

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GRADBENIŠTVO

Ljubljana, 2020

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Diplomska naloga št.:

Graduation thesis No.:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:



Somentor/-ica:

Član komisije:

Ljubljana, _____

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČEKOM

UDK:	502.174.3:620.9:728(043.2)
Avtor:	Tilen Leban
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	asist. Luka Pajek
Naslov:	Analiza potrebnih ukrepov za doseganje skoraj nič-energijske stavbe na poslovnem objektu Šampionka
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	46 str., 52 pregl., 17 sl.
Ključne besede:	Skoraj nič-energijska stavba, direktiva EPBD, PURES 2010, energijska učinkovitost, obnovljivi viri energije

Izvilleček:

V uvodnem delu diplomske naloge so predstavljeni zakoni, ki omenjajo skoraj nič-energijsko stavbo. Na podlagi zahtev in omejitev teh zakonov je nato bila za poslovni objekt Šampionka, ki leži v okolici Nove Gorice, predlagana zasnova toplotnega ovoja in sistemov za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. Prav tako sem predlagal sistem za izkoriščanje obnovljivih virov energije. V prvem delu naloge sem izdelal tri fasadne pasove, ki se razlikujejo v debelini toplotne izolacije in tako tudi po faktorju toplotne prehodnosti. Izbral sem si tudi dve vrsti oken in tako imel na razpolago šest kombinacij toplotnega ovoja stavbe. Izračun toplotne prehodnosti stavbnega ovoja sem izdelal s programskim orodjem Ubakus. V drugem delu sem s programskim orodjem KI Energija izdelal energijsko analizo omenjene stavbe in rezultate primerjal z mejnimi vrednostmi iz Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah in Akcijskega načrta za skoraj nič-energijske stavbe. Za analizo sem si izbral tri različne sisteme ogrevanja, in sicer toplotno črpalko voda-voda, toplotno črpalko zemljina-voda in kondenzacijski kotel na plin ter tako lahko opazoval razlike med učinkovitostjo le-teh. Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe zahteva, da vsaj polovico vse porabljene energije v stavbi pridobimo iz obnovljivih virov na kraju samem ali v njegovi bližini. Izkaže se, da lahko tak delež dosežemo že z uporabo toplotne črpalke, ki izkorišča atermalno energijo okolja. Pri ogrevanju s kondenzacijskim kotlom na plin tega deleža seveda ne dosežemo. Za stavbo je bila tako načrtovana vgradnja fotovoltaičnega sistema s katerim lahko dosežemo zahtevan delež. Električno, ki je ne porabimo za ogrevanje, lahko nato porabljamo za razsvetljavo ali napajanje raznih električnih naprav znotraj objekta.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 502.174.3:620.9:728(043.2)

Author: Tilen Leban

Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.

Co-advisor: Assist. Luka Pajek

Title: Analysis of measures to achieve a near zero-energy building at the Šampionka business facility

Document type: Graduation Thesis – University studies

Scope and tools: 46 p., 52 tab., 17 fig.

Keywords: Near zero-energy house, directive EPBD, PURES 2010, energy efficiency, renewable energy sources

Abstract:

In the first part, the thesis presents legislation that mention a near zero-energy building. Based on the requirements and restrictions of these legislations, I proposed the design of the thermal envelope as well as heating, cooling, and ventilation systems for the Šampionka business facility, located in the vicinity of Nova Gorica. I also proposed a system for the exploitation of renewable energy sources. In the first part of the thesis, I designed three facade sections, which differ in their insulation thickness, thus have different thermal transmittance factors. Since I chose two different types of windows, I had six combinations of thermal envelopes of the building. I conducted calculations of the thermal transmittance of the building envelope with the software tool called Ubakus. In the second part, I did an energy analysis of the mentioned building with the software tool KI Energija and compared the results with the limit values obtained from PURES 2010 and AN sNES. For the analysis, I chose three different heating systems: a water-water heat pump, a ground-water heat pump and a gas-fired condensing boiler, in order to assess the differences between their efficiencies. AN sNES requires that at least half of all the energy consumed in a building is derived from renewable sources on-site or near the site. It turns out that such a share can be achieved by employing a heat pump, which uses aerothermal energy. Such an energy share could not be achieved when heating with a gas condensing boiler. The installation of a photovoltaic system was planned on the building, so that the required share could be achieved. Electricity that was not used for heating, can then be used for illumination or for powering various electrical devices inside the building.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitji Koširju in somentorju asist. Luki Pajku za strokovne nasvete in dobro sodelovanje pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se Ines Bonutti, ki mi je bila v pomoč pri izbiri objekta na katerem je bila analiza v diplomski nalogi izdelana.

Zahvalil bi se tudi družini, ki mi je ves čas študija stala ob strani in me na tak ali drugačen način podpirala.

