

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:

Blatnik, M., 2015. Študija koncepta za doseganje skoraj ničenergijske hiše. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentor Kunič, R.): 54 str.

Datum arhiviranja: 05-10-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Blatnik, M., 2015. Študija koncepta za doseganje skoraj ničenergijske hiše. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kunič, R.): 54 pp.

Archiving Date: 05-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

MONIKA BLATNIK

**ŠTUDIJA KONCEPTA ZA DOSEGANJE SKORAJ
NIČENERGIJSKE HIŠE**

Diplomska naloga št.: 210/B-GR

**CONCEPT STUDY FOR ACHIEVING NEARLY ZERO-
ENERGY BUILDING**

Graduation thesis No.: 210/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 22. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana Monika Blatnik izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Študija koncepta za doseganje skoraj ničenergijske hiše«.

Izjavljam, da je elektronska različica enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitorju.

Ljubljana, 22.09.2015

Monika Blatnik

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	699.86(497.4)(034.2)
Avtor:	Monika Blatnik
Mentor:	Doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	Doc. dr. Roman Kunič
Naslov:	Študija koncepta za doseganje skoraj ničenergijske hiše
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – UNI
Obseg in oprema:	54 str., 50 pregl., 9 sl., 6 graf.
Ključne besede:	Skoraj ničenergijska hiša, potrebna energija, obnovljivi viri energije, PURES 2010

Izvleček:

Svojo diplomsko nalogo bom posvetila analizi koncepta skoraj ničenergijske stavbe, ki jo je v našem prostoru predstavila Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU. Zasnovala in obravnavala sem tri tipe stavb, in sicer enostanovanjsko stavbo, večstanovanjsko stavbo ter nestanovanjsko – poslovno stavbo, ki sem jih locirana v Ljubljani. V prvem delu svoje diplomske naloge sem zasledovala določila v Tehnični smernici TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije, ki so zapisana v 9. členu, in sicer o toplotni zaščiti. Ta del sem analizirala s pomočjo računalniškega programa TEDI. Toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe mora ustrezati največji dovoljeni vrednosti le-teh, ki so predstavljene v omenjeni tehnični smernici. Nato nadaljujem z energetske analizo vseh treh zasnovanih stavb s pomočjo programa TOST in predstavim rezultate analize, ki jih primerjam z mejnimi vrednostmi porabe energije. Polovični delež končne rabe energije je potrebno zagotoviti z obnovljivimi viri energije, kar v mojem primeru predstavlja uporaba solarne sončne energije ter fotovoltaične elektrarne. Izkaže se, da z uporabo toplotnih črpalk ter izkoriščanjem sončne energije teoretično lahko zagotovim celotno potrebno energijo za delovanje vseh posameznih tipov stavb, obenem pa tekom analize prikažem, da je pridobivanje energije s fotovoltaično elektrarno učinkovitejše, kot izkoriščanje sončne energije s sončnimi kolektorji.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK:	699.86(497.4)(034.2)
Author:	Monika Blatnik
Supervisor:	Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.
Cosupervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph. D.
Title:	Concept study for achieving nearly zero-energy building
Document type:	Graduation Thesis – university studies
Scope and tools:	54 p., 50 tab., 9 fig., 6 graph.
Keywords:	Nearly zero-energy house, energy consumption, renewable energy sources, PURES 2010

Abstract:

My graduation thesis is based on analysis of nearly zero-energy building, which concept was introduced with Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU (EPBD). I have designed and examined three different types of buildings, single family house, multi-residential and non-residential building, all of which are located in Ljubljana. In the first part of my graduation thesis I was following directions about thermal protection that are written in »Tehnična smernica TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije«, article 9. To analyze this part I have used a computer program named TEDI. Thermal conductivity of outer building surface elements and that of inner separating elements must not be higher than those presented in TSG-01-004: 2010. After analysis I continued with thermal analysis of all three buildings with a computer program named TOST and I presented and compared results with marginal values of energy consumption. Half of the energy used must be provided from renewable energy sources, in my case I used solar collectors and photovoltaic panels. Analysis showed that with the use of heat pumps and exploiting solar energy we could in theory ensure that all energy that's needed for building operation in all three building types. It turns out that energy production by photovoltaic panels is more efficient than that with solar collectors.

ZAHVALA

Za usmeritve in pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju ter somentorju doc. dr. Romanu Kuniču.

Dodatno bi se zahvalila tudi vsem družinskim članom in predvsem fantu Nejcju za stropnost in podporo tekom nastajanja diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE:

1	UVOD.....	1
1.1	Cilji diplomske naloge.....	2
1.2	Metoda dela.....	3
2	ENERGIJSKO VARČNE HIŠE	3
2.1	Nizkoenergijska gradnja.....	3
2.2	Ničenergijska gradnja.....	4
2.3	Aktivna gradnja.....	4
3	EVROPSKA DIREKTIVA EPBD (ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE) TER DEFINICIJA SKORAJ NIČENERGIJSKE HIŠE	5
3.1	PURES 2010 in TSG-1-004: 2010.....	7
3.1.2	Minimalne zahteve po pravilniku PURES 2010.....	7
3.1.2.1	Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe.....	7
3.1.2.2	Največji dovoljeni letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC}	7
3.1.2.3	Največja dovoljena letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi Q_p	7
3.1.2.4	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe	8
3.1.2.5	Obnovljivi viri energije.....	8
3.1.3	Uporaba TSG-01-004: 2010.....	9
3.2	Definicija sNES po prenovljeni evropski direktivi o energetske učinkovitosti stavb.....	9
3.3	Akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES) ter definicija sNES.....	9
3.3.1	Minimalne zahteve po Akcijskem načrtu sNES.....	10
3.3.1.1	Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe.....	10
3.3.1.1	Največja dovoljena letna primarna energija za delovanjske sistemov v stavbi Q_p	10
3.3.2	Obnovljivi viri energije.....	10
3.3.2.1	Delež obnovljivih virov energije.....	11
4	OPIS OBRAVNAVANIH STAVB	11
4.1	Enostanovanjska stavba.....	12
4.2	Večstanovanjska stavba.....	12
4.3	Nestanovanjska stavba.....	12
4.4	Lokacija zasnovanih stavb.....	13
4.5	Osončenost stavb v skladu z zahtevami PURES 2010.....	14
5	KONSTRUKCIJSKI SKLOPI IN NJIHOVA TOPLOTNA PREHODNOST.....	17
5.1	Računalniški program TEDI.....	17
5.2	Vhodni podatki.....	17
5.3	Konstruktivski sklopi enodružinske hiše.....	18
5.4	Konstruktivski sklopi večstanovanjske stavbe.....	20

5.5	Konstruktivski sklopi nestanovanjske stavbe	22
6	RAČUNALNIŠKI PROGRAM TOST.....	23
6.1	Vhodni podatki	23
6.2	Računska podobdobja	24
6.3	Nočna izolacija.....	24
6.4	Protisončna zaščita	24
6.5	Razdelitev objektov na temperaturne cone	24
6.5.1	Enostanovanjska stavba.....	25
6.5.2	Večstanovanjska stavba.....	25
6.5.3	Nestanovanjska stavba	26
6.6	Posamezni vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo	26
6.7	Posamezni vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo	28
6.8	Posamezni podatki za nestanovanjsko stavbo	30
6.9	Analiza zasnovanih stavb ter ukrepi za izboljšanje.....	32
6.9.1	Enostanovanjska stavba.....	33
6.9.1.1	Ukrepi za izboljšanje zasnovane enodružinske stavbe	34
6.9.2	Večstanovanjska stavba.....	36
6.9.3	Nestanovanjska stavba	37
6.9.5	Primerjava stavb.....	40
7	ZAGOTOVITEV ENERGIJE Z OBNOVLJIVIMI VIRI.....	42
7.1	Zagotovitev OVE pri zasnovanih tipih konstrukcij.....	43
7.1.1	Enostanovanjska stavba.....	44
7.1.1.1	Sprejemniki sončne energije enostanovanjske stavbe	45
7.1.2	Večstanovanjska stavba.....	48
7.1.2.1	Sprejemniki sončne energije pri večstanovanjski stavbi	49
7.1.3	Nestanovanjska stavba	50
7.2	Končni rezultati.....	52
8	ZAKLJUČEK.....	54
VIRI	56

KAZALO SLIK

Slika 1: Direktiva EPBD je bila vpeljana v Slovenijo s sprejetjem treh zakonov.	5
Slika 2: Zakon o graditvi objektov in Energetski zakon.....	6
Slika 3: Večstanovanjska stavba, nestanovanjska stavba in enostanovanjska stavba (od leve proti desni)	13
Slika 4: Lokacija stavb.....	14
Slika 5: Postavitev stavb na locirano območje in okoliške stavbe.....	14
Slika 6: Zgradba Qbiss One in Qbiss One z odprtino [19]	22
Slika 7: Šrafiran tloris pritličja in mansarde enostanovanjske hiše – ogrevana toplotna cona	25
Slika 8: Šrafiran tloris 2. nadstropja in prečni prerez večstanovanjske stavbe – ena ogrevana cona in dve neogrevani toplotni coni	26
Slika 9: Šrafiran tloris 2. nadstropja in prečni prerez poslovne stavbe – ena ogrevana cona in	26

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zahteve TSG-01-004: 2010 in njihova interpretacija za lokacijo v Ljubljani..	15
Preglednica 2: Količina osončenosti posameznega stavbnega ovoja pri intervalu maksimalnega trajanja osončenja za določen kritičen dan	16
Preglednica 3: Klimatski podatki	17
Preglednica 4: Klimatski podatki: Povprečna temperatura, energija sončnega obsevanja za različno orientirane in nagnjene ploskve (90°), mesečna porazdelitev ogrevalnih dni	18
Preglednica 5: Zasnovani konstrukcijski sklopi za enodružinsko hišo	18
Preglednica 6: Primerjava toplotne prehodnosti zasnovanega konstrukcijskega sklopa ter največje	20
Preglednica 7: Zasnovani konstrukcijski sklopi za večstanovanjsko stavbo.....	20
Preglednica 8: Primerjava toplotne prehodnosti zasnovanega konstrukcijskega sklopa ter največje	21
Preglednica 9: Energenti za ogrevanje, hlajenje in ogrevanje tople vode	23
Preglednica 10: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – osnovni podatki.....	27
Preglednica 11: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – prezračevanje	27
Preglednica 12: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – netransparentni deli stavbe....	27
Preglednica 13: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – transparentni deli stavbe	28
Preglednica 14: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – tla na terenu.....	28
Preglednica 15: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – osnovni podatki	28
Preglednica 16: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – prezračevanje.....	29
Preglednica 17: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – netransparentni deli stavbe....	29
Preglednica 18: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – transparentni deli stavbe.....	29
Preglednica 19: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – tla pod terenom.....	30
Preglednica 20: Podatki za izračun uravnoteženega povprečja koeficientov prehodnosti predelnih	30
Preglednica 21: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – splošni podatki	30
Preglednica 22: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – netransparentni deli stavbe.....	31
Preglednica 23: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – transparentni deli stavbe	31
Preglednica 24: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – tla pod terenom	31
Preglednica 25: Podatki za izračun uravnoteženega povprečja koeficientov – nestanovanjska stavba	32
Preglednica 26: Podatki o geometriji in obliki enostanovanjske stavbe	33
Preglednica 27: Rezultati energetske učinkovitosti enostanovanjske stavbe	33
Preglednica 28: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov enostanovanjske stavbe	34
Preglednica 29: Rezultati energetske učinkovitosti enostanovanjske stavbe – ukrep	35
Preglednica 30: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov enostanovanjske stavbe – ukrep	35
Preglednica 31: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v enostanovanjski stavbi.....	36
Preglednica 32: Podatki o geometriji in obliki večstanovanjske stavbe.....	37

Preglednica 33: Rezultati energetske učinkovitosti večstanovanjske stavbe.....	37
Preglednica 34: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov večstanovanjske stavbe	37
Preglednica 35: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v večstanovanjski stavbi	37
Preglednica 36: Podatki o geometriji in obliki nestanovanjske stavbe	37
Preglednica 37: Rezultati energetske učinkovitosti nestanovanjske stavbe.....	38
Preglednica 38: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov nestanovanjske stavbe	38
Preglednica 39: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v nestanovanjski stavbi	38
Preglednica 40: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v večstanovanjski stavbi po ukrepu	39
Preglednica 41: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v nestanovanjski stavbi po ukrepu	39
Preglednica 42: Končna energija v enostanovanjski stavbi	44
Preglednica 43: Povprečna mesečna proizvodnja elektrike s fotovoltaično elektrarno v enostanovanjski	45
Preglednica 44: Povprečna proizvodnja energije za pripravo tople vode s SSE v enostanovanjski stavbi	47
Preglednica 45: Končna energija v večstanovanjski stavbi	48
Preglednica 46: Povprečna mesečna proizvodnja elektrike s fotovoltaično elektrarno v večstanovanjski	48
Preglednica 47: Povprečna proizvedena energija za pripravo tople vode v večstanovanjski stavbi	50
Preglednica 48: Končna energija v nestanovanjski stavbi	50
Preglednica 49: Povprečna mesečna proizvodnja s fotovoltaično elektrarno v nestanovanjski stavbi	51
Preglednica 50: Površina strehe ter površina fotovoltaične elektrarne oziroma površina sprejemnikov sončne energije	52

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Potek zmanjševanja letne potrebe toplote vzporedno z večanjem debeline toplotne izolacije na.....	35
Grafikon 2: Ogrevanje in hlajenje enostanovanjske stavbe pred ukrepom in po njem	36
Grafikon 3: Primerjava potrebe energije pred in po ukrepu pri večstanovanjski in nestanovanjski stavbi.....	40
Grafikon 4: Primerjava porabe energije v enostanovanjski, večstanovanjski in nestanovanjski stavbi.....	40
Grafikon 5: Potencialni OVE in raba končne energije v MOL [27]	43
Grafikon 6: Primerjava potrebne in proizvedene energije	53

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Q_p – letna primarna energija [kWh/a]; energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni še nobeni tehnični pretvorbi

A_u – uporabna površina stavbe [m^2]

f_0 - faktor oblike; razmerje med zunanjo površino toplotnega ovoja stavbe in ogrevalno prostornino stavbe ($f(0) = A/(V(e))$), [$1/m$]

T_L – povprečna letna temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}C$]

n_{50} - količina za zrakotesnost, ki nam pove, koliko neto volumna zraka lahko največ izgubimo v eni uri pri tlačni razliki 50Pa [$1/h$]

H_T - količnik specifičnih transmisijskih toplotnih izgub, ki je razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub stavbe in celotno zunanjo površino stavbe [W/m^2K]

OVE – obnovljivi viri energije

RER - delež obnovljivih virov energije v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe

$E_{ren,site,i}$ – proizvedena obnovljiva energija (na lokaciji) i [kWh/a]

$E_{exp,i}^{ren}$ – oddana energija i , ki nadomesti obnovljivi del dovedene energije v omrežju [kWh/a]

$E_{del,ren,i}$ – obnovljivi del dovedene energije i (zunaj lokacije stavbe) [kWh/a]

$E_{del,nren,i}$ – neobnovljivi del dovedene energije i (zunaj lokacije stavbe) [kWh/a]

$E_{exp,i}$ – oddana energija i [kWh/a]

U_{max} – največja dovoljena toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe [W/m^2K]

$U_{izr.}$ – toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe [W/m^2K]

λ_g – toplotna prevodnost zemljine [W/mK]

PV – fotovoltaični panel

SSE – sprejemniki sončne energije

Q_{NH} – letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe [kWh]

$Q_{NH,f}$ – dovedena energija za hlajenje stavbe [kWh]

Q_{NC} – letni potrebni hlad za hlajenje stavbe [kWh]

$Q_{NC,f}$ – dovedena energija za hlajenje stavbe [kWh]

$Q_{1,f}$ – dovedena energija za razsvetljavo [kWh]

$Q_{w,f}$ – dovedena energija za pripravo tople vode [kWh]

A_{PV} – površina fotovoltaičnih panelov [kWh]

A_{STREHE} – površina strehe posamezne stavbe [kWh]

Q_{SSE} – energija, ki je zagotovljena s sprejemniki sončne energije [kWh]

$Q_{W, 30 \text{ dni}}$ – potreba po toploti za pripravo tople vode v časovnem intervalu enega meseca

n_{SEE} – število sprejemnikov sončne energije [/]

»ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Trajnostni razvoj nima alternative. Če hočemo kot človeštvo preživeti, če hočemo kot narod imeti prihodnost, moramo bistveno zmanjšati pritiske na okolje in začeti upoštevati omejitve planeta [1].

Zgodovina gospodarskega in tehnološkega razvoja v zadnjih 3-eh stoletjih temelji na izkoriščanju dostopne in razpoložljive energije, ki nam jo nudijo fosilni viri energije – premog, nafta in zemeljski plin. Omenjena fosilna goriva so na voljo le majhnemu deležu držav, kar posledično pomeni centralizirano proizvodnjo in daljšo distribucijo goriv. Poleg tega so zaloge fosilnih goriv izredno omejene, njihovo koriščenje postaja dražje in ne dohaja naših potreb, ki se zaradi večanja števila prebivalstva in urbanega razvoja vidno zvišujejo [2]. Cene električne energije v gospodinjstvih so se med letoma 2008 in 2011 zvišale za 22,1 % zaradi povečanja cene energije za 15,1 % ter 49,1 % dviga davkov v tem obdobju. [3].

Slovenija ima le dva domača vira fosilnih goriv, rudnik lignita v Velenju ter rudnik rjavega premoga v Hrastniku, zato uvozi večji del fosilnih goriv. Glede na rabo tekočih goriv in zemeljskega plina je odvisnost 100 %, medtem ko je pri uporabi trdnih goriv leta 2012 Slovenija predstavljala le 22 % odvisnost. Z vidika zanesljivosti oskrbe nista problematični oskrbi z zemeljskim plinom in trdimi gorivi, saj je mnogo bolj problematično zagotavljanje oskrbe z zemeljskim plinom, ker imamo le dva glavna dobavitelja (Rusijo in Alžirijo) [3].

Vzporedno s problematiko majhnega razpoložljivega deleža fosilnih goriv in neodvisnosti Slovenije so zaskrbljujoče posledice njihove uporabe. Emisije ogljikovega dioksida in ostalih toplogrednih plinov so eden glavnih krivcev za globalno segrevanje ozračja, njihov nastanek je povezan s proizvodnjo in porabo fosilnih goriv, z industrijskimi procesi, s kmetijsko proizvodnjo in z odlaganjem odpadkov. Torej krivci smo sami. V ozračju je trenutno za 37 % več CO₂ kot sredi 18. stoletja v času industrijske revolucije in samo CO₂ je odgovoren za 90 % globalnega segrevanja ozračja v zadnjih petih letih [4]. Omenjeni vzroki za nastanek toplogrednih plinov so v zadnjih letih tako hitro povečali koncentracijo le-teh v atmosferi, da jo naravni procesi niso sposobni odstraniti. Tudi to je eden od razlogov, da so ukrepi, ki jih je postavila Evropska direktiva o energetske učinkovitosti stavb (v nadaljevanju Evropska direktiva) upravičeni.

