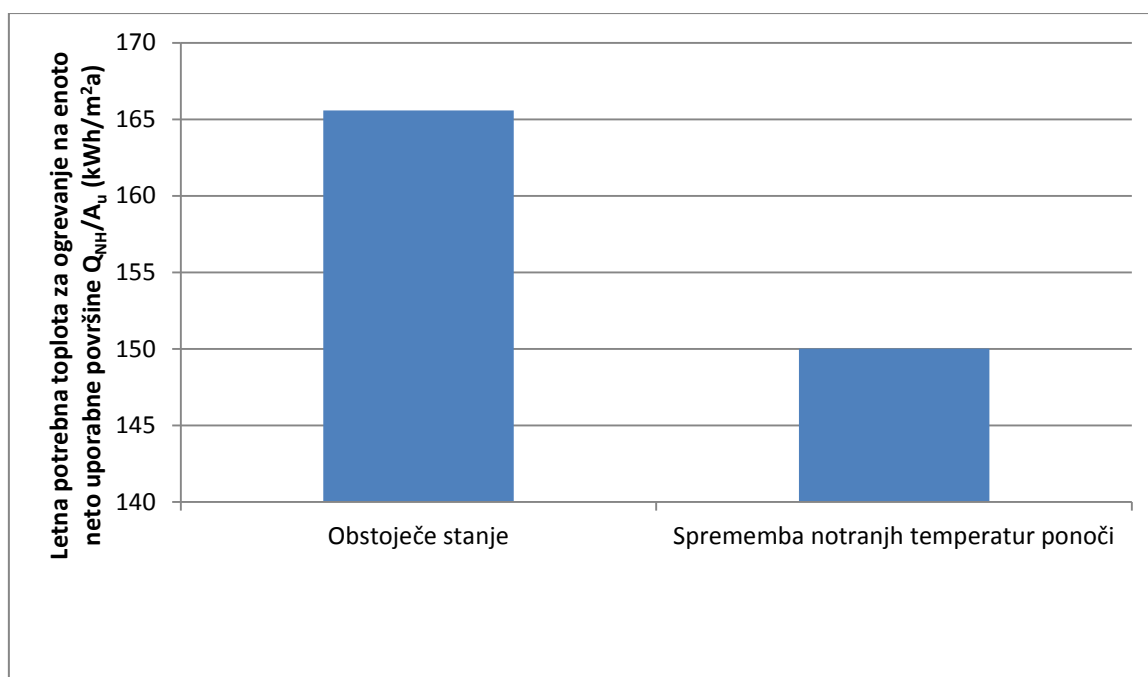
5.4.2 13. ukrep: Znižanje notranje temperature v nočnem času

V nočnem času je smiselno, da se ogrevani prostori grejejo na nekoliko nižjo temperaturo kot čez dan. Poslovni prostori zato, ker niso zasedeni, v stanovanjih pa je nekoliko nižja temperatura v času spanja celo zaželeno. S tem lahko prihranimo kar veliko energije (denarja), kar prikazujem tudi s tem ukrepom.

V programu TOST sem dodal še eno časovno podobdobje noč, kjer sem nastavil, da se stanovanja in poslovni prostori v nočnem času pozimi ogrevajo le na 18 °C. Ostale nastavitve projektnih notranjih temperatur sem pustil nespremenjene (takšne kot v obstoječem stanju). Sprememba projektnih notranjih temperatur v zimskem času ponoči zmanjša potrebo po ogrevanju na letni ravni za 15,56 kWh/m²a, kar pomeni za 9,40 odstotkov (preglednica 62 in grafikon 14).

Preglednica 62: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri znižanju projektne notranje temperature v nočnem času

Ukrep	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje	165,58	0
Sprememba projektних notranjih temperatur ponoči	150,02	9,40



Grafikon 14: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri znižanju projektne notranje temperature v nočnem času

Ta ukrep se je izkazal za precej učinkovitega, zato predlagam, da se ob morebitni energetski prenovi stavbe tudi izvede. Očitno je, da se z ustreznimi projektnimi notranjimi temperaturami lahko veliko prispeva k energetski učinkovitosti stavbe na zelo preprost način in kar je ponavadi še pomembneje, poceni.

5.5 14. ukrep: Nočna izolacija

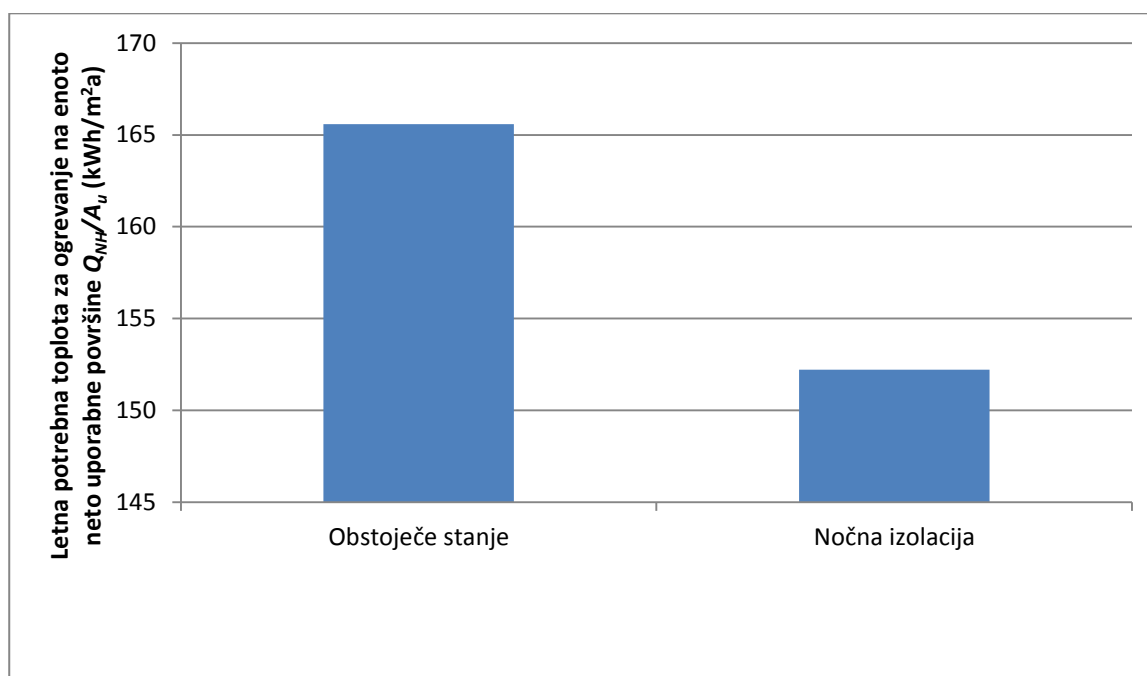
V nočnem času ob jasnem vremenu lahko zaradi sevanja skozi okna uhaja veliko toplote. Poleti je ponavadi to zaželeno, saj s tem ohladimo stavbo, ki se je čez dan segrela. Pozimi pa je ta vrsta ohlajanja nezaželena. Izgubo toplote skozi zasteklitve zaradi sevanja lahko omejimo z nočno izolacijo v obliki toplotno izolativnih rolet. To so posebne aluminijaste rolete, kjer so lamele polnjene s poliuretansko peno, ki ima nizko toplotno prevodnost. Nočna izolacija se uporablja ponoči v času ogrevalne sezone.

Za svojo obravnavano stavbo sem namestil nočno izolacijo na vse okenske površine za mesece november, december, januar in februar. Za toplotno upornost nočne izolacije sem

privzel vrednost $R_{Ni} = 1,67 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($U_{Ni} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) [26]. Ponovno sem izračunal energetske bilanco stavbe in prišel do nove letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} na enoto neto uporabne površine $152,22 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Sprememba, ki jo naredi ta ukrep je 8,07 odstotno zmanjšanje porabe energije za ogrevanje (preglednica 63 in grafikon 15).

Preglednica 63: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri dodani nočni izolaciji

Ukrep	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje	165,58	0
Nočna izolacija	152,22	8,07



Grafikon 15: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri dodani nočni izolaciji

Nočna izolacija se je izkazala kot zelo dober ukrep, saj vidno zmanjša transmissijske izgube skozi okna. Toplotno izolativne rolete lahko poleti uporabimo tudi kot senčilo transparentnih površin.

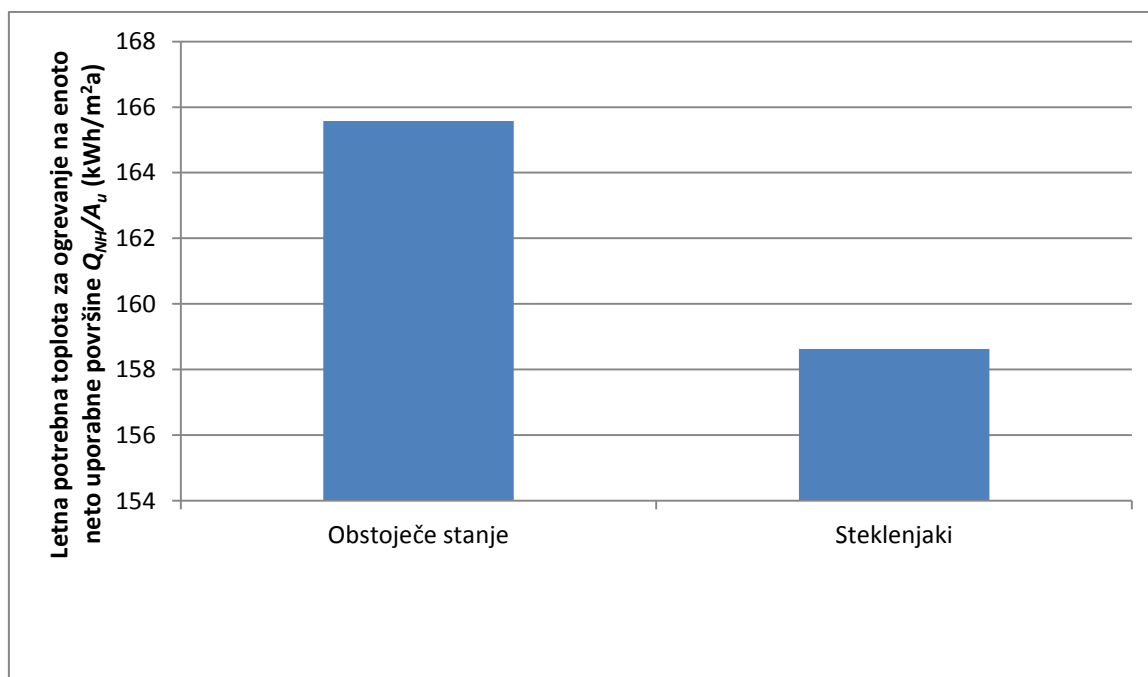
5.6 15. ukrep: Steklenjaki

Steklenjak je prostor, ki ima večino sten iz stekla. Ko nanj posije sonce se ustvari učinek tople grede. Steklenjak se zelo hitro ogreje in zadržuje toploto. To lahko izoriščamo pozimi, da s pomočjo steklenja hitreje ogrejemo notranje prostore. S tem porabimo manj energije za ogrevanje. Pomembno pa je, da poleti steklenjak senčimo, drugače pride do pregrevanja. Steklenjak lahko uporabimo tudi kot dodaten bivalni prostor.

