

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:

Miko, B., 2013. Prenova stavbe v skoraj nič energijsko hišo. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Krainer, A., somentor Košir, M.): 42 str.

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:

Miko, B., 2013. Prenova stavbe v skoraj nič energijsko hišo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Krainer, A., co-supervisor Košir, M.): 42 pp.

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

**PRVOSTOPENJSKI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
GK^{*}) " - V@uf \ (UN)**

Kandidatka:

Diplomska naloga št.: 87/B-GR

Graduation thesis No.: 87/B-GR

Mentor:

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

Ljubljana, 26. 09. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana BARBARA MIKO izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: **PRENOVA STAVBE V NIČ ENERGIJSKO HIŠO** «.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Polzela, 18.9.2013

Barbara Miko

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENCIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	699.86(043.2)
Avtor:	Barbara Miko
Mentor:	prof. dr. Aleš Krainer
Somentor:	doc. dr. Mitja Košir
Naslov:	Prenova stavbe v skoraj nič energijsko hišo
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – UNI-B
Obseg in oprema:	42 str., 61 pregl., 18 sl., 12 graf., 1 pril.
Ključne besede:	nič energijska hiša, obnovljivi viri energije, potrebna letna toplota za ogrevanje, poraba energije

Izvleček

V svoji diplomski nalogi se posvečam skoraj nič energijski hiši. V prenovljeni Direktivi o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU so opisani cilji in zahteve, ki vključujejo tudi povečanje obsega prenov stavb v nič energijsko hišo. Za doseganje te zahteve je potrebno preučiti dejavnike, ki vplivajo na zmanjšanje porabe energije v stavbi in čim bolj izkoristiti obnovljive vire energije. V diplomski nalogi je na primeru obstoječe stavbe predstavljenih šest izvedljivih in smiselnih ukrepov, s katerimi lahko pri prenovi zmanjšamo potrebno toploto za ogrevanje, hlad za hlajenje in energijo za pripravo tople vode. Analiza ukrepov je izvedena s pomočjo programa TOST, ki omogoča izračun energetske bilance stavbe. Z uporabo vseh ukrepov dosežemo, da ima stavba po prenovi majhno porabo energije za ogrevanje in hlajenje. V nadaljevanju so predstavljeni trije načini izrabe obnovljivih virov, ki so na voljo na območju stavbe, s katerimi lahko zagotovimo potrebno energijo, ki jo stavba potrebuje za svoje delovanje.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.86(043.2)
Author:	Barbara Miko
Supervisor:	prof. Aleš Krainer, Ph.D
Cosupervisor:	assist.prof. Mitja Košir, Ph.D
Title:	Renovation of building into near zero energy house
Document type:	Graduation Thesis -University studies
Scope and tools:	42. p., 61. tab., 18 fig., 12 graph., 1 ann.
Keywords:	zero energy house, renewable energy sources, annual heating requirements, energy consumption

Abstract

The subject of my graduation thesis is a nearly zero-energy house. The renewed Directive on the energy performance of buildings 2010/31/EU describes new goals and demands that include also an increase in the number of buildings to be renovated into a zero-energy house. To reach this demand we have to study the factors that affect the reduction of the energy consumption in a building and use the renewable energy sources in the best possible way. In the paper I have used a case of an existing building and presented six realisable and sensible measures that we can use in the process of the renovation to reduce the necessary heat for heating, cold for refrigeration and the energy used for the hot water. The analysis of those measures is carried out with the help of the TOST program that allows a calculation of the energy balance of the building. These measures help us to construct the renewed building with a lower heating and refrigeration energy consumption. In the following chapters I have presented three ways of exploiting the renewable energy sources, which are available in the building region and with which we can provide the required energy for the building.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Alešu Krainerju in somentorju doc. dr. Mitji Koširju. Zahvaljujem se tudi družinskim članom in fantu, ki so mi v času študija in nastajanja diplomske naloge stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
IZJAVA O AVTORSTVU.....	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA.....	V
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XII
1 UVOD	1
2 O DIREKTIVI IN NIČ ENERGIJSKI HIŠI.....	1
2.1 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb	1
2.2 Skoraj nič energijska hiša	2
2.2.1 Obnovljivi viri energije	3
3 PRIMER PRENOVE STAVBE V SKORAJ NIČ ENERGIJSKO STAVBO.....	4
3.1 Zasnova.....	4
3.2 Opis obravnavane stavbe	5
3.3 Vhodni podatki	6
3.4 Konstrukcijski sklopi.....	7
3.5 Razdelitev objekta na temperaturne cone	10
3.6 Vhodni podatki za obstoječe stanje po posameznih ogrevalnih conah.....	11
4 ANALIZA REZULTATOV	14
4.1 Obstoječe stanje.....	14
4.2 Ukrepi za zmanjšanje potrebe po energiji v stavbi	15
4.2.1 Regulacija temperature v prostoru	15
4.2.2 Nočna izolacija	17
4.2.3 Senčila	19
4.2.4 Mehansko prezračevanje	20
4.2.5 Sprememba U-faktorjev in g transparentnih delov	22
4.2.6 Sprememba U-faktorjev netransparentnih delov	24
4.3 Primerjava vseh ukrepov	27
4.4 Optimizacija obstoječega stanja	28
5 ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE	31
5.1 Izračun potrebne energije	31

5.2	Možnosti izrabe obnovljivih virov energije	31
5.2.1	Ogrevanje, hlajenje in priprava tople vode s pomočjo sprejemnikov sončne energije ..	31
5.2.2	Ogrevanje, hlajenje in priprava tople vode s pomočjo toplotne črpalke	32
5.2.3	Elektrika pridobljena s pomočjo fotovoltaične elektrarne (PV panelov)	32
5.3	Možnosti uporabe OVE na stavbi	32
5.3.1	Prvi način.....	32
5.3.2	Drugi način.....	35
5.3.3	Tretji način	37
6	ZAKLJUČEK.....	40
VIRI.....		41

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Splošni podatki	6
Preglednica 2: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in propravi tople vode.....	7
Preglednica 3: Klimatski podatki	7
Preglednica 4: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih	7
Preglednica 5: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov in njihova ustreznost zahtevam v tehniški smernici	8
Preglednica 6: Sestava prezračevane stene nad terenom.....	8
Preglednica 7: Sestava zunanje stene pod terenom	8
Preglednica 8: Sestava strehe	9
Preglednica 9: Sestava tal pod terenom.....	9
Preglednica 10: Sestava medetažne konstrukcije med ogrevanimi in neogrevanim prostorom.....	9
Preglednica 11: Sestava predelne stene med ogrvanimi in neogrevanim prostorom	9
Preglednica 12: Osnovni podatki.....	11
Preglednica 13: Podatki o prezračevanju.....	11
Preglednica 14: Podatki o stenah in strehi	12
Preglednica 15: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih.....	12
Preglednica 16: Podatki o tleh pod terenom.....	12
Preglednica 17: Podatki o netransparentnih delih (predelne stene in medetažna konstrukcija).....	13
Preglednica 18: Podatki o transparentnih delih (vrata).....	13
Preglednica 19: Podatki o neto uporabni površini, površini toplotnega ovoja, kondicionirani prostornini stavbe in oblikovnemu faktorju	14
Preglednica 20: Izračunana toplotna bilanca stavbe obstoječega stanja.....	14
Preglednica 21: Izgube in dobitki stavbe pri obstoječem stanju.....	14
Preglednica 22: Izračun potrebne energije v stavbi pri različnih regulacijah temperature.....	15
Preglednica 23: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri regulaciji temperaturi	16
Preglednica 24: Izgube in dobitki stavbe pri regulaciji temperature	16
Preglednica 25: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – regulacija temperature	16
Preglednica 26: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo nočne izolacije	18
Preglednica 27: Izgube in dobitki stavbe z uporabo nočne izolacije	18
Preglednica 28: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – nočna izolacija.....	18
Preglednica 29: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo senčil.....	19
Preglednica 30: Izgube in dobitki stavbe z uporabo senčil.....	19
Preglednica 31: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – senčila.....	19
Preglednica 32: Vhodni podatki za mehansko prezračevanje	21
Preglednica 33: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja	21
Preglednica 34: Izgube in dobitki stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja	21
Preglednica 35: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje	21
Preglednica 36: Primerjava tehničnih značilnosti oken.....	22
Preglednica 37: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo energetsko učinkovitejšimi okni	23
Preglednica 38: Izgube in dobitki stavbe z uporabo energetsko učinkovitejšimi okni.....	23
Preglednica 39: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – energetsko učinkovitejša okna	23
Preglednica 40: Toplotna prehodnost obstoječih in novih konstrukcijskih sklopov zunanjega ovoja stavbe, ter mejna vrednost po TSG.....	24
Preglednica 41: Izračunana toplotna bilanca stavbe z dodatno izolacijo zunanjega ovoja.....	24
Preglednica 42: Izgube in dobitki stavbe z dodatno izolacijo zunanjega ovoja	25

Preglednica 43: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna izolacija zunanje ovoja	25
Preglednica 44: Toplotna prehodnost obstoječih in novih konstrukcijskih sklopov, ter mejna vrednost po TSG4	26
Preglednica 45: Izračunana toplotna bilanca stavbe z dodatno izolacijo predelnih sten in medetažne konstrukcije	26
Preglednica 46: Izgube in dobitki stavbe z dodatno izolacijo predelnih sten in medetažne konstrukcije	26
Preglednica 47: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije	26
Preglednica 48: Izračunana toplotna bilanca stavbe po prenovi	29
Preglednica 49: Izgube in dobitki stavbe po prenovi	29
Preglednica 50: Primerjava z obstoječega stanja s stanjem po prenovi	29
Preglednica 51: Potrebna energija v stavbi (kWh)	31
Preglednica 52: Možnosti in način pretvorbe OVE na lokaciji obravnavane stavbe	31
Preglednica 53: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in priprave tople vode	33
Preglednica 54: Končna energija v stavbi (kWh)	33
Preglednica 55: Izračun povprečnega sončnega obsevanja pri nagibu 35° in orientaciji proti jugu	34
Preglednica 56: Izračun povprečne proizvodnje elektrike nazivne moči 61 kWp	34
Preglednica 57: Podatki o sprejemnikih sončne energije [24]	35
Preglednica 58: Potrebna energija za pripravo tople vode in pridobljena energija iz 62 SSE po mesecih	36
Preglednica 59: Izračun povprečne proizvodnje elektrike nazivne moči 42 kWp	37
Preglednica 60: Povprečno sončno obsevanje in potrebna energija za pripravo tople vode in pridobljena energija iz 25 SSE po mesecih	38
Preglednica 61: Izračun povprečne proizvodnje elektrike nazivne moči 41 kWp	39

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih regulacijah temperature	16
Grafikon 2: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – regulacija temperature	17
Grafikon 4: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – nočna izolacija	18
Grafikon 4: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – senčila	20
Grafikon 5: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje.....	22
Grafikon 6: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – energetsko učinkovitejša okna.....	23
Grafikon 7: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna izolacija zunanlega ovoja	25
Grafikon 8: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna toplotna izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije	27
Grafikon 9: Primerjava obstoječega stanja in ukrepov v potrebni toploti za ogrevanje.....	27
Grafikon 10: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub med obstoječim stanjem in ukrepi	28
Grafikon 11: Primerjava obstoječega stanja in ukrepov v potrebnem hladu za hlajenje.....	28
Grafikon 12: Primerjava obstoječega stanja s stanjem po prenovi.....	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Implementacija direktive v Sloveniji	2
Slika 2: Potek prenove stavbe v skoraj nič energijsko	4
Slika 3: Pogled na južno in zahodno fasado (vir: [25]).....	5
Slika 4: Pogled na vzhodno fasado (vir: [25]).....	5
Slika 5: Panoramska slika objekta in okolice (vir:[26])	5
Slika 6: Načrt tlorisa tipične etaže stavbe	6
Slika 7: Sestava zunanje stene nad terenom	8
Slika 8: Sestava zunanje stene pod terenom.....	8
Slika 9: Sestava strehe.....	9
Slika 10: Sestava tal pod terenom	9
Slika 11: Sestava medetažne konstrukcije	9
Slika 12: Sestava predelne stene	9
Slika 13: Razdelitev objekta po conah (tloris)	10
Slika 14: Razdelitev objekta po conah	10
Slika 15: Lamelle rolete polnjene s poliuretansko peno (vir:[27]).....	17
Slika 16: Prvi način izrabe OVE na stavbi.....	32
Slika 17: Drugi način izrabe OVE na stavbi	35
Slika 18: Tretji način izrabe OVE na stavbi.....	38

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

g	Prepustnost sončnega sevanja
H'_T	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja
OVE	Obnovljivi viri energije
PV	Fotovoltaični panel (Photovoltaic modul)
Q_f	Dovedena (končna) energija za delovanje stavbe
Q_l	Potrebna energija za razsvetljavo
$Q_{l,f}$	Dovedena energija za razsvetljavo
Q_{NC}	Letni potrebni hlad za hlajenje stavbe
$Q_{NC,f}$	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_w	Potrebna toplota za pripravo tople vode
$Q_{w,f}$	Dovedena energija za pripravo tople vode
SSE	Sprejemniki sončne energije
U	Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov

1 UVOD

Na območju Evropske unije (v nadaljevanju EU), stavbe predstavljajo največjega potrošnika energije. Porabijo kar 40 % celotne energije. Zaradi njihovega povečevanja in hkratnega višanja cen energentov se je izoblikovala potreba po zmanjšanju porabe in uporabi obnovljivih virov energije. S slednjima bi dosegli zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in odpravili energetske odvisnosti EU [1]. V ta namen sta Evropski parlament in Svet leta 2010 izdala prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (31/2010/EU) (EPBD Prenovitev) [1]. Ta v prihodnosti predvideva povečanje števila novih nič energijskih stavb in prenovo obstoječih.

V diplomski nalogi sem se odločila na primeru starejše stavbe predstaviti ukrepe s katerimi bi v skladu z zahtevami direktive znižali porabo energije in omogočili uporabo obnovljivih virov. Za prenovo starejše stavbe, namesto načrtovanja novih gradenj v nič energijske hiše, sem se odločila zaradi njihove številčnosti. Te so namreč poleg tega, v večini zaradi slabe izolacije zunanega ovoja, tudi energetske neučinkovite in zato predstavljajo velikega potrošnika energije. Pri prenovi smo v primerjavi z načrtovanjem novih stavb omejeni s številom ukrepov, ki jih lahko uporabimo za zmanjšanje potrebne energije. Učinkovitost in izvedljivost predlaganih ukrepov bom dokazala s pomočjo računalniškega programa za izračun energetske bilance stavb (TOST) [14].

2 O DIREKTIVI IN NIČ ENERGIJSKI HIŠI

2.1 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb

Evropski parlament in Svet Evropske unije sta 19. maja 2010 sprejela prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU (v nadaljevanju EPBD-r). Ta zaradi želje po doseganju večje energetske učinkovitosti zastruje zahteve njene predhodnice, direktive 2002/91/ES iz leta 2002. Prenovljena direktiva upošteva cilje podnebno-energetske politike 20-20-20 do 2020. Slednja predvideva zmanjšanje števila emisij toplogrednih plinov, porabe energije in deleža končne rabe energije pridobljene iz obnovljivih virov, za 20 odstotkov [2].

Države so se z direktivo zavezale:

- da bodo na nacionalni ali regionalni ravni sprejele metodologijo za računanje energetske učinkovitosti,
- določile minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti stavb, s katerimi bodo dosegale stroškovno optimalne ravni,
- energetske certificirale stavbe,
- redno pregledovale ogrevalne in klimatske sisteme v stavbah in
- opravljati neodvisen nadzor nad energetske izkaznicami in izdajati poročila o pregledih.

Temeljna ideja direktive pa je povečati učinkovitosti stavb, zmanjšati porabo energije in emisije toplogrednih plinov. To je mogoče doseči zgolj z gradnjami skoraj samozadostnih nič energijskih stavb. Avtorji direktive so bili namreč mnenja, da obstoječi minimalni standardi glede energetske učinkovitosti ne zadoščajo.