Zavedati se moramo, da stavbe predstavljajo največjega potrošnika na območju Evropske unije (v nadaljevanju EU), in sicer 40 % končne porabe energije. Poleg tega pri svojem delovanju proizvedejo 36 % emisij CO₂ [5]. Zaradi njihovega visokega vpliva na samo rabo energije in vzporedno s tem tudi visokega potenciala, ki ga lahko v stavbah izkoristimo, je bila sprejeta Direktiva o energetske učinkovitosti stavb [8]. Slednja omenjena direktiva in v sklopu z njo še dodatni trije zakoni so predstavljeni v naslednjem poglavju.

1.1 Cilji diplomske naloge

Cilj diplomske naloge je končno potrebno energijo, ki jo za normalno in udobno bivanje porabijo enostanovanjska, večstanovanjska in nestanovanjska stavba, deloma zagotoviti z obnovljivimi viri energije. Vzporedno z analizo poljubno zasnovanih tipov konstrukcij skladno s »Pravilnikom o učinkoviti rabi energije« (v nadaljevanju PURES 2010) zagotoviti tudi vse zahteve »Tehnične smernice TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije« (v nadaljevanju TSG-01-004: 2010) ter SIST EN ISO 13790.

Akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe (v nadaljevanju AN Snas) določa, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če je poleg določil v 7. členu PURES-a 2010, najmanj 50 % končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije. [6] Pričakujem, da bom lahko zagotovila minimalni delež uporabe obnovljivih virov energije v Ljubljani; zanima me, če ga bom lahko zagotovila na sami stavbi oziroma njeni parceli. Menim, da se bom vzporedno z izkoriščanjem obnovljivih virov na sami stavbi morala priključiti še na sistem daljinskega ogrevanja/hlajenja z deležem energije, proizvedenim z obnovljivimi viri.

Uporaba obnovljivih virov energije nadomešča fosilne vire energije. Njihove glavne prednosti so: okoljska prijaznost, zmanjšujejo odvisnost od uvoženih virov energije in povečujejo energetske varnost, izboljšujejo kakovost okolja in preprečujejo nadaljnje spreminjanje podnebja, spodbujajo zaposlenost in razvoj podeželja, privlačijo investicije za obnovo zastrelih tehnologij za pridobivanje energije, povečujejo učinkovitost ter počasi postajajo cenovno konkurenčni fosilnim gorivom [2].

1.2 Metoda dela

Po zasnovi vseh treh obravnavanih tipov stavb in njihovi umestitvi v prostor bom s pomočjo računalniških programov »TEDI« in »TOST« izvedla analizo. Celotna analiza je sestavljena iz dveh delov. Najprej bom zasnovala posamezne konstrukcijske sklope in njihovo toplotno prehodnost analizirala s programom TEDI. Mejne vrednosti toplotne prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov so navedene v TSG-01-004: 2010 in predstavljene v prilogi A. Pri drugem delu analize bom s pomočjo računalniškega programa TOST izračunala letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe, letni potrebni hlad za hlajenje, letno potrebo po energiji za pripravo tople vode in potrebno energijo za razsvetljavo za posamezni tip stavbe. Končni del drugega dela analize je sestavljen iz zagotavljanja minimalnega 50 % deleža celotne energije z obnovljivimi viri energije.

2 ENERGIJSKO VARČNE HIŠE

V sami terminologiji za energijsko varčne hiše se dandanes pojavlja veliko novih osnovnih pojmov za posamezne energijske razrede hiš, s katerimi laična javnost ni v celoti seznanjena, zato bi se na začetku svoje diplomske naloge rada posvetila temu. Skoraj ničenergijska stavba (v nadaljevanju sNES) je lahko v tem primeru katerakoli od spodaj navedenih stavb, če le-te izpolnjujejo minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti in delnega zagotavljanja končne energije z obnovljivimi viri energije. Z gledišča nacionalne zakonodaje pa je sNES tista stavba, ki izpolnjuje vse zahteve navedene v AN sNES.

V nadaljevanju je opisanih več konceptov energijsko varčne gradnje, ki jih je doc. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik opisala v monografiji Pasivna hiša leta 2008 [7].

2.1 Nizkoenergijska gradnja

»Nizkoenergijska hiša«: V vsaki državi članici EU se zahteve nekoliko razlikujejo. Za naš prostor velja, da je to zgradba z letno potrebno toploto za ogrevanje med 40 in 60 kWh/(m²a). Toplotna zaščita zgradbe je večja, če je energijsko število nižje in pri nizkoenergijski gradnji je lahko najmanj 15 kWh/(m²a). Zrakotesnost nizkoenergijske stavbe je $n_{50} \leq 1,5$ l/h. Pri takšni gradnji so potrebni konvencionalni ogrevalni sistemi in grelna telesa. Za doseganje zelo

majhne porabe energije je v praksi v večini primerov potrebno uporabiti lokalne ali centralizirane sisteme mehanskega ali hibridnega prezračevanja z napravami za vračanje odpadnega zraka.

2.2 Ničenergijska gradnja

Ničenergijska hiša je zasnovana tako, da letno povprečno porabljeno energijo (toploto in električno energijo) pridobi sama iz sončne energije ali drugega vira OVE. Poleti, ko pridobi največ energije iz sončnih celic, presežek električne energije odda v javno omrežje, medtem ko v zimskem času porablja električno energijo iz zunanjega omrežja in tako se celotna letna energijska bilanca izravna. Posledično je zato ničenergijska hiša še vedno priključena na javno energetska omrežje. Hiša nima konvencionalnega ogrevalnega sistema, saj aktivno in pasivno izrablja sončno energijo. Toplotni ovoj ničenergijske stavbe tvori 40 – 60 cm debela plast toplotne izolacije.

2.3 Aktivna gradnja

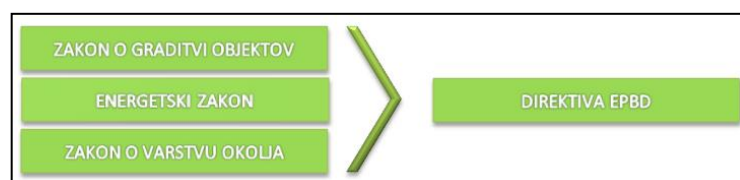
»Energijsko neodvisna oziroma samozadostna hiša«: To je zgradba, ki potrebno energijo za ogrevanje, pripravo tople vode, razsvetljava in elektriko v gospodinjstvih, pridobi iz sončne energije. Za zagotavljanje takšnega standarda potrebujemo večje površine sončnih celic in posledično tudi akumulatorje za shranjevanje elektrike v primerjavi z ničenergijsko hišo. Zgradba ni nujno priključena na energetska omrežje, saj poletne presežke električne energije shrani za zimsko obdobje, in tako »oskrbuje« sama sebe. Pomembno je poudariti, da sedanje tehnologije omogočajo le kratkotrajno hranjenje toplote, pridobljene iz sončnih kolektorjev, v zalogovnikih z vročo vodo. Negativni lastnosti omenjenega shranjevanja sta nizka gostota shranjevanja energije in velike energijske izgube v daljšem obdobju. Prav zato se v zadnjem času večja pozornost namenja novim konceptom shranjevanja toplote: dvostopenjski proces, kjer na prvi stopnji material posušimo (z dovedeno toploto, npr. s sončno energijo) in ga hranimo ločeno v zaprti posodi in nato na drugi stopnji poteka kontrolirana vezava vode nazaj v material, pri čemer se sprošča toplota. Kljub temu da ima zgoraj opis postopek za shranjevanje toplote izredni potencial, se še ni uveljavil, saj ni ustreznih komercialno dostopnih materialov, ki bi jih lahko uporabili kot absorbente.

»**Plusenergijska hiša**«: Če slednje opisan tip hiše ne potrebuje zunanjega vira energije, ga plusenergijska hiša še preseže z aktivnim izrabljanjem električne energije iz sončnih celic. Poleg tega, da hiša aktivno izrablja sončno energijo, izkorišča tudi vse vrste energijskih prihrankov. Višek energije se odda v javno električno omrežje.

3 EVROPSKA DIREKTIVA EPBD (ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE) TER DEFINICIJA SKORAJ NIČENERGIJSKE HIŠE

Direktiva o energetske učinkovitosti stavb je bila sprejeta že 16. decembra 2002 s strani Evropskega parlamenta in Svet-a Evropske unije (direktiva EPBD 2002/91/ES). Zaradi želje po večji zaostritvi zahtev, ki omejujejo rabo energije in s tem tudi višjem izkoristku velikega energetskega potenciala na področju stavb je bila 19. maja 2010 sprejeta povsem prenovljena direktiva EPBD 2010/31/ES. [8] Slednja upošteva cilje evropske podnebno-energetske politike »20-20-20«. Geslo politike je 20-odstotno zmanjšanje emisij CO₂, 20-odstotno povečanje energijske učinkovitosti (URE) ter 20-odstotno povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE) v primarni energijski bilanci.

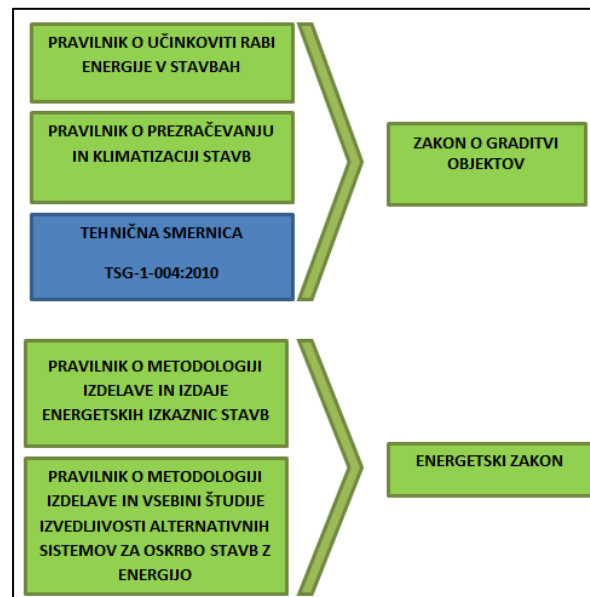
Člen 9 v direktivi EPBD 2010/31/ES zahteva, da države članice EU do 31. decembra 2020 zagotovijo za vse nove stavbe doseganje standarda sNES, medtem ko morajo nove stavbe, ki jih uporabljajo javni organi, zagotavljati standard sNES dve leti prej (po 31. decembru 2018). Vzrok predstavlja prepričanje, da bodo javne stavbe zgled zasebnim investitorjem.



Slika 1: Direktiva EPBD je bila vpeljana v Slovenijo s sprejetjem treh zakonov.

Slika 1 pregledno prikazuje, s katerimi sprejetimi zakoni so omenjeno direktivo vpeljali v slovensko okolje. Opisani so v nadaljevanju.

- **Zakon o graditvi objektov (ZGO-1)** vključuje metodologijo izračuna energijske učinkovitosti stavbe ter predpisuje minimalne zahteve za novogradnje in prenove obstoječih stavb. Na podlagi drugega odstavka 10. člena zakona je minister za okolje in prostor izdal še Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbi, izdan je tudi Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (slika 2). [9]
- **Energetski zakon (EZ-1)** predpisuje energetska izkaznica stavbe, zahteva redni pregled klimatskih sistemov in študije izvedljivosti alternativnih energetskih stavb. Podrobni opis zahtev opredeljujeta Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb ter Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo, ki ga izdaja zakon na podlagi tretjega odstavka 68.a člena (slika 2). [10]
- **Zakon o varstvu okolja** določa izvajanje meritev, pregledovanje in čiščenje kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov kot obvezno gospodarsko javno službo. [11]



Slika 2: Zakon o graditvi objektov in Energetski zakon

Pri zasnovi sNES je najbolj pomembno upoštevanje PURES-a 2010 ter vzporedno z njim TSG-1-004: 2010.

3.1 PURES 2010 in TSG-1-004: 2010

Že omenjeni Pravilnik o učinkoviti rabi energije (v nadaljevanju PURES 2010) in pripadajoča tehnična smernica (v nadaljevanju TSG–1–004:2010), ki jo je izdalo Ministrstvo za okolje in prostor na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov, povzemata in prenašata zahteve evropske direktive (Direktiva 2010/31/ES) o učinkoviti rabi energije v stavbah v slovensko zakonodajo.

PURES 2010 določa, da je pri zagotavljanju učinkovite rabe energije v stavbah potrebno upoštevati celotno življenjsko dobo stavbe, njeno namembnost, podnebne podatke, materiale konstrukcijske in ovoja, lego in orientiranost, parametre notranjega okolja, vgrajene sisteme in naprave ter uporabo obnovljivih virov energije. [6]

3.1.2 Minimalne zahteve po pravilniku PURES 2010

3.1.2.1 Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe

Preračunana na enoto kondicionirane uporabne površine A_u oziroma prostornine V_e stavbe ne sme presegati:

- stanovanjska stavba: $Q_{NH}/A_u \leq 45 + 60 f_0 - 4,4 TL$ (kWh/(m²a)); (1)

- nestanovanjska stavba: $Q_{NH} / V_e \leq 0,32 (45 + 60 f_0 - 4,4 TL) \left(\frac{kWh}{m^2 a} \right)$;

(2)

- javna stavba: $Q_{NH} / V_e \leq 0,29 (45 + 60 f_0 - 4,4 TL)$ (kWh/(m³a)). (3)

3.1.2.2 Največji dovoljeni letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC}

Preračunan na enoto hlajene površine stavbe A_u ne sme presegati:

- stanovanjska stavba: $\frac{Q_{NC}}{A_u} \leq 50 \left(\frac{kWh}{m^2 a} \right)$; (4)

- javne stavbe: 10 % strožja minimalna zahteva.

3.1.2.3 Največja dovoljena letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi

Q_p

Preračunana na enoto ogrevalne površine stavbe A_u ne sme presegati:

- stanovanjska stavba: $\frac{Q_p}{A_u} = 200 + 1,1 (60 f_0 - 4,4 TL) \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right);$ (5)
- javne stavbe: 10% strožja minimalna zahteva.

3.1.2.4 Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe

$$H_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4} \quad (6)$$

Omejena je tudi največja dovoljena vrednost toplotne prehodnosti U_{\max} za posamezne gradbene elemente toplotnega ovoja stavbe, ki se določi po standardih »SIST EN ISO 6946« in »SIST EN ISO 10211« in ne sme presegati določenih vrednosti, ki jih podaja TSG-01-004: 2010.

3.1.2.5 Obnovljivi viri energije

V PURES-su 2010 je zapisano, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če je vzporedno z zahtevami 7. člena (omejitev transmisijskih toplotnih izgub, letne potrebne toplote za ogrevanje, letni potrebni hlad za hlajenje, letna primarna energija, U_{\max}), izpolnjena še zahteva o najmanjšem 25-odstotnem deležu obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE) v celotni končni energiji za delovanje stavbe. Za izpolnitev imamo na voljo več različnih kombinacij.

1. Delež končne energije za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode je pridobljen iz najmanj 25 % sončnega obsevanja, 30 % plinaste biomase, 50 % trdne biomase, 70 % geotermalne energije, 50 % toplote okolja, 50 % iz naprav SPTE (SoProizvodnja Toplote in Električne energije) ali pa je stavba najmanj 50 % oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja.
2. Potrebna toplota ogrevanja je za najmanj 30 % nižja od mejne vrednosti (7. člen PURES 2010).
3. Enostanovanjske stavbe: vgrajenih je najmanj 6 m² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/(m²a).

3.1.3 Uporaba TSG-01-004: 2010

ZGO-1 opredeljuje tehnično smernico kot dokument, s katerim za določeno vrsto objekta uredimo natančno opredelitev bistvenih zahtev, pogoje projektiranja, izbrane ravni oziroma razrede gradbenih proizvodov oziroma materialov, ki se smejo vgrajevati, ter načine njihove vgradnje in način izvajanja gradnje. [9]

PURES 2010 obvezuje uporabo TSG-01-004: 2010 in predstavi njeno vlogo. Tehnična smernica določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev in pravilnika PURES 2010 in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. [6] Tehnična smernica večinoma sloni na tujem izvornem standardu ISO EN SIST 13790 in na strani 14 dovoljuje uporabo tudi drugih standardov s področja EU, ki dosegajo vsaj enake ravni energijske učinkovitosti.

3.2 Definicija sNES po prenovljeni evropski direktivi o energetske učinkovitosti stavb

Prenovljena evropska direktiva o energetske učinkovitosti stavb – Direktiva 31/2010/EU opredeljuje pojem skoraj ničenergijske hiše kot stavbo z zelo visoko energetske učinkovitostjo oziroma z zelo majhno količino potrebne energije, ki jo v normalnih pogojih delovanja stavbe potrebujemo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje ali njihove kombinacije, pripravo tople vode in razsvetljavo. Pri tem je pomembno, da je potrebna energija v veliki meri proizvedena iz obnovljivih virov, vključno s tisto, ki je proizvedena na samem kraju ali v bližini. [8]

3.3 Akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES) ter definicija sNES

AN sNES (prva verzija akcijskega načrta za obdobje do leta 2020, ki ga vlada sprejme in obnovi vsaka tri leta) se navezuje na definicijo skoraj ničenergijske stavbe, ki jo opredeljuje Energetski zakon (EZ-1) v 313. členu in posledično postavlja **strožje pogoje** za izpolnjevanje zahtev sNES. Definicija: »sNES pomeni stavbo z zelo visoko energetske učinkovitostjo

oziroma zelo majhno količino potrebne energije za delovanje, pri čemer je potrebna energija v veliki meri proizvedena iz **obnovljivih virov na kraju samem ali v bližini** [12].«

3.3.1 Minimalne zahteve po Akcijskem načrtu sNES

3.3.1.1 Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe

Vrednost največje potrebne toplote za ogrevanje stavbe je $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ki se smiselno prilagodi pri upoštevanju klimatskih značilnosti zaradi lokacije stavbe ter oblikovnega faktorja stavbe.