Zahvala pa gre tudi sošolcem, prijateljem in vsem, ki so na kakršenkoli način pripomogli k zaključku mojega študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČEKOM.....	II
BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	III
ZAHVALA	IV
1 UVOD	1
1.1. Namen in cilji diplomske naloge.....	1
2 ENERGIJSKO VARČNA GRADNJA IN DEFINICIJA SKORAJ NIČ-ENERGIJSKE STAVBE 2	
3 ZAKONODAJA.....	4
3.1. Gradbeni zakon (GZ)	5
3.1.1. PURES 2010	5
3.1.1.1. Tehnična smernica TSG-1-044:2010 Učinkovita raba energije.....	7
3.2. Energetski zakon (EZ-1)	7
3.2.1. Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES).....	7
3.3. Zakon o varstvu okolja (ZVO-1).....	8
4 ORODJA IN METODE	8
4.1. Opis obravnavane stavbe.....	9
4.2. Potek dela in programsko orodje.....	11
5 PREDLOG SKORAJ NIČ-ENERGIJSKE ZASNOVE.....	11
5.1. Toplotni ovoj stavbe.....	11
5.2. Ogrevanje	20
5.3. Prezračevanje	21
6 ENERGIJSKA ANALIZA.....	22
6.1. Vhodni podatki.....	22
6.2. Vplivi stavbnega ovoja na analizo.....	23
6.2.1. Komentar rezultatov	27
6.3. Vpliv sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja na analizo.....	27
6.3.1. Komentar rezultatov	35
7 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	36
7.1. Komentar rezultatov	41
8 ZAKLJUČEK.....	42
VIRI.....	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer delovanja prezračevalne naprave v pasivni hiši	3
Slika 2: Izraba sončne energije v plus energijskih hišah	4
Slika 3: Hierarhija uporabljenih zakonodaj	5
Slika 4: Lega obravnavane stavbe, Slika 5: Okolica obravnavane stave.....	9
Slika 6: Poslovni objekt Šampionka	10
Slika 7: Tloris pritličja.....	10
Slika 8: Tloris prvega nadstropja	10
Slika 9: Tloris drugega nadstropja.....	10
Slika 10: Zasnova konstrukcijskega sklopa strehe	12
Slika 11: Zasnova konstrukcijskega sklopa tal na terenu	13
Slika 12: Zasnova konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži.....	15
Slika 13: Zasnova konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži	16
Slika 14: Zasnova konstrukcijskega sklopa medetažnih tal	17
Slika 15: Brisoleji podjetja Misteral	19
Slika 16: Princip delovanja toplotne črpalke	20
Slika 17: Princip delovanja naprave za mehansko prezračevanje	22

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnosti elementov konstrukcijskega sklopa strehe.....	12
Preglednica 2: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa strehe in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010.....	13
Preglednica 3: Lastnosti elementov konstrukcijskega sklopa tal na terenu	14
Preglednica 4: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa tal na terenu in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010	14
Preglednica 5: Lastnosti materialov konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži.....	15
Preglednica 6: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010	16
Preglednica 7: Lastnosti materialov konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži	16
Preglednica 8: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010.....	17
Preglednica 9: Lastnosti materialov konstrukcijskega sklopa medetažnih tal	18
Preglednica 10: Izbira oken in njihova toplotna prehodnost.....	19
Preglednica 11: Podatki o namembnosti in velikosti prve etaže	23
Preglednica 12: Podatki o namembnosti in velikosti druge etaže	23
Preglednica 13: Podatki o namembnosti in velikosti tretje etaže	23
Preglednica 14: Notranji pogoji v obravnavani stavbi	23
Preglednica 15: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 1 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010	24
Preglednica 16: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 1 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010	24
Preglednica 17: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 3 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010	25
Preglednica 18: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 4 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010	25
Preglednica 19: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 5 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010	26
Preglednica 20: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 6 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010	26
Preglednica 21: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda.....	28
Preglednica 22: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010	28
Preglednica 23: Vrednosti Q_p in Q_p/A_u za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES	29
Preglednica 24: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES	29
Preglednica 25: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda.....	29
Preglednica 26: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010.....	30
Preglednica 27: Vrednosti Q_p in Q_p/A_u za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES	30
Preglednica 28: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES	30
Preglednica 29: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin	30

Preglednica 30: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010	31
Preglednica 31: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES	31
Preglednica 32: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES	31
Preglednica 33: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda	31
Preglednica 34: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010	32
Preglednica 35: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES	32
Preglednica 36: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES	32
Preglednica 37: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda	33
Preglednica 38: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010	33
Preglednica 39: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES	33
Preglednica 40: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES	33
Preglednica 41: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin	34
Preglednica 42: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010	34
Preglednica 43: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES	34
Preglednica 44: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES	34
Preglednica 45: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha	36
Preglednica 46: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha	37
Preglednica 47: Vrednosti W_f , W_{OVE} in W_{PLIN} za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha	37
Preglednica 48: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrite toliko strehe, da je izpolnjena zahteva iz AN sNES	38
Preglednica 49: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha	39
Preglednica 50: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrite toliko strehe, da je izpolnjena zahteva iz AN sNES	39
Preglednica 51: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha	40
Preglednica 52: Vrednosti W_f , W_{OVE} in W_{PLIN} za kombinacijo 6 in ogrevanjem s kondenzacijskim kotlom, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha	41

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava rezultatov vpliva stavbnega ovoja na analizo.....	27
Grafikon 2: Primerjava rezultatov vpliva sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode na analizo	35
Grafikon 3: Razmerje med W_f in W_{PLIN} za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin	38
Grafikon 4: Razmerje med W_f in W_{PLIN} za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin	41