Države članice morajo zato s sprejetjem nacionalnih načrtov za povečanje števila nič energijskih stavb predvideti ukrepe, ki bodo omogočili, da bodo vse nove stavbe do 31. decembra 2020 postale nič energijske z izjemo javnih stavb, za katere je predviden dve leti krajši rok z iztekom 31. decembra 2018. O napredku morajo države redno poročati Evropski komisiji. Nacionalni načrti morajo vsebovati

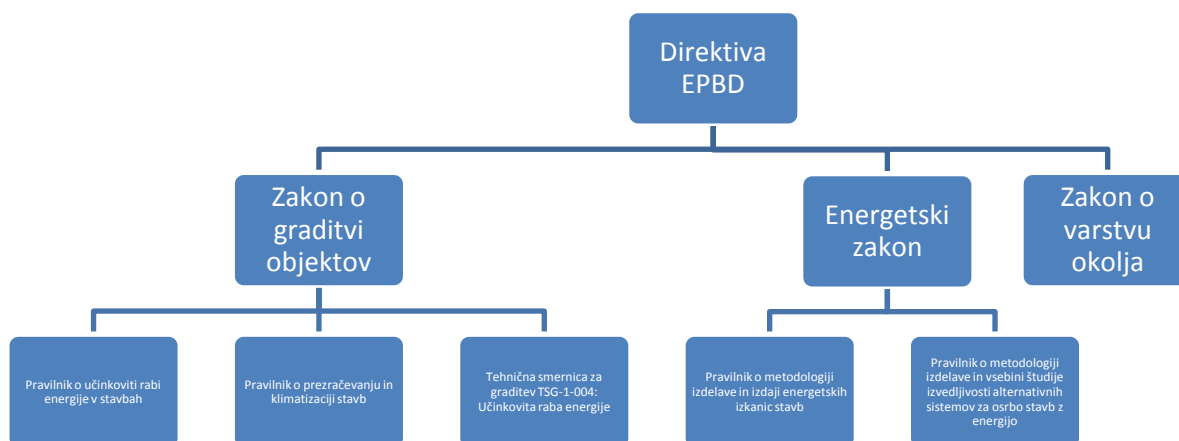
podrobno obrazložitev korakov pri uresničevanju zadanega cilja in vmesnih ciljev, ki jih bodo skušali doseči. Za javne stavbe pa je določen drugačen rok. Ta poteče že dve leti prej in sicer 31. decembra 2018. Krajši rok je posledica prepričanja, da morajo javne stavbe predstavljati zgled, ki mu bo sledil tudi zasebni sektor [1].

Slovenija je direktivo implementirala s sprejetjem treh zakonov ter na njihovi podlagi sprejetih pravilnikov (slika 1). Prvi med njimi je Zakon o graditvi objektov [4]. Ta določa metode računanja toplotne bilance stavbe in predpisuje minimalne pogoje, ki jih morajo novogradnje in prenove izpolnjevati. Na njegovi podlagi sta bila kasneje sprejeta še 2 pravilnika, ki sta materijo podrobneje uredili. To sta:

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010), v katerem so določene tehnične zahteve ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode, razsvetljave v stavbah in glede zagotavljanja lastnih obnovljivih virov [3]. Poleg tega pravilnik PURES 2010 predpisuje še obvezno uporabo Tehnične smernice za graditev (TSG-1-004) Učinkovita raba energije [9] (v nadaljevanju TSG4), ki določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev PURES-a 2010, ter hkrati določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe;
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [8].

Za potrebe implementacije pa je bil sprejet tudi Energetski zakon [5]. Ta predpisuje energetske izkaznice, študije izvedljivosti za alternativne energetske sisteme in redne preglede klimatizacijskih sistemov. To pa je še podrobneje urejeno s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb [6] in Pravilnikom o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo [7].

Za zagotavljanje varstva okolja, človekovega zdravja, učinkovite rabe energije in varstva pred požarom je Slovenija sprejela Zakon o varstvu okolja [10]. Ta določa izvajanje meritev, pregledovanje in čiščenje kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov kot obvezno gospodarsko javno službo [11].



Slika 1: Implementacija direktive v Sloveniji

2.2 Skoraj nič energijska hiša

V direktivi EPBD-r je opredeljen pojem skoraj nič energijska hiša kot stavba z zelo visoko energetsko učinkovitostjo oziroma z zelo majhno količino potrebne energije. Le-ta se za običajno uporabo stavbe, ki med drugim vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo, v

veliki meri zadosti iz obnovljivih virov energije, vključno s tisto, ki je proizvedena na samem kraju ali v bližini [1].

V slovenski zakonodaji definicija skoraj nič-energijske hiše ni točno določena. Zahtevam skoraj nič energijske hiše se je že najbolj približal pravilnik PURES 2010. Ta zahteva najmanj 25% pokritost celotne končne energije stavbe z obnovljivimi viri [3].

S pravilnim načrtovanjem skoraj nič energijske hiše, moramo zagotoviti ustrezno majhno količino energije, ki je potrebna za delovanje stavbe in ugodne bivalne razmere, hkrati pa moramo predvideti ustrezno rabo obnovljivih virov energije.

Na porabo energije v stavbi vpliva več dejavnikov:

- Klimatski in lokalni pogoji (temperatura zraka, trajanje in intenzivnost sončnega sevanja, smer in hitrost vetra, topografske značilnosti terena in vegetacija);
- Zasnova stavbe:
 - oblika stavbe (Tloris, etažnost, oblika strehe, itd.),
 - odprtine (Velikost, orientiranost, u-faktor, zasteklitev),
 - konstrukcijski skopi (uporabljeni materiali, sestava, debelina);
- Način ogrevanja, hlajenja in prezračevanja (vrsta, delovanje in oblikovanje teh sistemov, mehansko ali naravno prezračevanje);
- Toplotni mostovi in zrakotesnost stavbnega ovoja;
- Obnašanje uporabnikov.

2.2.1 Obnovljivi viri energije

Obnovljivi viri energije (v nadaljevanju OVE) so tisti viri energije, ki se v naravi ohranjajo ali vsaj delno obnavljajo. Med njih štejemo:

- Energijo sonca;
- Energijo vetra;
- Geotermalno energijo;
- Biomaso (les, rastlinska olja, biodizel, bio-plin) in
- Vodno energijo (energija plimovanja, energija tokov, energija valovanja).

V primerjavi s fosilnimi gorivi so obnovljivi viri energije načeloma neizčrpni. Z njihovo uporabo se zmanjšuje poraba fosilnih goriv in hkrati tudi emisije toplogrednih plinov, kar pozitivno učinkuje na podnebje. To pa prav tako zmanjšuje odvisnost Evropske unije od uvoza fosilnih goriv ter s tem večjo stabilnost v dobavi energije. Večjo spodbudo za uporabo obnovljivih virov energije pa pomeni tudi razvoj visoko-tehnoloških industrij z novimi gospodarskimi priložnostmi in delovnimi mesti [12].

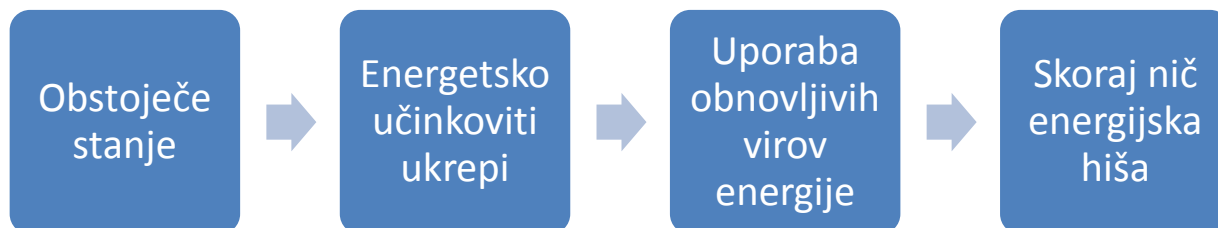
Uporaba obnovljivih virov energije pri stavbah je odvisna od vrste razpoložljivih virov, ki jih imamo na voljo na sami lokaciji. Oskrbo energijsko varčnih stavb z energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, pripravo tople vode in razsvetljavo, omogočimo s pretvarjanjem obnovljivih virov energije na stavbi sami ali v njeni bližini.

3 PRIMER PRENOVE STAVBE V SKORAJ NIČ ENERGIJSKO STAVBO

V svoji diplomski nalogi bom na primeru večstanovanjske stavbe predstavila, kako je mogoče stavbo obnoviti v skoraj nič energijsko hišo.

Prenova stavbe v skoraj nič energijsko hišo, temelji na dveh korakih (slika 2):

1. Zmanjšanju potrebe po energiji v stavbi z razpoložljivimi, izvedljivimi in učinkovitimi ukrepi.
2. Potrebno energijo zagotavljamo iz obnovljivih virov energije.



Slika 2: Potek prenove stavbe v skoraj nič energijsko

3.1 Zasnova

Parametrično študijo toplotne bilance sem izvedla s programom TOST [14]. V program vstavimo podatke o stavbi (geometrija stavbe, lastnosti transparentnih in netransparentnih delov, klimatske pogoje,...), ter jo razdelimo na ogrevane in neogrevane cone. S pomočjo teh podatkov program izračuna toplotno bilanco stavbe.

Po PURES-u 2010 [3], se energetska učinkovitost stavbe meri z naslednjimi kazalniki:

- Toplotno prehodnostjo konstrukcijskih sklopov U ;
- Koeficientom specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja H'_T ;
- Dovoljeno letno potrebno toploto za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunano na enoto ogrevane površine A_u oziroma prostornine V_e ;
- Dovoljenim letnim potrebnim hladom za hlajenje Q_{NC} stavbe, preračunanim na enoto hlajene površine A_u in
- Letno primarno energijo za delovanje sistemov v stavbi Q_P .

V prvem koraku sem s pomočjo programa analizirala stavbo v obstoječem stanju. Nato sem analizirala posamezen ukrep in ga primerjala z obstoječim stanjem, pri čemer sem spremljala predvsem spremembe letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje, ter koeficient specifičnih transmisijskih izgub. Poraba energije je odvisna tudi od dobitkov (sončno sevanje, notranji viri) in izgub (transmisijske in ventilacijske izgube), zato sem odziv in smiselnost ukrepov preverjala tudi na tem nivoju.

Za dosego optimalnega stanja sem z združitvijo posameznih ukrepov skušala doseči čim nižjo porabo energije, pri čemer smo pazila na to, da z ukrepi nisem poslabšala bivalnih razmer. Potrebno količino energije za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo, ki jo je potrebno dovesti v stavbo, sem nato skušala zagotoviti s pomočjo obnovljivih virov.

3.2 Opis obravnavane stavbe

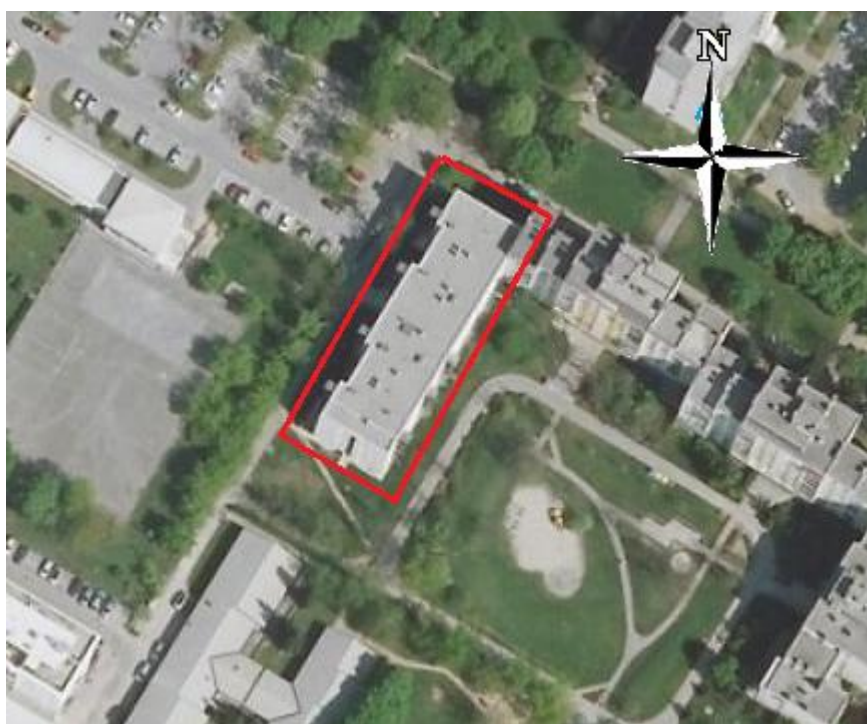
Obravnavala sem večstanovanjsko stavbo, ki se nahaja na ulici Hermana Potočnika v Ljubljani. Zgrajena je bila leta 1975 kot samski dom, leta 2004 pa je bila prenovljena s pomočjo financiranja Javnega stanovanjskega sklada Mestne občine Ljubljana v 57 neprofitnih stanovanj velikosti od 39,45 do 84,90 m². Pri tem je sodelovala tudi Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, ki je opravila natančno analizo toplotnega odziva stavbe. Pred prenovo so zaradi neprimerne rabe in vzdrževanja izmerili porabo energije 252 kWh/m²a, kar je predstavljalo velik razkorak v primerjavi z izračunano porabo 178 kWh/m²a. Prenova je obsegala namestitev dodatne toplotne izolacije stavbnega ovoja (stene, strehe in tal pod terenom), zamenjavo oken in namestitev izoliranih rolet. Stavba je predstavljena na slikah 3, 4 in 5.



Slika 3: Pogled na južno in zahodno fasado (vir: [25])

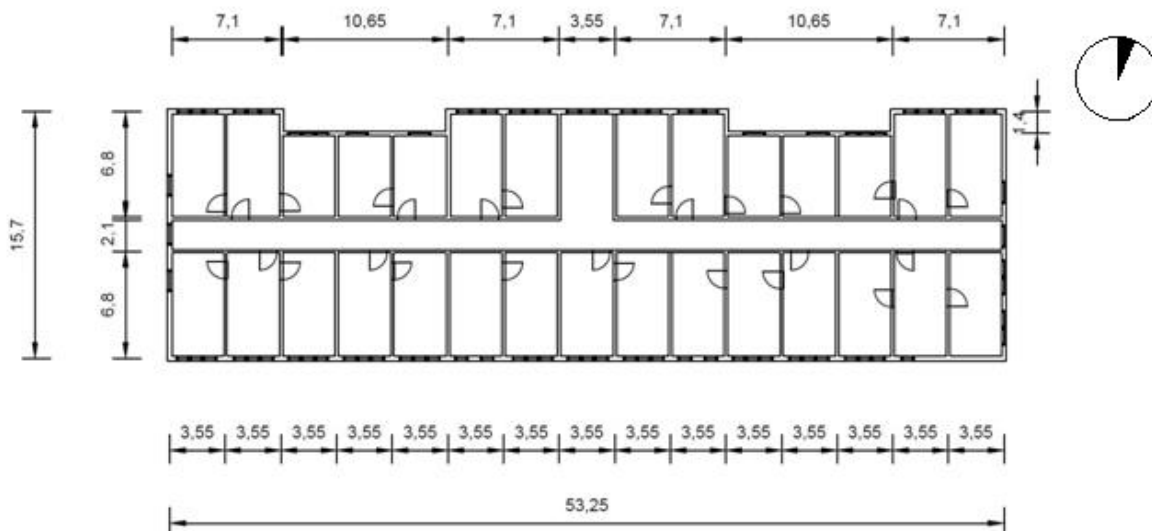


Slika 4: Pogled na vzhodno fasado (vir: [25])



Slika 5: Panoramska slika objekta in okolice (vir:[26])

Dimenzije objekta so 53,3 m x 15,7 m x 17,4 m (slika 6) z etažno višino 2,90 m. V vsakem nadstropju se nahaja 11 stanovanj in dve v kletnih prostorih, kjer so tudi shrambe. Objekt ima šest nadstropij v katerih so klet, pritličje in štiri nadstropja. Zgradba je orientirana v smeri severozahod-jugovzhod [13].