3.2.1.1. Največja dovoljena letna primarna energija za delovnijske sistemov v stavbi Q_p

Preračunana na enoto ogrevalne površine stavbe A_u pri novogradnjah ne sme presežati:

- za enostanovanjske stavbe – $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- za večstanovanjske stavbe – $80 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- za nestanovanjske stavbe – $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

3.3.2 Obnovljivi viri energije

Z definicijo sNES v Akcijskem načrtu sNES postavimo mejo med energijo, proizvedeno iz OVE na stavbi ali v njeni bližini, in morebitno energijo, ki je v določenem deležu ravno tako proizvedena iz OVE, vendar zunaj vplivnega območja. Delež OVE je tako sestavljen iz energije, proizvedene na stavbi iz obnovljivih virov (npr.: energije okolja, sončne toplotne energije, sončne električne energije, vetrne energije, hidroenergije) ter obnovljivega dela dovedene energije (npr.: biomase, sistema daljinskega ogrevanja in/ali hlajenja z deležem energije, proizvedenim z OVE), zmanjšana za odvedeno obnovljivo energijo izven meje obravnavane stavbe [12]. S tem spodbujamo uporabo tehnično uveljavljenih, a ekonomsko še neupravičenih tehnologij za proizvodnjo energije iz OVE na stavbi ali v njeni bližini.

Poleg strožje omejitve lokacije pridobivanja obnovljivih virov energije AN sNES postavlja tudi strožje omejitve glede deleža pridobljenih obnovljivih virov energije, v primerjavi s

PURES-om 2010. Določeno je, da so dopustne vse energijske zasnove sNES, ki **več kot polovico energije zagotavljajo z obnovljivimi viri**. [12]

3.3.2.1 Delež obnovljivih virov energije

Proizvedena energija iz OVE:

- energija, proizvedena iz obnovljivih virov na kraju samem, ki predstavlja proizvedeno energijo s tehničnimi sistemi iz sonca, toplote okolja, vetra itd.;
- dovedena energija, proizvedena iz obnovljivih virov preko meje območja presoje (npr. lesna biomasa, obnovljivi del energije daljinskega ogrevanja ali hlajenja »v bližini«, obnovljivi del dovedene elektrike, proizvedene s fotonapetostnim sistemom ali vetrom »v bližini«, obnovljivi del toplote, proizvedene s sprejemniki sončne energije ali toplotnimi črpalkami »v bližini«).

Da dobimo dejanski delež obnovljivih virov energije, moramo vsoto zgornjih dveh zmanjšati za oddano energijo obnovljivega izvora, ki mejo območja presoje zapušča. Poudariti je potrebno, da se obnovljivi del elektrike iz omrežja pri deležu OVE za sNES ne upošteva. [12]

Delež OVE lahko izračunamo po enačbi:

$$RER = \frac{\sum_i E_{ren,site,i} - \sum_i E_{exp,i}^{ren} + \sum_i E_{del,ren,i}}{\sum_i E_{ren,site,i} - \sum_i E_{exp,i}^{ren} + \sum_i E_{del,ren,i} + \sum_i E_{del,nren,i} - \sum_i E_{exp,i}} \quad (7)$$

4 OPIS OBRAVNAVANIH STAVB

Za analizo samega koncepta delovanja skoraj ničenergijske hiše sem obravnavala tri različne tipe stavb (slika 3). Če se spomnimo zgoraj napisane definicije sNES je ta opredeljena izhajajoč iz strokovnih podlag za postavitev stroškovno optimalnih minimalnih zahtev za energijsko učinkovite stavbe in na podlagi pregleda stanja in potencialov za skoraj ničenergijsko gradnjo in prenovo stavbnega fonda. Analiza je vsebovala tako novogradnje kot tudi celovito potencialno prenovo obstoječih tipskih stavb. Analizirani so bili trije tipi stavb – enostanovanjska, večstanovanjska ter nestanovanjska stavba (pisarniška oziroma

administrativno upravna stavba). Na osnovi zgoraj zapisanega sem v nadaljevanju tudi sama obravnavala omenjene kategorije stavb.

Glede arhitekturne zasnove stavb je v PURES-u 2010 zapisano, da je stavbo potrebno zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni, in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito uporabljanje z energijskimi tokovi.

4.1 Enostanovanjska stavba

Za predstavnico enostanovanjskih stavb, katere vključujejo tudi enostanovanjsko stavbo z največ dvema stanovanjema, sem zasnovala enodružinsko hišo v velikosti 12,14 m x 7,64 m z etažno višino 2,87 m. Pri izdelavi modela sem zasledovala idejo klasične razporeditve prostorov, kar pomeni, da pritličje tvorijo skupen bivalen prostor, kopalnica, prostor za shranjevanje ter gospodinjski prostor (»utility room«), medtem ko je mansarda zasnovana s posameznimi bivalnimi prostori. V bistvu gre za premišljeno razporeditev, kjer majhna tlorisna površina ponuja veliko, predvsem pa polna nadstropna višina nudi večje bivalno udobje.

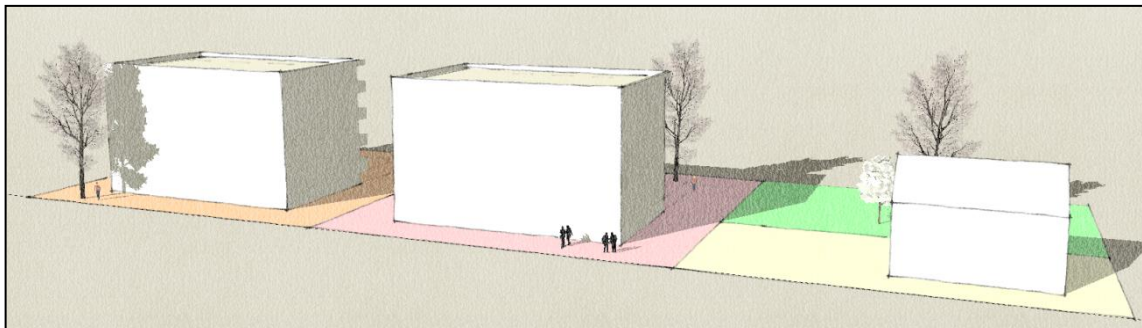
4.2 Večstanovanjska stavba

Večstanovanjsko stavbo tvorijo kletni prostor, ki je namenjen shranjevanju, ter zgornja štiri nadstropja, ki so namenjena bivanju stanovalcev. Vsako nadstropje je sestavljeno iz treh stanovanj – dveh trosobnih stanovanj ter enega dvosobnega, vsa imajo možen dostop na balkon. Vertikalno komunikacijo predstavljata stopnišče ter dvigalo dimenzij 1,10 m x 2,10 m. Dimenzije tlorisa tipičnega nadstropja so 22,00 m x 12,65 m.

4.3 Nestanovanjska stavba

Nestanovanjsko stavbo predstavlja pisarniška stavba, pri kateri sem upoštevala zunanjo zasnovo večstanovanjske stavbe. Prečni prerez stavbe ostane praktično nespremenjen – vertikalna komunikacija ostane na istem mestu, odstrani se balkon. Tloris posameznega

nadstropja prilagodimo namenu stavbe, kar posledično predstavlja pridobljenih pet pisarniških prostorov ter skupni prostor.



Slika 3: Večstanovanjska stavba, nestanovanjska stavba in enostanovanjska stavba (od leve proti desni)

4.4 Lokacija zasnovanih stavb

Kot je že znano, lokacija stavbe pomembno vpliva na rabo energije, saj raznolikost vplivov, ki so pogojeni z lokacijo (sončno sevanje, zunanja temperatura, veter in izpostavljenost objekta) ni mogoče vedno v celoti upoštevati. Tako so vsi obravnavani tipi, ki so opisani v zgornjem poglavju locirani v osrednji Sloveniji z zmerno celinskim podnebjem in orientirani v smeri severozahod – jugovzhod. Stavbe, ki se nahajajo v submediteranskem podnebjem, ki je bolj milo in toplo, potrebujejo bistveno manj energije za ogrevanje. Pri slednjem je veliko večja uporaba sistema za hlajenje stavbe, pri čemer je raba energije izrazito večja kot v višje ležečih predelih z alpskim podnebjem.

S pomočjo Atlasa okolja, ki ga ponuja ARSO [13] sem natančno določila koordinate poljubno izbrane zemljiščne parcele. Vse tri kategorizirane stavbe sem locirala na obstoječi park Arturo Toscanini, ki se nahaja v neposredni bližini Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (slika 4). Razdelila sem ga na posamezne manjše zemljiščne parcele, kar nam kaže slika 5. Izhajala sem iz Občinskega prostorskega načrta MOL. V območjih čiste ali splošne stanovanjske površine je določena tudi velikost gradbenih parcel glede na lego objektov pri eno ali dvostanovanjskih objektih, ki ležijo znotraj ali izven avtocestnega obroča. Glede na izbrano enodružinsko hišo je površina zemljiške parcele omejena na 400 – 500 m². Velikost parcele za večstanovanjsko in poslovno stavbo sem določila na podlagi stopnje izkoriščenosti parcele, namenjene gradnji, ki je opredeljena z enim ali več faktorji. Zahtevani največji faktor zazidanosti v obeh obravnavanih primerih je 40 %, dejanski izračunani pa 25 %.

Velikost zemljiške parcele za enodružinsko stavbo je $A_{parcele_1} = 403 \text{ m}^2$. Velikost zemljiške parcele večstanovanjske stavbe $A_{parcele_2} = 1190 \text{ m}^2$ in velikost zemljiške parcele poslovne stavbe $A_{parcele_3} = 1400 \text{ m}^2$.



Slika 4: Lokacija stavb



Slika 5: Postavitev stavb na locirano območje in okoliške stavbe

4.5 Osončenost stavb v skladu z zahtevami PURES 2010

Ena od zahtev, ki jih morajo izpolniti zasnovane stavbe, je tudi zadostno osončenje stavbnega ovoja, ki opravlja toplotnoenergijsko funkcijo. Vplivni faktorji, ki vplivajo na količino osončenosti stavbnega ovoja, so razdeljeni v dve skupini:

- morfološki vplivi okolice, ki predstavljajo razdaljo med sosednjimi stavbami (gostota pozidave) in samo razporeditev stavb v prostoru (geometrija);

- morfološki vplivi stavbe, ki obsegajo obliko oziroma razgibanost ovoja, orientacijo (sevanju izpostavljene površine) ter strukturo (deli stavbe s toplotnoenergijsko funkcijo). [14]

Zunanja površina ovoja stavbe je v TSG-01-004: 2010 eksplicitno opredeljena kot zbiralna površina, ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha) in mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom navzgor v štirih kritičnih dneh. V času zimskega ter poletnega solsticija, spomladanskega in jesenskega enakonočja moramo zadostiti zadovoljivo trajanje osončenosti, ki predstavlja minimalno časovno obdobje, v katerem mora biti obravnavani del stavbnega ovoja osončen 100-odstotno. V Tehnični smernici je za vsak kritičen dan določeno minimalno časovno obdobje in vrednost azimuta: v zimskem solsticiju – najmanj 2 uri (horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 30^\circ$ odstopanja od smeri jug); v ekvinokciji – najmanj 4 ure (horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 60^\circ$ odstopanja od smeri jug); v poletnem solsticiju – najmanj 6 ur (horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju $\pm 110^\circ$ odstopanja od smeri jug) (preglednica 1).

Preglednica 1: Zahteve TSG-01-004: 2010 in njihova interpretacija za lokacijo v Ljubljani

	zimski solsticij (21. 12)		pomladno in jesensko enakonočje (21. 3 in 21.9)		poletni solsticij (21.6)	
upoštevanje trajanje osončenosti po TSG-04-001: 2010	$\pm 30^\circ$ od smeri J		$\pm 60^\circ$ od smeri J		$\pm 110^\circ$ od smeri J	
azimut	151,61°	208,42°	120,07	239,21°	70,17°	288,60°
elevacija	15,45°	15,44°	26,00°	26,63°	13,63°	14,85°
ura	10.00 – 14.00		8.45 – 15.30		5.45 – 18.15	
maksimalno trajanje osončenja (potencial)	240minut		405 minut		750 min	
zahtevana 100% osončenost po TSG-04-001: 2010	120 minut		240 minut		360 minut	

Pomembno je, da se zavedamo, da lahko izpolnimo osončenost stavbnega ovoja na več načinov. Stavbni ovoj je lahko konstantno in 100-odstotno osončen v predpostavljene

minimalnem časovnem obdobju ali le 50-odstotno osončen v dvakrat daljšem časovnem obdobju.

V tem poglavju diplomske naloge sem analizirala zasnovane tipe stavb, pri katerih sem zanemarila naklon terena oziroma privzela, da je raven. Upoštevala sem sosednje objekte, ki predstavljajo vpliv senčenja okolice na osončenost stavbnega ovoja analiziranih stavb ter določilo TSG-01-004: 2010 o obravnavani površini fasade nad višino 1 m od tal. V analizi so bile upoštevane fasade z višjim deležem transparentnih elementov (južna, vzhodna in zahodna fasada) ter streha, saj je v nadaljevanju (poglavje 7) predstavljena kot izkoriščevalna površina za izrabljanje obnovljivih virov energije. S pomočjo dodatka za Google SketchUp [15], Shading II sem najprej izračunala količino osončenosti posameznega stavbnega ovoja pri intervalu maksimalnega trajanja osončenja za določen kritičen dan (preglednica 2). Nato sem želela ugotoviti, ali se zahtevana 100-odstotna osončenost lahko zagotovi v predpisanih minimalnih časovnih obdobjih, ali moramo izbrati daljši časovni interval in če sploh izbrana lokacija in postavitve stavb ustrezajo zahtevam PURES-a 2010 o osončenju stavbnega ovoja.

Preglednica 2: Količina osončenosti posameznega stavbnega ovoja pri intervalu maksimalnega trajanja osončenja za določen kritičen dan

	Zimski solsticij (21. 12)	Pomladno in jesensko enakonočje (21. 3 in 21.9)	Poletni solsticij (21.6)
Enostanovanjska stavba	73,90 %	74,96 %	66,94 %
Večstanovanjska stavba	61,86 %	47,11 %	39,45 %
Nestanovanjska stavba	75,55 %	76,56 %	72,52 %

Konstantno in 100-odstotno osončenost stavbnega ovoja v zahtevanem minimalnem časovnem intervalu se lahko zagotovi pri enostanovanjski in nestanovanjski stavbi za vse štiri kritične dneve v letu. Pri večstanovanjski stavbi lahko v času zimskega solsticija zagotovimo 50-odstotno osončenost znotraj intervala štirih ur, medtem ko je v ekvinokciji (21.3 in 21.9) in poletnemu solsticiju nezadostna osončenost stavbnega ovoja. Posledica slabega rezultata osončenosti večstanovanjske stavbe predstavljajo balkoni, ki so orientirani na južni strani stavbe. Ti v času zimskega solsticija ter pomladnem oziroma jesenskem enakonočju predstavljajo 88-odstotni delež celotnega senčenja stavbe, medtem ko je njihov vpliv na

senčenje v poletnem solsticiju kar 99-odstotni. Objekt ne dosega minimalne zahteve osončenost, zapisane v TSG-04-001: 2010.

5 KONSTRUKCIJSKI SKLOPI IN NJIHOVA TOPLOTNA PREHODNOST

V PURES-u 2010 so navedeni pogoji za doseganje energijske učinkovitosti stavbe, kjer lahko vidimo, da poleg dovoljene letne potrebe toplote za ogrevanje, potrebe hlada za hlajenje itd. pomembno vlogo odigra tudi največja dovoljena vrednost toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente stavb, ki omejujejo ogrevane prostore. S toplotno zaščito površine stavbnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe je potrebno zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe, zmanjšati podhlajevanje in pregrevanje stavbe, zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškod ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare in nadzorovati oziroma uravnavati zrakotenost stavbe [6].

5.1 Računalniški program TEDI

S programom TEDI sem izračunala toplotno prehodnost posameznih konstrukcijskih elementov. Program TEDI so razvili na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, Univerze v Ljubljani. Uporablja se pri računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuziji vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (SIST EN ISO 6949, SISTE EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002). [16]

5.2 Vhodni podatki

Prvi vhodni podatek je natančna lokacija umeščenih stavb v prostor, da dobimo zelene podnebne podatke (GAUSS-KRUGERJEVE koordinate: $X = 100105$ in $Y = 461093$). Izpis potrebnih klimatskih podatkov s programom TEDI, ki so razpoložljivi tudi na ARSO (Podatki za pravilnik o učinkoviti rabi energije), so prikazani v preglednici 3 in 4.

Preglednica 3: Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300	Začetek ogrevalne sezone (dan)	270
--------------------------------------	------	--------------------------------	-----

Projektna temperatura (°C)	-13	Trajaje ogrevalne sezone (dnevi)	230
Povprečna letna temperatura (°C)	9,7	Konec ogrevalne sezone (dan)	135
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1121		

Preglednica 4: Klimatski podatki: Povprečna temperatura, energija sončnega obsevanja za različno orientirane in nagnjene ploskve (90°), mesečna porazdelitev ogrevalnih dni

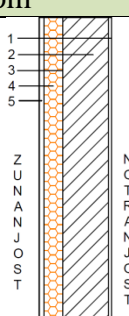
Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	102	28	52	156	75	31
Februar	1,0	174	41	80	215	121	28
Marec	6,0	307	70	149	260	179	31
April	9,0	437	110	210	251	220	30
Maj	14,0	546	133	256	237	251	15
Junij	18,0	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
Ogr. sezona	5,1	1719	443	836	1460	960	230

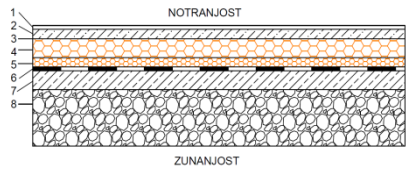
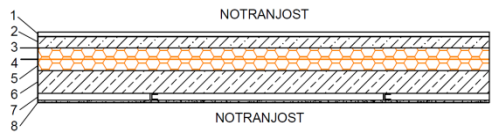
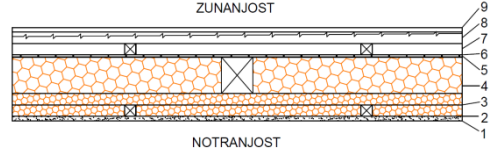
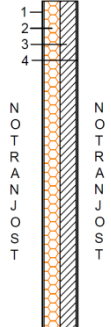
5.3 Konstrukcijski sklopi enodružinske hiše

V naslednjih dveh preglednicah (5 in 6) so prikazani zasnovani konstrukcijski sklopi posameznih gradbenih elementov enodružinske hiše ter rezultati analize toplotne prehodnosti elementov. Eden izmed pogojev za doseganje energijske učinkovitosti stavbe je izpolnjen, če je toplotna prehodnost zasnovanega konstrukcijskega sklopa manjša od največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti U_{max} .