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

OVE	obnovljivi viri energije
n_{50}	zrakotesnost [h^{-1}]
Ψ	notranja linijska toplotna prehodnost [W/mK]
H'_T	koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe [$\text{W/m}^2\text{K}$]
T_L	povprečna letna temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}\text{C}$]
z	brezdimenzijsko razmerje med površino oken (gradbena odprtina) in površino toplotnega ovoja stavbe
f_0	faktor oblike [$1/\text{m}$]
Q_{NH}	dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe [kWh]
Q_{NC}	dovoljen letni potreben hlad za hlajenje stavbe [kWh]
Q_p	letna primarna energija za delovanje sistemov v stavi [kWh]
Q_{ove}	toplota iz obnovljivih virov energije [kWh]
Q_W	dovoljena letna potrebna toplota za toplo vodo [kWh]
$Q_{f,h}$	dovedena toplota za ogrevanje [kWh]
$Q_{f,w}$	dovedena toplota za toplo vodo [kWh]
$Q_{f,c}$	doveden hlad za hlajenje [kWh]
A_u	kondicionirana površina stavbe [m^2]
V_e	kondicionarna prostornina stavbe [m^3]
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 i [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	toplotna prehodnost [$\text{W/m}^2\text{K}$]
U_g	toplotna prehodnost zasteklitve [$\text{W/m}^2\text{K}$]
U_f	toplotna prehodnost okvirja [$\text{W/m}^2\text{K}$]
U_w	toplotna prehodnost okna [$\text{W/m}^2\text{K}$]
F_d	faktor dnevne osvetlitve
F_0	faktor zasedenosti prostorov

W_f potrebna električna energija za delovanje stavbe (kWh/a)

W_{OVE} elektrika iz obnovljivih virov energije v W_f

1 UVOD

V zadnjih letih se potreba po obnovljivih virih energije (v nadaljevanju OVE) in energijsko učinkovitih stavbah eksponentno povečuje. S tem želimo zmanjšati porabo fosilnih goriv, ki so eni glavnih krivcev za podnebne spremembe in onesnaževanje našega planeta [1]. Zemeljska atmosfera deluje kot topla greda, ki prepušča sončno sevanje ter do določene mere preprečuje dolgovalovnemu toplotnemu sevanju, da bi to izstopilo iz nje. S tem se ustvarijo pogoji, ki zmanjšujejo dnevno nočno nihanje temperatur na zemlji, to pa omogoča primernejše pogoje za življenje. Prisotnost toplogrednih plinov v ozračju samo po sebi ni problem, saj nam le-ti omogočajo ohranjanje konstantne temperature na Zemljinem površju. Z izgorevanjem fosilnih goriv pride v atmosferi do koncentracije toplogrednih plinov (največ CO₂), kar pa lahko povzroči podiranje razmerja med prejetim in oddanim sevanjem in je zato v ozračju ulete več toplote. CO₂ namreč vpije del izhajajočega dolgovalovnega sevanja in s tem povzroča globalno segrevanje planeta [2] [3].

Uporaba fosilnih goriv – premog, nafta in plin, se je skozi zgodovino, predvsem zaradi industrializacije, rasti prebivalstva in hitrega gospodarskega razvoja, neprestano povečevala. Energija pridobljena iz teh goriv predstavlja skoraj 65 % vse pridobljene energije [3]. V današnjem svetu nam grozi velika nevarnost, da bomo ostali brez njih, saj jih trošimo veliko hitreje kot le-ta nastajajo. Prav tako so fosilna goriva na voljo le določenim državam (večinoma državam na Bližnjem vzhodu), ki lahko tako določajo njeno ceno in distribucijo. Zaradi strahu pred celotno izrabo fosilnih goriv in osveščenosti o globalnem segrevanju, je želja po uporabi obnovljivih virov za zagotavljanje energije v energijsko učinkovitih stavbah v zadnjem desetletju vedno večja [1].

Na območju Evropske unije (v nadaljevanju EU), stavbe predstavljajo kar 40 % skupne rabe energije. Del te energije je potreben za izdelavo materialov oziroma gradiv, transport in skladiščenje teh materialov, grajenje itd., ostalo pa prispeva ogrevanje, hlajenje, delovanje raznih naprav in osvetljevanje stavb. Stavbe povzročijo tudi 35 % vseh emisij CO₂ v okolje. Z večanjem povpraševanja po grajenju novih objektov, pa se ta delež z leti le povečuje. V gradbeništvu je prva rešitev za zmanjšanje izpustov CO₂ energijsko varčna gradnja in s tem povečevanje števila energijskih prenov starejših oziroma energijsko neustreznih stavb tako, da bodo zadostovale zdajšnjim zahtevam, nove stavbe pa graditi tako, da bodo ustrezale pogojem skoraj nič-energijskih stavb (v nadaljevanju sNES). Z namenom, za zmanjšanje energetske odvisnosti EU in emisij toplogrednih plinov, je EU leta 2018 sprejela prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb, ki predlaga državam članicam, da same določijo dodatne zakone, na podlagi katerih bodo izvajale ukrepe, ki jih direktiva zahteva. Slovenija je uvedla tri zakone, ki so natančneje opisani v naslednjih poglavjih [4]. S temi ukrepi in zahtevami evropske podnebno-energetske politike se je EU zavezala, da bo do leta 2030 za vsaj 40 % zmanjšala izpuste toplogrednih plinov glede na raven iz leta 1990, za 32.5 % povečala učinkovito rabo energije in povečala delež pridobljene energije iz obnovljivih virov na 37 % [5]. Na temo skoraj nič-energijskih stavb je bilo tako pri nas kot tudi v tujini izdelano kar nekaj študij, ki pa imajo vse enak cilj oziroma sklep. Vse se zavedajo pomembnosti zmanjševanja obremenitve narave in zato poskušajo s takšnimi ali drugačnimi ukrepi zagotoviti čim boljšo energijsko učinkovitost tako novogradenj kot tudi prenov starejših stavb. Določeni ukrepi so predlagani tudi v nadaljevanju te naloge [6].