Za izvedbo tega ukrepa sem v programu TOST definiral novo temperaturno cono steklenjak. V steklenjake sem preuredil vse balkonske površine na zahodni strani stavbe, ki so del stanovanj. Balkone sem obdal s steklom z enakimi lastnostmi kot nova okna na stavbi ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,58$). Za urno izmenjavo zraka sem privzel vrednost $1,0 \text{ h}^{-1}$. Rezultati kažejo, da se z uvedbo steklenjakov, letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine zmanjša za 4,2 odstotka (preglednica 64 in grafikon 16).

Preglednica 64: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri uvedbi steklenjakov

Ukrep	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Sprememba (%)
Obstoječe stanje	165,58	0
Steklenjaki	158,63	4,20



Grafikon 16: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri uvedbi steklenjakov

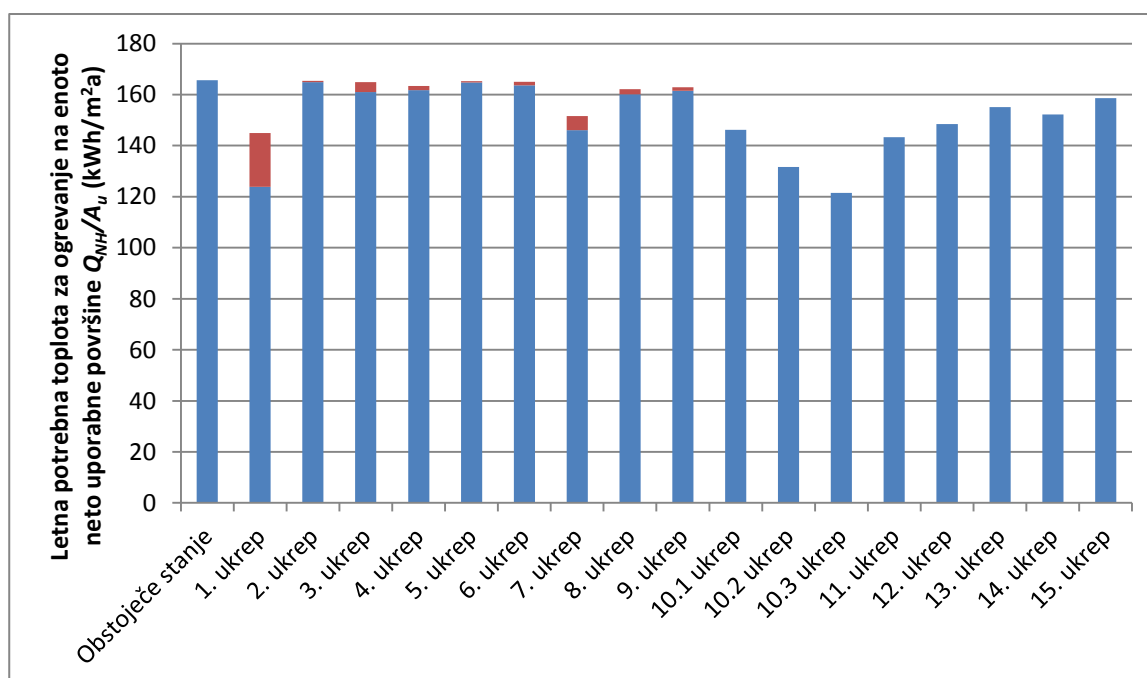
Ukrep s steklenjaki je prinesel solidno (4,2 %) zmanjšanje porabe toplote za ogrevanje. Za takšno spremembo je potrebna pravilna uporaba steklenjaka (uporaba pozimi, poleti senčenje), drugače se nam lahko poveča potreba po hladu za hlajenje.

5.7 Primerjava vseh ukrepov

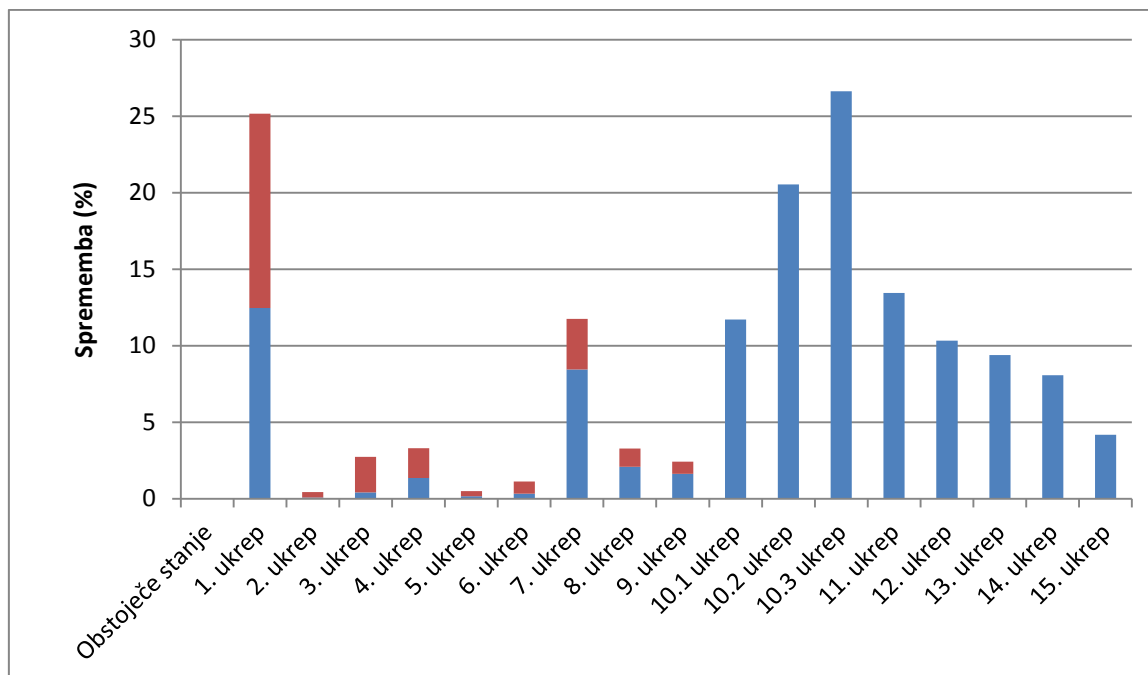
Če primerjam vplive posameznih ukrepov na spremembo (zmanjšanje) porabe energije za ogrevanje glede na obstoječe stanje, se izkaže, da sta najbolj učinkovita ukrepa kjer sem dodatno toplotno izoliral zunanjo steno (fasado) in ko sem namestil nova okna. To pomeni, da ima stavba zelo slab ovoj in posledično velike transmisijske izgube, ki jih lahko s tema

ukrepoma močno zmanjšamo. Vendar moramo pri tem upoštevati tudi to, da sta ta dva ukrepa tudi stroškovno najdražja, kar je pri energetske sanaciji zelo pomemben faktor. Najprej bi se splačalo vpeljati ukrepe, ki so zelo poceni ali praktično zastonj. Takšni ukrepi so minimalno prezračevanje (13,46 %), sprememba notranjih temperatur (10,33 %) in znižanje notranjih temperatur v nočnem času (6,32 %), ki so posamezno kar solidno učinkoviti, skupaj pa lahko zmanjšajo letno potrebo toplote za ogrevanje za veliko. Kot uporaben se je pokazal tudi 14. ukrep, kjer sem na transparentne površine namestil nočno izolacijo. S tem se poraba energije za ogrevanje zmanjša za 8,07 %. Pri ukrepih kjer sem večal debelino toplotne izolacije, poleg fasade, najbolj izstopata 7. ukrep, pri katerem sem dodatno toplotno izoliral stene proti stopnjišču in ukrep kjer sem povečal debelino toplotne izolacije proti strehi (ukrepi 2, 3 in 8 skupaj).

Grafikon 17 predstavlja letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine za vsak ukrep posebej. Manjši kot je stolpec, manj je porabe energije in je zato ukrep učinkovitejši. Prvi stolpec predstavlja obstoječe stanje. Del stolpcev, ki je obarvan rdeče predstavlja razpon med porabo energije pri najmanjši izbrani debelini toplotne izolacije in največji izbrani debelini toplotne izolacije za ta ukrep. Grafikon 18 pa prikazuje spremembo v odstotkih, ki jo naredi izbran ukrep na potrebi po toploti za ogrevanje v primerjavi z obstoječem stanjem. Večji kot je stolpec, večja je sprememba in ukrep je zato učinkovitejši.



Grafikon 17: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih ukrepih



Grafikon 18: Sprememba letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih ukrepih

Ukrepi:

1. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije zunanje stene
2. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije strehe
3. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stropa proti neogrevanemu podstrešju
4. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal na terenu
5. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal proti neogrevani kleti
6. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije tal proti zunanosti
7. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti stopnišču
8. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti neogrevanemu podstrešju
9. ukrep: Povečana debelina toplotne izolacije stene proti neogrevani kleti
- 10.1 ukrep: Vsa nova okna
- 10.2 ukrep: Okna po PURES-u
- 10.3 ukrep: Okna s trojno zasteklitvijo
11. ukrep: Minimalno prezračevanje
12. ukrep: Sprememba notranjih temperatur
13. ukrep: Znižanje notranje temperature v nočnem času
14. ukrep: Nočna izolacija
15. ukrep: Steklenjaki

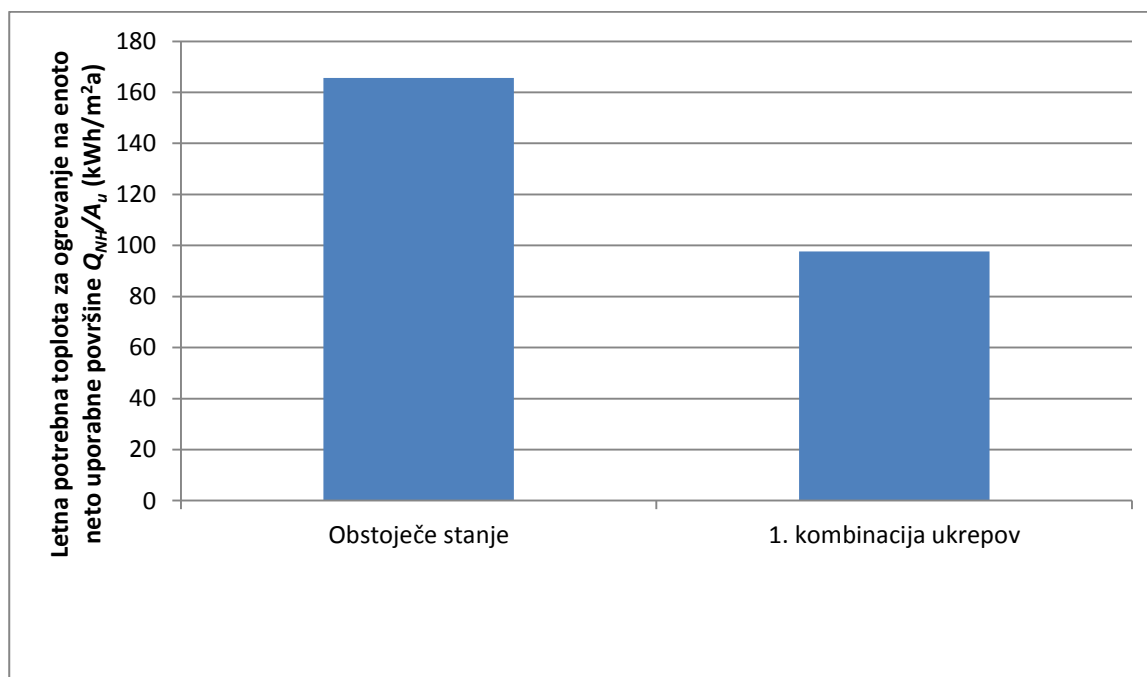
Tudi sam sem pričakoval velike spremembe pri povečanju debeline toplotne izolacije zunanje stene in zamenjavi oken. Pri fasadi zato, ker ima v obstoječem stanju zelo malo toplotne izolacije, njena površina pa je zelo velika. Pri oknih pa zato, ker imajo poslovni prostori veliko transparentnih površin, ki so večinoma slabše kakovosti. Nisem pa pričakoval, da bodo ukrepi s prezračevanjem in spremembo temperatur, ki so cenovno ugodni in lažji za izvedbo, tako učinkoviti. Nasploh me je presenetilo, da so spremembe tako visoke, saj nekatere presegajo 20 odstotkov.