Preglednica 5: Zasnovani konstrukcijski sklopi za enodružinsko hišo

Konstrukcijski sklop: Zunanja stena nad terenom		
Material	Debelina (cm)	
1.	Cementni omet	2
2.	Opečna stena	29
3.	PE folija	/
4.	Fragmat EPS F (TI)	12
5.	Plemenita fasadna malta	3



Konstrukcijski sklop: Tla na terenu		
Material	Debelina (cm)	
1. Hrastov parket	2	
2. Cementni estrih	5	
3. PE folija	/	
4. Fragmat EPS 150 (TI)	10	
5. Fragmat STIROESTRIH T (ZI)	5	
6. Fragmat IZSOSELF (HI)	2	
7. AB plošča	10	
8. Utrjeno gramozno nasutje	30	
Konstrukcijski sklop: Medetažna konstrukcija med ogrevanim in neogrevanim prostorom		
Material	Debelina (cm)	
1. Hrastov parket	2	
2. Cementni estrih	5	
3. PE folija	/	
4. Fragmat EPS 150 (TI)	5	
5. Fragmat STIROESTRIH T (ZI)	5	
6. AB plošča	10	
7. Vijachen jekleni C profil	/	
8. Knauf mavčne plošče	1	
Konstrukcijski sklop: Poševna streha – naklon 35°		
Material	Debelina (cm)	
1. Knauf mavčne plošče	2	
2. PE folija	/	
3. Leseni morali + Fragmat EPS 150 (TI)	10	
4. Leseni špirovec + Fragmat EPS 150 (TI)	16	
5. OSB plošča	2	
6. Vdoneprep. paroprep. folija	/	
7. Leseni morali + zračna plast	5	
8. Lesene letve	1	
9. Opečni strešnik	2	
Konstrukcijski sklop: Predelna stena med ogrevanim in neogrevanim prostorom		
Material	Debelina (cm)	
1. Knauf mavčne plošče	1	
2. Fragmat EPS 70 (TI) + Stenski profili za knauf	10	
3. Opečna stena	10	
4. Cementna malta	2	

Preglednica 6: Primerjava toplotne prehodnosti zasnovanega konstrukcijskega sklopa ter največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti – Tehnična smernica TSG-1-004: 2010

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	Toplotna prehodnost zasnovanega konstrukcijskega sklopa $U_{izr.}$ (W/m^2K)	Največja dovoljena vrednost toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa U_{max} (W/m^2K)
Zunanja stena nad terenom	0,265	0,28
Tla na terenu	0,212	0,35
Medetažna konstrukcija med ogrevanim in neogrevanim prostorom	0,320	0,35
Poševna streha	0,124	0,20
Predelna stena med ogrevanim in neogrevanim prostorom	0,329	0,70

5.4 Konstrukcijski sklopi večstanovanjske stavbe

S ciljem, da imajo vsi trije tipi stavb neko skupno točko, sem konstrukcijske sklope za obravnavan tip konstrukcije povzela po zasnovanih konstrukcijskih sklopih enodružinske hiše. Ker ima večstanovanjska stavba vgrajene kletne prostore in ravno streho, sem dodatno določila še manjkajoče konstrukcijske sklope, ki imajo svojo zasnovo predstavljeno v preglednici 7.

Preglednica 7: Zasnovani konstrukcijski sklopi za večstanovanjsko stavbo

Konstrukcijski sklop: Tla pod terenom		
Material	Debelina (cm)	
1. Hrastov parket	2	
2. Cementni estrih	5	
3. PE folija	/	
4. Fragmat EPS 150 (TI)	10	
5. Fragmat STIROESTRIH T (ZI)	5	
6. PVC folija	/	
7. AB plošča + hidro izolacija + AB plošča	8 + 2 + 8	
8. Utrjeno gramozno nasutje	30	
Konstrukcijski sklop: Ravna streha (obrnjena)		
Material	Debelina (cm)	
1. Knauf mavčna plošča	1	
2. Vijáčeni jekleni C profil	3	

3.	AB plošča	15		
4.	Naklonski beton	6		
5.	Fragmat IZOSELF AL PLUS (parna zapora)	0,2		
6.	Framat EPS 100	14		
7.	Fragmat IZOSELF P3 + IZOELAST P5 (hidroizolacija)	0,7		
8.	XPS – ekstrudirani polistiren	4		
9.	Geotekstil	/		
10.	Prodec	6		
Konstrukcijski sklop: Stena pod terenom				
Material		Debelina (cm)		
1.	Cementna malta	1		
2.	AB stena	30		
3.	Fragmat IZOSELF (HI)	2		
4.	Fragmat TERMODUR	12		
5.	Bradavičasta folija	/		
Konstrukcijski sklop: Predelna stena med ogrevanim in neogrevanim prostorom				
Material		Debelina (cm)		
1.	Knauf mavčne plošče	1		
2.	Fragmat EPS 70 (TI)	6		
3.	Opečna stena	15		
4.	Fragmat EPS 70 (TI)	6		
5.	Knauf mavčna plošča	1		

V preglednici 8 so razvidni rezultati analize toplotnega prehoda skozi obravnavane konstrukcijske sklope

Preglednica 8: Primerjava toplotne prehodnosti zasnovanega konstrukcijskega sklopa ter največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti – Tehnična smernica TSG-1-004: 2010

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	Toplotna prehodnost zasnovanega konstrukcijskega sklopa $U_{izr.}$ (W/m^2K)	Največja dovoljena vrednost toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa U_{max} (W/m^2K)
Obrnjena ravna streha	0,189	0,20
Predelna stena med ogrevanim in neogrevanim	0,279	0,70

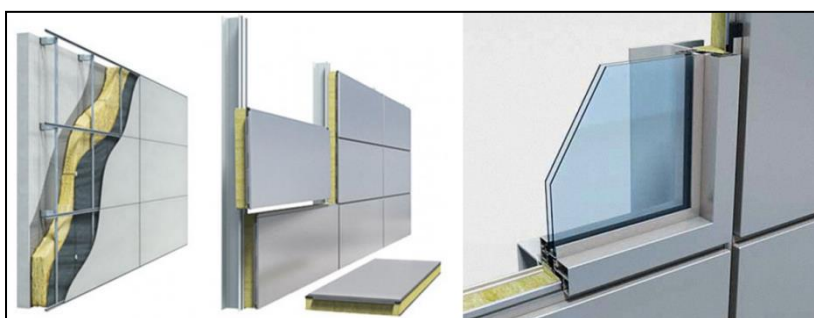
prostorom		
Tla pod terenom	0,220	0,350
Stena pod terenom	0,263	0,350

5.5 Konstrukcijski sklopi nestanovanjske stavbe

Idejna zasnova konstrukcijskega sklopa za poslovno stavbo je bil steklen obešen fasadni sistem strukturnega videza »Qbiss Air«, ki ga na trgu ponuja podjetje Trimco. S svojo izjemno kombinacijo nizke toplotne prevodnosti, prepustnosti sončne energije in sočasne visoke osvetljenosti notranjosti z dnevno svetlobo še vedno ne zadostuje kriteriju največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti U_{\max} ($U_{\text{Qbiss Air}} \geq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Rešitev predstavlja kombinacija modularnega fasadnega sistema Qbiss One in vgrajena aluminijasta okna podjetja AluK, s katerimi pridobimo več zastekljenih površin. Podjetje Trimco ponuja različne debeline fasadnih panelov Qbiss One (80 – 240 mm). Da sem zagotovila ustrezno toplotno prehodnost zunanjih sten nad terenom glede na pogoje energijske učinkovitosti stavbe, sem izbrala debelino panela 150 mm, ki ima toplotno prehodnost $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$. [17]

Predelne stene: Uporaba predelnih sten s posebnimi akustičnimi in protipožarnimi zahtevami, ki ga na trgu ponuja podjetje Knauf [18]. Vgradnja večnamenske plošče DP-3, debeline 14 cm, ki ima toplotno prehodnost $U = 0,282 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Slika 6: Zgradba Qbiss One in Qbiss One z odprtino [19]

6 RAČUNALNIŠKI PROGRAM TOST

Program izračuna podatke, potrebne za končno poročilo (v skladu s SIST EN ISO 13790) oziroma dokaz ustreznosti toplotne zaščite stavbe v skladu s PURES 2010 [17]. Program omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje bivalnih in nebivalnih stavb. Za vsak mesec se lahko upošteva tudi po eno obdobje nezasedenosti. Mogoče je upoštevati vpliv prekinjenega ogrevanja in ostalih časovno odvisnih karakteristik posameznih toplotnih con [20].

6.1 Vhodni podatki

Najprej določim mejne vrednosti, ki jih bom v nadaljevanju upoštevala. Program TOST omogoča izbiro mejnih vrednosti do 31. Decembra 2014 za tiste vloge za pridobitev gradbenega dovoljenja, ki so bile vložene pred zapisanim datumom. Obravnavam novogradnje, zato izberem strožje mejne vrednosti, in sicer tiste po 1. Januarju 2015. Toplotne mostove sem v skladu s TSG-01-004: 2010 [21] upoštevala na poenostavljen način. Za vse toplotne mostove, ki se pojavijo na stavbi sem predpostavila, da je linijska toplotna prehodnost $\Psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$. Posledično se v nadaljnji analizi toplotna prehodnost celotnega ovoja stavbe poveča za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$. Upoštevana toplotna prevodnost zemljine $\lambda_g = 2,00 \text{ W/mK}$.

Izbrana vrsta energenta za ogrevanje, hlajenje in ogrevanje sanitarne vode je podana v preglednici 9. Za ogrevanje prostorov ter ogrevanje tople vode se uporablja toplotna črpalka, pri kateri je celotni distributivni sistem sestavljen iz izoliranih cevi znotraj ogrevalnih prostorov. Vgrajeni so ventilatorski konvertorji razreda A. Za hlajenje se uporablja toplotna črpalka razreda A, pri kateri je celotni distributivni sistem sestavljen iz izoliranih cevi znotraj ohlajevalnih prostorov. Vgrajeni so ventilatorski konvertorji razreda A.

Ker točne lastnosti vgrajenih naprav za generacijo, distribucijo in emisijo niso poznane, sem upoštevala predpostavljene vrednosti.

Preglednica 9: Energenti za ogrevanje, hlajenje in ogrevanje tople vode

	Ogrevanje	Hlajenje	Ogrevanje tople vode
Vrsta energenta	Električna energija	Električna energija	Električna energija
Učinkovitost sistemov			
Generacija	2,00	3,50	2,00

Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,92	0,92	0,92

Za nadaljnjo analizo so potrebni tudi klimatski podatki, ki so predstavljeni v poglavju 5.2 v preglednicah 3 in 4.

6.2 Računska podobdobja

Pri določanju trajanja časovnega podobdobja za stanovanjski stavbi sem upoštevala 24-urno dnevno uporabo stavbe [TSG-01-004: 2010] ter stalno zasedenost. V program tako podam le vsoto dolžin dni in vsoto dolžin noči glede na mesec. Ogrevalna sezona je sestavljena iz 2490 h dnevne svetlobe ter 3030 h noči.

Pri določevanju trajanja časovnega podobdobja pri poslovni stavbi sem predpostavila nezasedenost stavbe ob vikendih ter zmanjšan režim ogrevanja od 16-ih do 5-ih. V vseh mesecih sem upoštevala, da obdobje vikenda traja 8 dni, razen februarja, pri katerem sem upoštevala trajanje vikenda 6 dni. Število ur noči predstavlja zmanjšan režim ogrevanja med delovnim tednom, ki traja 11 ur/dan.

6.3 Nočna izolacija

Predpostavljam, da na transparentnih konstrukcijskih elementih vseh obravnavanih objektov ni zagotovljene avtomatsko vodene nočne izolacije.

6.4 Protisončna zaščita

Predpostavljam, da na transparentnih konstrukcijskih elementih vseh obravnavanih objektov ni zagotovljene protisončne zaščite.

6.5 Razdelitev objektov na temperaturne cone

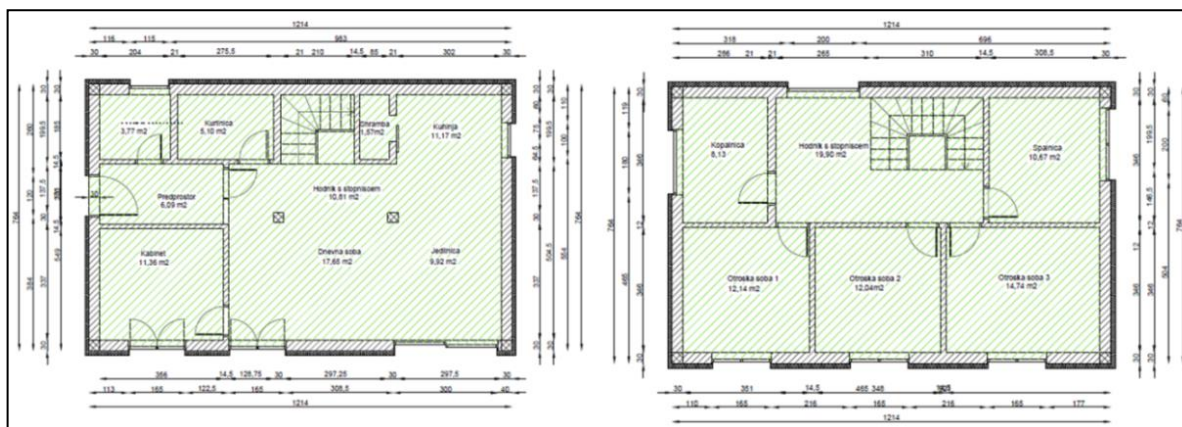
Tehnična smernica TSG-01-004: 2010 predstavi toplotni ovoj kot sestavo vseh stavbnih elementov, ki toplotno ščitijo kondicionirani prostor od zunanosti, sosednjih stavb in nekondicioniranih prostorov. Nekondicionirani prostori znotraj toplotnega ovoja stavbe (stopniščna jedra, shrambe, kleti itd.) se upoštevajo kot kondicionirani prostori.

Če toplotna cona obsega 80 % ali več celotne stavbe, se celotna stavba šteje za enotno cono. V primeru, da prostornina manj ogrevanih ali neogrevanih prostorov (stopnišč, avle, hodnikov) ne presegajo 20 % »ogrevalne prostornine stavbe V_e , se lahko privzame ena toplotna cona, ne glede na določila standarda SIST EN ISO 13790. [22]

6.5.1 Enostanovanjska stavba

Privzame se ena toplotna cona, saj neogrevani oziroma manj ogrevani prostori (kurilnica, shramba ter stopniščno jedro) ne presegajo 20 % celotne ogrevalne prostornine stavbe V_e . Na sliki 7 sta prikazana tlorisa pritličja in mansarde enodružinske hiše, kjer šrafirani del prikazuje upoštevan delež tlorisa ogrevane cone stavbe (OC).

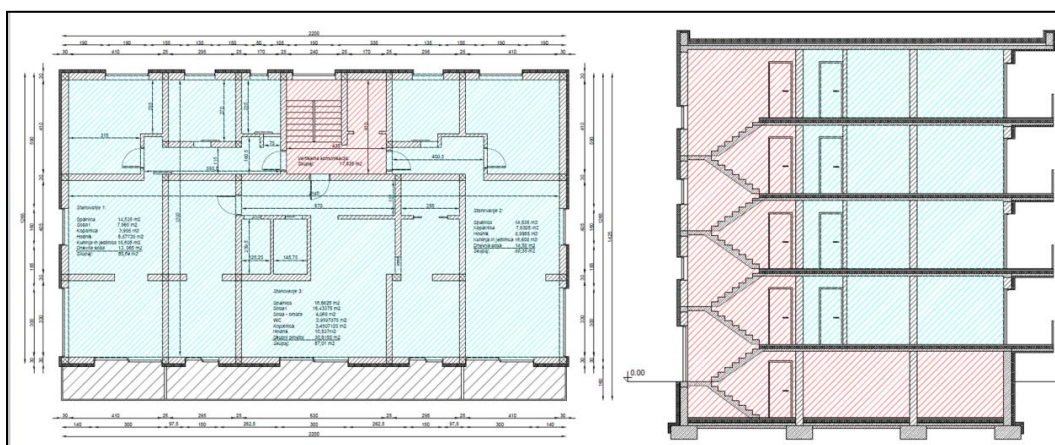
Slika 7: Šrafiran tloris pritličja in mansarde enostanovanjske hiše – ogrevana toplotna cona



6.5.2 Večstanovanjska stavba

Večstanovanjsko stavbo sem razdelila na dve toplotni coni – ogrevana toplotna cona, ki je na sliki 8 šrafirana s turkizno barvo, ter neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo. Ogrevano toplotno cono (OC) predstavlja dvanajst stanovanj v vseh štirih nadstropjih, medtem ko je neogrevana cona sestavljena iz prostorov, ki so namenjeni vertikalni komunikaciji, in neogrevane kleti, ki je deloma vkopana (NC z NK).

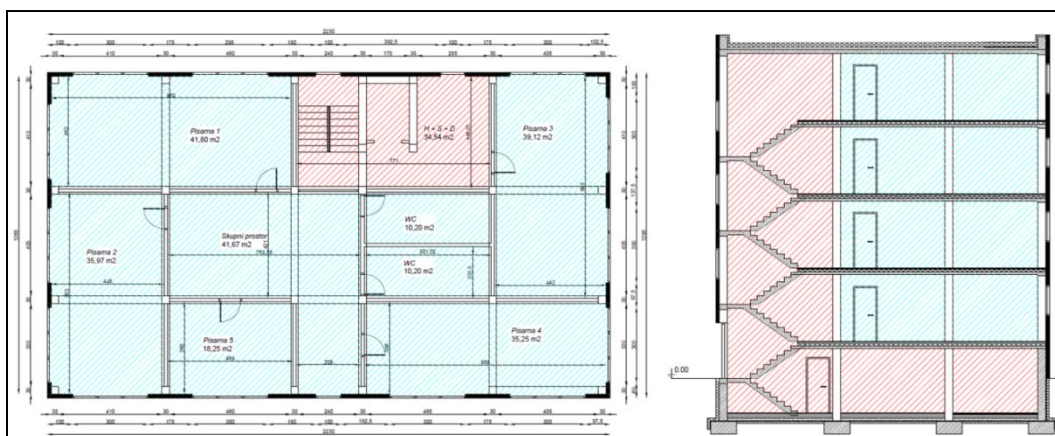
Slika 8: Šrafiran tloris 2. nadstropja in prečni prerez večstanovanjske stavbe – ena ogrevana cona in dve neogrevani toplotni coni



6.5.3 Nestanovanjska stavba

Toplotne cone so razporejene enako kot pri večstanovanjski stavbi – ogrevana toplotna cona in neogrevan toplotna cona z neogrevano kletjo, ki je na sliki 9 obarvana z rdečo barvo. V primerjavi z večstanovanjsko stavbo je zaradi različne razporeditve notranjih prostorov v poslovni stavbi delež neogrevane cone z neogrevano kletjo večji.

Slika 9: Šrafiran tloris 2. nadstropja in prečni prerez poslovne stavbe – ena ogrevana cona in dvoneogrevani coni



6.6 Posamezni vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo

Upoštevala sem, da se pri stanovanjskih stavbah za določitev letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe upošteva notranja projektna temperatura 20 °C, medtem ko se pri določitvi letnega potrebne hladu za hlajenje upošteva notranja projektna temperatura v času hlajenja

26 °C. Prispevek notranjih toplotnih virov pri potrebni toploti za ogrevanje stavbe sem določila po poenostavljeni metodi. Za stanovanjske stavbe velja, da je prispevek notranjih toplotnih virov na enoto neto uporabne površine stavbe 4 W/m². Vsi vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo so prikazani v preglednicah od 10 do 14.