1.1. Namen in cilji diplomske naloge

Namen naloge je bil, na primeru zasnove novogradnje nestanovanjskega poslovnega objekta Šampionka, ki je bil predlagan s strani podjetja Studio Bonutti, Ines Bonutti s.p., preveriti kakšne so možnosti za doseg zahtev skoraj nič-energijske stavbe (v nadaljevanju sNES) po slovenski zakonodaji, ki se nanaša na direktivo EPBD, sprejeto s strani EU. Cilj naloge je z gradbenimi načrtovalskimi ukrepi

in predlaganimi ukrepi za izkoriščanje obnovljivih virov doseči ta namen oziroma zahteve sNES na omenjenem objektu.

2 ENERGIJSKO VARČNA GRADNJA IN DEFINICIJA SKORAJ NIČ-ENERGIJSKE STAVBE

Do nedavnega je za sNES veljala vsaka stavba, ki je za ogrevanje in hlajenje porabila 60 % manj energije kot tista zgrajena po takratnih standardih. Takšno učinkovitost je lahko dosegla že z običajnimi gradbenimi materiali in tehnologijami. Danes se zahteve zaostrejejo, hkrati pa lahko z odkrivanjem novih materialov in tehnologij gradnje dosegamo veliko bolj energijsko učinkovite stavbe ter z njimi zmanjšamo vpliv na okolje [7]. K doseganju takšnih učinkovitosti v največji meri pripomore izboljšava toplotne izolativnosti stavbe, ki zmanjša toplotno prehodnost, nevarnost za nastanek toplotnih mostov in posledično tudi izgube energije. V te ukrepe spada tako povečava debeline ali kakovosti toplotne izolacije kot tudi izboljšava kakovosti oken. Predvsem je pomemben način vgradnje oken, ki zahteva skrbno načrtovanje in natančno izvedbo. Pomemben faktor za zagotavljanje energijske varčnosti je tudi zrakotesnost, s katerim povečamo odpornost proti gradbenim poškodbam in preprečimo prehod mrzlega ali toplega zraka iz zunanosti v notranjost stavbe in obratno. Posledica dobre toplotne zaščite in zrakotesnosti je nujna vgradnja naprav za prisilno prezračevanje, ki v ravno pravi meri dovajajo zrak in tako vračajo toploto izrabljenega zraka iz prostorov nazaj v stavbo [8].

Način gradnje z upoštevanjem zgoraj navedenih fokusnih področji nam omogoča manjšo rabo energije ter s tem manjše stroške bivanja, podaljšanje same življenjske dobe stavbe in pripomorejo k bolj zdravemu in udobnemu bivalnemu okolju. Stavbe zgrajene na takšen način uvrščamo med energijsko varčne stavbe in jih ločimo na podlagi količine uporabljene energije, materialu, ki ga uporabimo pri gradnji, načinu ogrevanja, obratovanju zgradbe in ceni izgradnje [9].

V nadaljevanju je opisanih več kategorij energijsko varčnih stavb, ki sta jih doc. dr. Mitja Košir in Matjaž Valenčič opisala v članku Priročnika Dom za družine z naslovom Energijsko varčna hiša [10]. Kot dodatne vire, sem se skliceval tudi na knjigo Martine Zbašnik Senegačnik z naslovom Pasivna hiša [8] in knjigo Manje Kitek Kuzman z naslovom Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji [11].

Sodobna stanovanjska hiša

Sodobna stanovanjska hiša mora ustrezati zahtevam slovenskega Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010). Te zahteve se navadno lahko doseže že z relativno dobro toplotno izolacijo netransparentnega stavbnega ovoja. Veljati mora, da je letna raba energije za ogrevanje manjša od 50 - 35 kWh/m², pri tem velja, da čim nižje je energijsko število, tem boljša je toplotna zaščita zgradbe.

Nizkoenergijska hiša

Nizkoenergijska hiša letno potrebuje za ogrevanje največ 35 kWh/m². To vrednost se doseže z ustrezno toplotno izolacijo, ustreznim zrakotesnim ovojem zgradbe (zrakotesnost nizkoenergijske hiše je $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$), ustrezno zasteklitvijo (potrebna so okna z toplotnoizolacijskim steklom) in pravilno orientacijo stavbe. Poleg tega so potrebni tudi standardni konvencionalni ogrevalni sistemi in grelna telesa. Prezračevanje se v stavbi izvaja prisilno (po notranjem razdelilnem sistemu oziroma s prezračevalno napravo), izrabljen zrak pa se iz zgradbe odvaja in se ga ne uporabi za ponovno ogrevanje.