6 KOMBINACIJE UKREPOV

Ukrepe, ki sem jih posamezno analiziral v prejšnjem poglavju, bom sedaj združeval v različne kombinacije in spremljal spremembe. Poskušal bom poiskati najučinkovitejšo kombinacijo ukrepov in zadovoljiti zakonske zahteve po maksimalni dovoljeni potrebi po energiji za ogrevanje.

6.1 1. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI

S to kombinacijo ukrepov sem združil vse ukrepe povezane z večanjem debeline toplotne izolacije (ukrepi 1 - 9). Debeline toplotne izolacije sem izbral tako, da U -faktorji posameznih konstrukcijskih sklopov ustrezajo maksimalnim dovoljenim po TSG4: zunanja stena $U = 0,231 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm TI), streha $U = 0,195 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm TI), strop proti podstrešju $U = 0,193 \text{ W/m}^2\text{K}$ (18 cm TI), tla na terenu $U = 0,347 \text{ W/m}^2\text{K}$ (10 cm TI), tla proti kleti $U = 0,230 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm TI), tla proti zunanosti $U = 0,230 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm TI), stena proti stopnišču $U = 0,592 \text{ W/m}^2\text{K}$ (5 cm TI), stena proti podstrešju $U = 0,284 \text{ W/m}^2\text{K}$ (12 cm TI), stena proti kleti $U = 0,592 \text{ W/m}^2\text{K}$ (5 cm TI). Kombinacija teh ukrepov zniža letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine na $97,71 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar je enako spremembi velikosti 40,99 % (grafikon 19).

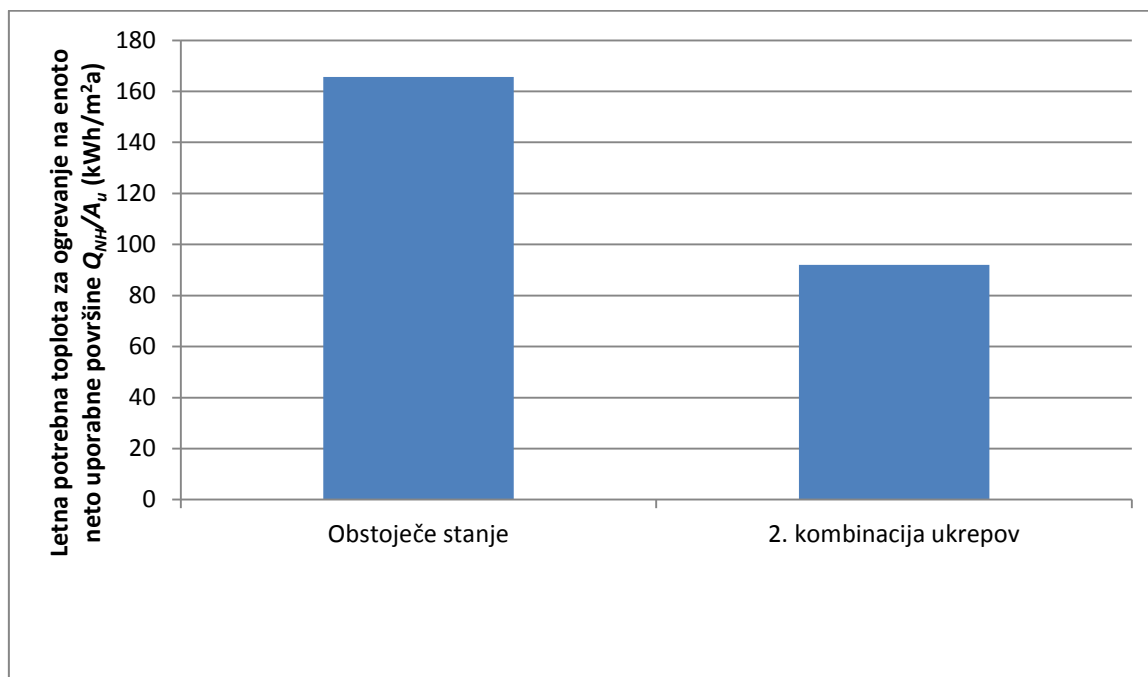


Grafikon 19: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 1. kombinaciji ukrepov

6.2 2. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, srednje debeline TI

Ukrep je enak prvemu (ukrepi 1 - 9), le da sem tukaj nekoliko povečal debeline toplotne izolacije: zunanja stena $U = 0,178 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI), streha $U = 0,151 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI), strop proti podstrešju $U = 0,161 \text{ W/m}^2\text{K}$ (22 cm TI), tla na terenu $U = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K}$

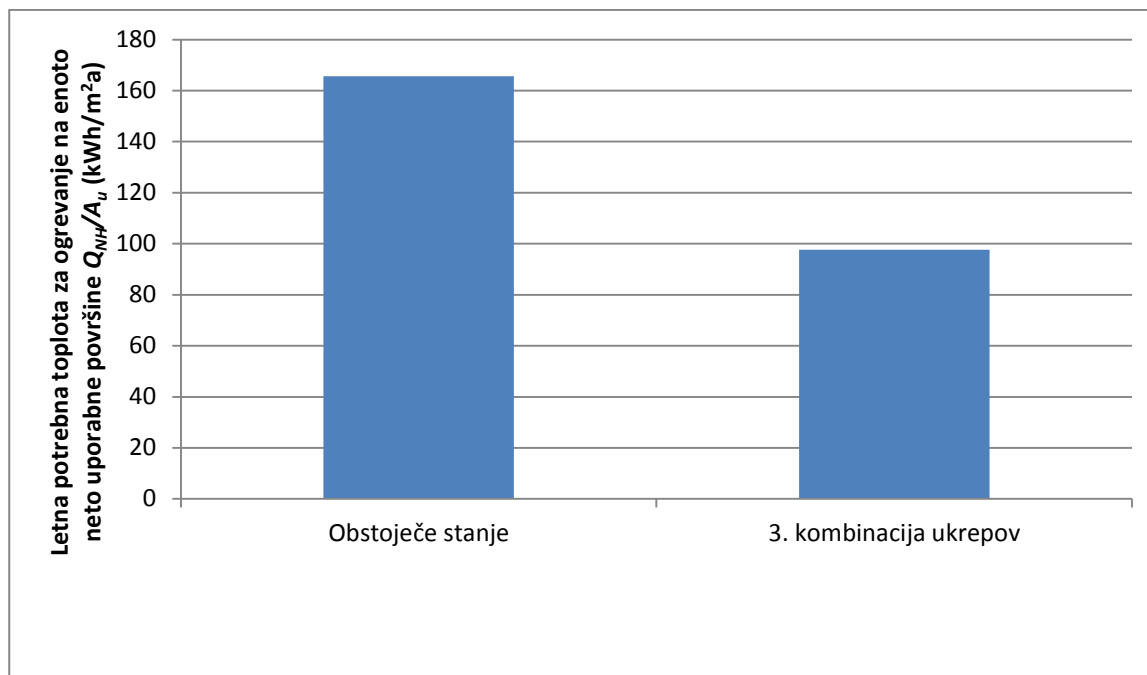
(15 cm TI), tla proti kleti $U = 0,176 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI), tla proti zunanosti $U = 0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI), stena proti stopnišču $U = 0,337 \text{ W/m}^2\text{K}$ (10 cm TI), stena proti podstrešju $U = 0,198 \text{ W/m}^2\text{K}$ (18 cm TI), stena proti kleti $U = 0,337 \text{ W/m}^2\text{K}$ (10 cm TI). Kombinacija teh ukrepov zniža letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine na $92,00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Sprememba je velika $44,44 \%$ (grafikon 20).



Grafikon 20: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 2. kombinaciji ukrepov

6.3 3. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, večje debeline TI

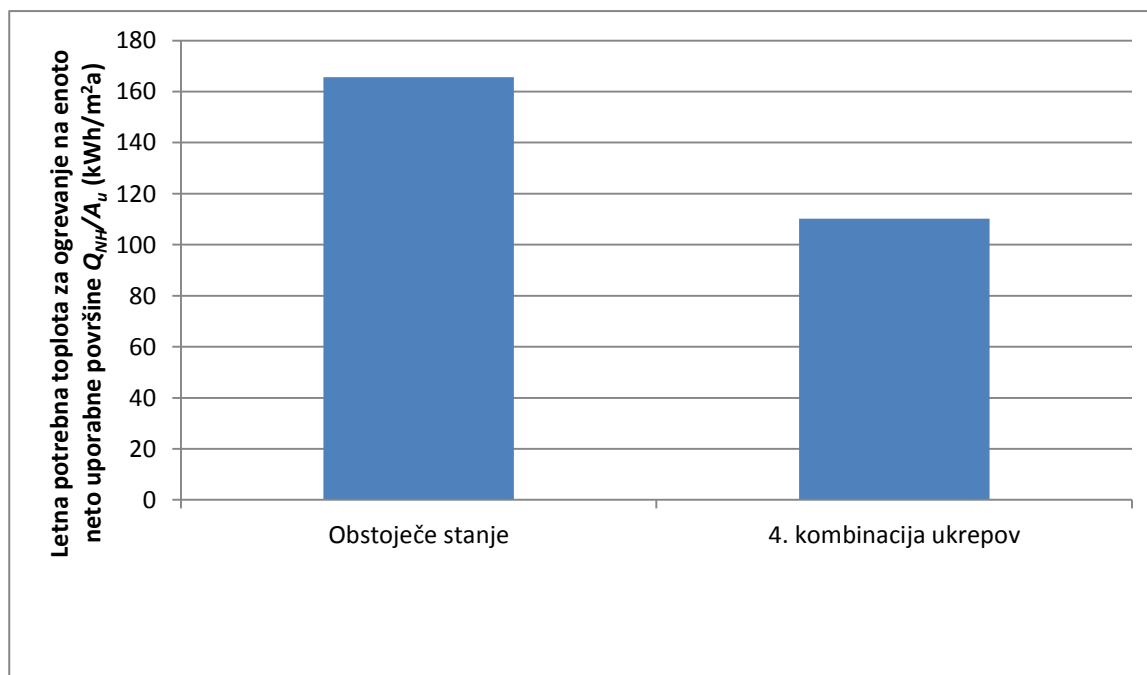
Ta ukrep je enak prvemu in drugemu (ukrepi 1 - 9), pri čemer sem debeline toplotne izolacije še nekoliko povečal: zunanja stena $U = 0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm TI), streha $U = 0,124 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm TI), strop proti podstrešju $U = 0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$ (28 cm TI), tla na terenu $U = 0,179 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI), tla proti kleti $U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm TI), tla proti zunanosti $U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm TI), stena proti stopnišču $U = 0,235 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm TI), stena proti podstrešju $U = 0,164 \text{ W/m}^2\text{K}$ (22 cm TI), stena proti kleti $U = 0,235 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm TI). Kombinacija teh ukrepov zniža letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine na $88,84 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar je enako spremembi velikosti $46,35 \%$ (grafikon 21).