Preglednica 10: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – osnovni podatki

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona			
Neto prostornina cone (m ³)	497,73			
Uporabna površina cone (m ²)	138,23			
Efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	22,81			
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov φ_i (W)	553			

Pri izračunu potrebne toplote za kondicioniranje stavbe se upošteva urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim, ki se izračuna na neto ogrevano prostornino stavbe, ki za stanovanjske stavbe znaša najmanj $n = 0,5$ 1/h (skladno s TSG-01-004: 2010). Zapisane vrednosti v preglednici 10 veljajo za vsa štiri obdobja (dan, noč, vikend, nezasedeno).

Preglednica 11: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – prezračevanje

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona
Vrsta prezračevanja	Naravno
Urnica izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (1/h)	0,5
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (1/h)	0,5

Preglednica 12: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – netransparentni deli stavbe

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona
Zunanja stena	
Površina netransparentnega dela stene (m ²)	238,03
Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0,265
Streha	
Površina netransparentnega dela strehe (m ²)	116,92
Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0,124

Za vrednost toplotne prehodnosti vgrajenih oken v enostanovanjski stavbi upoštevam $U_{w,1} = 1,10$ W/m²K, medtem ko je vrednost toplotne prehodnosti balkonskih vrat $U_{w,2} = 1,30$ W/m²K. V preglednici 13 predstavlja prva vrednost površino oken, druga vrednost predstavlja površino balkonskih vrat. Za prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela

upoštevam vrednost 0,58 (dvojno Low-e, Ar) ter 0,2 pri faktorju okvirja. Dvojno Low-e okno tvori dvojno zasteklitev s sodobno tehnologijo nanašanja tankih plasti – nizkoemisijjskih nanosov ter medstekleni prostor, polnjen z žlahtnim plinom argonom.

Preglednica 13: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – transparentni deli stavbe

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona
Orientacija: Jug, A_w (m ²)	8,17 / 13,23
Orientacija: Sever, A_w (m ²)	3,15 / 0
Orientacija: Vzhod, A_w (m ²)	3,00 / 0
Orientacija: Zahod, A_w (m ²)	1,80 / 0

Preglednica 14: Vhodni podatki za enostanovanjsko stavbo – tla na terenu

Vhodni podatki / Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona
Debelina zunanje stene nad nivojem terena (m)	0,46
Površina tal A_f (m ²)	92,75
Izpostavljeni obseg tal P (m)	39,56
Skupni toplotni upor tal $R_{f,t}$ (W/m ² K)	4,717

6.7 Posamezni vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo

Ker zasnove kleti večstanovanjske stavbe nisem natančno razporedila, sem neto prostornino kleti ter njeno uporabno površino določila na poenostavljen način v skladu s Prilogo 5 – Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe [19]. Za stanovanjske stavbe se lahko uporablja poenostavljeni izraz za določitev uporabne površine stavbe $A_u = 0,32 * V_e$. Neto ogrevana prostornina stavbe V se izračuna po poenostavljenem izrazu $V = 0,8 * V_e$. Upoštevam določila za projektno notranjo temperaturo in povprečno moč dobitkov notranjih virov, zapisane pri vhodnih podatkih za enostanovanjsko stavbo. Vhodni podatki so prikazani v razpredelnicah od 15 do 20.

Preglednica 15: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – osnovni podatki

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo			
Neto prostornina cone (m ³)	2.204,80	756,31			
Uporabna površina cone (m ²)	848,00	299,80			
Efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	220,48	-			
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno	-

Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0	
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0	
Povprečna moč dobitkov notranjih virov ϕ_i (W)	3393,00				

Upoštevam isto predpostavko kot pri enostanovanjski stavbi.

Preglednica 16: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – prezračevanje

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (1/h)	0,5	0,3
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (1/h)	0,5	0,3

Preglednica 17: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – netransparentni deli stavbe

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Zunanja stena		
Površina netransparentnega dela stene (m^2)	539,06	271,66
Toplotna prehodnost U (W/m^2K)	0,265	0,265
Streha		
Površina netransparentnega dela strehe (m^2)	270,77	21,34
Toplotna prehodnost U (W/m^2K)	0,189	0,189

Upoštevam iste vrednosti toplotne prehodnosti in vplivne faktorje transparentnih delov stavbe kot pri enostanovanjski stavbi.

Preglednica 18: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – transparentni deli stavbe

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Orientacija: Jug, A_w (m^2)	0 / 100,80	-
Orientacija: Sever, A_w (m^2)	29,20 / 0	5,7 / 0
Orientacija: Vzhod, A_w (m^2)	6,40 / 25,20	-
Orientacija: Zahod, A_w (m^2)	6,40 / 25,20	-

Preglednica 19: Vhodni podatki za večstanovanjsko stavbo – tla pod terenom

Vhodni podatki / Toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,46
Toplotna prehodnost zunanje stene kleti nad terenom (W/m ² K)	0,265
Toplotna prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo (W/m ² K)	0,320
Tla kleti	
Površina tal kleti A _{bf} (m ²)	278,30
Izpostavljeni obseg tal P (m)	69,30
Skupni toplotni upor tal R _{bf,t} (W/m ² K)	4,545
Globina tal kleti pod nivojem terena (m)	1,57
Višina zgornje površine stropa kleti nad nivojem terena (m)	1,43
Urna izmenjava zraka (iz kleti) z zunanjim okoljem (1/h)	0,30

Dodatno moramo vnesti še podatke o predelnih konstrukcijskih sklopih med ogrevano toplotno cono ter neogrevano toplotno cono in neogrevano kletjo. V program TOST lahko vnesemo le en koeficient toplotne prehodnosti predelnih elementov, ki ga izračunamo na podlagi uravnoteženega povprečja koeficientov prehodnosti. Potrebni podatki za izračun so prikazani v preglednici 20. Upoštevamo tudi transparentni del predelnih elementov, ki imajo v tem primeru površino A_w = 22,93 m², ter njihovo toplotno prehodnost U_w = 1,6 W/m²K.

Preglednica 20: Podatki za izračun uravnoteženega povprečja koeficientov prehodnosti predelnih elementov

	Površina (m ²)	U (W/m ² K)
Predelna stena	107,59	0,279
Medetažna konstrukcija	257,87	0,320

$$U_{1,2} = \frac{U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{107,59 \text{ m}^2 \times 0,279 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 257,87 \text{ m}^2 \times 0,320 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}{365,46 \text{ m}^2} = 0,308 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (7)$$

6.8 Posamezni podatki za nestanovanjsko stavbo

Celotni vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo so prikazani v preglednicah od 21 do 25.

Preglednica 21: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – splošni podatki

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Neto prostornina cone (m ³)	2.429,23	974,32
Uporabna površina cone	934,32	374,74

(m ²)					
Efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	242,92				-
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno	
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0	
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0	-
Povprečna moč dobitkov notranjih virov ϕ_i (W)	5606				

Pri prezračevanju upoštevam podatke, ki so predstavljeni v preglednici 11.

Preglednica 22: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – netransparentni deli stavbe

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Zunanja stena		
Površina netransparentnega dela stene (m ²)	413,34	306,10
Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0,270	0,270
Streha		
Površina netransparentnega dela strehe (m ²)	227,01	34,07
Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0,189	0,189

Pri podatkih o lastnostih transparentnih delov stavbe uporabim podatke, ki so predstavljeni pri vhodnih podatkih enostanovanjske stavbe.

Preglednica 23: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – transparentni deli stavbe

Vhodni podatki/Toplotna cona	Ogrevana toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Orientacija: Jug, Aw (m ²)	62,40 / 0	-
Orientacija: Sever, Aw (m ²)	42,96 / 0	8,40 / 0
Orientacija: Vzhod, Aw (m ²)	43,20 / 0	-
Orientacija: Zahod, Aw (m ²)	43,20 / 0	-

Preglednica 24: Vhodni podatki za nestanovanjsko stavbo – tla pod terenom

Vhodni podatki / Toplotna cona	Neogrevana toplotna cona z neogrevano kletjo
Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,15
Toplotna prehodnost zunanje stene kleti nad terenom	0,270

(W/m ² K)	
Toplotna prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo (W/m ² K)	0,320
Tla kleti	
Površina tal kleti A _{bf} (m ²)	285,44
Izpostavljeni obseg tal P (m)	70,20
Skupni toplotni upor tal R _{bf,t} (W/m ² K)	4,545
Globina tal kleti pod nivojem terena (m)	1,57
Višina zgornje površine stropa kleti nad nivojem terena (m)	1,43
Urna izmenjava zraka (iz kleti) z zunanjim okoljem (1/h)	0,30

Potrebni podatki za izračun uravnoveženega povprečja koeficientov so prikazani v preglednici 25. Upoštevamo tudi transparentni del predelnih elementov, ki imajo v tem primeru površino A_w = 27,804 m² ter njihovo toplotno prehodnost U_w = 1,6 W/m²K.

Preglednica 25: Podatki za izračun uravnoveženega povprečja koeficientov – nestanovanjska stavba

	Površina (m ²)	U (W/m ² K)
Predelna stena	145,36	0,282
Medetažna konstrukcija	278,3	0,320

$$U_{1,2} = \frac{U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{145,36 \text{ m}^2 \times 0,282 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 278,3 \text{ m}^2 \times 0,320 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}{423,66 \text{ m}^2} = 0,307 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (8)$$

6.9 Analiza zasnovanih stavb ter ukrepi za izboljšanje

Z upoštevanjem vseh vhodnih podatkov posameznih kategoriziranih tipov stavb lahko izračunamo energetska bilanco stavb po PURES 2010, pri katerem upoštevamo tudi SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004: 2010. Program TOST nam najprej poda vrednosti, ki se navezujejo na geometrijo in obliko stavbe in so predstavljene v preglednicah 26, 32 in 36. Pri tem predstavlja kondicionirana površina ali prostornina stavbe ogrevano oziroma hlajeno zaprto neto površino ali prostornino stavbe. Površina toplotnega ovoja stavbe je zunanja površina dela stavbe s kontroliranim notranjim okoljem, skozi katero prehajata toplota ali hlad, faktor oblike pa definira razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino stavbe. [6]

Energetska bilanco stavb tvorijo tako toplotne izgube kot toplotni dobitki. Toplotne izgube so sestavljene iz transmisijskih toplotnih izgub, ki so posledica prehoda toplote skozi elemente in ventilacijskih izgub, ki so prisotne zaradi izmenjave zraka med zgradbo in okolico. Toplotni dobitki predstavljajo dobitke toplote zaradi sončnega obsevanja, ki prehajajo v stavbo skozi

njen ovoj, in dobitke notranjih virov, pri katerem vir toplote ni ogrevalni sistem. Vir slednjega dobitka toplote je sproščena toplota, ki jo oddajajo električne naprave, razsvetljava, procesi in ljudje sami. Pri analizi smo pri stanovanjskih stavbah upoštevali prispevek notranjih virov 4 W/m^2 , medtem ko smo pri nestanovanjski stavbi upoštevali vrednost 6 W/m^2 .

Poleg zgoraj omenjenega program TOST izpiše in razčleni tudi vrednosti letne rabe primarne energije, porabo toplote za ogrevanje, potrebnega hlada za hlajenje, potrebne energije za pripravo tople vode in za razsvetljava.

6.9.1 Enostanovanjska stavba

Končni rezultati analize v računalniškem programu TOST so prikazani v razpredelnicah od 26 do 28 za enostanovanjsko stavbo.

Preglednica 26: Podatki o geometriji in obliki enostanovanjske stavbe

Neto uporabna površina stavbe A_u (m^2)	138,23
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m^3)	479,73
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m^2)	477,05
Oblikovni faktor $f_o = A / V_e$ ($1/\text{m}$)	0,96

Iz preglednice 27 lahko razberemo, da koeficient specifičnih transmisij toplotnih izgub stavbe, ki predstavlja razmerje med količnikom transmisij toplotnih izgub stavbe in celotno zunanjo površino stavbe [6], ne presega največje dovoljene vrednosti. Enako velja tudi za letno rabo primarne energije in potrebnega hlada za hlajenje. V nasprotnem primeru letna poraba toplote za ogrevanje in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine presegata mejni vrednosti za 35 %. Letna poraba toplote, ki jo stavba potrebuje zaradi transmisij in ventilacijskih izgub, je zmanjšana za dobitke sončnega sevanja in notranjih toplotnih virov. Da bo poraba toplote za ogrevanje ustrezala strogim merilom, ki jo podaja pravilnik PURES 2010 moram izvesti določene ukrepe.

Preglednica 27: Rezultati energetske učinkovitosti enostanovanjske stavbe

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisij toplotnih izgub stavbe H_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,33	0,37
Letna poraba toplote za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	11.159	8.270
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	1.119	6.911

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]) in kondicionirane prostornine (Q_{NH}/V_e [kWh/m ³ a])	80,73	59,83
	22,42	-

Preglednica 28: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov enostanovanjske stavbe

Izgube in Dobitki (kWh/m ²)	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	92,35	21,62
Ventilacijske izgube	40,79	8,63
Skupne izgube	133,14	30,25
Notranji dobitki	22,82	9,61
Solarni dobitki	35,97	20,88
Skupni dobitki	58,79	30,48

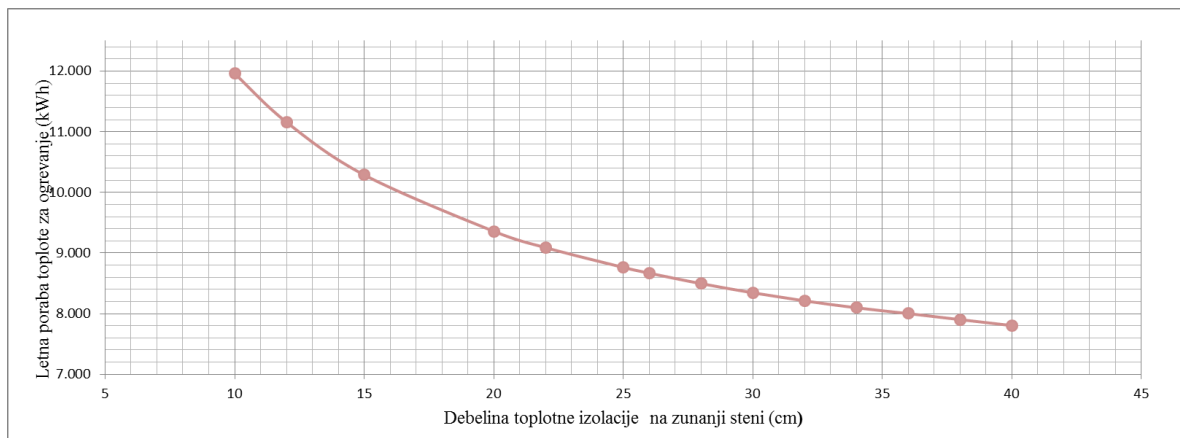
6.9.1.1 Ukrepi za izboljšanje zasnovane enodružinske stavbe

S programom TOST lahko na različne načine izboljšamo energetske učinkovitost stavbe. Upoštevamo lahko uporabo nočne izolacije, ki mora biti avtomatsko vodena in uporabo senčil, regulacijo temperature v prostoru, mehansko prezračevanje, spremembo toplotne prehodnosti netransparentnih delov in toplotno prehodnost in prepustnost sončnega sevanja transparentnih delov stavbe.

Kot ukrep za enostanovanjsko stavbo želim izpostaviti spremembo toplotne prehodnosti netransparentnih delov. Ker zunanja stena predstavlja največji delež toplotnega ovoja stavbe, sem naprej želela izvedeti, koliko toplotne izolacije bi bilo potrebne in kako bi se vzporedno s tem spreminjala potreba po toploti, če bi se osredotočila le na izbrani gradbeni element.

Iz rezultatov, ki jih lahko razberemo iz grafa 1, vidimo, da poraba toplote za ogrevanje stavbe pada po kvadratni paraboli. Če primerjam vrednost porabe toplote pri debelini izolacije 10 cm in 12 cm, opazim, da se je ta zmanjšala za 800 kWh, medtem ko je razlika v porabi toplote pri vgrajeni toplotni izolaciji med 32 cm in 34 cm le 100 kWh. Bistveno je upoštevati še: če začetni debelini 10 cm dodam še dodatnih 15 cm toplotne izolacije, se bo potreba po toploti zmanjšala za 3.200 kWh, medtem ko se bo pri začetni debelini 25 cm in dodatnih 15 cm izolacije (40 cm) potreba po toploti zmanjšala za 900 kWh. Če vzporedno z razmerjem med debelino toplotne izolacije in letno porabo toplote za ogrevanje, upoštevam še racionalno debelino zunanje stene in ekonomski vidik gradnje, menim, da je v tem primeru zgornja meja

izbire debeline toplotne izolacije 25 cm. [23] Izbrana debelina toplotne izolacije je posledica velikih transmisijskih izgub, ki pri enostanovanjski stavbi dosežejo vrednost 92 kWh/m².



Grafikon 1: Potek zmanjševanja letne potrebe toplote vzporedno z večanjem debeline toplotne izolacije na zunanji steni

Če bi kot ukrep izpostavili le spreminjanje debeline toplotne izolacije na zunanji steni bi potrebovali dodatnih 20 cm izolacije, da bi zadostili omejitvi, ki jo postavlja pravilnik PURES 2010. Energetsko učinkovitost stavbe oziroma nizko vrednost potrebne toplote za ogrevanje zagotovim z dodatnimi 14 cm toplotne izolacije na zunanji steni ($U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$), 6 cm dodatne izolacije na strehi ($U = 0,102 \text{ W/m}^2\text{K}$) ter 5 cm dodatne izolacije na tleh ($U = 0,161 \text{ W/m}^2\text{K}$). Rezultati končne analize so podani v spodnjih preglednicah od 29 do 31.