Pasivna hiša

Letna potrebna toplota za ogrevanje pasivne hiše ne sme presegati 15 kWh/m^2 , prav tako mora vrednost zrakotesnosti biti $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$. Tako nizko rabo energije se lahko doseže s kombinacijo gradbenih (ustrezno toplotno izolacijo – konstrukcija je izvedena brez toplotnih mostov oziroma velja $\Psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$) in instalacijskih ukrepov (potrebno toploto za ogrevanje se zagotovi brez običajnih ogrevalnih sistemov ali klimatskih naprav – radiatorji, talno gretje itd. niso potrebni, ampak s prezračevalno napravo, ki deluje na podlagi vračanja oziroma rekuperacije izrabljenega zraka – toplozračno ogrevanje). Primer delovanja prezračevalne naprave in premikanje toplega in hladnega zraka oziroma njegovo izrabljanje je prikazano na sliki 1. Primanjkljaj energije se lahko pridobi tudi s pomočjo sončnih kolektorjev.



Slika 1: Primer delovanja prezračevalne naprave v pasivni hiši

(vir: <https://www.marles.com/hise/tehnice-vsebine/energetski-sistemi/pasivna-hisa>)

Nič-energijska hiša

Nič-energijska hiša je sposobna proizvesti toliko energije kolikor jo porabi na letni ravni. Iz tega sledi, da je njena letna bilanca energije za oskrbo enaka 0 kWh/m^2 . Kljub temu, pa so nič-energijske stavbe priključene na javno energetska omrežje, saj poletni presežek električne energije oddajo v javno omrežje in jo nato pozimi, ko energije primanjkuje, ponovno izkoriščajo. Stavba nima konvencionalnega ogrevalnega sistema in za proizvodnjo elektrike izrablja aktivno in pasivno sončno energijo. Takšne stavbe so v določenih klimah zelo težko izvedljive (to velja tudi za slovensko klimo), saj sončni kolektorji in naprave za izrabljanje vetrne energije v poletnih mesecih niso sposobne proizvesti toliko elektrike, da bi ta zadostovala za primanjkljaj v zimskih mesecih [7].

Skoraj nič-energijska hiša

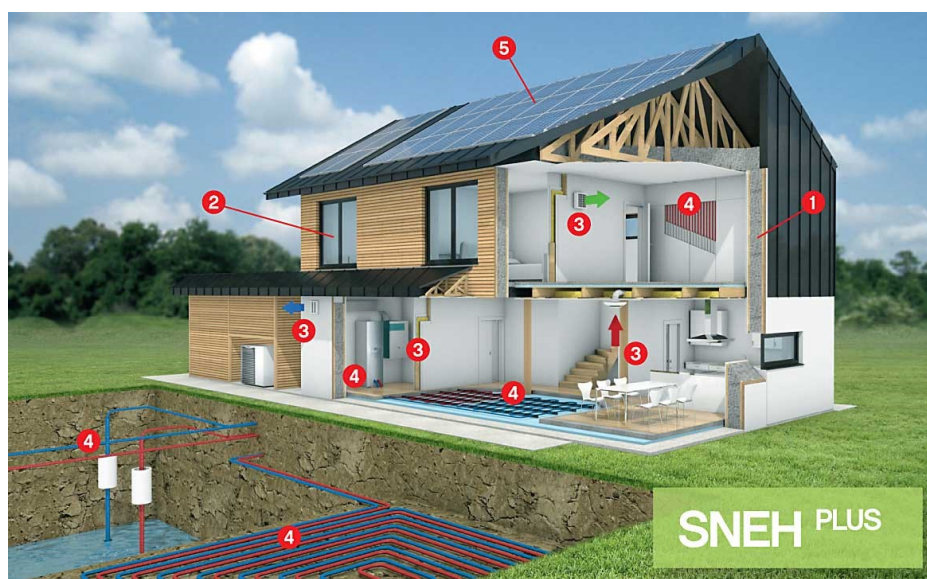
Po prenovljeni evropski direktivi o energetske učinkovitosti stavb – Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta [4], je skoraj nič-energijska stavba določena kot stavba z zelo visoko energijsko učinkovitostjo. Hkrati mora ta stavba vso oziroma vsaj zelo velik delež potrebne energije pridobiti iz

obnovljivih virov, proizvedeno na kraju samem ali v bližini. Energijo stavba potrebuje za njeno ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo, razsvetljavo, ali kombinacijo le-teh.

V Akcijskem načrtu za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (v nadaljevanju AN sNES) [12] so podane tudi dovoljene vrednosti letne uporabljene energije za ogrevanje, ki znaša 25 kWh/m^2 , vendar se lahko ta vrednost skladno s PURES 2010 [13], zaradi značilnosti lokacije stavbe in oblikovnega faktorja stavbe, ustrezno prilagodi. Omejena je tudi največja vrednost primarne energije stavbe. Njena dovoljena količina je odvisna od vrste stavbe (enostanovanjske stavbe, večstanovanjske stavbe in nestanovanjske stavbe) ter ali gre za novogradnjo ali le za rekonstrukcijo obstoječega objekta. Poleg tega mora biti delež energije pridobljene iz obnovljivih virov za vse vrste stavb vsaj 50 %.