Slika 6: Načrt florisa tipične etaže stavbe

3.3 Vhodni podatki

Kljub učinkovitejšemu stavbnemu ovoju in zmanjšani porabi energije po prenovi, je stavba po današnjih zahtevah PURES 2010 energetsko neučinkovita. Zato bom pri analizi uporabila vhodne podatke po prenovi za obstoječe stanje. Pri obstoječem stanju nisem upoštevala vpliva rolet (nočna izolacija in senčila), ker želim pokazati njihov vpliv na porabo energije v stavbi. Vhodni podatki o lokaciji in namembnosti stavbe so prikazani v preglednici 1, v preglednici 2 so prikazani faktorji učinkovitosti, ogrevalnega in hladilnega sistema ter sistema za pripravo tople vode. Klimatski podatki lokacije stavbe so predstavljeni v preglednici 3. Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih pa so podani v preglednici 4.

Preglednica 1: Splošni podatki

Vrsta stavbe	Večstanovanjska
Vrsta izračuna (Mesečno/Sezonsko)	Mesečni izračun
Lokacija (vir:ARSO)	Ljubljana
X =	464835
Y =	103388
Toplotna prevodnost zemljine (W/mK)	2

Preglednica 2: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in propravi tople vode

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Energent	Daljinsko toplota brez kogeneracije	Daljinsko toplota brez kogeneracije	Daljinsko toplota brez kogeneracije
Učinkovitost sistemov			
Generacija	0,9	1,0	0,9
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,8	0,96	1,0

Preglednica 3: Klimatski podatki

Temperturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,9
Letna sončna energija (kWh/m²)	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	230
Začetek ogrevalne sezone (dan)	270
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Preglednica 4: 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)
		Horozint.	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	102	28	52	156	75	31
Februar	1,0	174	41	80	215	121	28
Marec	6,0	307	70	149	260	179	31
April	10,0	437	110	210	215	220	30
Maj	15,0	546	133	256	237	251	15
Junij	18,0	569	153	250	218	264	0
Julij	20,0	610	141	263	240	283	0
Avgust	19,0	528	116	239	269	260	0
September	15,0	362	84	163	259	188	3
Oktober	10,0	213	58	101	203	116	31
November	4,0	106	34	57	121	58	30
December	1,0	77	25	43	111	48	31
Ogrev. sezona	5,3	1719	443	836	1460	960	230

3.4 Konstrukcijski sklopi

Toplotno prehodnost posameznih konstrukcijskih sklopov sem izračunala s pomočjo programa za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS v nadaljevanju TEDI [15] in preverila, če ti ustrezajo zahtevam navedenim v tehnični smernici TSG4 [9]. Iz preglednice 5 opazimo, da toplotna prehodnost zunanje stene nad in pod terenom, ter streha ustrezajo vrednostim po TSG4. Obstoječe vrednosti toplotne prehodnosti tal pod terenom, medetažne konstrukcije in predelne stene, so v neskladju z vrednostim iz TSG4. Te namreč presegajo maksimalne dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti. Izstopata toplotni prehodnosti medetažne konstrukcije in

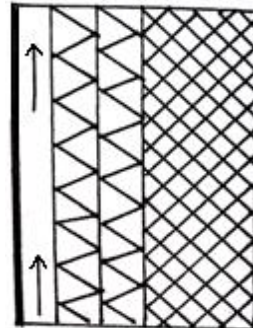
predelne stene, katerih vrednost znaša mnogokratnik največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti. Sestave posameznih konstrukcijskih sklopov so predstavljene v preglednicah 6 do 11 ter na slikah 7 do 12.

Preglednica 5: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov in njihova ustreznost zahtevam v tehniški smernici

Gradbena konstrukcija	Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa U (W/m^2K)	Največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov U_{max} (W/m^2K)	Ustreznost
Zunanja stena nad terenom	0,15	0,28	DA
Zunanja stena pod terenom	0,156	0,35	DA
Streha	0,161	0,2	DA
Tla pod terenom	0,365	0,35	NE
Medetažna konstrukcija med ogrevanim in neogrevanim prostorom	1,271	0,35	NE
Predelna stena med ogrevanim in neogrevanim prostorom	3,276	0,7	NE

Preglednica 6: Sestava prezračevane stene nad terenom

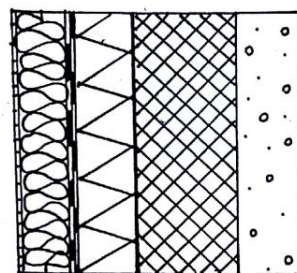
Material	Debelina (cm)
Fasadna obloga (Prezračevana fasada s sistemom Clinar)	1
Plast zraka (prezračevani sloj)	5
Mineralna volna z zunanjo oblogo	10
Mineralna volna, sidrana in lepljena na podlago	10
Penobeton	22,5
Notranji omet	2



Slika 7: Sestava zunanje stene nad terenom

Preglednica 7: Sestava zunanje stene pod terenom

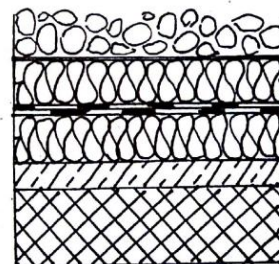
Material	Debelina (cm)
Cedilo	5
Ekstudrian polistiren	10
2x bitumenski trak	0,5
Mineralna volna, sidrana in lepljena na podlago	10
PVC folija	0,01
Armiran beton	20
Penobeton	10
Notranji omet	2



Slika 8: Sestava zunanje stene pod terenom

Preglednica 8: Sestava strehe

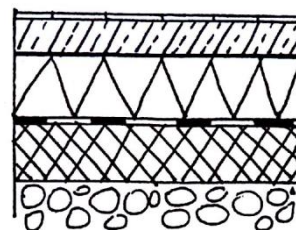
Material	Debelina (cm)
Peščeno nasutje (premer 8mm)	8
Geofilc	0,01
Ekstrudiran polistiren	10
2x bitumenski trak	1
Ekstrudiran polistiren	10
Naklonski beton	5 - 15
AB plošča	18



Slika 9: Sestava strehe

Preglednica 9: Sestava tal pod terenom

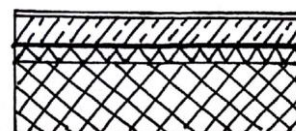
Material	Debelina (cm)
Laminatni parket	2
Estrih	6
PVC folija	0,1
Mineralna volna	10
Bitumenski trak	0,5
Armiranobetonska plošča	8
Nasutje peska in prodca	20



Slika 10: Sestava tal pod terenom

Preglednica 10: Sestava medetažne konstrukcije med ogrevanimi in neogrevanim prostorom

Material	Debelina (cm)
Laminatni parket	2
Estrih	4
PVC folija	0,1
Mineralna volna	2
Armiranobetonska plošča	20



Slika 11: Sestava medetažne konstrukcije

Preglednica 11: Sestava predelne stene med ogrvanimi in neogrevanim prostorom

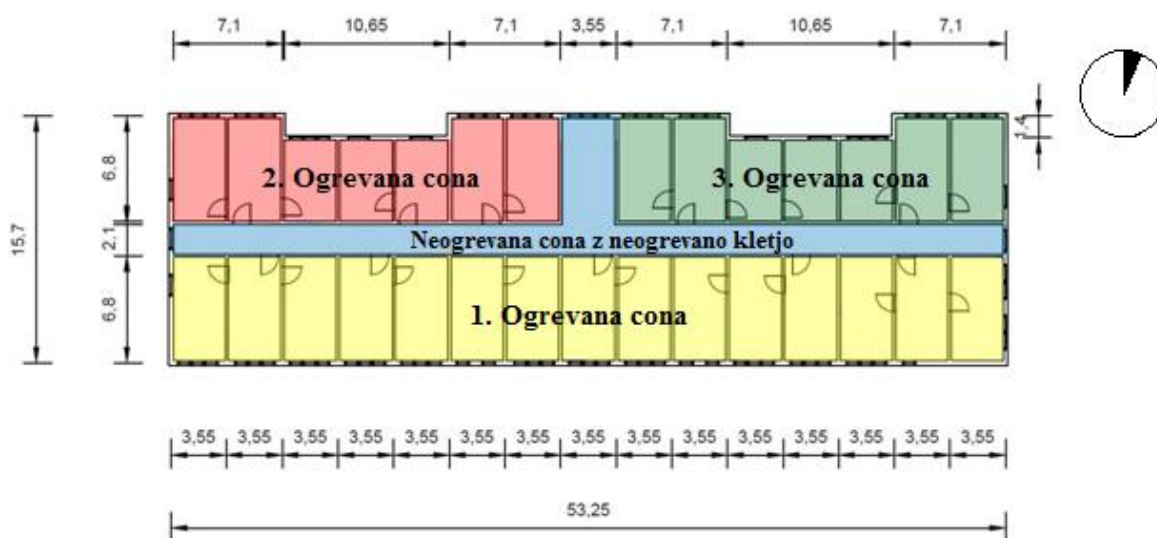
Material	Debelina (cm)
Notranji omet	2
Armiranobetonska stena	20
Notranji omet	2



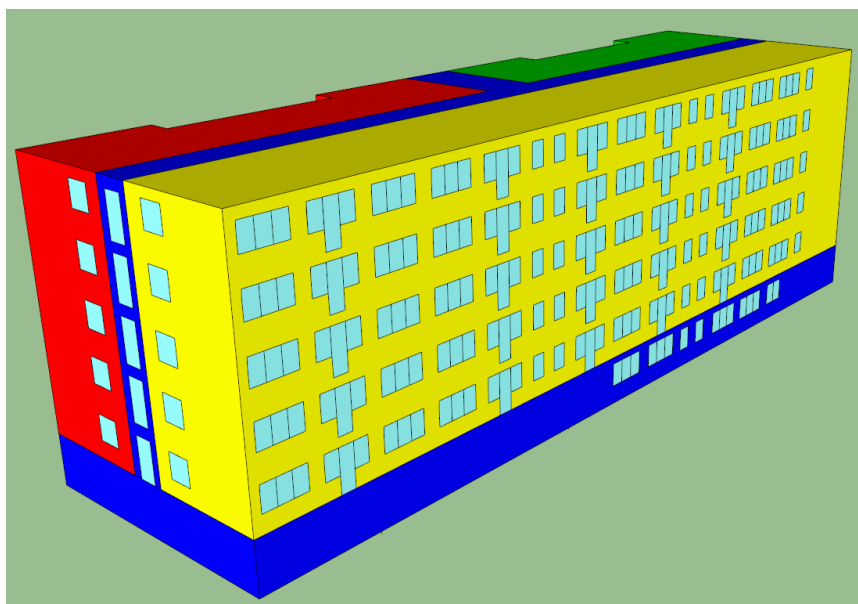
Slika 12: Sestava predelne stene

3.5 Razdelitev objekta na temperaturne cone

Stavbo sem razdelila na tri ogrevane in eno neogrevano cono. Prvo ogrevano cono predstavljajo stanovanja na vzhodni strani stavbe, drugo, stanovanja na jugozahodu stavbe, tretjo pa stanovanja na severozahodu stavbe (sliki 13 in 14). Te cone so med seboj ločene z neogrevano cono, ki jo torej predstavljajo hodniki, stopnišče in klet, ki je delno pod terenom (priloga A).



Slika 13: Razdelitev objekta po conah (tloris)



Slika 14: Razdelitev objekta po conah

3.6 Vhodni podatki za obstoječe stanje po posameznih ogrevalnih conah

Upoštevali smo, da je $A_{\text{neto}} = 0,85 A_{\text{bruto}}$ in da je povprečna moč dobitkov notranjih virov $5 \cdot A_u \text{ W/m}^2$ [14]. Vsi uporabljeni vhodni podatki so predstavljeni v preglednicah 12 do 18.

Preglednica 12: Osnovni podatki

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Ogrevana cona		2.Ogrevana cona		3.Ogrevana cona		Neogrevana cona	
	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi
Bruto prostornina cone $V_e \text{ (m}^3\text{)}$	5255		2249,8		2249,8		4313,3	
Neto uporabna površina $A_u \text{ (m}^2\text{)}$	1540,2		655		655		1161,6	
Efektivna toplotna kapaciteta cone $C \text{ (MJ/K)}$	569,87		242,24		242,24		-	
Projektna notranja temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi
dan	26	21	26	21	26	21	-	-
noč	26	21	26	21	26	21	-	-
Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)								
dan	7700		3275		3275		-	
noč	7700		3275		3275		-	

Preglednica 13: Podatki o prezračevanju

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Ogrevana cona	2.Ogrevana cona	3.Ogrevana cona	Neogrevana cona
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n \text{ (h}^{-1}\text{)}$ dan/noč	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5	0,3/0,3
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n \text{ (h}^{-1}\text{)}$ dan/ noč	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5	0,3/0,3

Preglednica 14: Podatki o stenah in strehi

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Ogrevana cona	2.Ogrevana cona	3.Ogrevana cona	Neogrevana cona
Zunanja stena				
Površina netransparentnega dela (m ²)	704,2	370,5	370,5	457,7
Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0,15	0,15	0,15	0,15
Streha				
Površina netransparentnega dela (m ²)	362,4	154,1	154,1	136,1
Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0,161	0,161	0,161	0,161

Preglednica 15: Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Ogrevana cona	2.Ogrevana cona	3.Ogrevana cona	Neogrevana cona
Površina A _w (m ²): Sever	30,8	-	9,8	22,3
Površina A _w (m ²): Vzhod	256	-	-	19,4
Površina A _w (m ²): Jug	9,8	9,8	-	17,5
Površina A _w (m ²): Zahod	-	119,2	119,2	38,5
Toplotna prehodnost U _w (W/m ² K)	1,4	1,4	1,4	1,4
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja g _w (-)	0,68	0,68	0,68	0,68
Faktor okvirja F _f (-)	0,2	0,2	0,2	0,2
Faktor zaves F _c (-)	1	1	1	1
Faktor senčenja (-)	1	1	1	1

Preglednica 16: Podatki o tleh pod terenom

Vhodni podatki/Oznaka cone	Neogrevana cona z neogrevano kletjo
Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,55
Toplotna prehodnost zunanje stene kleti nad terenom (W/m ² K)	0,15
Toplotna prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo (W/m ² K)	1,271
Površina A _{bf} (m ²)	806,3
Izpostavljeni obseg tal P (m)	143,5
Toplotni upor tal R _{bf,t} (m ² K/W)	2,742
Globina tal kleti pod nivojem terena z (m)	0,9
Višina zgornje poršine stropa kleti nad nivojem terena h (m)	2,0
Urna izmenjava zraka (iz kleti) z zunanjim okoljem n (h ⁻¹)	0,3

Predelni konstrukcijski sklopi med conami:

Ker lahko v programu TOST podamo samo en koeficient za toplotno prehodnost netransparentnih delov med dvema temperaturnima conama, je le-ta izračunan na podlagi uravnoveženega povprečja koeficientnov prehodnosti predelnih sten in medetažnih konstrukcij in pripadajoči površini. Toplotni

prehodnosti konstrukcij sta podani v preglednici 5. Izračun toplotne prehodnosti na podlagi uravnoteženega povprečja je podan z enačbo (1).