Grafikon 21: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 3. kombinaciji ukrepov

6.4 4. kombinacija ukrepov: Vsi ostali ukrepi

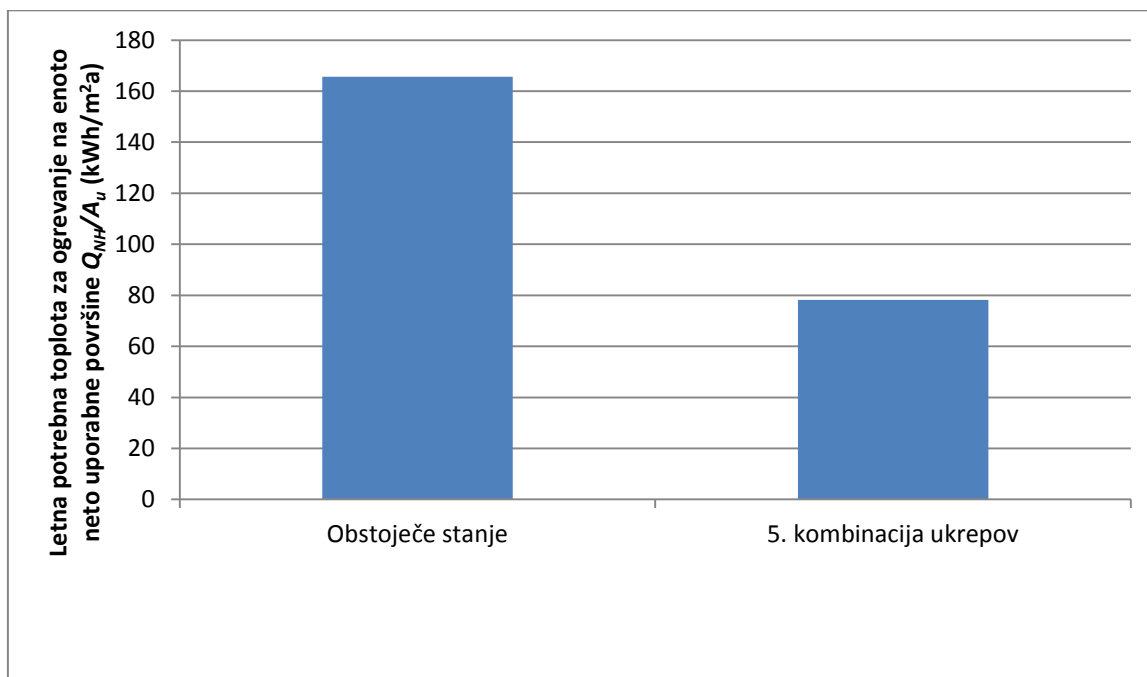
V tej kombinaciji sem združil vse ukrepe, ki niso povezani z večanjem debeline toplotne izolacije (ukrepi 11 - 14). Ti ukrepi so: minimalno prezračevanje, sprememba projektnih notranjih temperatur, znižanje notranje projektne temperature v nočnem času in nočna izolacija. Ti ukrepi skupaj znižajo letno porabo energije za ogrevanje na 110,25 kWh/m²a, oziroma se zmanjša poraba za 33,42 % (grafikon 22).



Grafikon 22: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 4. kombinaciji ukrepov

6.5 5. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI + vsa nova okna

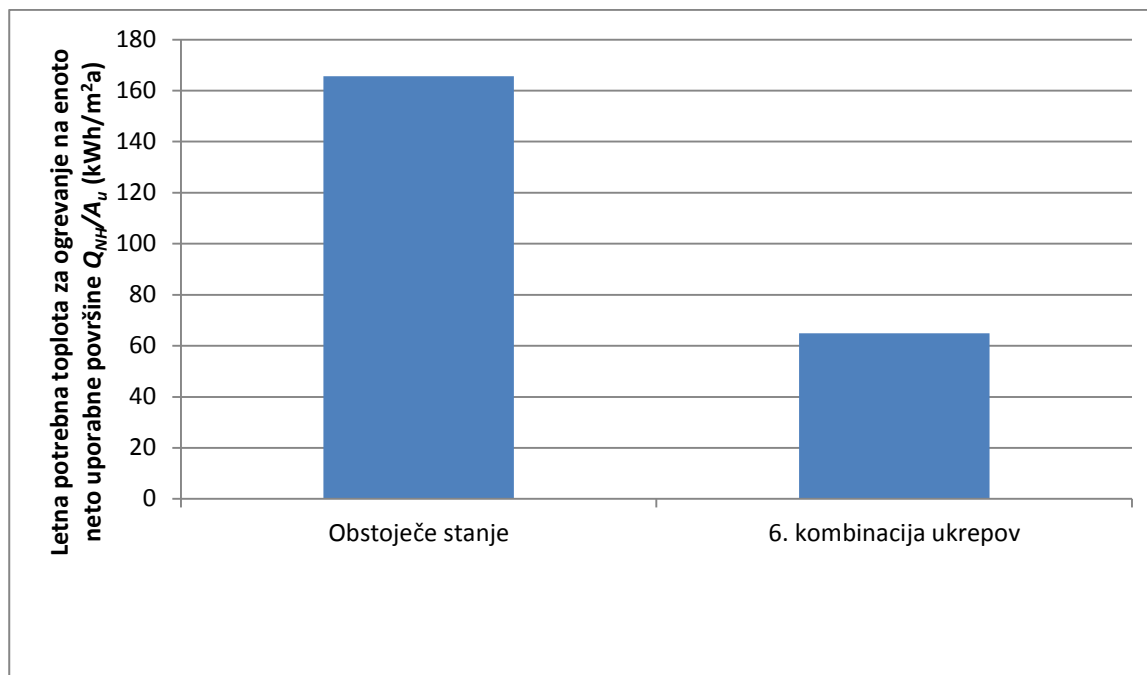
Ta kombinacija je enaka kot prva (ukrepi 1 - 9), dodal pa sem ji še nova okna. Okna so enaka kot v 10.1 ukrepu ($U_w = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,58$). Skupaj ti ukrepi znižajo letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine na $78,24 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar je enako spremembi za 52,75 % (grafikon 23).



Grafikon 23: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 5. kombinaciji ukrepov

6.6 6. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI + okna po PURES-u

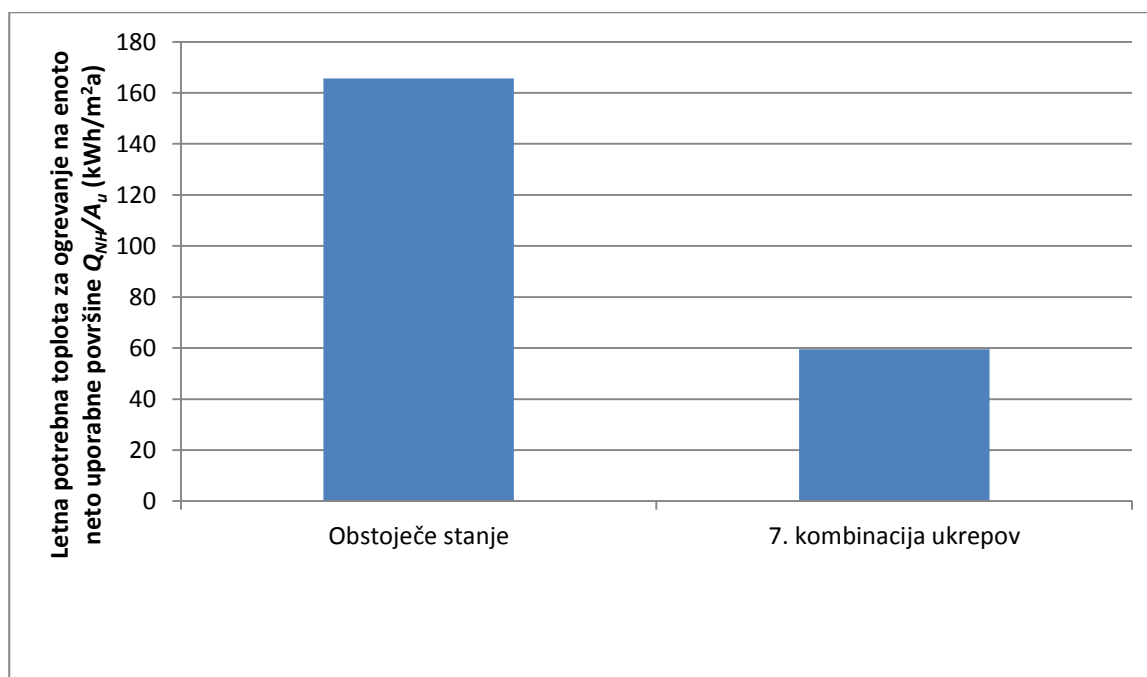
Kombinacija je enaka kot prva (ukrepi 1 - 9), z dodanimi boljšimi okni. Okna so izbrana po PURES-u, enako kot v ukrepu 10.2. Nova poraba, ki sem jo izračunal za to kombinacijo ukrepov je $64,94 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Razlika med novim in obstoječim stanjem znaša 60,78 odstotkov (grafikon 24).



Grafikon 24: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 6. kombinaciji ukrepov

6.7 7. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, srednje debeline TI + okna po PURES-u

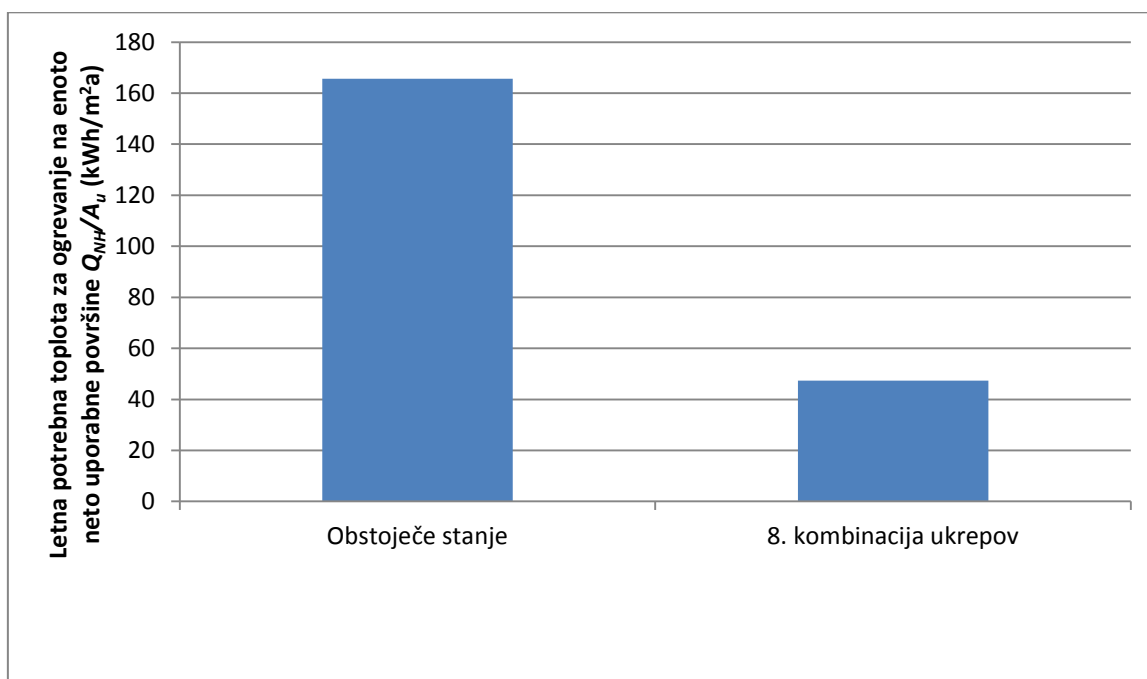
Ta kombinacija je enaka kot druga (ukrepi 1 - 9), dodal pa sem ji še druga okna (ukrep 10.2). Skupaj ti ukrepi znižajo letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine na 59,48 kWh/m²K, kar je enako spremembi za 64,08 % (grafikon 25).