Plus energijska hiša

Plus energijska hiša je stavba, katere je energijska učinkovitost tako dobra, da je sposobna proizvesti, s sistemi za pridobivanje obnovljivih virov energije, več energije, kot jo potrebuje za letno uporabo in je tako energijsko samozadostna hiša. Višek energije odda v javno električno omrežje. Potrebno električno energijo pridobiva s pomočjo sončnih celic in manjših vetrnih generatorjev (slika 2). Ker je prostor in razpoložljiv denar za vgradnjo teh naprav navadno omejen, imajo takšne stavbe izjemno dober stavbi ovoj, zaradi katerega je tudi sama poraba energije majhna.



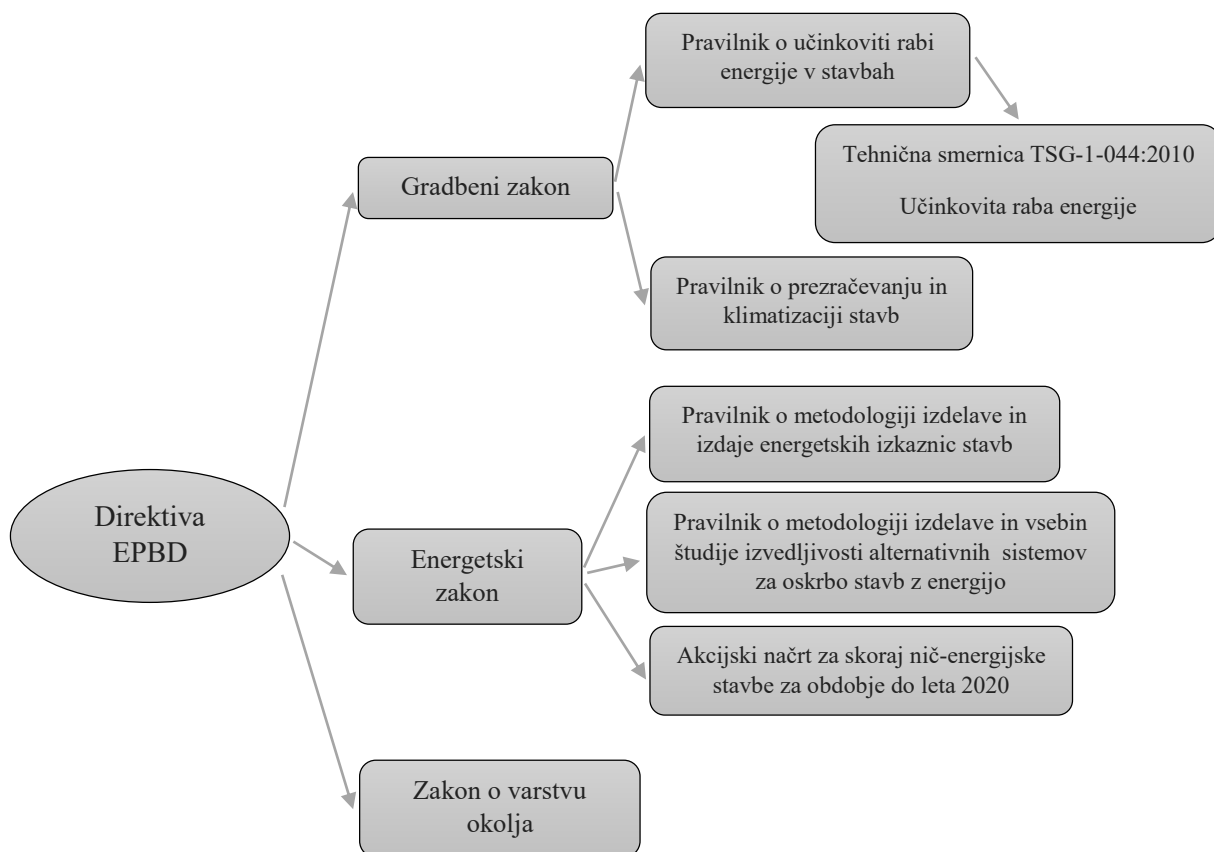
Slika 2: Izraba sončne energije v plus energijskih hišah

(vir: <https://www.lumar.si/clanek/plus-energijska-hisa-lumar>)

3 ZAKONODAJA

Direktiva o energetske učinkovitosti stavb je bila sprejeta že 16. decembra 2002 (direktiva EPBD 2002/91/ES), a smo 19. maja 2010 dobili popolnoma prenovljeno in novo direktivo (direktiva EPBD 2010/31/ES). Evropski parlament in Svet Evropske unije sta bila namreč mnenja, da prvotna direktiva ni več ustrezala takratnim zahtevam in je potrebna prenove oziroma zaostrojitve zahtev [4]. Najnovejša direktiva je stopila v veljavo 30. maja 2018 (direktiva (EU) 2018/844) [14] in zaradi želje po strožjih zahtevah in ukrepih prenavlja oziroma dopolnjuje direktivo iz leta 2010. Glavna novost revidirane

direktive iz leta 2018 je pospešitev stroškovno učinkovite prenove obstoječih stavb in spodbujanje pametnih tehnologij v stavbah. Splošen namen vseh zgoraj naštetih direktiv, pa je ob upoštevanju različnih podnebnih in lokalnih pogojev izboljšati energijsko učinkovitost stavb. Poleg tega nam direktive podajo tudi metodološki okvir na podlagi katerega lahko ob upoštevanju primernih standardov izračunamo energetske učinkovitosti stavb [14].