Preglednica 29: Rezultati energetske učinkovitosti enostanovanjske stavbe – ukrep

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,26	0,37
Letna poraba toplote za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	8.267	8.270
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	1.467	6.911
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (Q_{NH}/A_u [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]) in kondicionirane prostornine (Q_{NH}/V_e [$\text{kWh/m}^3\text{a}$])	59,80	59,83
	16,61	-

Preglednica 30: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov enostanovanjske stavbe – ukrep

Izgube in Dobitki (kWh/m^2)	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	68,41	22,24
Ventilacijske izgube	39,57	11,61
Skupne izgube	107,98	33,85
Notranji dobitki	21,02	11,74

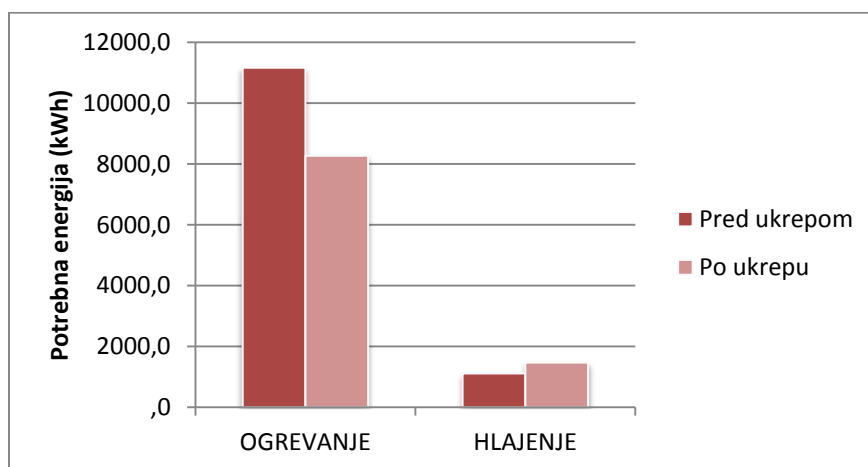
Solarni dobitki	32,15	25,40
Skupni dobitki	53,17	37,14

Pri pripravi tople vode sem upoštevala, da jo potrebujemo vse dni v letu. Za izračun potrebne energije za razsvetljavo sem predpostavila gostoto moči svetilk 8 W/m^2 , kar je skladno s TSG-1-004: 2010.

Preglednica 31: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v enostanovanjski stavbi

(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
OC	8.267	1.467	1.659	1,1	11.354

Graf 2 prikazuje razliko med letno porabo toplote za ogrevanje ter potrebnega hlada za hlajenje pred in po ukrepu. Pri tem sem morala porabo toplote zmanjšati za 35 %, da sem zagotovila zahteve energetske učinkovitosti. Vzporedno s povečanjem debeline toplotne izolacije se je potreba po hladu povečala za 20,6 %.



Grafikon 2: Ogrevanje in hlajenje enostanovanjske stavbe pred ukrepom in po njem

6.9.2 Večstanovanjska stavba

Večstanovanjska stavba je zasnovana tako, da ne potrebujem nobenih dodatnih ukrepov za zagotavljanje majhnih vrednosti po PURES-u 2010. Izračunana letna poraba toplote za ogrevanje predstavlja 92 % največje dovoljene, izračunani potrebni hlad za hlajenje pa predstavlja le 33,25 %. Rezultati so prikazani v tabelah od 32 do 35.

Preglednica 32: Podatki o geometriji in obliki večstanovanjske stavbe

Neto uporabna površina stavbe A_u (m^2)	848,00
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m^3)	2.204,80
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m^2)	1.391,42
Oblikovni faktor $f_o = A / V_e$ ($1/m$)	0,63

Preglednica 33: Rezultati energetske učinkovitosti večstanovanjske stavbe

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub stavbe H_T (W/m^2K)	0,37	0,41
Letna poraba toplote za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	31.274	34.077
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	14.098	42.400
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]) in kondicionirane prostornine (Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a])	36,88	40,19
	14,18	-

Preglednica 34: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov večstanovanjske stavbe

Izgube in Dobitki (kWh/m^2)	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	51,17	21,68
Ventilacijske izgube	26,09	11,05
Skupne izgube	77,26	32,73
Notranji dobitki	18,07	14,28
Solarni dobitki	24,89	32,56
Skupni dobitki	42,96	46,84

Enako kot pri enostanovanjski stavbi sem upoštevala dobo 365 dni pri pripravi tople vode ter gostoto moči svetilk $8 W/m^2$.

Preglednica 35: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v večstanovanjski stavbi

(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
OC	31.279	14.091	13.568	6,8	58.995
NC z NK				2,4	2,4
Celotna stavba	31.274	14.098	13.568	9,2	58.949

6.9.3 Nestanovanjska stavba

Zasnova poslovne stavbe ustreza zahtevam PURES-a 2010. Pri nestanovanjskih stavbah je podana le mejna vrednost največje dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje, medtem ko za hlad in primarno energijo nimamo določene omejitve. Izračunana poraba toplote za ogrevanje predstavlja 90 % mejne vrednosti. Prikaz rezultatov je v preglednicah od 36 do 39.

Preglednica 36: Podatki o geometriji in obliki nestanovanjske stavbe

Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	934,32
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	2.429,23
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	1.268,66
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (1/m)	0,52

Preglednica 37: Rezultati energetske učinkovitosti nestanovanjske stavbe

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,35	0,43
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	195.602	-
Letna poraba toplote za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	23.494	26.162
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	21.394	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]) in kondicionirane prostornine (Q_{NH}/V_e [kWh/m ³ a])	25,15	-
	9,67	10,77

Preglednica 38: Rezultati toplotnih izgub in dobitkov nestanovanjske stavbe

Izgube in Dobitki (kWh/m ²)	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	38,51	22,65
Ventilacijske izgube	24,19	14,23
Skupne izgube	62,70	36,88
Notranji dobitki	24,10	24,87
Solarni dobitki	15,75	32,31
Skupni dobitki	39,85	57,19

Upoštevam dobo 271 dni pri pripravi tople vode, pri razsvetljavi pa upoštevam gostoto moči svetilk 11 W/m².

Preglednica 39: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v nestanovanjski stavbi

(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
0C	23.494	21.394	7.596	10,3	52.494
NC z NK				4,1	4,1
Celotna stavba	23.494	21.394	7.596	14,4	52.498

6.9.4 Večstanovanjska in nestanovanjske stavba

Zaradi visokega deleža transparentnih površin toplotnega ovoja večstanovanjske in nestanovanjske stavbe me zanima, kako vgradnja energijsko varčnih oken s trojno zasteklitvijo vpliva na letno potrebno toploto za ogrevanje in letni potrebni hlad za hlajenje v obravnavanih tipih stavb. Vgradimo okna s toplotno prehodnostjo stekla $U_g = 0,7$ W/m², medtem ko za

toplotno prehodnost balkonskih vrat upoštevamo vrednost $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ [24]. Privzamemo, da je faktor okvirja 0,2. Za prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela upoštevamo vrednost 0,53 [20], saj analiziramo stavbo s trojno izolacijskim steklom (zunanja stekla z nizkoemisijemskim nanosom), pri katerem je medstekleni prostor polnjen z žlahtnim plinom argon.

Rezultati analize so prikazani v preglednici 40 in 41. Potrebna energija za razsvetljavo in pripravo tople vode ostaneta nespremenjeni, saj lastnosti transparentnih površin toplotnega ovoja vplivata le na potrebo po toploti za ogrevanje in hladu za hlajenje.

Preglednica 40: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v večstanovanjski stavbi po ukrepu

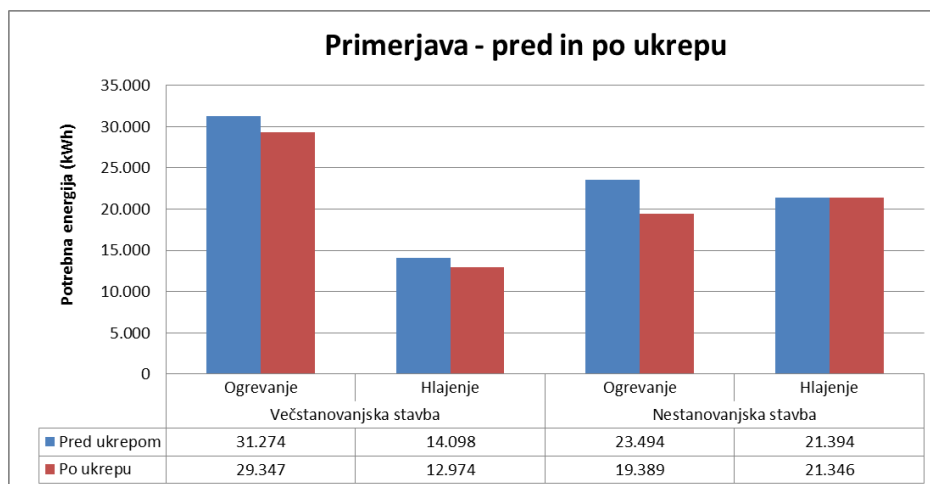
(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
OC	29.347	12.974	13.568	6,8	55.896
NC z NK				2,4	2,4
Celotna stavba	29.347	12.974	13.568	9,2	58.898

Preglednica 41: Potreba po ogrevanju, hlajenju, topli vodi in razsvetljavi v nestanovanjski stavbi po ukrepu

(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
OC	19.389	21.346	7.596	10,3	48.341
NC z NK				4,1	4,1
Celotna stavba	19.389	21.346	7.596	14,4	48.345

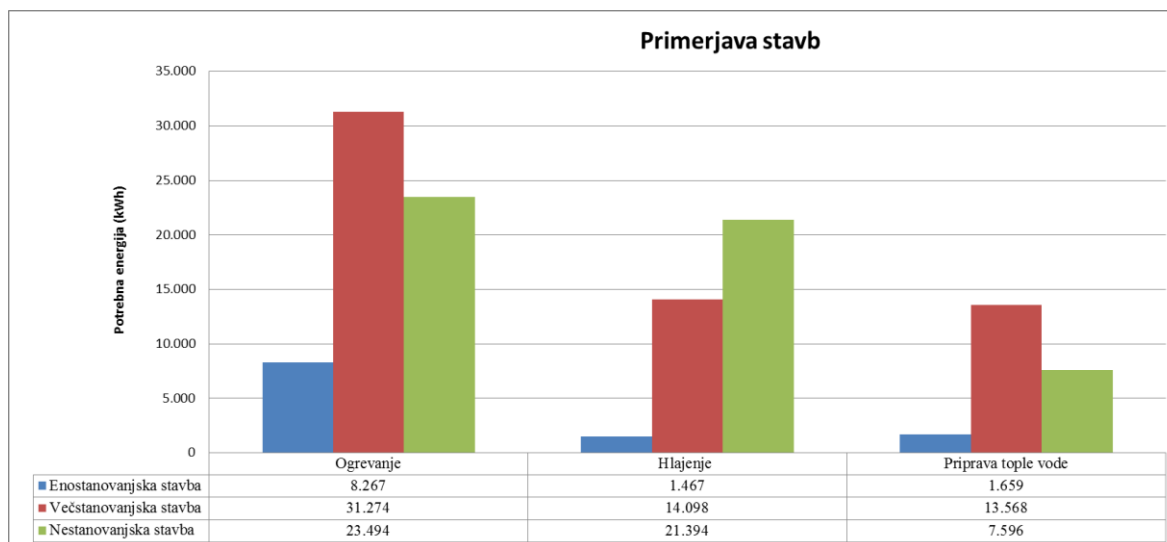
Na grafu 3 lahko vidimo, da se z uporabo trojne zasteklitve pri večstanovanjski stavbi potreba po toploti zmanjša le za 6,2 odstotni točki ter potreba po hladu za 8 odstotne točke. Največji vpliv uporabe energijsko varčnih oken s trojno izolacijskim steklom lahko opazimo pri ogrevanju nestanovanjske stavbe, kar je posledica višjega deleža okenskih površin v toplotnem ovoju stavbe. Ta vrednost doseže 17,5 odstotne točke. Izredno nizka sprememba po potrebni količini energije za normalno delovanje stavbe, je pri potrebnem hladu za hlajenje nestanovanjske stavbe – 0,22 odstotne točke. Po opravljeni analizi menim, da obravnavana sprememba transparentnih površin nima velikega vpliva na potrebno količino energije. Če

problematiko obravnavamo še z ekonomskega vidika, menim, da je investicija v vgradnjo trojno zastekljenih oken nesmiselna, saj v tem primeru pridobimo le minimalno razliko porabljene količine energije za ogrevanje in hlajenje, ki je v primerjavi z investicijo zanemarljiva.



Grafikon 3: Primerjava potrebe energije pred in po ukrepu pri večstanovanjski in nestanovanjski stavbi

6.9.5 Primerjava stavb



Grafikon 4: Primerjava porabe energije v enostanovanjski, večstanovanjski in nestanovanjski stavbi

Primerjava večstanovanjske in nestanovanjske stavbe: Primarna zasnova obeh stavb je enaka, le da imamo pri poslovni stavbi zaradi obešenih fasadnih panelov Qbiss One več neto uporabne površine stavbe ter posledično tudi večji delež kondicionirane prostornine stavbe (9

%). V grafu 4 lahko primerjamo potrebo po toploti za ogrevanje, potrebo po hladu za hlajenje ter pripravo tople vode za oba zasnovana tipa konstrukcij.

Rezultati so pričakovani, saj smo za ogrevanje večstanovanjske stavbe predpostavili celotno ogrevalno sezono, medtem ko se nestanovanjske stavbe ogrevajo v istem časovnem intervalu le 10 ur na dan. Pomembne so tudi transmisijske izgube, na katere poleg ostalih dejavnikov vpliva faktor oblike. Večja kot je površina zunanjega ovoja glede na notranji volumen večje so transmisijske izgube, do katerih prihaja po celotnem ovoju stavbe. Za hladna podnebja je zelo pomembna kompaktna zasnova, medtem ko je pri toplih podnebnih faktor oblike lahko tudi večji, saj transmisijske izgube niso tako izrazite. Ker ogrevani dnevi v Ljubljani predstavljajo približno 63 % celotnega leta in če pri tem upoštevam, da je v AN sNES opredeljen ugoden faktor oblike v celinskem podnebjju za večstanovanjsko stavbo 0,41, za nestanovanjsko stavbo pa 0,39, lahko sklepam, da je zasnovana nestanovanjska stavba optimalnejša v primerjavi z večstanovanjsko. Večji faktor oblike in višja vrednost površine toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe vplivajo na višje vrednosti transmisijskih izgub, kar lahko vidimo v preglednici 34. Izgube nadomestimo tako z notranjimi dobitki kot tudi solarnimi dobitki. Če primerjamo vrednosti izgub v obdobju potrebnega hlajenja, lahko razberemo, da ima nestanovanjska stavba višje vrednosti tako pri notranjih dobitkih kot tudi pri solarnih dobitkih. Slednji so posledica sončevega obsevanja skozi transparentni toplotni ovoj stavbe in ker imata obe zasnovani stavbi podoben delež transparentnih površin, se posledično vrednosti solarnih dobitkov ujemajo. Pri nestanovanjski stavbi je delež notranjih dobitkov višji za 43,6 %, kar lahko utemeljimo z višjim deležem pisarniških aparatov v prostorih, ki predstavljajo dodatne toplotne vire. Prav zato je potreba po hlajenju v pisarniških prostorih višja, medtem ko je potreba to toploti za ogrevanje in pripravo tople vode prednostni ukrep pri večstanovanjskih stavbah.

Primerjava enostanovanjske stavbe z ostalima tipoma stavb: Tako kot ostala tipa stavb tudi enostanovanjska stavba največ energije porabi za ogrevanje. Opazimo lahko, da sta potrebni količini energije za pripravo tople vode in hlajenje stavbe približno enaki, kar lahko vidimo tudi pri večstanovanjski stavbi. Enostanovanjska stavba porabi za ogrevanje največ energije na enoto neto uporabne površine – 59,80 kWh/m²a. Slednja se pri večstanovanjski stavbi zmanjša za približno 23 kWh/m²a in pri nestanovanjski stavbi, ki je ogrevana najmanj dni v letu, na približno 35 kWh/m²a. To lahko podpremo z dejstvom, da ima enostanovanjska

stavba največje ventilacijske izgube zaradi višje stopnje prezračevanja ter velik delež transmisijskih izgub, ki so v veliki meri posledica slabšega faktorja oblike enostanovanjske stavbe – 0,96 [1/m].

7 Zagotovitev energije z obnovljivimi viri

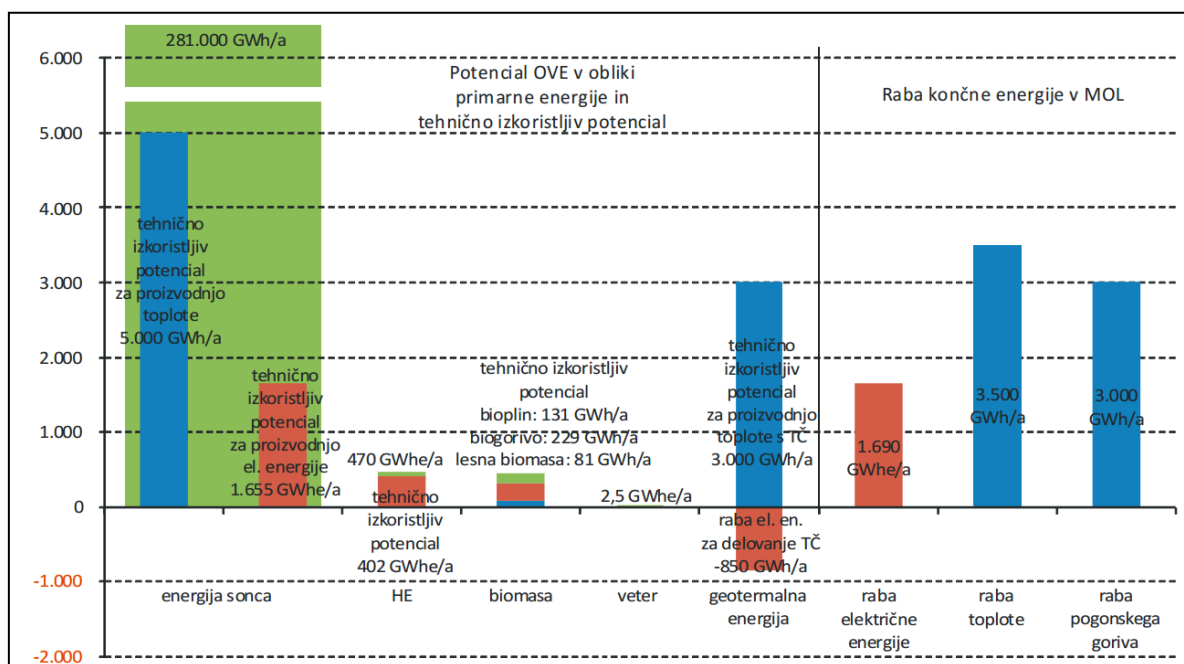
AN sNES dopušča vse energijske zasnove stavbe, ki več kot polovico energije zagotovijo z obnovljivimi viri, pri čemer mora biti potrebna energija v veliki meri proizvedena iz obnovljivih virov na kraju samem ali v bližini.

V »Pravilniku o načinu ogrevanja na območju Mestne občine Ljubljane« je zapisano, da je potrebno vse novogradnje priključiti na sistem oskrbe s toploto, razen v primeru uporabe obnovljivih virov energije. Pri tem sistem oskrbe s toploto predstavlja centralni sistem daljinskega ogrevanja na območju MOL, ki temelji na soproizvodnji toplotne in električne energije in je že omenjena v eni od kombinacij OVE v poglavju 3.1.1. Štejejo se tudi lokalni sistemi daljinske oskrbe, ki se uvedejo na zaokroženih območjih v MOL in temeljijo na obnovljivih virih energije ali na soproizvodnji toplote in električne energije [25].