Površina predelnih sten med ogrevanimi in neogrevano cono : 1446,45 m²

Površina medetažne konsdtrukcije med ogrevano in neogrevano cono: 670,2 m²

$$U = \frac{1446,45 \text{ m}^2 \cdot 3,276 \text{ W/m}^2\text{K}}{(1446,45 \text{ m}^2 + 670,2 \text{ m}^2)} + \frac{670,2 \text{ m}^2 \cdot 1,271 \text{ W/m}^2\text{K}}{(1446,45 \text{ m}^2 + 670,2 \text{ m}^2)} = 2,628 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (1)$$

Preglednica 17: Podatki o netransparentnih delih (predelne stene in medetažna konstrukcija)

CONE (m ²)	1. Ogrevana cona	2. Ogrevana cona	3. Ogrevana cona	Neogrevana cona
1. Ogrevana cona	-	-	-	1067,7
2. Ogrevana cona	-	-	-	579,0
3. Ogrevana cona	-	-	-	590,6
Neogrevana cona	1067,7	579,0	590,6	-
Toplotna prehodnost	2,628 W/m ² K			

Preglednica 18: Podatki o transparentnih delih (vrata)

CONE (m ²)	1. Ogrevana cona	2. Ogrevana cona	3. Ogrevana cona	Neogrevana cona
1. Ogrevana cona	-	-	-	67,2
2. Ogrevana cona	-	-	-	33,6
3. Ogrevana cona	-	-	-	22,4
Neogrevana cona	67,2	33,6	22,4	-
Toplotna prehodnost	1,3 W/m ² K			

4 ANALIZA REZULTATOV

V tem poglavju so podani izračuni toplotne bilance stavbe v obstoječem stanju in ukrepi s katerimi želimo izboljšati energetske učinkovitost stavbe. Analizirala sem vplive le-teh, njihov vpliv na porabo energije v stavbi in jih primerjala z obstoječim stanjem. Vsak ukrep je predstavljen z izračunano toplotno bilanco, letnimi izgubami in dobitki za ogrevanje in hlajenje.

4.1 Obstoječe stanje

Obravnavano stavbo sem najprej analizirala v obstoječem stanju. Predpostavila sem, da je skozi celotni dan pozimi v stavbi zagotovljena konstantna temperatura 21°C, poleti pa 26°C. V vseh conah sem predpostavila naravno prezračevanje z urno izmenjavo zraka 0,5 h⁻¹ v ogrevanih conah, ter 0,3 h⁻¹ na hodniku in kleti. Izračuni veljajo ob predpostavki, da je stavba zrakotesna in nima toplotnih mostov. Ti rezultati so referenca za nadaljnjo primerjavo z različnimi ukrepi s katerimi dosežemo nižjo porabo energije v stavbi.

Program TOST nam poda izračun skupne neto uporabne površine, površine toplotnega ovoja, ogrevani prostornini in oblikovni faktor stavbe (preglednica 19).

Preglednica 19: Podatki o neto uporabni površini, površini toplotnega ovoja, kondicionirani prostornini stavbe in oblikovnemu faktorju

Neto uporabna površina A_u (m ²)	2850,0
Površina toplotnega ovoja A (m ²)	9694,4
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	5036,1
Oblikovni faktor $f_0 = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,52

Preglednica 20: Izračunana toplotna bilanca stavbe obstoječega stanja

	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,3	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	218949	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	56140	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a) in kondicionirane prostornine (kWh/m ³ a)	76,82	32,61
	22,59	

Preglednica 21: Izgube in dobitki stavbe pri obstoječem stanju

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	91,19	28,95
Ventilacijske izgube	38,7	12,51
Skupne izgube	129,89	41,46
Notranji dobitki	25,73	16,27
Solarni dobitki	30,69	41,04
Skupni dobitki	56,41	57,31

Opazimo (preglednica 20), da glede specifičnih transmisijskih toplotnih izgub v vrednosti $0,3\text{W/m}^2\text{K}$, ustreza vrednostim po Pravilniku PURES 2010, saj so nižje od predpisane vrednosti. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe znaša $76,82\text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar objekt uvršča med stavbe z visoko porabo – razred D [18]. Potrebni hlad za hlajenje znaša $19,69\text{ kWh/m}^2\text{a}$ in ustreza predpisom po PURES-u 2010. V nadaljevanju bom skušala zmanjšati potrebno toploto za ogrevanje in hlajenje. V preglednici 21 je podan izračun izgub in dobitkov stavbe pri obstoječem stanju.

4.2 Ukrepi za zmanjšanje potrebe po energiji v stavbi

Pri prenovi stavbe smo omejeni s količino ukrepov, ki jih lahko uporabimo za zmanjšanje potrebe po energiji v stavbi, zato bom skušala le-to narediti s pomočjo naslednjih smiselnih in izvedljivih ukrepov:

- Z regulacijo temperature v prostoru;
- Z uporabo nočne izolacije in senčil ;
- Z mehanskim prezračevanjem;
- S spremembo toplotne prehodnosti in prepustnosti sončnega sevanja transparentnih delov in
- S spremembo toplotne prehodnosti netransparentnih delov.

4.2.1 Regulacija temperature v prostoru

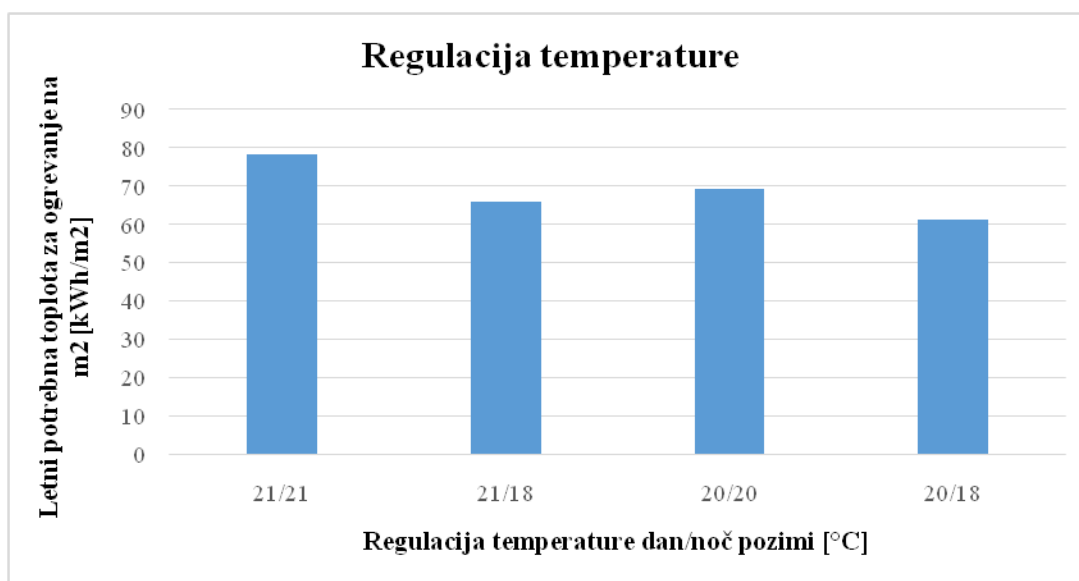
V samem objektu lahko vzpostavimo različno temperaturo v ogrevanih prostorih, ki jo lahko tudi dnevno reguliramo. V stavbi lahko skozi cel dan vzpostavljamo konstantno temperaturo ali pa jo spreminjamo glede na dan oz. noč. Avtomatsko temperaturno regulacijo v prostoru pri večstanovanjskih hišah dosežemo s centralno regulacijo, pri kateri reguliramo temperaturo dovodne vode v kotel v odvisnosti od zunanje temperature. S pomočjo stikalne ure lahko zagotovimo, da se avtomatsko vklopi nočno znižanje temperature dovodne vode [16].

S programom TOST sem analizirala obstoječe stanje pri različno dnevno reguliranih temperaturah. Pri tem sem se osredotočila na regulacijo temperature v času ogrevanja pozimi, saj ima velik vpliv na porabo energije za ogrevanje.

Preglednica 22: Izračun potrebne energije v stavbi pri različnih regulacijah temperature

Regulacija temperature pozimi dan/noč (°C)	Q_{NH}/A_u (kWh/m^2)
21/21	76,82
21/18	65,91
20/20	69,2
20/18	61,32

Iz preglednice 22 in grafikona 1 opazimo, da se z nižanjem temperature ogrevanja zelo zmanjša potrebna energija za ogrevanje. Za temperaturno ugodje pozimi se lahko smatra 20°C skozi dan in 18°C ponoči, zato sem v nadaljevanju uporabila te podatke. Izračuni so podani v preglednicah 23 in 24.



Grafikon 1: Potrebna toplota za ogrevanje pri različnih regulacijah temperature

Preglednica 23: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri regulaciji temperaturi

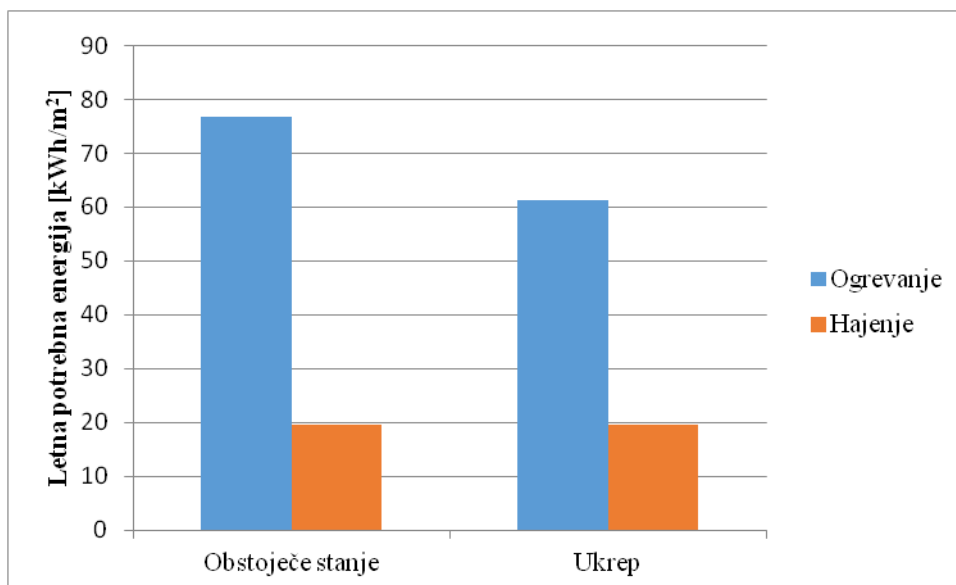
	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,3	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	174750	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	56140	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a) in kondicionirane prostornine (kWh/m ³ a)	61,32	32,61
	18,03	

Preglednica 24: Izgube in dobitki stavbe pri regulaciji temperature

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	74,98	28,95
Ventilacijske izgube	31,88	12,51
Skupne izgube	106,86	41,46
Notranji dobitki	22,72	16,27
Solarni dobitki	24,96	41,04
Skupni dobitki	47,67	57,31

Preglednica 25: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – regulacija temperature

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ²)
Obstoječe stanje	76,82	19,69
Ukrep	61,32	19,69



Grafikon 2: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – regulacija temperature

Če bi v stanovanjih pozimi vzpostavili temperaturi 20°C podnevi in 18°C ponoči, namesto konstantnih 21°C, bi se poraba energije za ogrevanje zmanjšala za 16,95 kWh/m², to je 20 % zmanjšanje glede na obstoječe stanje (preglednica 25 in grafikon 2). Na račun zmanjšanja temperature se znižajo tudi ventilacijske izgube za 6,82 kWh/m² in transmisijske izgube za 16,21 kWh/m² v času ogrevanja (preglednica 24). Centralna regulacija temperature nima vpliva na hlajenje, saj jo uporabljamo le v oglevalni sezoni.

4.2.2 Nočna izolacija

V zimskem času ponoči veliko toplote uhaja skozi okna, zato je za zadrževanje toplote v prostoru smiselno namestiti nočno izolacijo. Gre za aluminijaste rolete (slika 15), katere lamele so polnjene s poliuretansko peno in imajo posledično zato nizko toplotno prehodnost [17]. Nočno izolativne rolete namestimo na vsa okna v stavbi in jih uporabljamo v času ogrevalne sezone od oktobra do aprila. Njihova namestitev je zelo smiselna, saj okna predstavljajo kar 40 % celotne zunanje površine. Uporabimo podatke za nočno izolacijo, ki je bila nameščena ob prenovi stavbe [13]. Izračuni so podani v preglednicah 26 in 27.



Slika 15: Lamele rolete polnjene s poliuretansko peno (vir:[27])

Toplotni upor nočne izolacije : $R_{NI} = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$

Preglednica 26: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo nočne izolacije

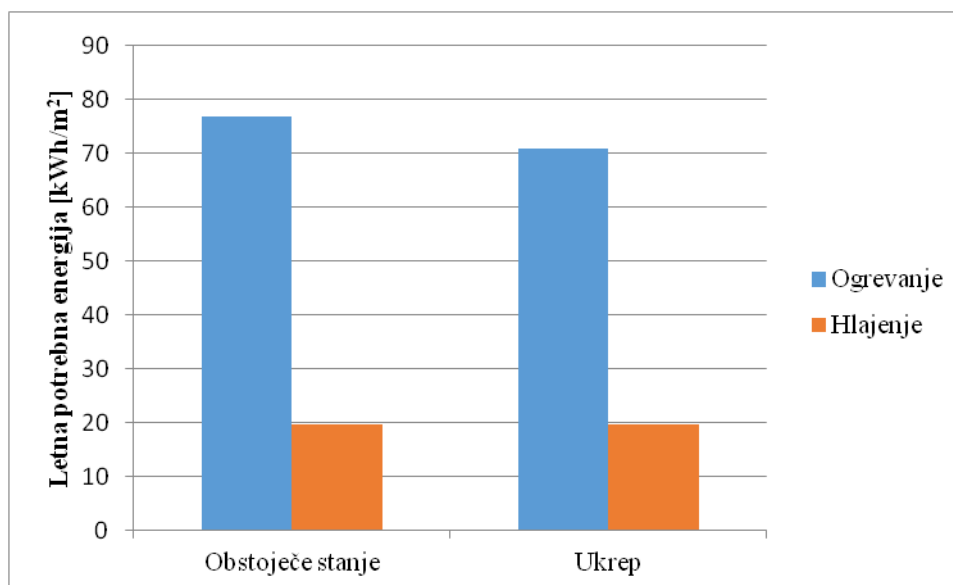
	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,28	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	202030	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	56285	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) in kondicionirane prostornine ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	70,89	32,61
	20,84	

Preglednica 27: Izgube in dobitki stavbe z uporabo nočne izolacije

kWh/m^2	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	84,60	29,65
Ventilacijske izgube	38,38	12,91
Skupne izgube	122,98	42,56
Notranji dobitki	25,41	16,57
Solarni dobitki	30,13	41,71
Skupni dobitki	55,53	58,28

Preglednica 28: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – nočna izolacija

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m^2)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m^2)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	70,89	19,69	0,28



Grafikon 3: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – nočna izolacija

Z uporabo nočne izolacije zmanjšamo potrebno toploto za ogrevanje za 7,7% (preglednica 28 in grafikon 3), saj zmanjšamo transmisijske izgube za 6,59 kWh/m²K (preglednica 27). Okna predstavljajo veliko površino zunanje ovoja, kar se pozna tudi v rabi energije. Z nočno izolacijo se zniža tudi koeficient specifičnih transmisijskih izgub celotne stavbe za 0,02 W/m²K (preglednica 28). Na hlajenje pa nima vpliva, saj jo uporabljamo le v ogrevalni sezoni.

4.2.3 Senčila

Namestitev senčil na zunanjo stran okenskega stekla služijo v poletnih mesecih kot zaščita pred pregrevanjem prostorov, saj ščitijo prostore pred prekomernim sončnim sevanjem. Z njimi zmanjšamo solarne pritoke in posledično manjšamo potrebo po hlajenju. Uporabimo podatke za senčila, ki so bila nameščena ob prenovi stavbe [13]. Izračuni so podani v preglednicah 29 in 30.