Grafikon 25: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 7. kombinaciji ukrepov

6.8 8. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, večje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo

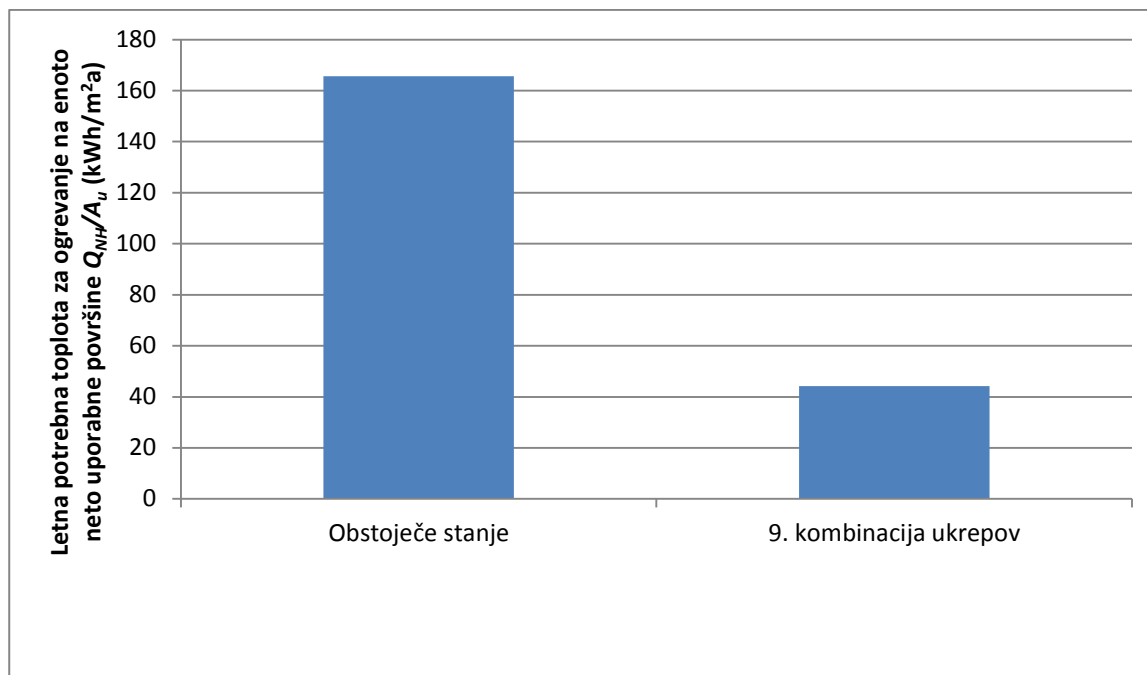
Kombinacija ukrepov je podobna kot tretja (ukrepi 1 - 9), vendar z dodanim ukrepom 10.3 (okna s trojno zasteklitvijo). S to kombinacijo ukrepov se letna potrebna toplota za ogrevanje zmanjša za 71,43 odstotkov, saj je nova izračunana vrednost porabe energije za ogrevanje 47,31 kWh/m²a (preglednica 26).



Grafikon 26: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 8. kombinaciji ukrepov

6.9 9. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše TI + vsa nova okna + ostali ukrepi

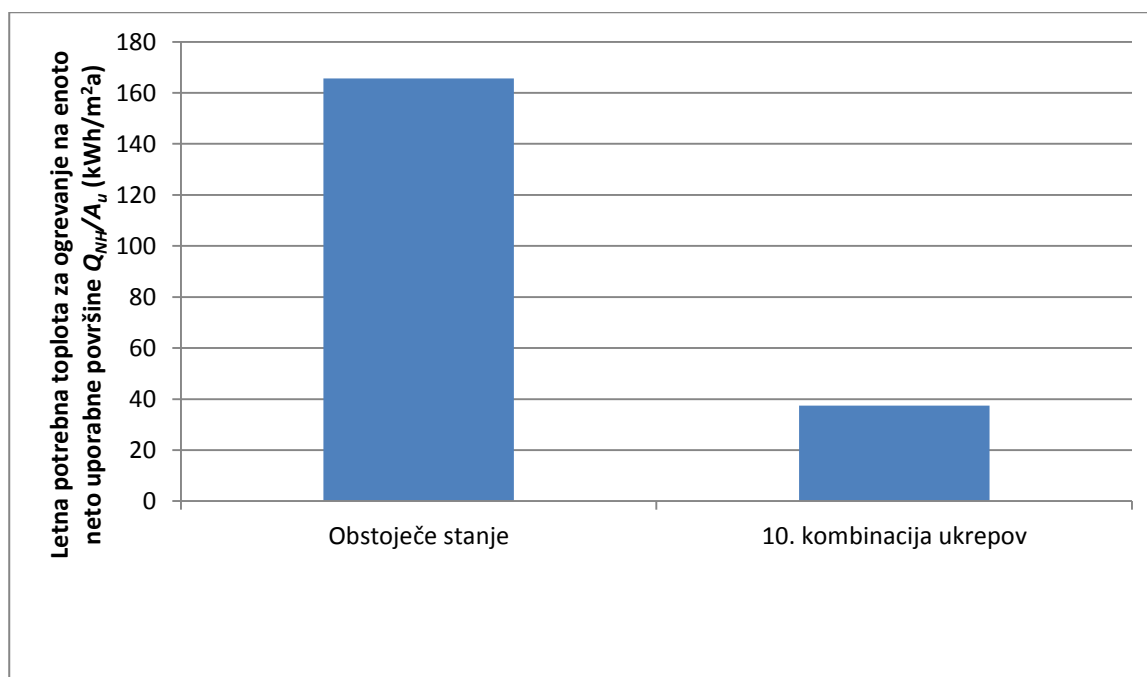
Pri tej kombinaciji sem 5. kombinaciji ukrepov (ukrepi 1 – 9 in 10.1), dodal še ostale ukrepe (ukrepi 11 - 14). Poraba toplote za ogrevanje se tako zmanjša za 73,28 odstotkov na vrednost 44,27 kWh/m²a (grafikon 27).



Grafikon 27: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 9. kombinaciji ukrepov

6.10 10. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, manjše debeline TI + okna po PURES-u + ostali ukrepi

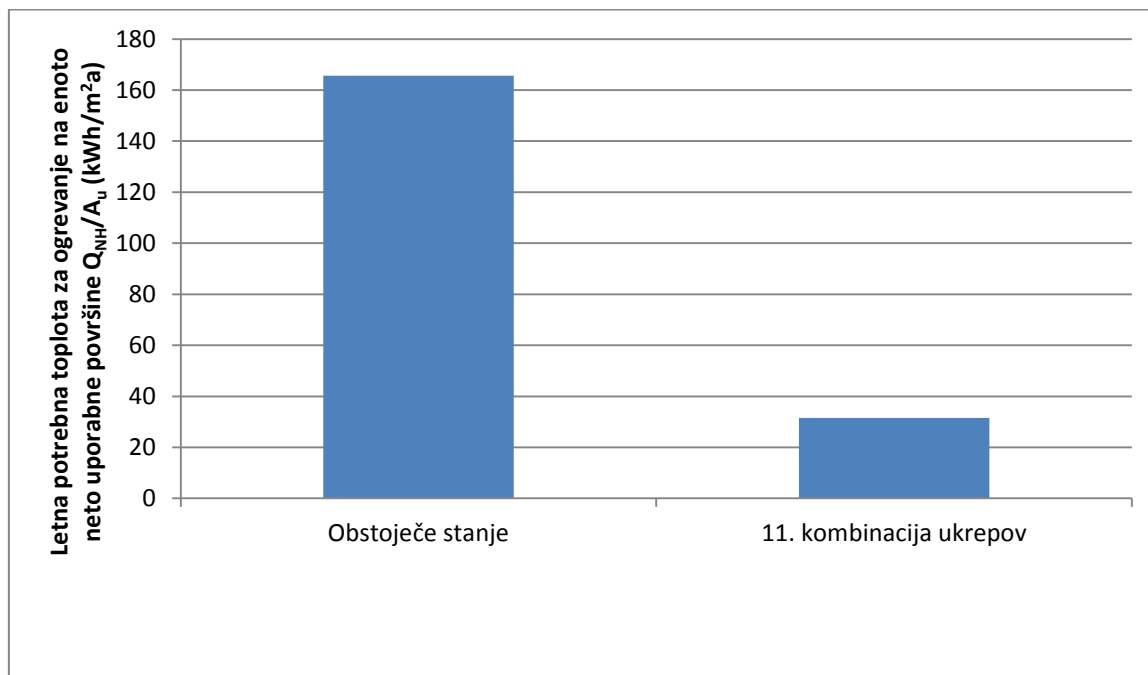
Pri tej kombinaciji sem 6. kombinaciji ukrepov (ukrepi 1 – 9 in 10.2), dodal še ostale ukrepe (ukrepi 11 - 14). Poraba toplote za ogrevanje se tako zmanjša za 77,41 odstotkov na vrednost 37,41 kWh/m²a (grafikon 28).



Grafikon 28: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 10. kombinaciji ukrepov

6.11 11. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, srednje debeline TI + okna po PURES-u + ostali ukrepi

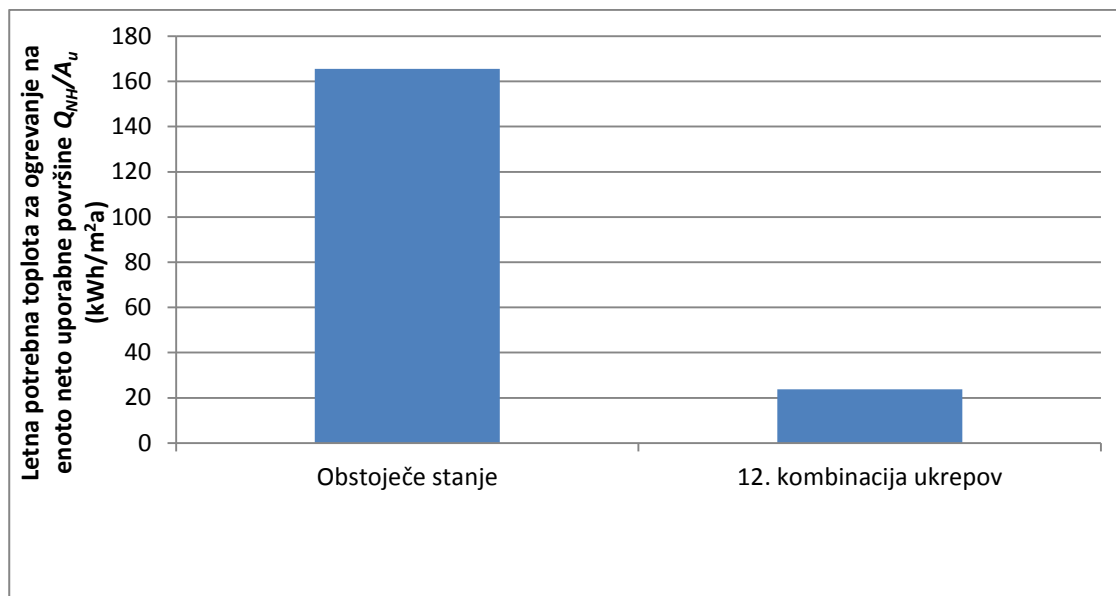
Pri 11. kombinaciji sem 7. kombinaciji ukrepov (ukrepi 1 – 9 in 10.2), dodal še ostale ukrepe (ukrepi 11 - 14). Poraba toplote za ogrevanje se tako zmanjša za 80,97 odstotkov na vrednost 31,51 kWh/m²a (grafikon 29).