Slika 3: Hierarhija uporabljenih zakonodaj

Na sliki 3 je prikazana hierarhija zakonov, ki so bili na podlagi direktive EPBD vpeljani v slovenski pravni red. Posamezni zakoni, ki jih bom v nalogi uporabil so opisano v nadaljevanju.

3.1. Gradbeni zakon (GZ)

Gradbeni zakon je prišel v uporabo 1. junija 2018 in nadomešča, sedaj že neveljaven, Zakon o graditvi objektov. V podzakonskih aktih tega zakona so določene metode izdelave energijske analize stavbe, prav tako nam ti akti podajajo mejne dovoljene vrednosti oziroma zahteve, ki jih morajo novogradnje in obnove obstoječih objektov upoštevati. Na podlagi 123. člena je minister za okolje in prostor podaljšal veljavnost izvršilnih predpisov, ki so bili izdani že po okriljem Zakona o graditvi objektov. Med drugim se je podaljšala veljavnost PURES 2010 in Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Še vedno je v uporabi tudi Tehnična smernica TSG-1-044:2010 Učinkovita raba energije [15].

3.1.1. PURES 2010

Na podlagi 10. člena Zakona o graditvi objektov [16] je 1. 7. 2010 začel veljati PURES 2010 [13]. Pravilnik nam določa pogoje, ki morajo biti izpolnjeni za zagotovitev učinkovite rabe energije v stavbah. Med pogoje spada arhitekturna zasnova, ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, priprava tople vode in razsvetljevanje stavbe. Prav tako predpisuje zagotavljanje lastnih obnovljivih virov in nam določa metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavb.

V spodnjih točkah so opisane mejne vrednosti učinkovite rabe energije, ki so določene v 7. členu PURES 2010. Če so v stavbi izpolnjeni vsi navedeni pogoji, je energijska učinkovitost stavbe dosežena.

- *Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe*

$$H'_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4} \quad (1)$$

$$H'_T \left(\frac{W}{m^2 K} \right) = \frac{H_T}{A} \quad (2)$$

Pri tem se upošteva: če je $f_0 < 0,2$ je $f_0 = 0,2$ oziroma če je $f_0 > 1,0$ je $f_0 = 1,0$.

- *Dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe*

Enačbe se ločijo na podlagi namembnosti objekta in sicer na:

- stanovanjske stavbe: $Q_{NH}/A_u \leq 45 + 60 f_0 - 4,4 T_L$ (kWh/(m²a)) (3)

- nestanovanjske stavbe: $Q_{NH}/V_e \leq 0,32 (45 + 60 f_0 - 4,4 T_L)$ (kWh/(m³a)) (4)

- javne stavbe: $Q_{NH}/V_e \leq 0,29 (45 + 60 f_0 - 4,4 T_L)$ (kWh/(m³a)) (5)

- *Dovoljen letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC} stavbe*

- stanovanjske stavbe: $Q_{NC}/A_u \leq 50$ kWh/(m²a) (6)

- nestanovanjske stavbe: ni predpisan

- javne stavbe: ni predpisan

- *Letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi Q_p*

- stanovanjske stavbe: $Q_p/A_u = 200 + 1,1 (60 f_0 - 4,4 T_L)$ kWh/(m²a) (7)

- nestanovanjske stavbe: ni predpisana

- javne stavbe: ni predpisana

PURES 2010 nam določa tudi minimalni delež pridobljene energije iz obnovljivih virov. Za doseganje energijske učinkovitosti tako velja, da mora stavba poleg zahtev iz 7. člena pridobiti tudi vsaj 25 % celotne končne energije iz OVE ali, če energijo pridobi na enega od naslednjih načinov: najmanj 25 % iz sončnega obsevanja, najmanj 30 % iz plinaste biomase, najmanj 50 % iz trdne biomase, najmanj 70 % iz geotermalne energije, najmanj 50 % iz toplote okolja, najmanj 50 % iz naprav SPTE (naprave za sproizvodnjo toplote in električne energije) ali če je stavba vsaj 50 % oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja.

3.1.1.1. Tehnična smernica TSG-1-044:2010 Učinkovita raba energije

Tehnična smernica je v ZGO-1 definirana kot: "dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredijo natančnejša opredelitev bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje, izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov oziroma materialov, ki se smejo vgrajevati, ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe, kadar je to primerno, pa tudi postopki, po katerih je mogoče ugotoviti, ali so takšne zahteve izpolnjene."

Smernica nam podaja zahteve, ki jih mora objekt upoštevati za zagotovitev minimalnih vrednosti direktive o energetske učinkovitosti stavb v EU. Med zahteve spada arhitekturna zasnova, toplotna zaščita, ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in razsvetljava. Smernica nam podaja tudi metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe. Za posamezni fasadni pas ter okna nam predpisuje maksimalne vrednosti U faktorja, na podlagi katerega lahko določimo potrebno debelino toplotne izolacije oziroma ustrezno zasteklitev. Z izvajanjem zadostnega stavbnega ovoja se izognemo nastajanju toplotnih mostov, ki so v smernici omejeni na $\Psi \leq 0,2 \text{ W/(mK)}$. Če je ta vrednost presežena moramo zagotoviti, da na mestu toplotnega mostu ne bo prišlo do kondenzacije vodne pare [17].