MOL je v Lokalnem energetskega konceptu Mestne občine Ljubljana [26] predstavila najučinkovitejše ukrepe sanacije stanovanjskih stavb in jih razdelila v tri kategorije:

- celotna posodobitev ogrevalnih sistemov,
- izboljšanje toplotnih lastnosti ovoja in
- vgradnjo energijsko učinkovitih sijalk.

Graf 5 prikazuje potencialne obnovljive vire energije v MOL, kjer najbolj izstopa sončna energija in se deli na tehnično izkoristljiv potencial za proizvodnjo toplote ter proizvodnjo električne energije. Sledijo ji geotermalna energija, ki ima del negativne vrednosti, saj porablja električno energijo za delovanje toplotne črpalke, hidroenergija, energija biomase ter zelo majhen delež vetrne energije. »Pri potencialu energije iz biomase je bil upoštevan tudi potencial energetskih rastlin, proizvedenih na kmetijskih zemljiščih, kar je sporno iz trajnostno socialnega vidika.«



Grafikon 5: Potencialni OVE in raba končne energije v MOL [27]

7.1 Zagotovitev OVE pri zasnovanih tipih konstrukcij

Zaradi visokega potenciala koriščenja sončne energije v Ljubljani sem se v nadaljevanju osredotočila na izrabljanje le-te pri proizvodnji električne energije. Že na samem začetku analize sem predpostavila, da se vse kategorizirane stavbe ogrevajo, hladijo in pripravljajo toplo vodo na osnovi toplotnih črpalk, ki izrabljajo toploto okolja. Toplota, ki jo iz okolice črpajo toplotne črpalke, je v različne snovi akumulirana sončna energija, zato predstavlja v določenem deležu obnovljivi vir energije.

Sicer TSG-01-004: 2010 zahteva pripravo tople vode s toplotnimi črpalkami z ogrevalnim številom $COP_{min} = 3$, medtem ko pri uporabi toplotnih črpalk, ki imajo v okviru ogrevanja stavbe tudi možnost ogrevanja tople vode, ni zahtevanega minimalnega grelnega števila.

Toplotne črpalke: Sicer poznamo več vrst toplotnih črpalk, ki izkoriščajo toploto zraka, podtalne in površinske vode, toploto, možno pa je tudi izkoriščanje odpadne toplote, ki se sprošča pri različnih tehnoloških procesih. Pomemben je koeficient učinkovitosti – COP, ki je opredeljen kot razmerje med pridobljeno energijo (toploto oz. pri hlajenju odvzeto toploto) in električno energijo, katero potrebujemo za delovanje toplotne črpalke. Če je $COP = 4$ pomeni,

da z vložkom 1 kWh el. energije in 3 kWh iz okolja pridobimo 4 kWh toplotne energije, kar potrjuje visoko energetska učinkovitost.

Fotovoltaične elektrarne: Končno energijo, ki jo v mojem primeru potrebujejo toplotne črpalke, s katerimi pokrijemo večji del potrebne energije za normalno delovanje stavbe, pridobimo s sončnimi fotonapetostnimi elektrarnami. To je naprava, ki sprejema svetlobno energijo sončnega sevanja in jo s pomočjo fotonapetostnih celic – PV celic neposredno pretvarja v električni tok. PV celice morajo biti pravilno orientirane, pod takšnim kotom nagiba, da je njihov izkoristek največji. Bistvo je, da lahko z njimi končno energijo sami proizvedemo, ali pa proizvedeno energijo oddamo v omrežje, s čimer si zmanjšamo stroške nakupa energenta.

Energija, pridobljena s fotovoltaično elektrarno, zagotavlja energijo za razsvetljavo ter energijo za pogon toplotnih črpalk, ki zagotavljajo ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode.

7.1.1 Enostanovanjska stavba

Z izvedbo analize enodružinske stavbe so končni rezultati po potrebni energiji za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo predstavljeni v razpredelnici 29. Končna energija v stavbi je predstavljena v preglednici 42.

Preglednica 42: Končna energija v enostanovanjski stavbi

(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
OC	4.687	475	941	1,1	6.104

Potrebna el. energija za delovanje toplotnih črpalk je izračunana z enačbo (10).

$$Q_{T\check{c}} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} + Q_{w,f} = (1/2)*4.687 + (2/7)*475 + (1/2)*941 = 2.950 \text{ kWh} \quad (10)$$

Potrebna el. energija za delovanje toplotnih črpalk in razsvetljavo je izračunana z enačbo (11).

$$Q_{T\check{c}} + Q_{l,f} = 2.950 \text{ kWh} + 1,1 \text{ kWh} = 2.951,1 \text{ kWh} \quad (11)$$

S fotovoltaično elektrarno moramo zagotoviti 2.950 kWh, da pokrijemo celotno rabo energije v enostanovanjski stavbi. Pomagamo si s programom, dostopnim na internetnem omrežju, Photovoltaic Geographical Information System [28]. Z določitvijo lokacije nam izračuna

najbolj optimalen nagib postavitve PV panelov ter njihovo orientacijo, ki je v mojem primeru 34° glede na južno stran strehe. Poleg tega določi tudi letno prejeta povprečno energijo sončnega obsevanja, ki je prikazana v preglednici 43. Ker poznamo končno energijo stavbe, lahko s programom določimo velikost in moč zahtevane fotovoltaične elektrarne ter povprečno mesečno proizvodnjo elektrike, predstavljeno v preglednici 43. Kot nagiba sem prilagodila kotu strehe, ki se od najbolj optimalnega kota razlikuje za 1°.

Preglednica 43: Povprečna mesečna proizvodnja elektrike s fotovoltaično elektrarno v enostanovanjski stavbi

	Povprečna energija sončnega obsevanja (kWh/m ²)	Povprečna mesečna proizvodnja elektrike (kWh)
Januar	49,9	124
Februar	79,3	196
Marec	131	310
April	148	338
Maj	175	394
Junij	177	391
Julij	194	426
Avgust	179	394
September	138	313
Oktober	93,6	218
November	48,5	117
December	38,0	94,6
Σ	1450	3320

Potrebujem sončno elektrarno z močjo 3 kWp. Površina, ki jo zavzemajo PV paneli za pridobitev 1 kWp, je odvisna od izbire monokristalnih celic in polikristalnih celic [29]. Za izračun predpostavim potrebno površino 8 m² ter z enačbo (12) prikažem površino celotne fotovoltaične elektrarne.

$$A_{PV} = 3 \text{ kWp} \times 8 \text{ m}^2 = 24 \text{ m}^2 \quad (12)$$

$$A_{STREHE} = 4,9 \text{ m} \times 12,14 \text{ m} = 59,49 \text{ m}^2 \quad (13)$$

Površina strehe enostanovanjske stavbe, ki je orientirana na jug, je prikazana z enačbo (13). Iz enačb lahko vidimo, da površina strehe zadostuje za vgradnjo PV panelov, ki priskrbijo celotno končno energijo.

7.1.1.1 Sprejemniki sončne energije enostanovanjske stavbe

V Tehnični smernici TSG-01-004: 2010 je zapisano, da se topla voda praviloma zagotavlja s sprejemniki sončne energije ali alternativnim sistemom z uporabo obnovljivih virov. Predpostavim ogrevanje in hlajenje stavbe s toplotno črpalko, medtem ko za pripravo tople vode izberem, da je njen primaren energent daljinska toplota brez kogeneracije (generacija 0,90, distribucija 0,95 in emisija 1,00), ki ga v nadaljevanju nadomestim s sprejemniki sončne energije. Končna energije za ogrevanje in hlajenje je zapisana v preglednici 38, medtem ko za pripravo tople vode potrebujemo 1.916 kWh.

S fotovoltaično elektrarno zagotovim energijo za delovanje toplotne črpalke in razsvetljavo (enačba (14)), s sprejemniki sončne svetlobe, ki zbirajo sončno energijo in z njo grejejo prenosni medij – vodo, pa zagotovimo stalno pripravo tople vode (enačba (15)). V enačbi (16) je izračunana potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk.

$$Q_{TC} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} = (1/2) \cdot 4.687 + (2/7) \cdot 475 = 2.480 \text{ kWh} \quad (14)$$

$$Q_{TC} + Q_{l,f} = 2.480 \text{ kWh} + 1,1 \text{ kWh} = 2.481,1 \text{ kWh} \quad (15)$$

$$Q_{SSE} = Q_{w,f} = 1.916 \text{ kWh} \quad (16)$$

Potrebo po pripravi tople vode bom izračunala za najmanj ugoden mesec – december, pri katerem je povprečna energija sončnega obsevanja le 38 kWh/m². Optimalen nagib in orientacijo povzamem glede na prejšnjo analizo s fotovoltaično elektrarno, medtem ko površino enega sončnega kolektorja in njegovo učinkovitost izberem pri proizvajalcu Wagner & Co [30]. Vrednost bruto in neto površine je 2,24 m² oziroma 2,02 m² ter njegov izkoristek 81,8 %.

Potrebna toplota na osebo v dnevju je pri nizki porabi ovrednotena na 0,6 – 1,2 kWh. Predpostavim potrebno toploto 0,8 kWh/osebo na dan. Število oseb v enodružinski hiši je 5 in mesec december šteje 31 dni.

V enačbi (17) je predstavljena potreba po toploti za ogrevanje vode v mesecu decembru.

$$Q_{w, 30 \text{ dni}} = 5 \text{ oseb} \times 31 \text{ dni} \times 0,8 \text{ kWh/osebo, dan} = 124 \text{ kWh} \quad (17)$$

Izračunana potrebna površina sončnih kolektorjev ter njihovo število, da zadostimo potrebo po pripravi tople vode, sta predstavljeni v enačbah (18) in (19).

$$A_{SSE} = 124 \text{ kWh} / (38 \text{ kWh/m}^2 \times 0,818) = 3,989 \text{ m}^2 \quad (18)$$

$$n_{SSE} = 3,989 \text{ m}^2 / 2,02 \text{ m}^2 = 1,97 = 2 \quad (19)$$

V naslednji preglednici (44) je prikazana še potreba po energiji za pripravo tople vode za posamezen mesec ter proizvedena toplota dveh sončnih kolektorjev. Ker sem SSE projektirala na najmanj sončno obsevan mesec, je posledično proizvedena toplota z dvema sončnima kolektorjema glede na večino preostalih mesecev štirikrat in tudi petkrat večja od potrebne energije. To pomeni, da bi bila vgrajena sončna kolektorja večino časa neizkoriščena in v povezavi s tem tudi neekonomična. Pomembno je izpostaviti, da proizvajalci običajno deklarirajo njihovo maksimalno učinkovitost v idealnih pogojih obratovanja, kar pomeni, da predpisana učinkovitost SSE 0,818 lahko pade tudi na 0,65 [31].

Preglednica 44: Povprečna proizvodnja energije za pripravo tople vode s SSE v enostanovanjski stavbi

	Povprečna energija sončnega obsevanja (kWh/m ²)	Proizvedena energije za pripravo tople vode s SSE (kWh)	Potrebna energija za pripravo tople vode (kWh)
Januar	49,9	164,91	124
Februar	79,3	262,06	112
Marec	131	432,92	124
April	148	489,10	120
Maj	175	578,33	124
Junij	177	584,94	120
Julij	194	641,12	124
Avgust	179	591,54	124
September	138	456,05	120
Oktober	93,6	309,32	124
November	48,5	160,28	120
December	38,0	125,58	124
Σ	1450	2398,07	1460

Dodatno izračunamo še potrebno energijo s pomočjo programa Photovoltaic GIS, ki jo moramo pokriti s fotovoltaično elektrarno – 3 kWp, kar zavzema na strehi enodružinske hiše površino 24 m².

Sončna kolektorja nam na strehi zavzameta 4,04 m² in fotovoltaična elektrarna dodatnih 24 m². Ker ta delež predstavlja približno 47 % celotne južne strani strehe, je vgradnja obeh sistemov izvedljiva. Z obnovljivimi viri energije lahko v obeh predpostavljenih sistemih pokrijemo celotno končno energijo za normalno delovanje v enodružinski stavbi.

7.1.2 Večstanovanjska stavba

Končna energija za večstanovanjsko stavbo je predstavljena v preglednici 45.

Preglednica 45: Končna energija v večstanovanjski stavbi

(kWh)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
0C	17.732	4.568	7.639	6,8	29.946
NC z NK				2,4	2,4
Celotna stavba	17.732	4.568	7.639	9,2	29.948

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk je izračunana z enačbo (20).

$$Q_{T\dot{C}} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} + Q_{w,f} = (1/2)*17.732 + (2/7)*4.568 + (1/2)*7.639 = 13.991 \text{ kWh} \quad (20)$$

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk in razsvetljava je izračunana z enačbo (21).

$$Q_{T\dot{C}} + Q_{l,f} = 13.991 \text{ kWh} + 9,2 \text{ kWh} = 14.000,2 \text{ kWh} \quad (21)$$

Ker obravnavamo isto lokacijo, sta optimalen naklon in orientacija ista kot pri enostanovanjski stavbi, enako velja za povprečno energijo sončnega obsevanja. Izračunana moč fotovoltaične elektrarne je 13 kWp, medtem ko je za zagotavljanje 1 kWp na ravni strehi potrebna površina 10 m². V preglednici 46 je prikazana povprečna mesečna proizvodnja elektrike pri omenjenem sistemu PV panelov.

Preglednica 46: Povprečna mesečna proizvodnja elektrike s fotovoltaično elektrarno v večstanovanjski stavbi

	Povprečna mesečna proizvodnja elektrike (kWh)
Januar	538
Februar	848
Marec	1350
April	1470
Maj	1710
Junij	1690
Julij	1850
Avgust	1710
September	1360
Oktober	944
November	508
December	410
Σ	14400

Površina celotne fotovoltaične elektrarne je izračunana z enačbo (22), površina razpoložljive ravne strehe z enačbo (23).

$$A_{PV} = 13 \text{ kWp} \times 10 \text{ m}^2 = 130 \text{ m}^2 \quad (22)$$

$$A_{STREHE} = 13,65 \text{ m} \times 21,40 \text{ m} = 292,11 \text{ m}^2 \quad (23)$$

Teoretična postavitev fotovoltaične elektrarne na ravni strehi večstanovsijke stavbe je mogoča, saj površina PV panelov predstavlja 45 % površine strehe.

7.1.2.1 Sprejemniki sončne energije pri večstanovjski stavbi

Enako kot pri enostanovjski stavbi sem se tudi v tem primeru odločila, da bom pripravo tople vode omogočila s sprejemniki sončne energije. Vse predpostavke, ki sem jih uporabila v prejšnjih izračunih, bodo uporabljene tudi tukaj. Potrebna energija za pripravo tople vode znaša $Q_{w,f} = 15.671 \text{ kWh}$.

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk je izračunana z enačbo (24).

$$Q_{TC} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} = (1/2) \cdot 17.732 + (2/7) \cdot 4.568 = 10.172 \text{ kWh} \quad (24)$$

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk in razsvetljavo je izračunana z enačbo (22).

$$Q_{TC} + Q_{l,f} = 10.172 \text{ kWh} + 9,2 \text{ kWh} = 10.181,2 \text{ kWh} \quad (25)$$

V enačbi (26) je predstavljena potreba po toploti za ogrevanje vode v mesecu decembru.

$$Q_{w, 30 \text{ dni}} = 32 \text{ oseb} \times 31 \text{ dni} \times 0,8 \text{ kWh/osebo, dan} = 793,6 \text{ kWh} \quad (26)$$

Izračunana potrebna površina sončnih kolektorjev ter njihovo število, da zadostimo potrebo po pripravi tople vode sta predstavljeni v enačbah (27) in (28).

$$A_{SSE} = 793,6 \text{ kWh} / (38 \text{ kWh/m}^2 \times 0,818) = 25,53 \text{ m}^2 \quad (27)$$

$$n_{SSE} = 25,53 \text{ m}^2 / 2,02 \text{ m}^2 = 12,64 = 13 \quad (28)$$

V najmanj sončno obsevanem mesecu decembru potrebujemo za pripravo tople vode v večstanovjski stavbi 13 sončnih kolektorjev. Proizvedena in potrebna energija za posamezen mesec sta prikazani v preglednici 47. Zopet lahko vidimo, da potrebna energija za

pripravo tople vode v poletnih mesecih predstavlja le 20 % deleža celotne proizvedene toplote.

Preglednica 47: Povprečna proizvedena energija za pripravo tople vode v večstanovanjski stavbi

	Povprečna energija sončnega obsevanja (kWh/m ²)	Proizvedena energija za pripravo tople vode s SSE (kWh)	Potrebna energija za pripravo tople vode (kWh)
Januar	49,9	1071,89	793,6
Februar	79,3	1703,42	716,8
Marec	131	2813,97	793,6
April	148	3179,14	768
Maj	175	3759,12	793,6
Junij	177	3802,08	768
Julij	194	4167,25	793,6
Avgust	179	3845,04	793,6
September	138	2964,33	768
Oktober	93,6	2010,59	793,6
November	48,5	1041,81	768
December	38,0	816,27	793,6
Σ	1450	31174,91	9334

Da zagotovimo preostali del končne energije, moramo uporabiti fotovoltaično elektrarno z močjo 10 kWp (11.100 kWh), ki zavzame površino 100 m². Celotna proizvodnja toplote in energije obsegata 126,26 m², kar predstavlja 43 % celotne površine ravne strehe. Zopet sem zagotovila, da se celotna končna energija proizvede le iz obnovljivih virov energije. Najbolj pozitivna stran tega je, da je v celoti proizvedena na kraju samem, s čimer zagotovimo njeno neodvisnost od drugih ponudnikov energije.

7.1.3 Nestanovanjska stavba

V spodnji preglednici 48 je prikaz izračuna končne energije za normalno in udobno delovanje nestanovanjske stavbe.

Preglednica 48: Končna energija v nestanovanjski stavbi

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
0C	22.200	11.555	7.178	10,3	40.943
NC z NK				4,1	4,1
Celotna stavba	22.200	11.555	7.178	14,4	40.947

Potrebna el. Energija za delovanje toplotnih črpalk je izračunana z enačbo (29).

$$Q_{TC} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} + Q_{w,f} = (1/2)*22.200 + (2/7)*11.555 + (1/2)*7.178 = 17.991 \text{ kWh} \quad (29)$$

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk in razsvetljava je izračunana z enačbo (30).

$$Q_{TC} + Q_{l,f} = 17.991 \text{ kWh} + 14,4 \text{ kWh} = 18.005,4 \text{ kWh} \quad (30)$$

Moč fotovoltaične elektrarne mora biti 17 kWp, da zagotovimo oskrbo končne energije le s PV paneli. Povprečna mesečna proizvodnja elektrike pri sistemu z močjo 17 kWp je prikazana v preglednici 49.