Grafikon 29: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 11. kombinaciji ukrepov

6.12 12. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, večje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo + ostali ukrepi

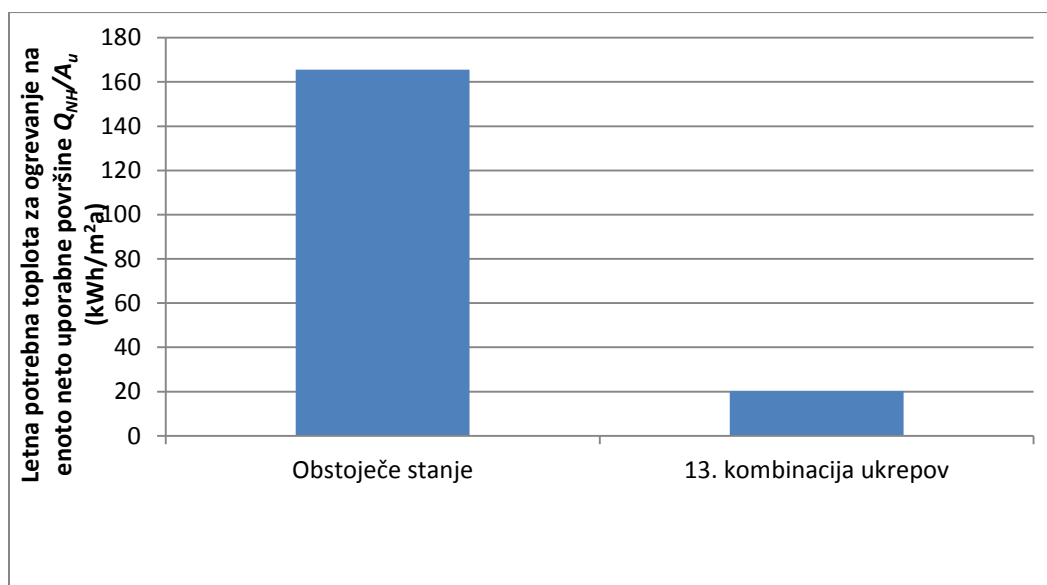
S to kombinacijo sem 8. kombinaciji ukrepov (ukrepi 1 – 9 in 10.3), dodal še ostale ukrepe (ukrepi 11 - 14). Poraba toplote za ogrevanje se tako zmanjša za kar 85,63 odstotkov na vrednost 23,79 kWh/m²a (grafikon 30).



Grafikon 30: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 12. kombinaciji ukrepov

6.13 13. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, največje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo + ostali ukrepi

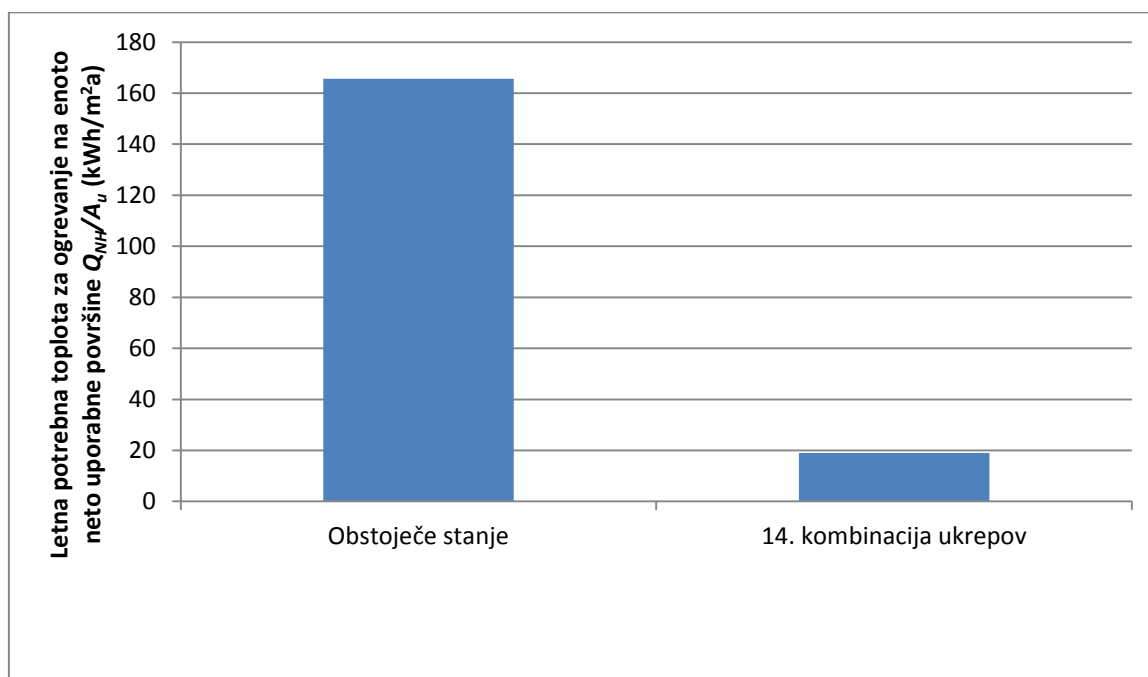
Ta kombinacija ukrepov je enaka kot prejšnja, s tem da sem tu vzel za vse konstrukcijske sklope največje debeline toplotne izolacije, ki sem jih uporabil pri izračunih ukrepov: zunanja stena $U = 0,122 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm TI), streha $U = 0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm TI), strop proti podstrešju $U = 0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm TI), tla na terenu $U = 0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm TI), tla proti kleti $U = 0,119 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm TI), tla proti zunanosti $U = 0,119 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm TI), stena proti stopnišču $U = 0,181 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI), stena proti podstrešju $U = 0,146 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm TI), stena proti kleti $U = 0,181 \text{ W/m}^2\text{K}$ (20 cm TI). Kombinacija teh ukrepov zniža letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pod največjo dovoljeno, na 20,29 kWh/m²a, kar je enako spremembi velikosti 87,75 % (grafikon 31).



Grafikon 31: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 13. kombinaciji ukrepov

6.14 14. kombinacija ukrepov: Vsi ukrepi povečanja debeline toplotne izolacije skupaj, največje debeline TI + okna s trojno zasteklitvijo + ostali ukrepi + steklenjaki

Ta kombinacija je enaka kot 13., dodal pa sem ji še 14. ukrep, kjer sem balkonske površine preuredil v steklenjake. Letna potrebna toplota za ogrevanje se je tudi v tem primeru spustila pod vrednost 23,25 kWh/m²a (na 19,05 kWh/m²a), kar predstavlja največjo dovoljeno vrednost. Sprememba je v tem primeru kar 88,50 odstotna (grafikon 32).

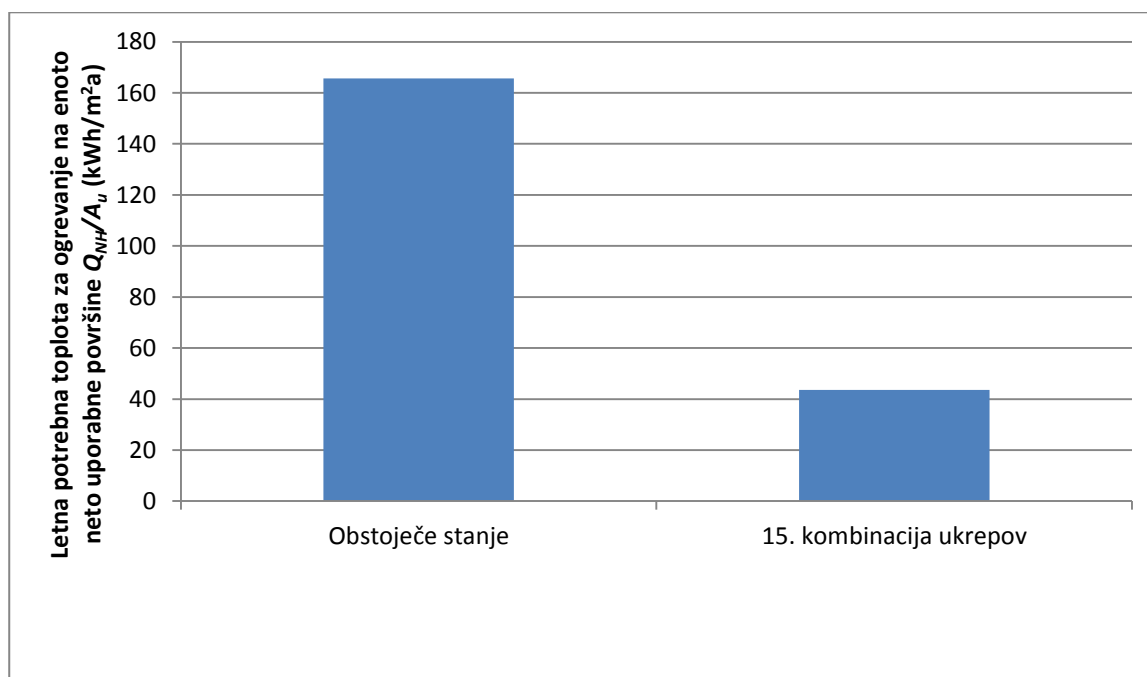


Grafikon 32: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 14. kombinaciji ukrepov

6.15 15. kombinacija ukrepov: Smiselna

S to kombinacijo ukrepov sem združil ukrepe, ki se mi zdijo smiselni, da bi se uporabili pri energetske prenovi. Izbral sem ukrepe, ki so se izkazali za zelo učinkovite ali pa so cenovno ugodni. Zunanjo steno sem obložil z 15 cm TI ($U = 0,231 \text{ W/m}^2\text{K}$), streho z 18 cm TI ($U = 0,166 \text{ W/m}^2\text{K}$), strop proti podstrešju z 20 cm TI ($U = 0,176 \text{ W/m}^2\text{K}$), tal na terenu ne bi spreminjal (15 cm TI prinese le 2 odstotno spremembo, težka izvedba), tal proti kleti ne bi dodatno izoliral (20 cm TI prinese le 0,5 odstotno spremembo), tal proti zunanosti prav tako ne bi spreminjal (20 cm TI prinese le 1 odstotno spremembo), steno proti stopnišču sem izoliral z 8 cm TI ($U = 0,407 \text{ W/m}^2\text{K}$), steno proti neogrevanemu podstrešju z 10 cm TI ($U = 0,337 \text{ W/m}^2\text{K}$) in steno proti kleti z 8 cm TI ($U = 0,407 \text{ W/m}^2\text{K}$). Čeprav ukrepi na strehi, stropu proti podstrešju in steni proti podstrešju niso tako učinkoviti, sem jih vseeno uporabil pri tej kombinaciji ukrepov, saj skupaj tvorijo en sklop, ki ga je potrebno obravnavati kot celoto. Ob morebitni prenovi strehe bilo potrebno dodatno toplotno izolirati vse tri dele, da v celoti preprečimo izgubo toplote v smeri navzgor. Če gledamo celotno spremembo, ki jo naredijo ti trije ukrepi, vidimo, da ni zanemarljiva. Uporabil sem tudi ukrepe o minimalnem prezračevanju, spremembi projektne notranje temperature, znižanju projektne notranje temperature v nočnem času in nočni izolaciji. S to kombinacijo ukrepov se zmanjša letna potrebna toplota za ogrevanja na enoto neto uporabne površine na 43,56 kWh/m²a.