Faktor osenčenosti senčil : $g_s=0,75$

Preglednica 29: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo senčil

	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,3	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	218949	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	21404	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a) in kondicionirane prostornine (kWh/m ³ a)	76,82	32,61
	22,59	

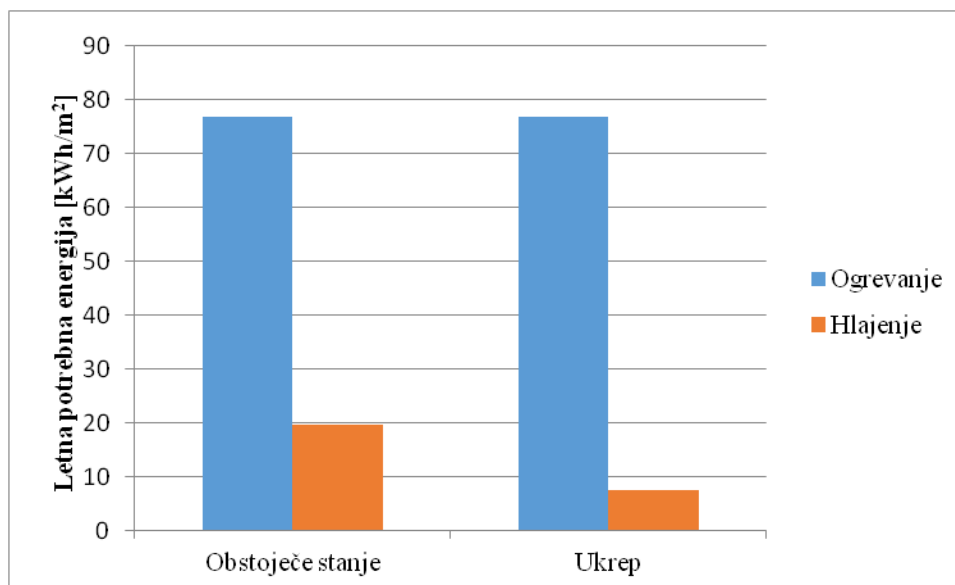
Preglednica 30: Izgube in dobitki stavbe z uporabo senčil

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	91,19	29,57
Ventilacijske izgube	38,7	12,38
Skupne izgube	129,89	40,95
Notranji dobitki	25,73	16,15
Solarni dobitki	30,69	25,92
Skupni dobitki	56,41	42,07

Preglednica 31: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – senčila

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ²)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	76,82	7,51	0,3

Za zmanjševanje solarnih pritokov v poletnih mesecih uporabimo senčila. Na podlagi analize se je z uporabo senčil, potreba po energiji za hlajenje zmanjšala za 61,8% (preglednica 31). Predstavljeni ukrep se je izkazal za uspešnega, saj je investicija relativno majhna, učinek pa zelo velik. Na porabo energije za ogrevanje senčila nimajo vpliva, saj jo uporabljamo le v poletnem času (grafikon 4).



Grafikon 4: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – senčila

4.2.4 Mehansko prezračevanje

V stanovanjih je potrebno zagotoviti ustrezno prezračevanje s stalno izmenjavo zraka, ob pogoju zrakotesne stavbe. Čeprav je naravno prezračevanje iz gledišča uporabnikov stavb najbolj zaželeno je velikokrat neenakomerno ter bolj energetsko potratno kot mehansko prezračevanje (če je uporabljena naprava za vračanje toplote). V primeru slabega prezračevanja se v stanovanjih nabira vlaga, kar povzroča plesen in posledično slabše pogoje za bivanje. Učinkovito prezračevanje lahko dosežemo z mehanskim prezračevanjem s katerim zagotovimo zadostno količino svežega zraka oz. načrtovano število izmenjav zraka [18].

V skladu z 12.členom PURES-a 2010 se mora energetska učinkovitost mehanskega prezračevalnega sistema zagotavljati z izborom energijsko učinkovitih naprav in pripadajočih elementov, energetske učinkovitosti razvodom, najmanjšo še potrebno količino zraka, uravnoteženjem sistema ter regulacijo kakovosti zraka v stavbi [3]. Hkrati morajo zagotoviti tudi učinkovito vračanje toplote zraka, kar omogočimo s prenosniki toplote. Ti odvzamejo toploto odpadnemu zraku in ga oddajo zraku, ki ga uvajamo v stavbo.

Predpostavimo, da je minimalna urna izmenjava zraka v ogrevanih conah $n_{\min} = 0,44 \text{ h}^{-1}$ in $n_{\min} = 0,2 \text{ h}^{-1}$ v neogrevani conah. Ti vrednosti sta lahko nižji v stavbah z vgrajenimi mehanskimi sistemi za prezračevanje [8]. Vhodni podatki za mehansko prezračevanje so predstavljeni v preglednici 32, izračuni pa v preglednicah 33 in 34.

Preglednica 32: Vhodni podatki za mehansko prezračevanje

Vrsta prezračevanja	Mehansko							
	1.OC		2.OC		3.OC		NC	
Cona	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč
Del dneva								
Količina odtoka zraka (m ³ /s)	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5
Količina dotoka zraka (m ³ /s)	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Količina pretoka zraka pri naravnem prezr. (m ³ /s)	0	0	0	0	0	0	0	0
Proj. vrednost količine pretoka zraka prezr. sist. (m ³ /s)	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Del čas. Obdobja, ko so ventilatorji vključeni (-)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Učinkovitost rekuperacijskega sistema (-)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa (h ⁻¹)	0,5		0,5		0,5		0,5	
Koeficient zaščite proti vetru (-)	0,04		0,04		0,04		0,04	
Koeficient izpostavljenosti vetru (-)	15		15		15		15	

Preglednica 33: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja

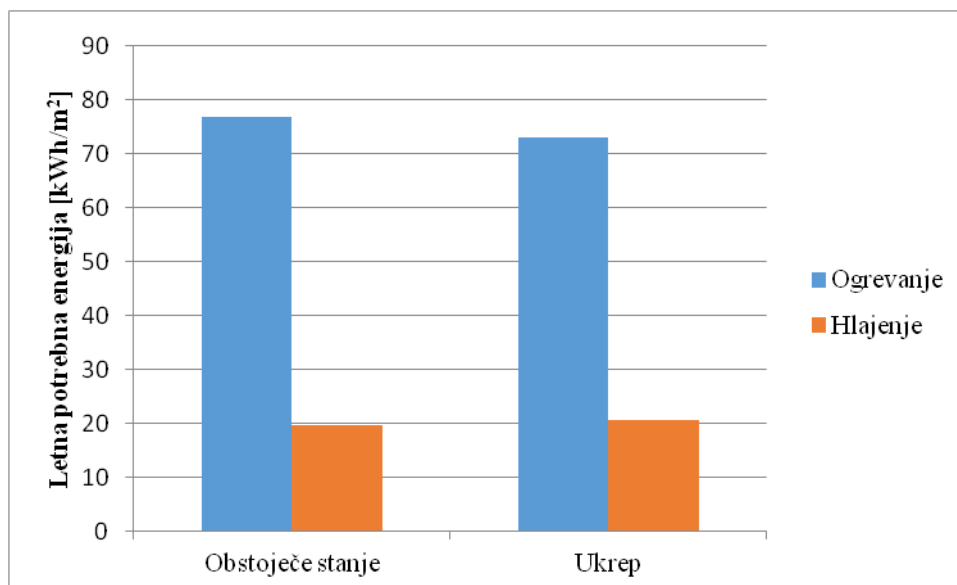
	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,29	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	20890	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	59066	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a) in kondicionirane prostornine (kWh/m ³ a)	73,29	32,61
	21,55	

Preglednica 34: Izgube in dobitki stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	87,08	28,78
Ventilacijske izgube	38,57	12,96
Skupne izgube	125,65	41,74
Notranji dobitki	25,39	16,64
Solarni dobitki	30,32	42,12
Skupni dobitki	55,71	58,76

Preglednica 35: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ²)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	73,29	20,72	0,29



Grafikon 5: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje

Opazimo, da se v primerjavi z obstoječim stanjem (preglednica 35 in grafikon 5) zmanjšajo specifične transmisijske izgube v času ogrevanja za $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ in na ta račun se tudi izgube za celotno stavbo manjše za $4,11 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Zaradi manjše izmenjave zraka in s tem manjšega učinka hlajenja s prezračevanjem, se potreba po hlajenju poveča za $1,03 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. V primerjavi z obstoječim stanjem se torej potreba po energiji za ogrevanje zmanjša za $4,6 \%$, poveča pa se potreba po hlajenju za 5% , vendar je še vedno potrebno letno za hlajenje manj energije kot za ogrevanje. Centralni sistem za prisilno prezračevanje zagotavlja torej optimalne bivalne pogoje in varčuje z energijo, a zahteva redno in kakovostno vzdrževanje.

4.2.5 Sprememba U-faktorjev in g transparentnih delov

Okna se pojavijo pri vsaki stavbi, saj omogočajo dnevno osvetlitev prostorov, vidni stik z okolico, zajem sončne energije in prezračevanje prostorov. Hkrati omogočajo toplotne dobitke, s katerimi je povezana prepustnost sončnega sevanja. Toplotne izgube, če okno ni pravilno vgrajeno in ima veliko toplotno prehodnost, so lahko precejšnje. Velik del toplote lahko uhaja skozi steklo in okenske okvirje, velike ventilacijske izgube pa so posledica slabega prezračevanja kot tudi slabega tesnenja okenskih okvirjev [18].

Zamenjava oken z energetsko učinkovitejšimi je pomemben ukrep za zmanjšanje potrebne toplote po ogrevanju in hlajenju. Zaradi velike količine steklenih površin preučevanega objekta (te predstavljajo kar 40% celotne zunanje površine) pričakujemo, da bodo nova okna zmanjšala potrebo po energiji.

Preglednica 36: Primerjava tehničnih značilnosti oken

	Zasteklitev	Polnitev	Toplotna prehodnost okna ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Prepustnost za sončno sevanje
Obstoječe stanje	Dvojna	Ar	1,4	0,68
Ukrep	Trojna	Kr	0,87	0,53

Preglednica 37: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo energetsko učinkovitejšimi okni

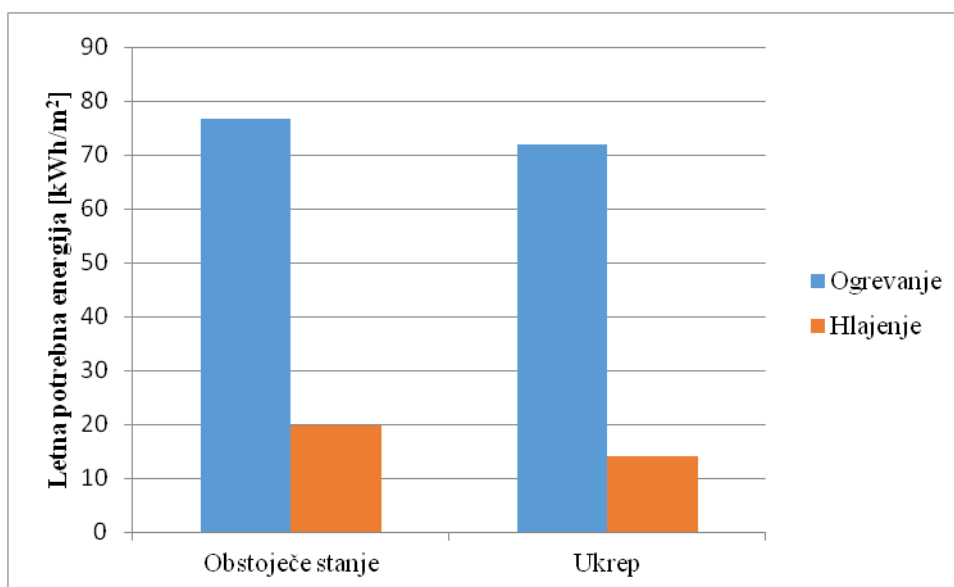
	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m ² K)	0,24	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	205087	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	40333	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a) in kondicionirane prostornine (kWh/m ³ a)	72,06	32,61
	21,16	

Preglednica 38: Izgube in dobitki stavbe z uporabo energetsko učinkovitejšimi okni

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijские izgube	82,49	23,13
Ventilacijske izgube	39,66	11,39
Skupne izgube	122,15	34,52
Notranji dobitki	27,18	15,21
Solarni dobitki	26,31	30,17
Skupni dobitki	53,49	45,38

Preglednica 39: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – energetsko učinkovitejša okna

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ²)	Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	72,06	14,1	0,24



Grafikon 6: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – energetsko učinkovitejša okna

S spremembo U_w faktorja okna se zmanjšajo transmisijские izgube za 5,82 kWh/m² pri hlajenju in 8,7 kWh/m² pri ogrevanju (preglednica 38). V času hlajenja je znižanje transmisijских izgub nezaželeno, saj stavba izgublja manj energije skozi zunanji ovoj. Nasprotno kot pri hlajenju je nižanje transmisijских izgub pri ogrevanju zaželeno, saj želimo, da se toplota čim dalj časa ohrani v stavbi. Zmanjšajo se tudi solarni dobitki, kar je posledica manjše sončne prepustnosti zasteklitve, s katero zmanjšamo prenos

toplote sonca skozi okno. V času hlajenja se solarni dobitki zmanjšajo za $10,87 \text{ kWh/m}^2$, kar zniža potreben hlad za hlajenje za $5,68 \text{ kWh/m}^2$. Kljub temu, da smo zmanjšali solarne dobitke pri ogrevanju za $4,38 \text{ kWh/m}^2$, prevladuje zmanjšanje transmisijjskih izgub, zato se specifična letna toplota porabljenega za ogrevanje stavbe zmanjša za $8,3 \text{ kWh/m}^2$. Ta predstavlja kar $14,6 \%$ izboljšavo, kar je razvidno v preglednici 39 in grafikonu 6.

4.2.6 Sprememba U-faktorjev netransparentnih delov

Toplotna izolacija stavbe ima velik vpliv na porabo energije. Slabo izolirane stavbe povečujejo stroške za ogrevanje, saj skozi toplotni ovoj izgubijo veliko toplote. Te izgube lahko zmanjšamo s pomočjo boljše oz. debelejšje plasti toplotne izolacije.

V času prenove so z dodatno toplotno izolacijo pri zunanjih stenah, strehi in tleh že zelo zmanjšali toplotno prehodnost in porabo energije. Velik problem v obstoječem objektu predstavljajo tla pod terenom, predelne stene in medetažna konstrukcija, saj s svojo toplotno prehodnostjo ne ustrezajo minimalnim zahtevam TSG4. Pri teh je dodatna toplotna izolacija nujna. Toplotna prehodnost zunanje stene in strehe, sicer ustreza zahtevam po TSG4, vendar bi lahko z dodatno toplotno izolacijo še bolj zmanjšali potrebno toploto za ogrevanje.

- **Dodatna izolacija zunanjih sten, stehe in tal pod terenu**

V našem primeru bi za dosego čim nižje porabe energije dodala dodatno izolirala tla pod terenom z 10 cm toplotne izolacije, saj po tehniški smernici toplotna prehodnost presega maksimalno dovoljeno vrednost. Toplotno izolacijo dodamo tudi na zunanje stene in streho. Zunanjo steno in streho dodatno izoliramo s 5 cm toplotne izolacije. Podatki so podani v preglednici 40, izračuni pa v preglednicah 41 in 42.