Preglednica 49: Povprečna mesečna proizvodnja s fotovoltaično elektrarno v nestanovanjski stavbi

	Povprečna mesečna proizvodnja elektrike (kWh)
Januar	704
Februar	1110
Marec	1760
April	1920
Maj	2230
Junij	2210
Julij	2410
Avgust	2230
September	1780
Oktober	1230
November	664
December	536
Σ	18800

Površina celotne fotovoltaične elektrarne je izračunana z enačbo (31), površina razpoložljive ravne strehe za z enačbo (32).

$$A_{PV} = 17 \text{ kWp} \times 10 \text{ m}^2 = 170 \text{ m}^2 \quad (31)$$

$$A_{STREHE} = 12,20 \text{ m} \times 21,40 \text{ m} = 261,08 \text{ m}^2 \quad (32)$$

Tudi v zadnjem primeru nestanovanjske stavbe lahko vidimo, da površina strehe zagotavlja zadostno površino za vgradnjo fotovoltaične elektrarne, s katero pokrijemo potrebo po energiji za ogrevanje, pripravo tople vode, hlajenje ter razsvetljava. Površina fotovoltaične elektrarne predstavlja le 65 % celotne površine strehe nestanovanjske stavbe.

7.2 Končni rezultati

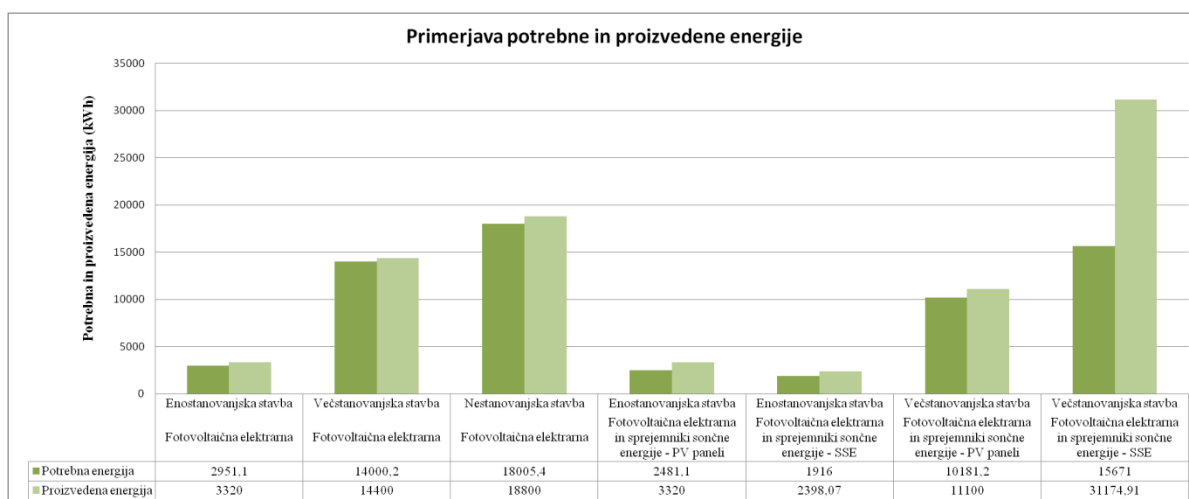
Z zadnjim delom analize sem dokazala, da lahko vsaka posamezno zasnovana stavba proizvede enako ali večjo količino energije z izkoriščanjem razpoložljivih naravnih virov, kot jo sama potrebuje. Uporabljeni sistemi za izkoriščanje OVE pri enostanovanjski in večstanovanjski stavbi so bili sprejemniki sončne energije, toplotna črpalka ter fotovoltaična elektrarna, medtem ko sem pri nestanovanjski stavbi uporabila in analizirala le vgradnjo slednjih dveh omenjenih. S preglednico 48 sem želela prikazati potencialno površino strehe posamezne stavbe ter površino, ki jo zavzamejo naknadno vgrajeni sprejemniki sončne energije ter fotovoltaična elektrarna.

Preglednica 50: Površina strehe ter površina fotovoltaične elektrarne oziroma površina sprejemnikov sončne energije

	Enostanovanjska stavba	Večstanovanjska stavba	Nestanovanjska stavba
Površina strehe (m ²)	59,49	292,11	261,08
Fotovoltaična elektrarna			
Površina fotovoltaične elektrarne (m ²)	24	130	170
Fotovoltaična elektrarna, sprejemniki sončne energije			
Površina fotovoltaične elektrarne (m ²)	24	100	/
Površina sprejemnikov sončne energije (m ²)	4,04	26,26	/

Dodatno sem želela prikazati še potrebno in proizvedeno energijo z vgrajenimi tehnološkimi sistemi za vsako posamezno stavbo in za vsako kombinacijo izkoriščenih OVE (priloga C in graf 6). Pri kombinaciji toplotne črpalke za ogrevanje, hlajenje ter pripravo tople vode in fotovoltaične elektrarne, ki pokrije energijo za delovanje le-teh ter razsvetljava, lahko vidimo, da vrednosti potrebne in proizvedene energije skoraj sovpadajo. Največje odstopanje opazimo pri enostanovanjski stavbi, in sicer za 11 odstotnih točk, najmanjše pri večstanovanjski stavbi, ki ne dosega niti 3 odstotne točke. Druga analizirana kombinacija (toplotna črpalka za ogrevanje in hlajenje, SSE za pripravo tople vode ter PV paneli, ki proizvedejo energijo za delovanje toplotnih črpalk ter razsvetljava) je pokazala visoko neizkoriščenost vgrajenih

sistemov, predvsem zaradi sprejemnikov sončne energije. Te sem analizirala na podlagi najslabših robnih pogojev, kar je posledično pomenilo, da so SSE v poletnih mesecih proizvedli petkrat večjo količino energije, kot jo stavba za pripravo tople vode potrebuje. Pri enostanovanjski stavbi je višek proizvedene energije s SSE predstavljal dodatne 20 odstotne točke, medtem ko je pri večstanovanjski stavbi vrednost dodatne proizvedene energije s SSE predstavljala 50 odstotne točke.



Grafikon 6: Primerjava potrebne in proizvedene energije

Teoretično doseženi koncept sNES je v praksi veliko težje uresničiti – idealna lokacija, zasnova stavbe ter 100-odstotni učinkoviti sistemi izrabe OVE nam niso nikoli na voljo, tehnologija shranjevanja energije pa je trenutno še v fazi razvijanja. Upoštevati moramo, da mora biti sNES kombinacija energijske in stroškovne učinkovitosti, kar nam dodatno omeji možnosti pri npr. enostanovanjski hiši. Ta bi lahko z vgradnjo fotovoltaike postala aktivna oziroma plusenergijska stavba, vendar se naložba v sončno elektrarno najverjetneje ne splača. Za enostanovanjsko stavbo je trenutno najbolj sprejemljivo izkoriščanje OVE, ki temelji na toplotnih črpalkah, lesni biomasi (ki je v Ljubljani prepovedana) in sprejemnikih sončne energije. Pri vgradni tehnoloških sistemov se moramo zavedati, da so tako pri fotovoltaični elektrarni kot pri sprejemnikih sončne energije vseskozi prisotne izgube. Te se pri fotovoltaiki pojavijo zaradi odseva na fotovoltaični površini, neuskkljenosti posameznih panelov, senčenja ter izgube v linijah in povezavah AC DC (upor električnih kablov, stični upor na stikalih in izgube zaradi padca napetosti na diodah za zaščitno blokado nizov) ter izgube v samem sistemu [32]. Pri praktični izvedbi sistemov, s katerimi izkoriščamo razpoložljive naravne

vire, je glavni problem njihovo shranjevanje oziroma nesovpadanje intervalov največje proizvodnje in rabe energije, ki je opisan v poglavju 2.3.

8 ZAKLJUČEK

Z diplomsko nalogo sem želela razčleniti zahteve PURES-a 2010 glede toplotnega prehoda skozi toplotni ovoj celotne stavbe, vključno z vsemi energijskimi dobitki (sončno sevanje, notranji viri...) in izgubami (kondukcijske, konvekcijske...) ter potrebne energije, ki jo stavba potrebuje za vsakodnevno delovanje (ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo). Glavni cilj diplomske naloge je bil, da potrebno energijo v veliki meri zagotovim z razpoložljivimi naravnimi viri in se pri tem v prvi vrsti osredotočim na OVE na kraju samem, kar zahteva AN sNES.

Kljub temu da sta PURES 2010 in predvsem AN sNES postavile stroge zahteve z vidika »energetsko-tehničnih vidikov rabe energije«, sem s teoretičnega stališča pri vseh zasnovanih tipih konstrukcije zadostila tako mejne vrednosti rabe energije kot predpisan minimalni delež izrabe razpoložljivih naravnih virov.

Končna analiza je pokazala, da bi lahko vsaka posamezna stavba na svoji strehi s fotovoltaično elektrarno oziroma kombinacijo fotovoltaične elektrarne in sprejemiki sončne energije proizvedla toliko energije, kot jo potrebuje za vsakdanje delovanje. Pri primerjavi izkoriščenosti sončne energije s PV paneli ali kombinacijo le-teh s SSE pri stanovanjskih stavbah ugotovim, da je fotovoltaična elektrarna učinkovitejša. Razmerje med potrebno in proizvedeno energijo pri enostanovanjski stavbi z vgrajeno sončno elektrarno znaša 89 odstotkov, medtem ko pri kombinaciji sončne elektrarne ter sprejemnikov sončne energije vrednost razmerja znaša 77 odstotkov. Pri večstanovanjski stavbi je obravnavana razlika še očitnejša, saj je izračunana učinkovitost izrabe energije s fotovoltaično elektrarno za 36 odstotne točke višja od izrabe energije pri kombinaciji PV panelov ter SSE. Glavni vzrok za to je, da pri načrtovanju sprejemnikov sončne energije upoštevam najmanjšo povprečno energijo sončnega obsevanja v mesecu decembru. To privede do zadostno proizvedene energije s SSE v mesecu decembru, medtem ko v poletnih mesecih z uporabljenno tehnologijo proizvedemo petkrat večjo količino energije, kot jo stavba potrebuje za pripravo tople vode.

V diplomskem delu sem analizirana novogradnje sNES, menim pa, da se moramo v Sloveniji posvetiti predvsem potencialu celovite prenove stavbe, saj je večinoma stavbnega fonda v Sloveniji že zgrajenega, seveda ne v skladu z današnjimi zahtevami po energetske učinkovitosti. Delež še ne obnovljenih stavb predstavlja kar 80 odstotkov. Delež obnov stanovanjskih stavb bo v prvih letih v manjšem obsegu, saj se pričakuje, da bodo prenove stanovanjskega fonda z zamikom sledile prenovam javnih stavb. Rezultat zapisanih scenarijev v AN sNES naj bi se pokazal do leta 2030.

VIRI

[1] Trajnostni razvoj – edina globalna strategija preživetja in ključna primerjalna prednost Slovenije. Slovenska fundacija za trajnostni razvoj. 2010.

<http://www.umanotera.org/wp-content/uploads/2014/10/zbornik-plan-b-2.0.pdf> (pridobljeno 6.7.2015.)

[2] Prihodnost je obnovljiva! Obnovljivi viri energije – priročnik. Fokus društvo za sonaraven razvoj. 2005.

<http://www.focus.si/files/OVEprirocnikI.pdf> (pridobljeno 6.7.2015.)

[3] Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2013.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=606 (pridobljeno 20.7.2015.)

[4] Ma.B. Emisije toplogrednih plinkov na rekordnih ravneh. Delo. 2008.

<http://www.delo.si/clanek/71649> (pridobljeno 22.7.2015.)

[5] Monika Cvirn. Kaj je pravzaprav trajnostna gradnja. Časnik. 2013.

<http://www.casnik.si/index.php/2013/10/05/kaj-je-pravzaprav-trajnostna-gradnja/>
(pridobljeno 02.08.2015.)

[6] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Ur.l. RS. št. 52/2010

[7] Martina Zbašnik-Senegačnik. Monografija Pasivna hiša. Str. 22 -23. 2007.

[8] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. Maj 2010 o enegetski učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije. 18.06.2010.

[9] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) Ur.l. RS. št. 19/2015. 20.03.2015.

[10] Energetski zakon (EZ-1). Ur.l. RS. št. 17/2014. 07.03.2014.

[11] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) Ur.l. št. 20. 22.04.2004.

[12] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES), Mnisterstvo za infrastrukturo. 2015.

[13] Podatki za pravilnik o učinkoviti rabi energije. Angencija Republike Slovenije za okolje.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/pravilnik-ucinkoviti-rabi-energije/> (pridobljeno 15.6.2015.)

- [14] KOŠIR, Mitja, KRAINER, Aleš (intervjuvanec), KRISTL, Živa. Analiza osončenosti stavb v skladu z zahtevami PURES 2010 = Building insulation analysis in accordance to PURES 2010. *Gradbeni vestnik*, ISSN 0017-2774, avg. 2012, letn. 61, št. 8, str. 183-193, fotograf. [COBISS.SI-ID 5968481]
- [15] Google Inc., SketchUp V.7, povzeto po: <http://www.sketchup.com/products/sketchup-pro> (pridobljeno 04.08.2015.)
- [16] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- [17] Ultimate aesthetic metal total wall solution. Qbiss One.
<http://www.ssgbenelux.nl/uploads/Downloads/Qbiss-One-brochure-%20Eng.pdf>
(pridobljeno 30.06.2015.)
- [18] KnaufInsulation. DP-3, DP-5 – Večnamenske plošče. Tehnični list DP-3.
http://www.knaufinsulation.si/sites/si.knaufinsulation.net/files/TL_DP-3_0.pdf (pridobljeno 30.06.2015)
- [19] Trimo. Insulated wall systems – Qbiss One. About Qbiss.
<http://www.trimo.org.uk/insulated-wall-systems/qbiss-one/uk-modular-facade-system-qbiss-by-trimo/> (pridobljeno 28.06.2015.)
- [20] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TOST, Uporabniški pripomoček. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [21] Tehnična smernica TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije. Ministerstvo za okolje in prostor. 2010.
- [22] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Ur. RS. št. 77/2009. Priloga 5: Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe.
- [23] dr. Roman Kunič. Kolikšna debelina toplotnih izolacij v fasadah je še upravičena? <http://www.fragmat.si/download/clanki/Koliksna%20debelina%20toplotnih%20izolacij%20%20fasadah%20je%20se%20upravljena.pdf> (pridobljeno 15.08.2015.)
- [24] Okna Jelovica. PVC okna Jeloplast Ideal 8000.
<http://www.jelovica-okna.si/pvc-plasticna-okna-jeloplast-8000.html> (pridobljeno 05.07.2015.)
- [25] Pravilnik o načinu ogrevanja na območju Mestne občine Ljubljana. Ur. l. RS. št. 131/2003.
- [26] Lokalni energetski koncept Mestne občine Ljubljana. 2011.

[27] Potencial OVE v obliki primarne energije in tehnično izkoristljiv potencial OVE (končna energija) v MOL ter primerjava z rabo končne energije v MOL v letu 2008 (VIR: Lokalni energetske koncept Mestne občine Ljubljane; Mesta občina Ljubljana – Oddelek za varstvo okolja; 2011; str. 222). 2008.

[28] Photovoltaic Geographical Information System. 2013.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe> (pridobljeno 06.08.2015.)

[29] Fotovoltaične elektrarne. HIDRIA – generacija za optimalno delovanje sončne elektrarne.

[30] Wagner&Co. Sončna energija – Solarno ogrevanje in topla voda. Sončni kolektorji.

http://solarni-sistemi-wagner.si/soncna_energija/solarno_ogrevanje_in_topla_voda/soncni_kolektorji/ (pridobljeno 10.08.2015.)

[31] Bio Planet. Kolektorji – pogosta vprašanja.

<http://www.bioplanet.si/pogosta-vprasanja> (pridobljeno 11.08.2015)

[32] Študija in analiza materialov voljo fotovoltaični instrudiji. Skupna izdelava in raziskava modelov za optimizacijo uporabe fotovoltaične energije. 2007–2013.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: PREGLEDNICA NAJVEČJIH DOVOLJENIH VREDNOSTI TOPLOTNE PREHODNOSTI U_{max}

A.1 Največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente stavb, ki omejujejo ogrevane prostore.

PRILOGA B: NAČRTI STAVB

B.1 Enostanovanjska stavba – tloris

B.2 Enostanovanjska stavba – prečni prerez

B.3 Večstanovanjska stavba - tloris

B.4 Večstanovanjska stavba – prečni prerez

B.5 Nestanovanjska stavba - tloris

B.6 Nestanovanjska stavba – prečni prerez

PRILOGA C: PREGLEDNICA POTREBNE IN PROIZVEDENE ENERGIJE

C.1 Preglednica, ki prikazuje vrednosti potrebne in proizvedene energije za vsak posamezen tip stavbe ter za vsako posamezno kombinacijo izkoriščanja OVE.

»ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA A:

Največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente stavb, ki omejujejo ogrevane prostore.

	Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	U_{max} (W/(m ² K))
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
2	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom – manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10 % površine neprozornega dela zunanje stene	0,60
3	Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
4	Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,70 0,90
5	Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
6	Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
7	Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
8	Tla nad zunanjim zrakom	0,30
9	Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
10	Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20
11	Terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5 % površine strehe	0,60
12	Strop proti terenu	0,35
13	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	1,30 1,60
14	Strešna okna, steklene strehe	1,40
15	Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5 % površine strehe)	2,40
16	Vhodna vrata	1,60
17	Garažna vrata	2,00

VIR: AN sNES – Akcijski načrt za skoraj ničenergijske stavbe za obdobje do leta 2020. 2015.

»ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA B:

Načrti stavb

»ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA C:

Preglednica, ki prikazuje vrednosti potrebne in proizvedene energije za vsak posamezen tip stavbe ter za vsako posamezno kombinacijo izkoriščanja OVE.

	Fotovoltaična elektrarna Enostanovanjska	Fotovoltaična elektrarna Večstanovanjska	Fotovoltaična elektrarna Nestanovanjska	
Potrebna energija	2951,1	14000,2	18005,4	
Proizvedena energija	3320	14400	18800	
	Fotovoltaična elektrarna in sprejemniki sončne energije - PV paneli	Fotovoltaična elektrarna in sprejemniki sončne energije - SSE	Fotovoltaična elektrarna in sprejemniki sončne energije - PV paneli	Fotovoltaična elektrarna in sprejemniki sončne energije - SSE
	Enostanovanjska	Enostanovanjska	Večstanovanjska	Večstanovanjska
Potrebna energija	2481,1	1916	10181,2	15671
Proizvedena energija	3320	2398,07	11100	31174,91

»ta stran je namenoma prazna«