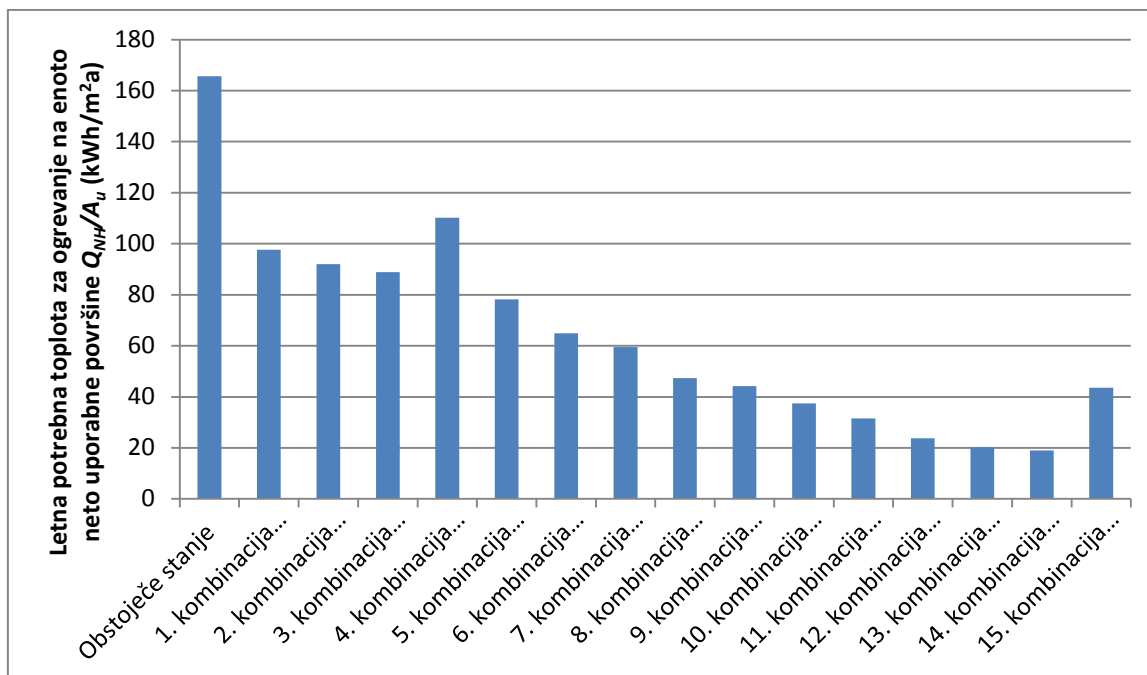
Sprememba ki jo naredi ta kombinacija ukrepov glede na obstoječe stanje znaša 73,69 % (grafikon 33).



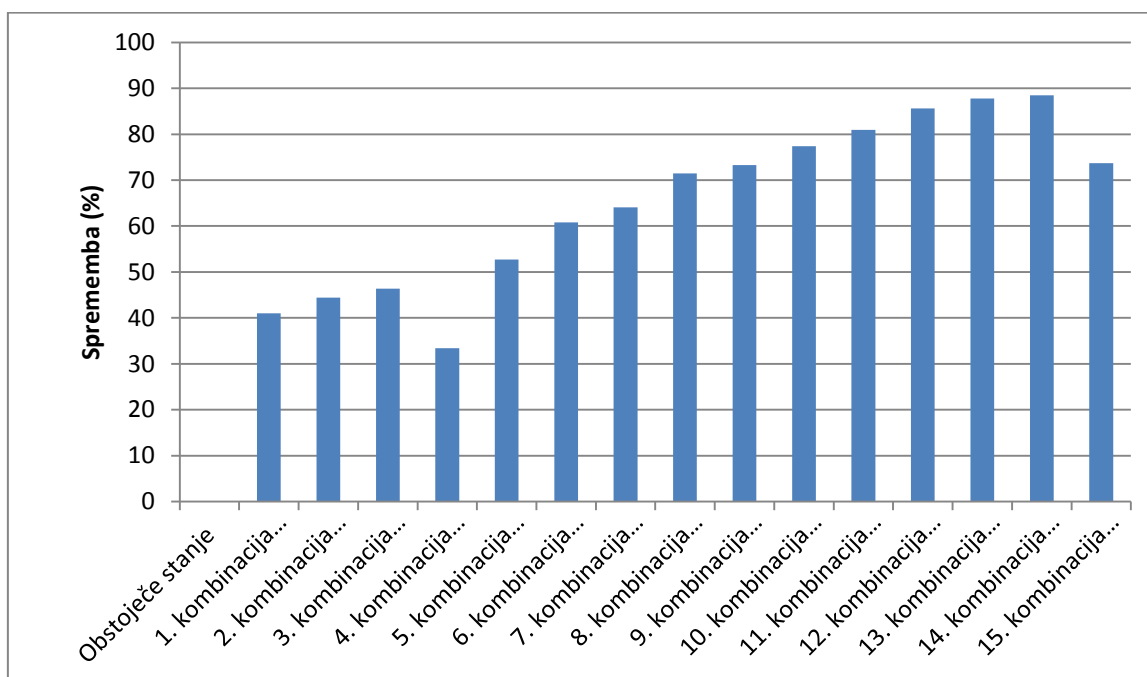
Grafikon 33: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri 15. kombinaciji ukrepov

6.16 Primerjava (pregled) kombinacij ukrepov

Rezultati kombinacij ukrepov kažejo (grafikona 34 in 35), da so ukrepi s spremembo debeline toplotne izolacije učinkovitejši kot ostali ukrepi. Vendar so tudi ostali ukrepi zelo učinkoviti, sploh zato, ker je njihova izvedba cenejša. Za uspešno znižanje porabe energije je potrebno združiti več različnih ukrepov. Več ukrepov kot sem združil, bolj sem zmanjšal porabo toplote za ogrevanje. Cilj je bil seveda znižati porabo energije stavbe na vrednosti, ki ustrezajo definiciji energetske učinkovite stavbe po PURES-u. To sem dosegel s 13. kombinacijo ukrepov, kjer sem znižal porabo energije za ogrevanje na 20,29 kWh/m²a in 14. kombinacijo ukrepov, kjer je končna poraba znašala 19,05 kWh/m²a. S tema ukrepoma sem zadostil tudi ostalim pogojem po energetske učinkovitosti stavbe (maksimalni koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, maksimalna letna poraba primarne energije, maksimalni letni potrebni hlad za hlajenje in maksimalni U -faktorji). Vendar ti dve kombinaciji obsegata veliko različnih in dragih ukrepov zato bi bilo praktično nemogoče (zelo drago) izvesti takšno vrsto energetske sanacije. Energetska prenova mora biti učinkovita, ne predraga in čim manj zahtevna za izvedbo. Hkrati pa mora zagotoviti oziroma ohraniti kvalitetne bivalne razmere za vse uporabnike stavbe. Zato sem naredil tudi 15. kombinacijo ukrepov, ki obsega le učinkovite ukrepe in tiste, ki se jih splača izpeljati. S to kombinacijo nisem dosegel dovolj nizke porabe toplote za ogrevanje, sem jo pa vseeno znižal za kar 73,69 odstotkov.



Grafikon 34: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih kombinacijah ukrepov



Grafikon 35: Spremembe letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine pri različnih kombinacijah ukrepov

V praksi se bo, ob morebitni prenovi stavbe, verjetno uporabilo kakšno drugo varianto, ki bo mogoče izpeljanka katere iz med mojih variant. Dobro pa bi bilo, če bi ta varianta vsebovala vsaj ukrepe na fasadi, strehi, oknih in ukrepe s spremembo notranjih temperatur ter prezračevanju. Učinkovito bi bilo uporabiti tudi ukrep z nočno izolacijo in ukrep na steni proti stopniščem.

7 ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE (OVE)

Na lokaciji, kjer leži obravnavana stavba, je mogoče izrabiti energijo sonca in toploto okolice. Potrebno energijo za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode bi lahko zagotovili s toplotno črpalko. Končno energijo za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo v stavbi, pa bi lahko zagotavljali s pomočjo fotonapetostnih modulov.

7.1 Toplotna črpalka

Toplotna črpalka je naprava, ki izrablja toploto iz okolja in jo pretvarja v toploto, ki jo lahko uporabimo za ogrevanje, hlajenje in tudi pripravo tople vode. Ločimo več vrst toplotnih črpalk glede na vir, ki ga izrabljajo za odvzem toplote. Toploto lahko izrablja iz zemlje, zraka ali vode. Za samo delovanje črpalke potrebujemo le električno energijo za pogon agregata, zato je toplotna črpalka energetske zelo učinkovita, saj v povprečju proizvede več enot toplote kot pri tem porabi enot energije.

7.2 Fotonapetostni moduli (PV)

Fotonapetostni moduli bazirajo na osnovi polprevodnikov (silicij, germanij,...), ki omogočajo direktno pretvorbo sončnega sevanja v enosmerni električni tok. Pridobljeno električno energijo je možno pretvoriti v dvosmerni električni tok ter jo oddati v javno električno omrežje ali pa jo izkoristiti v stavbi sami. Učinkovitost je odvisna od tehnologije izvedbe modula.

7.3 Uporaba obnovljivih virov energije na stavbi

Odločil sem se, da potrebno energijo za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode v stavbi zagotovim s toplotno črpalko. Električno za razsvetljavo v stavbi in delovanje toplotne črpalke pa pridobim iz fotonapetostnih modulov, ki bi jih namestil na streho stanovanjskega bloka. Ustreznost oziroma uporabo takšne kombinacije OVE v stavbi nisem preverjal za vsak ukrep oziroma kombinacijo ukrepov, ampak sem si izbral eno kombinacijo ukrepov in sicer zadnjo 15. kombinacijo, ki se mi zdi najbolj smiselna. Končno energijo v stavbi za to kombinacijo ukrepov prikazuje spodnja preglednica 65.

Preglednica 65: Končna energija v stavbi za 15. kombinacijo ukrepov

kWh	Ogrevanje ($Q_{NH,f}$)	Hlajenje ($Q_{NC,f}$)	Topla voda ($Q_{W,f}$)	Razsvetljava ($Q_{I,f}$)	Cona skupaj
1.OC	25423	896	11311	15710	53340
2.OC	13053	5979	564	5006	24603
3.OC	5026	188	0	1693	6907
1.NC	0	0	0	0	0
OC z N kletjo	0	0	0	1141	1141
Stavba skupaj	43503	7063	11875	23550	85991

V programu TOST sem za energent uporabil toplotno črpalko z lastnostmi zbranimi v preglednici 66.

Preglednica 66: Lastnosti toplotne črpalke

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Energent	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka
Učinkovitost sistemov			
Generacija	2,00	3,50	2,00
Distribucija	0,95	0,95	0,92
Emisija	0,96	0,92	1,00

Iz preglednice 65 s podatki o končni energiji lahko po enačbi 7 seštejemo, kolikšna energija je potrebna za delovanje toplotne črpalke (Q_{TC}):

$$Q_{TC} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} + Q_{W,f} = 43503 \text{ kWh} + 7063 \text{ kWh} + 11875 \text{ kWh} = 64441 \text{ kWh} \quad (7)$$

Enačba 8 prikazuje potrebno energijo za delovanje toplotne črpalke (Q_{TC}) in za razsvetljavo ($Q_{l,f}$), ki je enaka:

$$Q_{TC} + Q_{l,f} = 64441 \text{ kWh} + 23550 \text{ kWh} = 85991 \text{ kWh} \quad (8)$$

kjer je $Q_{NH,f}$ dovedena energija za ogrevanje stavbe, $Q_{NC,f}$ dovedena energija za hlajenje stavbe in $Q_{W,f}$ dovedena energija za pripravo tople vode.