Preglednica 40: Toplotna prehodnost obstoječih in novih konstrukcijskih sklopov zunanjega ovoja stavbe, ter mejna vrednost po TSG

Konstrukcijski sklop / Toplotna prehodnost	Obtoječa toplotna prehodnost ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Nova toplotna prehodnost ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Mejna vrednost U_{max} po TSG ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Zunanja stena	0,15	0,127	0,28
Tla na terenu	0,365	0,252	0,35
Streha	0,161	0,13	0,2

Preglednica 41: Izračunana toplotna bilanca stavbe z dodatno izolacijo zunanjega ovoja

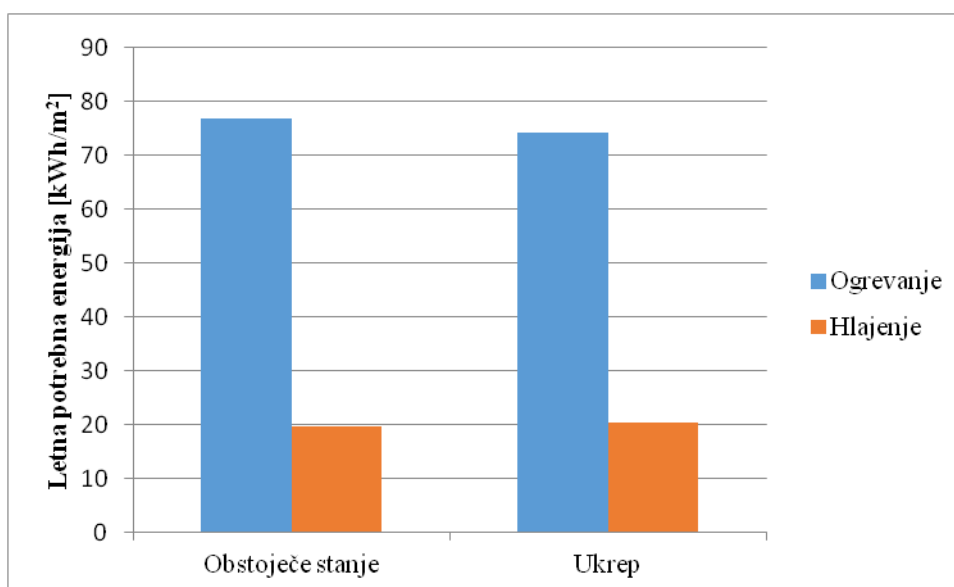
	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijjskih toplotnih izgub stavbe H_T' ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,29	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	211341	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	57971	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) in kondicionirane prostornine ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	74,15 21,8	32,61

Preglednica 42: Izgube in dobitki stavbe z dodatno izolacijo zunanjega ovoja

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	88,14	28,75
Ventilacijske izgube	38,5	12,79
Skupne izgube	126,63	41,79
Notranji dobitki	25,5	16,52
Solarni dobitki	30,33	41,66
Skupni dobitki	55,82	58,17

Preglednica 43: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna izolacija zunanjega ovoja

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ²)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' (W/m ² K)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	74,15	20,34	0,29



Grafikon 7: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna izolacija zunanjega ovoja

Z dodatno toplotno izolacijo zunanjega ovoja stavbe zmanjšamo transmisijske izgube za 3,05 kWh/m² (preglednica 42) in s tem potrebno toploto za ogrevanje za 3,4% (preglednica 43 in grafikon 7). S tem ukrepom ne bomo dosegli velikih sprememb, saj ima stavba že v obstoječem stanju dobro izoliran zunanji toplotni ovoj. V poletnem času potrebna večja energija za hlajenje za 0,65 kWh/m², zaradi boljše izolativnosti stavbe.

- **Dodatna izolacija medetažnih konstrukcij in predelnih sten**

Predelne stene med ogrevanimi in neogrevanimi conami predstavljajo veliko površino in so toplotno neizolirane, zato stavba porabi veliko toplote za ogrevanje. Z dodatno toplotno izolacijo predelnih sten in medetažne konstrukcije znižamo toplotno prehodnost, kar ugodno vpliva na zmanjšanje porabe

toplote za ogrevanje. Predelne stene bi izolirali z 10 cm toplotne izolacije. Pri izolaciji medetažne konstrukcije smo omejeni z debelino toplotne izolacije, ki jo lahko namestimo. Da v kletnem prostoru ne bi presegli minimalne svetle višine, ki znaša 250 cm, lahko namestimo največ 15 cm toplotne izolacije. Takšna debelina presega najvišjo dovoljeno vrednost po TSG4, vendar precej izboljšamo toplotno prehodnost medetažne konstrukcije (preglednica 44). Izačuni so podani v preglednicah 45 in 46.

Preglednica 44: Toplotna prehodnost obstoječih in novih konstrukcijskih sklopov, ter mejna vrednost po TSG4

Konstrukcijski sklop / Toplotna prehodnost	Obtoječa toplotna prehodnost (W/m^2K)	Nova toplotna prehodnost (W/m^2K)	Mejna vrednost U_{max} po TSG4 (W/m^2K)
Predelna stena	3,276	0,364	0,7
Medetažna konstrukcija	1,217	0,225	0,2

Preglednica 45: Izračunana toplotna bilanca stavbe z dodatno izolacijo predelnih sten in medetažne konstrukcije

	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m^2K)	0,23	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	123912	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	66164	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m^2a) in kondicionirane prostornine (kWh/m^3a)	43,48	32,61
	12,78	

Preglednica 46: Izgube in dobitki stavbe z dodatno izolacijo predelnih sten in medetažne konstrukcije

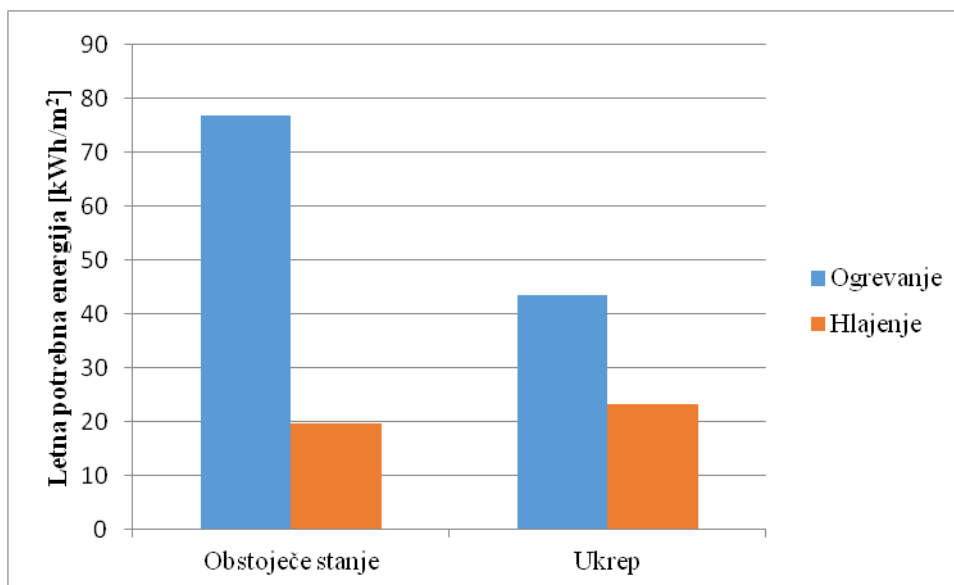
kWh/m^2	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	48,01	20,9
Ventilacijske izgube	35,74	15,56
Skupne izgube	83,75	36,46
Notranji dobitki	22,30	18,72
Solarni dobitki	19,54	39,05
Skupni dobitki	41,84	57,77

Preglednica 47: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m^2)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m^2)	Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H_T' (W/m^2K)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	43,48	23,21	0,23

Iz preglednice 47 in grafikona 8 je razvidno da dodatna toplotna izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije zmanjša porabo toplote za ogrevanje za kar 43,4 %, saj se zmanjšajo transmisijske izgube za 43,18 kWh/m^2 in ventilacijske izgube za 2,96 kWh/m^2 . Znižajo se tudi solarni dobitki za 11,42 kWh/m^2 , a na njihov račun zmanjšali število izgub. Zaradi izboljšane toplotne izolativnosti stavbe se v

poletnih mesecih poveča potreba po hlajenju za $3,52 \text{ kWh/m}^2$, saj se toplota zadržuje v stavbi. Izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije zaradi občutnega znižanja potrebne toplote za ogrevanje, sodi med najučinkovitejše ukrepe.

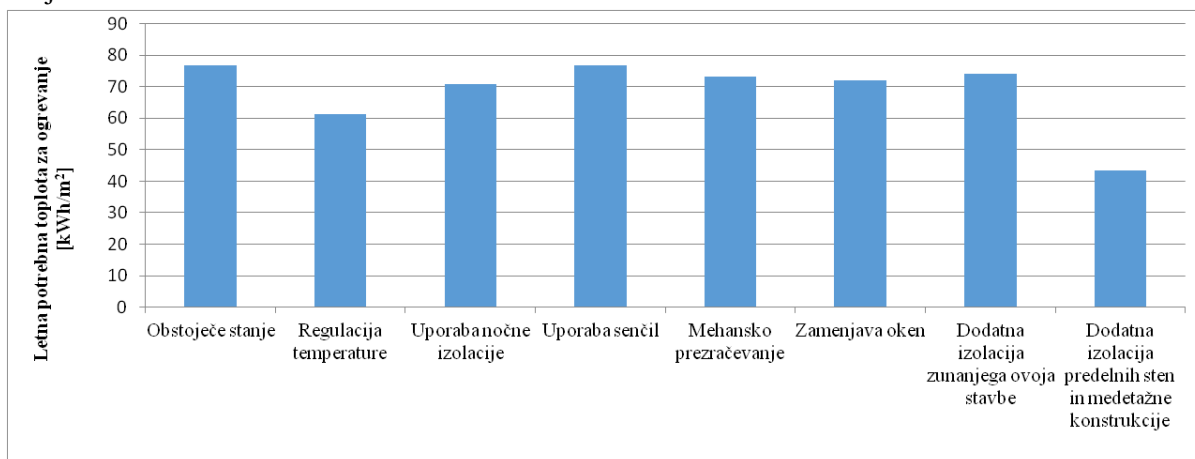


Grafikon 8: Primerjava obstoječega stanja z ukrepom – dodatna toplotna izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije

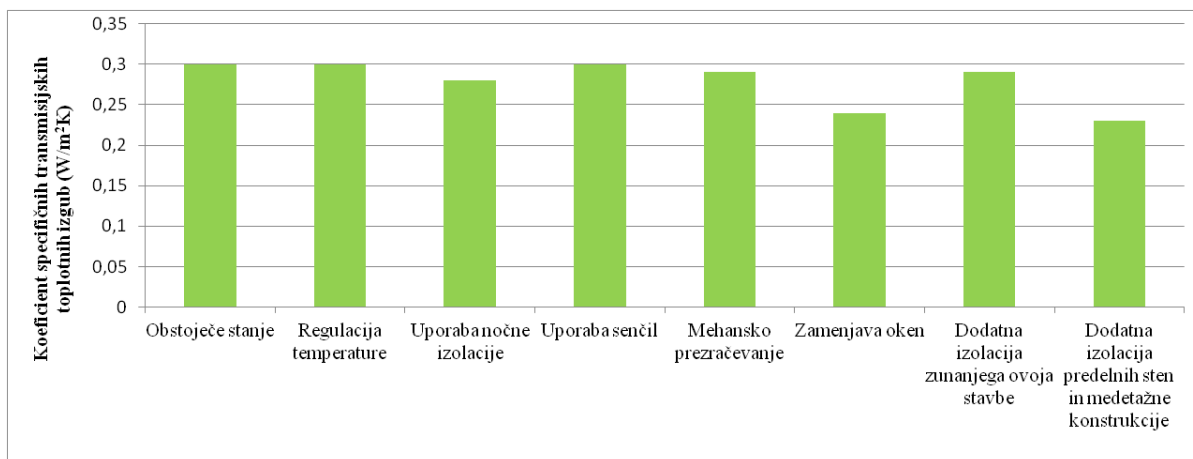
4.3 Primerjava vseh ukrepov

Potrebna toplota za ogrevanje:

Iz grafikona 9 je razvidno, da na zmanjšanje potrebe po energiji za ogrevanje najbolj vpliva dodatna izolacija predelnih sten in medetažne konstrukcije. S tem ukrepom tudi najbolj znižamo koeficient specifičnih transmisijskih izgub. Velik vpliv na znižanje potrebne energije ima tudi regulacija temperature in zamenjava oken z energetsko učinkovitejšimi, medtem ko mehansko prezračevanje in dodatna izolacija zunanjega ovoja stavbe ne prispevata dosti k zmanjšanju. Iz grafikona 11 je moč opaziti, da je koeficienta specifičnih transmisijskih izgub odvisen od toplotne prehodnosti toplotnega ovoja.



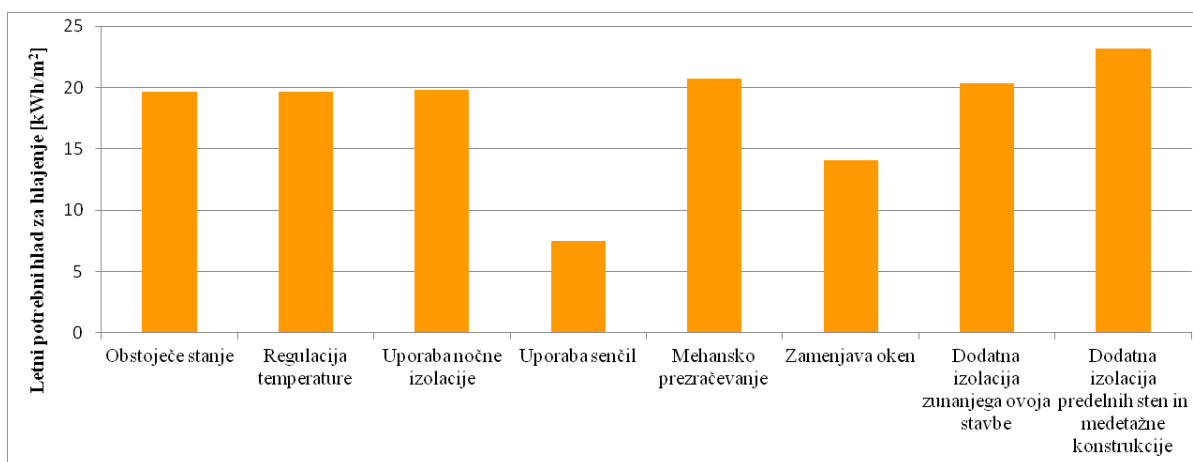
Grafikon 9: Primerjava obstoječega stanja in ukrepov v potrebni toploti za ogrevanje



Grafikon 10: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub med obstoječim stanjem in ukrepi

Potrebni hlad za hlajenje:

Večina ukrepov, zaradi ohranjanja toplote v stavbi v poletnem času in s tem nižjega koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, zvišuje potrebo po hladu za hlajenje. Med temi to potrebo najbolj zvišujeta dodatna izolacija netransparentnih delov in mehansko prezračevanje. Na manjšanje potrebnega hlada vplivajo le okna z nižjim prehodom sončnega sevanja in senčila. Slednja so se izkazala za najboljši ukrep, saj znižujejo solarne pritoke v poletnih časih, ko je hlajenje stavbe najbolj potrebno.



Grafikon 11: Primerjava obstoječega stanja in ukrepov v potrebnem hladu za hlajenje

4.4 Optimizacija obstoječega stanja

Za doseg največje učinkovitosti stavbe moramo združiti vse ukrepe in izračunati dejansko porabo energije v stavbi po prenovi. Pri izbiri ukrepov za izboljšanje toplotnega odziva stavbe je zelo pomembno imeti v mislih, da nam lahko določen ukrep ne samo zniža porabo energije za ogrevanje, ampak tudi zviša porabo energije za hlajenje. Zato je potrebno biti pri izbiri ukrepov izredno pazljiv, da ne poslabšamo bivalnih razmer. Izračuni po prenovi so podani v preglednicah 48 in 49.

Ukrepi:

- Dodatno izoliramo streho, zunanjo steno, tla pod terenom, ter medetažno konstrukcijo in predelne stene med ogrevanimi in neogrevano cono;

- Stanovanja pozimi ogrevamo na 20°C podnevi in 18°C ponoči;
- Okna zamenjamo z energetske učinkovitejšimi;
- Uporabimo nočno izolacijo in senčila;
- Izvedemo mehansko prezračevanje.

Preglednica 48: Izračunana toplotna bilanca stavbe po prenovi

	Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisij toplotnih izgub stavbe H_T' (W/m^2K)	0,16	0,42
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	73958	92915
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	31871	142500
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m^2a) in kondicionirane prostornine (kWh/m^3a)	25,95 7,63	32,61

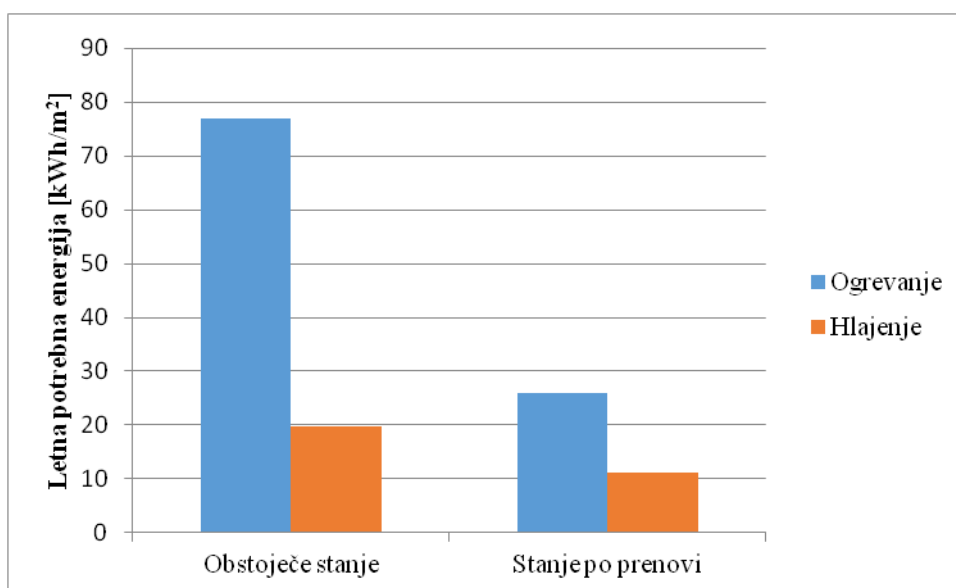
Preglednica 49: Izgube in dobitki stavbe po prenovi

kWh/m^2	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	27,72	16,16
Ventilacijske izgube	29	15,9
Skupne izgube	56,72	32,06
Notranji dobitki	19,4	18,94
Solarni dobitki	12,26	22,65
Skupni dobitki	31,66	41,59

Preglednica 50: Primerjava z obstoječega stanja s stanjem po prenovi

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m^2)	Potreben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m^2)	Koeficient specifičnih transmisij toplotnih izgub H_T' (W/m^2K)
Obstoječe stanje	76,82	19,69	0,3
Ukrep	25,95	11,18	0,16

Z ukrepi znižamo porabo energije za ogrevanje na 25,95 kWh/m²a, kar predstavlja 66% izboljšavo obstoječega stanja (preglednica 50 in grafikon 12). Boljša izolativnost stavbnega ovoja povzroči zmanjšanje transmisij izgub za 63,47 kWh/m² in ventilacijskih izgub za 9,7 kWh/m². Glede na porabljeno energijo za ogrevanje 25,95 kWh/m²a se stavba po prenovi po računski energetske izkaznici uršča v razred B2 [18]. Potreben hlad za hlajenje pa se zmanjša za 8,27 kWh/m²a, kljub temu da je večina ukrepov zvišala potreben hlad po hlajenju. Zmanjša se predvsem zaradi učinkovite uporabe senčil v poletnih mesecih.



Grafikon 12: Primerjava obstoječega stanja s stanjem po prenovi

5 ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE

5.1 Izračun potrebne energije

Program TOST nam poda rezultate o potrebni in končni energiji, ki je potrebna za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljava v stavbi. Za razsvetljava izberemo svetilke moči 8 W/m^2 , kar je maksimalna dovoljena vrednost za stanovanjske stavbe po TSG4. Po tem ko smo izvedli ukrepe s katerimi smo zmanjšali potrebo po energiji v stavbi, moramo, v skladu z načeli nič energijske hiše s pomočjo obnovljivih virov energije in energetske učinkovitimi napravami, zagotoviti vso potrebno energijo v stavbi.

Preglednica 51: Potrebna energija v stavbi (kWh)

Cona	Ogrevanje (Q_{NH})	Hlajenje (Q_{NC})	Topla voda (Q_w)	Razsvetljava (Q_l)	Skupaj
1.OC	36221	17961	24643,2	12,3	78837,5
2.OC	18612	7119	10480	5,2	36216,2
3.OC	19125	6791	10480	5,2	36401,2
NC	0	0	0	9,2	9,2
Skupaj stavba	73958	31871	45603	32	151464

5.2 Možnosti izrabe obnovljivih virov energije

Izbira obnovljivih virov energije je na naši lokaciji omejena na energijo sonca in toploto okolice. Možnosti in načini pretvorbe za oskrbo nič energijske hiše so prikazani v preglednici 52.

Preglednica 52: Možnosti in način pretvorbe OVE na lokaciji obravnavane stavbe

Obnovljiv vir energije	Možnost in način pretvorbe iz OVE			
	Ogrevanje	Hlajenje	Priprava tople vode	Razsvetljava (elektrika)
Energija sonca	Sprejemniki sončne energije	Sprejemniki sončne energije	Sprejemniki sončne energije	PV paneli
Toplota okolja	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	-

Potrebno energijo za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode zagotovimo s sprejemniki sončne energije ali toplotno črpalko. Končna energija, ki je potrebna za delovanje teh strojev in naprav se razlikuje glede na učinkovitost sistema in vrsto energenta s katerim ogrevamo, hladimo in pripravljamo toplo vodo. Končno energijo (elektriko) v našem primeru zagotovimo s fotovoltaičnim sistemom.

5.2.1 Ogrevanje, hlajenje in priprava tople vode s pomočjo sprejemnikov sončne energije

Sprejemniki sončne energije (SSE) zbirajo sončno energijo in z njo grejejo prenosni medij (vodo, posebno tekočino ali zrak). Sistem sestavljajo sprejemniki z absorberji, ki sprejemajo sončno energijo, medij, ki prenaša toploto in hranilnik toplote, v katerem se hrani topla voda. Vgradimo lahko vakuumske sprejemnike sončne energije, ki so učinkovitejši v primerjavi s ploščatimi.

Pri načrtovanju solarne sistema moramo vedeti, ali se bo uporabljal samo za pripravo tople vode

ali hkrati tudi za ogrevanje stavbe. Priprava tople vode je potrebna skozi celo leto, medtem ko je ogrevanje potrebno samo pozimi, hlajenje pa poleti.

Glede na to je potrebno določiti število sončnih kolektorjev, njihovo usmeritev in kot nagiba. V Sloveniji moramo za največji izkoristek kolektorje obrniti proti jugu. Kot nagiba kolektorjev mora biti takšen, da jih pozimi sonce najdlje obseva, saj jih takrat največ potrebujemo [19].

5.2.2 Ogrevanje, hlajenje in priprava tople vode s pomočjo toplotne črpalke

Za ogrevanje in hlajenje je smiselno uporabiti tudi toplotno črpalko. To je naprava, ki izrablja toploto iz okolja ter jo pretvarja v uporabno toploto za ogrevanje, hlajenje stavbe in tudi za pripravo tople vode. Ločimo več vrst toplotnih črpalk glede na vir, ki ga te potrebujejo za svoje delovanje oz. za odvzem toplote. Vir lahko predstavlja voda, zemlja ali zrak. Za naš objekt bi uporabili toplotno črpalko, ki izrablja toploto iz zunanjega zraka. Vsa toplota, ki jo pridobimo iz izbranega vira je brezplačna, potrebna je le električna energija za pogon agregata, ki ga sestavljata kompresor in agregat. Je energetsko zelo učinkovita, saj v povprečju proizvede 3 enote toplote na 1 enoto porabljene elektrike [20].

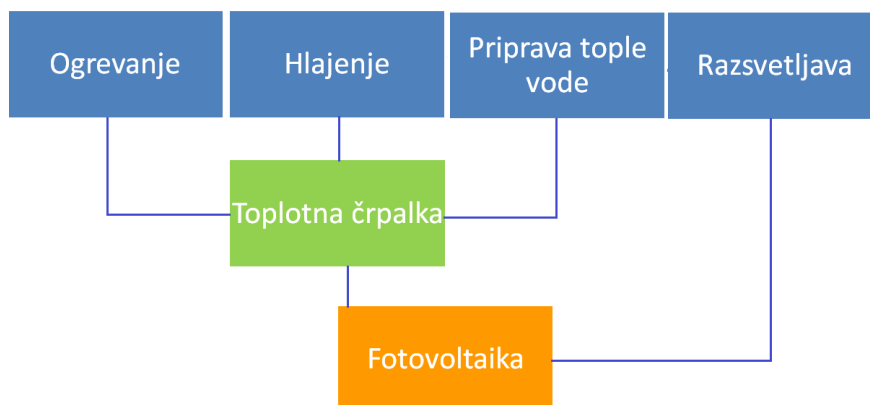
5.2.3 Električna pridobljena s pomočjo fotovoltaične elektrarne (PV panelov)

Fotovoltaični sistem je sestavljen iz solarnih celic, regulatorja polnjenja in solarnih baterij. Z gibanjem elektronov v celici zaradi sončnega sevanja, nastane električni tok. Ta teče skozi regulator polnjenja in polni solarno baterijo [21]. Izbira velikosti fotovoltaičnega sistema je odvisna od porabe električne energije stavbe. Kot nagiba in orientacija morata biti takšna da omogočita največji izkoristek PV panelov. S pomočjo fotovoltaične elektrarne bi v našem objektu zagotovili energijo potrebno za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo.

5.3 Možnosti uporabe OVE na stavbi

5.3.1 Prvi način

Potrebno energijo za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode zagotovimo s toplotno črpalko. Električno za delovanje toplotne črpalke in razsvetljave pridobimo iz fotovoltaične elektrarne (PV panelov). Prvi način izrabe OVE na stavbi je prikazan na sliki 17. V program TOST vstavimo podatke o načinu ogrevanja, hlajenja in priprave tople vode in nam nato poda izračun končne energije. Ti podatki so podani v preglednici 53.



Slika 16: Prvi način izrabe OVE na stavbi

Podatki:

Preglednica 53: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in priprave tople vode

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Energent	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka
Učinkovitost sistemov			
Generacija	3	3	3
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,8	0,96	1,0

Izračun:

Preglednica 54: Končna energija v stavbi (kWh)

Cona	Ogrevanje ($Q_{NH,f}$)	Hlajenje ($Q_{NC,f}$)	Topla voda ($Q_{w,f}$)	Razsvetljava ($Q_{l,f}$)	Skupaj
1.OC	15213	6538	10350	12,3	32113,3
2.OC	7817	2591	4401	5,2	14814,2
3.OC	8033	2472	4401	5,2	14911,2
NC	0	0	0	9,2	9,2
Skupaj stavba	31062	11601	19153	32	61847,9

Izračunamo kolikšna energija je potrebna za delovanje toplotne črpalke, pri čemer uporabimo podatke o končni energiji (preglednico 54). Izračun je podan z enačbo (2).

$$Q_{T\check{c}} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} + Q_{w,f} = 31062 \text{ kWh} + 11601 \text{ kWh} + 19153 \text{ kWh} = 61716 \text{ kWh} \quad (2)$$

Izračun za potrebno energijo za delovanje toplotne črpalke in razsvetljava (elektrika), je podan z enačbo (3).

$$Q_{T\check{c}} + Q_{l,f} = 61716 \text{ kWh} + 32 \text{ kWh} = 61748 \text{ kWh} \quad (3)$$

Velikost in moč fotovoltaične elektrarne izračunamo s pomočjo programa Photovoltaic Geographical Information System [22], v katerega vnesemo podatke o lokaciji, na podlagi katere izračuna letno prejeta energijo sončnega obsevanja (preglednica 55), ter hkrati poda optimalen nagib in orientacijo fotovoltaičnih modulov. Program predpostavi še 23 % izgubo (izgub zaradi refleksije površine, učinkovitosti pretvornika in kablov, itd.) celotnega fotovoltaičnega sistema.

Optimalen nagib PV panela: 35°

Optimalna orientacija PV panela: 0° (0° - jug)

Preglednica 55: Izračun povprečnega sončnega obsevanja pri nagibu 35° in orientaciji proti jugu

Mesec	Povprečno sončno obsevanje $j_{m,M}$ (kWh/m ²)
Januar	59,6
Februar	74,8
Marec	109
April	134
Maj	152
Junij	156
Julij	170
Avgust	165
September	126
Oktober	95,9
November	60,9
December	43,7
Skupaj	1350

Nato program poda izračun o potrebni velikosti sončne elektrarne (preglednica 56), s katero zagotovimo potrebo po elektriki v naši stavbi. Za doseg potrebne energija za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo, ki sem jo izračunala z enačbo 3, potrebujemo sončno elektrarno nazivne moči 61 kWp.

Preglednica 56: Izračun povprečne proizvodnje elektrike nazivne moči 61 kWp

Mesec	Povprečna proizvodnja elektrike (kWh)
Januar	2790
Februar	3480
Marec	5070
April	6170
Maj	6980
Junij	7130
Julij	7800
Avgust	7590
September	5840
Oktober	4460
November	2840
December	2030
Skupaj	62200

Izračunamo še potrebno površino za namestitev sončne elektrarne. Na ravni strehi s podporniki namestimo fotovoltaične module poševno nad montažni sistem, da ujamejo največ sončnega sevanja. Za pridobitev 1kWp potrebujemo približno 7 m² površine fotovoltaičnih modulov, ki zahtevajo 10m² površine ravne strehe [23]. Z enačbo (4) izračunam površino fotovoltaičnih modulov. Izračun za površina strehe, ki je potrebna za namestitev fotovoltaičnih modulov je podana z enačbo (5).

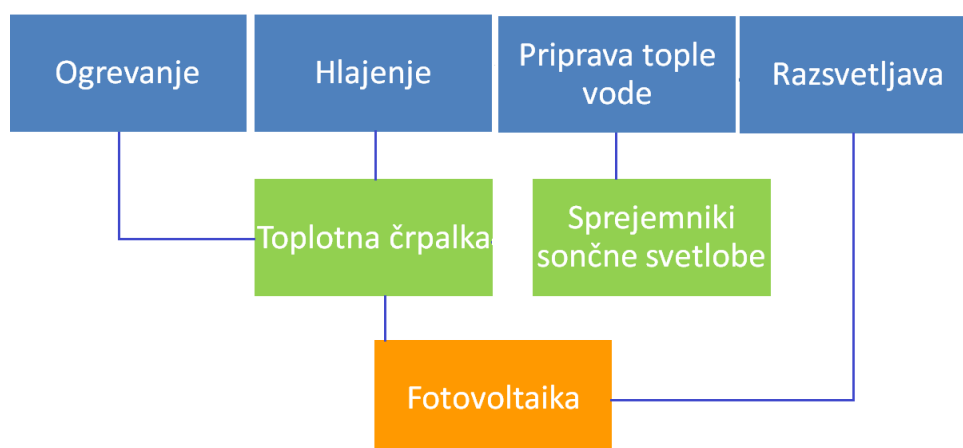
$$A_{PV}=61 \text{ kWp} \cdot 7 \text{ m}^2 = 427 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$A_{PV,streha}=61kWp*10 m^2= 610 m^2 \quad (5)$$

Površina strehe obravnavane stavbe znaša 806 m², zato je postavitve sončne elektrarne izvedljiva.

5.3.2 Drugi način

Potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje zagotovimo s toplotno črpalko, za pripravo tople vode pa uporabimo sprejemnike sončne energije. Za delovanje sistemov in razsvetljavo namestimo fotovoltaike. Drugi način izrabe OVE na stavbi je prikazan na sliki 18.



Slika 17: Drugi način izrabe OVE na stavbi

Uporabimo enake podatke o načinu ogrevanja in hlajenja s toplotno črpalko iz preglednice 53. Podatka za potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje uporabimo iz preglednice 54, energijo za pripravo tople sanitarne vode in razsvetljavo pa iz preglednice 51. Izračun potrebne energije za delovanje toplotne črpalke je podan z enačbo (6). Potrebna energija za pripravo tople vode, ki jo moramo pridobiti s sprejemniki sončne energije je podana z enačbo (7).

$$Q_{T\check{c}} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} = 31062 \text{ kWh} + 11601 \text{ kWh} = 42663 \text{ kWh} \quad (6)$$

$$Q_{SSE} = Q_W = 45440 \text{ kWh} \quad (7)$$

Predpostavimo takšno velikost sončnih sprejemnikov s katerimi v vsakem mesecu zagotovimo potrebi po topli sanitarni vodi. Pri tem se osredotočimo predvsem na mesec december, saj je takrat sončno obsevanje najmanjše. To je razvidno iz preglednice 55. Lastnosti sprejemnikov sončne energije so podani v preglednici 57. Optimalni nagib in orientacija kolektorjev je enaka kot pri fotovoltaičnih modulih.