Uporabil sem monokristalne fotonapetostne panele z nazivno močjo 275 W/h in velikosti 1650 mm x 990 mm [27]. To prinese 168,4 W/m² maksimalne moči. Površina strehe znaša 472 m². Celotna nazivna moč elektrarne bi tako bila 79,5 kWp. Te podatke, skupaj z lokacijo obravnavane stavbe, sem vnesel v program Photovoltaic Geographical Information System [28]. Program ob upoštevanju 14 odstotnih izgub sistema, optimalnega nagiba panelov 35° in optimalne orientacije panelov 0° (proti jugu), prikaže tabelo z rezultati (preglednica 67).

Preglednica 67: Povprečna dnevna in mesečna proizvodnja elektrike in povprečno dnevno in mesečno sončno obsevanje

Mesec	Povprečna dnevna proizvodnja elektrike (kWh)	Povprečna mesečna proizvodnja elektrike (kWh)	Povprečno dnevno sončno obsevanje (kWh/m ²)	Povprečno mesečno sončno obsevanje (kWh/m ²)
Januar	105,0	3270	1,62	50,2
Februar	175,0	4900	2,68	75,0
Marec	251,0	7780	3,98	123,0
April	293,0	8790	4,76	143,0
Maj	330,0	10200	5,46	169,0

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 67

Junij	337,0	10100	5,68	170,0
Julij	361,0	11200	6,08	188,0
Avgust	330,0	10200	5,58	173,0
September	268,0	8040	4,38	131,0
Oktober	186,0	5770	3,01	93,4
November	113,0	3400	1,78	53,5
December	85,9	2660	1,33	41,2
Letno povprečje	237	7200	3,87	118
Letna proizvodnja	86300		1410	

Iz preglednice 67 vidimo, da naša sončna elektrarna letno proizvede 86300 kWh energije, kar je dovolj, da stavbo oskrbi z elektriko za razsvetljavo in skrbi za delovanje toplotne črpalke.

Izračuni sicer kažejo da stvar deluje, vendar bi se v praksi srečali z nekaj težavami. Streha na obravnavani stavbi ni najbolj primerna za namestitev fotonapetostnih modulov, saj je razdeljena na več delov, ki so v različnih nivojih. Poleg tega je nagnjena proti zahodu in ne proti jugu, kar bi bilo optimalno za delovanje fotonapetostnih modulov. Zato bi morali za uspešno (optimalno) delovanje PV, na strehi narediti ustrezno podkonstrukcijo, ki bi bila v našem primeru zelo velika in zato tudi draga in verjetno vpadljivega videza. Fotonapetostni moduli, ki sem jih izbral imajo nazivno moč 275 W/h, kar je veliko, zato so tudi dragi. Če bi izbral module z manjšo nazivno močjo, bi bila površina strehe premajhna, da bi za izbran primer (izbrano kombinacijo ukrepov), s sončno elektrarno zagotovil dovolj elektrike za razsvetljavo in delovanje toplotne črpalke. Še vedno pa bi v vsakem primeru zadostili pogojem iz pravilnika PURES 2010, ki zahtevajo 25 odstotkov končne energije pridobljene iz obnovljivih virov.

8 ZAKLJUČEK

Ko se odločimo, da bomo stavbo energetske prenovili, si zamislimo nek ukrep ali ukrepe, ki jih bomo na stavbi izvedli. V zadnjem času je najbolj pogosto, da se ljudje odločijo le za prenovo fasade. Res je da ima ponavadi zamenjava fasade največji vpliv na porabo energije stavbe, saj predstavlja velik del stavbnega ovoja, vendar to ni nujno. Obstaja vrsta različnih energetskih ukrepov, ki jih na stavbi lahko izvedemo. Učinki ukrepov so za vsako stavbo različni, saj se stavbe med seboj lahko zelo razlikujejo. Tako da so lahko tudi drugi ukrepi, ki niso povezani s fasado, zelo učinkoviti in veliko cenejši, sploh če je obstoječa fasada že solidna. Zato je smiselno pred energetskim posegom narediti analizo vplivov različnih ukrepov, ki pokaže, kateri elementi v stavbi so vir toplotnih izgub oziroma kaj se na obravnavani stavbi splača izvesti.

V svoji diplomski nalogi sem za stanovanjski blok, ki se nahaja na Cesti 9. avgusta 8abc v Zagorju ob Savi, preučil različne ukrepe, ki vplivajo na porabo energije v stavbi. Stavba ima trenutno zelo veliko porabo energije ($165,58 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), zato bi ji energetska prenova zelo koristila. Med ukrepi sta se kot najboljša izkazala prenova fasade in zamenjava transparentnih delov. Vsak od obeh ukrepov lahko zniža letno potrebno toploto za ogrevanje za več kot 20 odstotkov. Razlog za učinkovitost teh dveh ukrepov so velike transmisijske izgube stavbe. Kot učinkoviti ukrepi so se izkazali tudi ukrepi s spreminjanjem projektnih notranjih temperatur in spreminjanjem prezračevanja, saj zanje ne rabimo veliko finančnih sredstev. Med ukrepi je izstopal tudi 7. ukrep, kjer sem toplotno izoliral steno proti stopnišču, da sem zmanjšal toplotni tok proti stopnišču, ki je ogrevan na nižjo temperaturo kot stanovanja in poslovni prostori. Ukrepe sem med seboj združeval v kombinacije ukrepov in spremljal spremembe porabe energije stavbe. Izračune energetske bilance sem opravil s programom TOST, rezultate pa sem primerjal s kriteriji za energetske učinkovitost stavb po pravilniku PURES 2010. Z dvema kombinacijama ukrepov sem izpolnil vse zahteve o energetski učinkovitosti stavb, porabo toplote za ogrevanje pa sem zmanjšal za več kot 85 odstotkov.

Tako velike spremembe v porabi energije (več kot 85 odstotkov) kažejo na to, da je trenutno energetske stanje obravnavane stavbe res zelo slabo. Razlog za veliko porabo energije stavbe je tudi njena oblika. Faktor oblike $f_o (= A/V_e)$ je namreč samo $0,34 \text{ m}^{-1}$. Nizek faktor oblike pomeni, da je stavba nekompaktna, zato jo je težje narediti energetske učinkovito.

Tekom izračunov se je pokazalo, da je zelo pomembno definiranje temperaturnih con. To je potrebno narediti že med samim projektiranjem stavbe. Različno ogrevane cone je potrebno med seboj ločiti z ustrezno izoliranimi predelnimi stenami, drugače se lahko pojavijo veliki toplotni tokovi proti neogrevanim conam. Tako se lahko zgodi, da imamo večje toplotne izgube proti neogrevani kleti ali stopnišču, kot skozi fasado.

Moja obravnavana stavba je energetske potratna, vendar je takšnih in podobnih stavb v Sloveniji še ogromno. Stavbe nasploh porabijo zelo veliko energije za svoje delovanje, zato se mi zdi pomembno, da se v prihodnosti spodbuja energetske sanacije, saj lahko tako globalno zmanjšamo porabo energije. Da stavbe že na začetku ne porabijo preveč energije za svoje delovanje, pa je potrebno bioklimatko načrtovanje. To pomeni, da že v sami fazi načrtovanja stavbe upoštevamo naravne (klima), tehnološke (materiali, rešitve) in sociološke (kultura, želje) danosti, ki nam jih dana lokacija ponuja.

Kriteriji za energetska učinkovitost stavb po pravilniku PURES 2010 so lahko zelo strogi, zlasti za nekompaktne stavbe. Zato je lahko potrebno veliko dela in denarja za izpolnitev vseh kriterijev. Pri tem pa ne smemo pozabiti na ustrezne bivalne razmere, ki jih moramo zagotoviti v stavbi ves čas njene uporabe.

VIRI

- [1] Krainer, A., Predan, R. 2012. Računalniški program (TOST) za izračun energetske bilance stavb. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [2] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. 2010. Učinkovita raba energije. Ministerstvo za okolje in prostor.
- [3] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52/2010. <http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (Pridobljeno 11. 7. 2015.)
- [4] Krainer, A., Predan, R. 2012. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [5] Podnebno-energetski paket EU (20/20/20 do 2020). 2007. http://www.arhiv.svps.gov.si/si/podnebni_ukrepi/podnebna_politika_v_sloveniji/evropska_unija/ (Pridobljeno 11. 7. 2015.)
- [6] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, 18. 6. 2010.
- [7] Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 16. december 2002 o energetske učinkovitosti stavb. Uradni list Evropske unije, 4. 1. 2003.
- [8] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št. 110/2002.
- [9] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002. Uradni list RS, št. 105/2002.
- [10] Energijski zakon (EZ). Uradni list RS, št. 79/1999. Uradni list RS, št. 8/2000.
- [11] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavb. Uradni list RS, št. 77/2009.
- [12] Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo. Uradni list RS, št. 35/2008.
- [13] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES). 2015. <http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/akcijski-nacrt-za-skoraj-nic-energijske-stavbe/> (Pridobljeno 11. 8. 2015.)
- [14] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). Uradni list RS, št. 41/2004.
- [15] Geografske koordinate stavbe. 2015. <https://www.google.si/maps> (Pridobljeno 6. 6. 2015.)
- [16] <http://www.komunala-zagorje.si/dejavnosti.php?13> (Pridobljeno 8. 6. 2015.)

- [17] Škrinar, M. GT. 1980. Projektna dokumentacija. SPO 68 Zagorje. Zagorje ob Savi
- [18] Krainer, A., Predan R. 2012. Računalniški program TOST. Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [19] Grašič, M. 2014. Vpliv osončenosti na energetske potencial stavbe in kvaliteto naravne osvetljenosti prostorov. Magistrsko delo. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Grašič).
- [20] Košir, M. 2015. Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente. Toplotna zaščita in učinkovita raba energije v stavbah.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 13. 4. 2015.)
- [21] SIST EN ISO 14683:2007. Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values.
- [22] Jagličič, Z. 2015. Zapiski s predavanj pri predmetu Elementi gradbene fizike.
- [23] Dekorativna fasadna opeka. 2015. <http://brickhouse.rs/listele/> (Pridobljeno 16. 7. 2015.)
- [24] <http://www.crostone.hr/n/vandersanden.php?p=slip> (Pridobljeno 11. 8. 2015.)
- [25] Pravilnik o minimalnih tehničnih pogojih za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj. <http://www.slonep.net/predpisi/zakonodaja/pravilnik-o-minimalnih-tehnicnih-zahtevah-za-graditev-stanovanjskih-stavb-in-stanovanj> (Pridobljeno 11. 8. 2015.)
- [26] Nadokenske rolete. 2015. Roltek.
<http://www.roltek.si/prodajniprogram/rolete/nadokenske-rolete> (Pridobljeno 22. 7. 2015.)
- [27] Fotonapetostni monokristalni moduli. 2015. Bisol.
<http://www.bisol.com/sl/proizvodi/fotonapetostni-moduli/bisol-premium-mono-sl.html>
(Pridobljeno 1. 8. 2015.)
- [28] Program Photovoltaic Geographical Information System. 2015.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (Pridobljeno 1. 8. 2015.)