Podatki:

Preglednica 57: Podatki o sprejemnikih sončne energije [24]

Površina enega SSE (m ²)	2,4
Učinkovitost SSE η (-)	0,6
Optimalen nagib (°)	35
Optimalna orientacija (°)	0

Ocena potrebne toplote (nizka poraba) : 0,7 kWh/osebo, dan

Število oseb: 180

Število dni : 30 dni, 31 dni

Povprečno sončno obsevanje v mesecu decembru (preglednica 55) $j_{m,december} : 43,7 \text{ kWh/m}^2$

Izračunamo potrebno toploto za ogrevanje vode v enem mesecu:

$$Q_{w,30 \text{ dni}} = 0,7 \text{ kWh/osebo, dan} * 180 \text{ oseb} * 30 \text{ dni} = 3780 \text{ kWh} \quad (8)$$

$$Q_{w,31 \text{ dni}} = 0,7 \text{ kWh/osebo, dan} * 180 \text{ oseb} * 31 \text{ dni} = 3906 \text{ kWh} \quad (9)$$

V mesecu decembru moramo po enačbi (9) zagotoviti 3906 kWh iz SSE za zagotavljanje energije za pripravo tople sanitarne vode. Potrebna površina in število sprejemnikov sončne energije sta podani z enačbami (10) in (11).

$$A_{SSE} = \frac{Q_{w,31 \text{ dni}}}{j_{m,december} * \eta} = \frac{3906 \text{ kWh}}{43,7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * 0,6} = 148,9 \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$\text{Št.SSE} = \frac{148,9 \text{ m}^2}{2,4 \text{ m}^2} = 62 \quad (11)$$

Da zagotovimo potrebi energije po topli vodi v decembru in tako tudi vsakemu mesecu, potrebujemo 148,9 m² oziroma 62 sprejemnikov sončne energije. S pomočjo podatkov mesečnega sončnega obsevanja iz preglednice 55 izračunamo, kolikšno energijo pridobimo iz 148,9 m² sprejemnikov sončne. Izračun je podan v preglednici 58.

Preglednica 58: Potrebna energija za pripravo tople vode in pridobljena energija iz 62 SSE po mesecih

Mesec	Povprečno sončno obsevanje $j_{m,M}$ (kWh/m ²)	Energija za pripravo tople vode iz SSE (kWh)	Potrebna energija za pripravo tople vode (kWh)
Januar	59,6	5328,24	3906
Februar	74,8	6687,12	3528
Marec	109	9744,6	3906
April	134	11979,6	3780
Maj	152	13588,8	3906
Junij	156	13946,4	3780
Julij	170	15198	3906
Avgust	165	14751	3906
September	126	11264,4	3780
Oktober	95,9	8573,46	3906
November	60,9	5444,46	3780
December	43,7	3906,78	3906
Skupaj	1350	120412,9	45440

S takšnim številom SSE v vsakem mesecu zagotovimo zadostno količino toplote za pripravo tople sanitarne vode. Iz preglednice 58 opazimo, da v pretežnem delu leta energija prejeta s sprejemniki sončne energije, preseže potrebno energijo za pripravo tople vode. Zaradi neenakomerne razpoložljivosti vira je torej takšna velikost SSE neizkoriščena in neekonomična.

Upoštevamo, da en SSE na ravni strehi potrebuje približno 3,2 m².

$$A_{SSE, streha} = 3,2 \text{ m}^2 * 62 = 198,4 \text{ m}^2 \quad (12)$$

Potrebno velikost sončne elektrarne za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo izračunamo po enakem principu kot pri prvem načinu. Izračun je podan z enačbo (13).

$$Q_{PV} = Q_{TČ} + Q_I = 42748 \text{ kWh} \quad (13)$$

Za izračun potrebne moč elektrarne uporabim program Photovoltaic Geographical Information System, ter enake podatke za fotovoltaične module kot pri prvemu načinu. Za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo potrebujemo fotovoltaično elektrarno nazivne moči 42 kWp.

Preglednica 59: Izračun povprečne proizvodnje elektrike nazivne moči 42 kWp

Mesec	Povprečna proizvodnja elektrike (kWh)
Januar	1900
Februar	2390
Marec	3480
April	4260
Maj	4830
Junij	4940
Julij	5400
Avgust	5240
September	4030
Oktober	3060
November	1940
December	1390
Skupaj	42900

Izračunamo še potrebno površino fotovoltaičnih modulov, ter potrebno površino strehe za njihovo namestitvev. Izračuni so podani z enačbami od (14) do (16).

$$A_{PV} = 42 \text{ kWp} * 7 \text{ m}^2 = 294 \text{ m}^2 \quad (14)$$

$$A_{PV,streha} = 42 \text{ kWp} * 10 \text{ m}^2 = 420 \text{ m}^2 \quad (15)$$

$$A_{PV,streha} + A_{SSE,streha} = 420 \text{ m}^2 + 198,5 \text{ m}^2 = 618,5 \text{ m}^2 \quad (16)$$

Površina strehe obravnavane stavbe znaša 806 m², zato je postavitvev sončne elektrarne in sprejemnikov sončne energije izvedljiva.

5.3.3 Tretji način

Uporabimo kombinacijo toplotne črpalke in SSE za ogrevanje in pripravo tople vode, za hlajenje pa uporabimo samo toplotno črpalke. Za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo pa namestimo fotovoltaike. Predpostavljam, da se 40% celotne potrebne energije za ogrevanje in pripravo tople vode zagotavlja s sprejemniki sončne enegije. Tako lahko zagotovimo, da v poletnih mesecih stavba in ogreva vodo izključno s sprejemniki sončne enegije, pozimi pa ta sistem deluje kot podpora ogrevanju s toplotno črpalke.



Slika 18: Tretji način izrabe OVE na stavbi

Za izračun uporabimo podatke iz 51 in 54 preglednice.

$$Q_{SSE} = 0,4 (Q_{NH} + Q_W) = 0,4 (73958 \text{ kWh} + 45603 \text{ kWh}) = 48224,4 \text{ kWh} \quad (17)$$

$$Q_{T\check{C}} = 0,6 (Q_{NH,f} + Q_{W,f}) + Q_{NC,f} = 0,6 (31062 \text{ kWh} + 19153 \text{ kWh}) + 11601 \text{ kWh} = 41730 \text{ kWh} \quad (18)$$

Postopek izračuna potrebne površine in količine SSE je enak kot pri drugem načinu. Uporabimo podatke iz 57 preglednice.

$$A_{SSE} = \frac{Q_{SSE}}{j_{total} \cdot \eta} = \frac{48224 \text{ kWh}}{1350 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 0,6} = 60 \text{ m}^2 \quad (19)$$

$$\check{S}t.SSE = \frac{60 \text{ m}^2}{2,4 \text{ m}^2} = 25 \quad (20)$$

$$A_{SSE,streha} = 25 \text{ SSE} \cdot 3,2 \text{ m}^2 = 80 \text{ m}^2 \quad (21)$$

Preglednica 60: Povprečno sončno obsevanje in potrebna energija za pripravo tople vode in pridobljena energija iz 25 SSE po mesecih

Mesec	Povprečno sončno obsevanje $j_{m,M}$ (kWh/m ²)	Energija za pripravo tople vode in ogrevanje pridobljena SSE (kWh)
Januar	59,6	2145,6
Februar	74,8	2692,8
Marec	109	3924
April	134	4824
Maj	152	5472
Junij	156	5616
Julij	170	6120
Avgust	165	5940
September	126	4536
Oktober	95,9	3452,4
November	60,9	2192,4
December	43,7	1573,2
Skupaj	1350	48488,4

Za izračun potrebne moči elektrarne uporabimo program Photovoltaic Geographical Information System, ter enake podatke za fotovoltaične module kot pri prvemu načinu. Za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo potrebujemo fotovoltaično elektrarno nazivne moči 41 kWp.

Preglednica 61: Izračun povprečne proizvodnje elektrike nazivne moči 41 kWp

Mesec	Povprečna proizvodnja elektrike (kWh)
Januar	1860
Februar	2330
Marec	3400
April	4160
Maj	4710
Junij	4830
Julij	5280
Avgust	5120
September	3940
Oktober	2990
November	1900
December	1350
Skupaj	41900

Izračunamo še potrebno površino fotovoltaičnih modulov, ter potrebno površino strehe za njihovo namestitvev. Izračuni so podani z enačbami od (22) do (24).

$$A_{PV} = 41 \text{ kWp} * 7 \text{ m}^2 = 287 \text{ m}^2$$

$$A_{PV,streha} = 37 \text{ kWp} * 10 \text{ m}^2 = 410 \text{ m}^2 \quad (23)$$

$$A_{PV,streha} + A_{SSE,streha} = 80 \text{ m}^2 + 410 \text{ m}^2 = 490 \text{ m}^2 \quad (24)$$

Površina strehe obravnavane stavbe znaša 806 m^2 , zato je postavitvev sončne elektrarne in sprejemnikov sončne energije izvedljiva.

6 ZAKLJUČEK

Zmanjšanje potrebne energije v stavbah, uporaba obnovljivih virov energije in zmanjšanje toplogrenih plinov so prednostne naloge Evropske unije. V ta namen je izdala Direktivo EPBD-r, ki s svojimi zahtevami pričakuje povečanje energijskih obnov stavb. Velik poudarek daje predvsem nič energijski hiši.

Obravnavana stavba ima v obstoječem stanju visoko porabo energije, zato sem izvedla vrsto ukrepov s katerimi lahko dosežemo energetsko učinkovitejšo stavbo. S programom TOST sem najprej izračunala letno porabo energije za ogrevanje $72,82 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ki za več kot polovico preseže dovoljeno vrednost po PURES-u. Nato sem analizirala kakšen vpliv imajo ukrepi, s katerimi omogočamo oblikovanje nič energijske hiše, na energetsko bilanco stavbe. Spremljala sem spremembe potrebne toplote za ogrevanje, hlad za hlajenje, energijo za pripravo tople sanitarne vode in razsvetljavo. Najnižjo potrebno letno energijo za ogrevanje in najmanj transmisijskih izgub dosežemo s toplotno izolacijo predelnih sten in medetažnih konstrukcij. K učinkovitejšim ukrepom prištevamo tudi centralno regulacijo temperature s konstantno temperaturo 20°C . Tako ne pride do nepotrebne pregrevanja stavbe in trošenja energije. Investicija v nočno izolacijo in senčila se v teoriji izkaže za uspešno, saj zelo zmanjšata porabo energije. Nočna izolacija oken zmanjša potrebno energijo za ogrevanje, senčila pa so zelo učinkovita poleti. Slednja zaradi velike površine oken znižajo potreben hlad za hlajenje za kar 64 %. Tudi energetsko učinkovitejša okna znižajo potreben hlad in toploto za ogrevanje. Ostali ukrepi so manj učinkoviti, zato je investicija v mehansko prezračevanje in dodatno toplotno izolacijo zunanega ovoja vprašljiva. Slednja bi se nam izplačala le v primeru ponovne obnove fasade objekta. Opazimo, da nekateri ukrepi sicer znižujejo potrebo po energiji za ogrevanje, a po drugi strani zvišujejo porabo energije za hlajenje. Pri načrtovanju prenove moramo biti zato previdni, da s kakšnim ukrepom ne poslabšamo bivalnih razmer. S kombinacijo vseh izbranih ukrepov mi je uspelo znižati potrebno energijo pri ogrevanju na $25,95 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, pri hlajenju pa na $11,18 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

V svoji diplomski nalogi sem predstavila tri izvedljive možnosti izrabe obnovljivih virov, s katerimi v celoti zagotovimo potrebno energijo za delovanje stavbe. Možnost izbire obnovljivih virov energije je odvisna od njihove razpoložljivosti na konkretni lokaciji. V našem primeru izrabimo energijo sonca in toploto okolja. Zato se odločimo, da uporabimo toplotno črpalko, sprejemnike sončne energije in fotovoltaike. Na izbor, načinov ogrevanja, hlajenja, razsvetljave in priprave tople vode, vplivajo številni dejavniki med katerimi bi izpostavila višino investicije, njeno povratno dobo, življenjsko dobo naprav in njihovo amortizacijo. Vpliv slednjih, pri preoblikovanju izbrane stavbe v nič energijsko hišo, sem zanemarila, saj nič energijska hiša predstavlja cilj, katerega bi morali neglede na njeno ceno v prihodnosti doseči, če želimo ohraniti okolje in zdrave bivalne razmere za naše naslednike.

VIRI

- [1] 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.
- [2] Enforce. 2013. Direktiva o energetske učinkovitosti stavb.
<http://www.enforce-eeen.eu/slo/direktiva-epbd/direktiva-o-energetske-ucinkovitosti-stavb>
(Pridobljeno 20. 5. 2013.)
- [3] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52/2010.
- [4] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) Ur.l. RS, št. 110/2002.
- [5] Energetske zakon (EZ). Ur.l. RS, št. 79/1999 (8/2000 popr.).
- [6] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetske izkaznice. Ur.l. RS, št. 77/2009.
- [7] Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo. Uradni list RS, št. 35/2008.
- [8] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur.l. RS, št.42/2002. Ur.l. RS, št. 105/2002.
- [9] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor, 2010
- [10] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) Ur.l. RS, št. 41/2004.
- [11] Energetske učinkovitost in energetske izkaznica. 2013. Prenos v slovensko zakonodajo.
<http://www.energetske-ucinkovitost.si/energetske-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/prenos-v-slovensko-zakonodajo/> (Pridobljeno 21. 5. 2013.)
- [12] Obnovljivi viri energije. 2013.
<http://www.evropa.gov.si/si/energetika/obnovljivi-viri-energije/> (Pridobljeno 2. 1. 2013.)
- [13] Krainer., A. 2003. D1-Design Report for Project N° 6 – Housing Found of Ljubljana Municipalities. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [14] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [15] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [16] Regulacija centralnega ogrevanja. Sistemi za ogrevanje zgradb. 2013. Agencija RS za učinkovito rabo energije.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-03.PDF> (Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [17] Nadokenske rolete. 2013. Roltek.
<http://www.roltek.si/prodajni-program/rolete/nadokenske-rolete> (Pridobljeno 26. 5. 2013.)
- [18] Kristl, Ž. 2011, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente. Poraba energije v stavbah.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 5. 5. 2013.)

- [19] Nekaj o sončnih kolektorjih. 2013. Biotherm. <http://www.biotherm.si/cms/node/100>
(Pridobljeno 30. 6. 2013.)
- [20] Toplotne črpalke. Sistemi za ogrevanje stavb. 2013. Agencija RS za učinkovito rabo energije. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-12.PDF> (Pridobljeno 13.1. 2013.)
- [21] Fotovoltaika. 2013. <http://fotovoltaika-on.net/> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)
- [22] Program Photovoltaic Geographical Information System. 2013. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (Pridobljeno 5. 8. 2013.)
- [23] Fotonapetostni moduli in nosilne konstrukcije. 2013. Bisol. <http://www.bisol.com/sl/proizvodi/fotonapetostni-moduli/bisol-premium-mono-sl.html>
(Pridobljeno 14. 8. 2013.)
- [24] Sistemske solarne rešitve. Sprejemniki sončne energije SI-SOL. Vakumski (cevni) sprejemnik sončne energije. Tehnični podatki. 2012. Hidria. si.hidria.com/file/45035/solarni-sistemi-2012.pdf
(Pridobljeno 15. 8. 2013.)
- [25] EI-Education. 2013. Best practice example No 2 from the Slovenia. http://www.energieinstitut.at/retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice_Slovenia1.pdf
(Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [26] Google Maps. 2013. <https://www.google.com/maps/preview> (Pridobljeno 5. 5. 2013.)
- [27] ALU/PVC rolete. 2013. Roletarstvo Senca. <http://www.rolete-senca.si/alu-pvc-rolete>
(Pridobljeno 31. 8. 2013.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: FASADNI PAS

A1

PRILOGA A: FASADNI PAS