3.2. Energetski zakon (EZ-1)

Energetski zakon je začel veljati dne 22. 3. 2014. Z namenom za zagotovitev varne, zanesljive in dostopne oskrbe z energijo določa načela energetske politike. Glavna vsebina zakona je določanje oblike izvajanja gospodarskih javnih služb na področju energetike, načela zanesljive oskrbe z energijo, ukrepe za učinkovito rabo energije in ukrepe za spodbujanje energije iz obnovljivih virov. Poleg tega določa tudi pogoje za obratovanje energetskih naprav in podaja pristojnosti za njihovo kontrolo. Ministrstvo, pristojno za energijo, je v 26. členu tega zakona sprejelo več akcijskih načrtov, z namenom za izpolnjevanje strategij in programov podanih s strani EU. Med drugim je bil izdelan tudi akcijski načrt za sNES [18].

3.2.1. Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES)

AN sNES [12] predstavlja programe in ukrepe za doseganje zahtev direktive EPBD o zagotovitvi sNES. Podaja nam tudi kadrovske in finančne načrte ter tako spodbuja gradnjo novih sNES in sanacijo obstoječih stavb v sNES.

V AN sNES je sNES definirana kot: "stavba 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." Za doseganje takšne učinkovitosti nam AN sNES določa zahteve glede največje dovoljene toplote za ogrevanje, največje dovoljene vrednosti primarne energije na enoto kondicionarne površine na leto in določa minimalni delež OVE. Vsi naštet dejavniki so opisani v spodnjih alinejah.

- *Največja dovoljena toplota za ogrevanje stavbe*

Ne sme presegati vrednosti $Q_{NH}=25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, a se lahko ta vrednost, na podlagi PURES 2010 in upoštevanjem klimatskih značilnosti ter oblike stavbe, ustrezno prilagodi.

- *Največja dovoljena vrednost primarne energije na enoto kondicionirane površine na leto*

Vrednost je odvisna od vrste gradnje (novogradnja ali večja rekonstrukcija) in tipa objekta (enostanovanjske, večstanovanjske ali nestanovanjske stavbe). V spodnjih alinejah so prikazane vrednosti za novogradnje:

- enostanovanjske stavbe: 75 kWh/m²a
 - večstanovanjske stavbe: 80 kWh/m²a
 - nestanovanjske stavbe: 55 kWh/m²a
- *Najmanjši dovoljen delež OVE*

Za vse tipe stavb je predpisano, da morajo vsaj polovico vse potrebne energije pridobiti iz obnovljivih virov. Za doseganje takšnega deleža se upošteva energijo proizvedeno na stavbi sami ali v njeni bližnji okolici in energijo proizvedeno drugje, ki se jo nato do stavbe dovede. Poleg tega moramo oddano energijo obnovljivega izvora, ki je nastala izven območja presoje, od skupnega deleža odšteti. Tako lahko delež obnovljivih virov energije v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe izračunamo po enačbi (8).

$$RER = \frac{\Sigma iE_{ren,site,i} - \Sigma iE_{exp,i}^{ren} + \Sigma iE_{del,ren,i}}{\Sigma iE_{ren,site,i} - \Sigma iE_{exp,i}^{ren} + \Sigma iE_{del,ren,i} + \Sigma iE_{del,nren,i} - \Sigma iE_{exp,i}} \quad (8)$$

3.3. Zakon o varstvu okolja (ZVO-1)

Zakon o varstvu okolja je začel veljati 7. 5. 2004 in želi z varovanjem okolja ohraniti zdravo in kakovostno okolje za človekovo življenje. Zakon nam določa cilje s katerimi želi zmanjšati obremenitev okolja in s tem ohraniti njegovo kakovost, zmanjšati rabo energije in povečati uporabo obnovljivih virov, povečati snovno učinkovitost proizvodnje in potrošnje itd. Za zagotavljanje teh ciljev spodbuja razvoj in uporabo tehnologij, ki pripomorejo k zmanjšanju obremenitve okolja ter tudi uvaja plačevanje onesnaževanja in rabe naravnih virov [19].

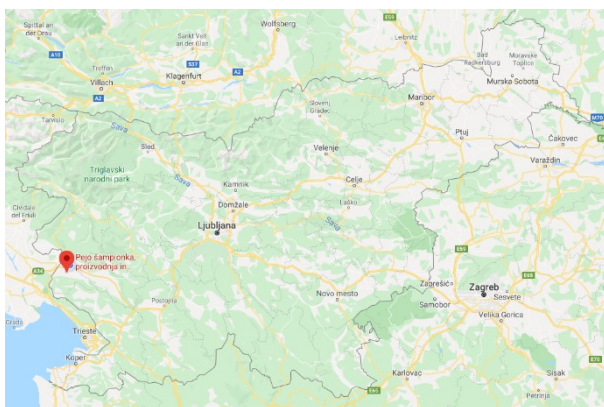
4 ORODJA IN METODE

V nalogi bodo predstavljeni vsi potrebni ukrepi, tako na nivoju ovoja stavbe kot tudi na nivoju uporabe stavbe, ki jih določa Direktiva o energetske učinkovitosti stavb za zagotovitev sNES na omenjenem objektu. Med ukrepe spada:

- oblikovanje ustreznega toplotnega ovoja stavbe, ki bo zadostoval pogojem o maksimalni dovoljeni vrednosti toplotne prehodnosti po TSG-1-044:2010,
- optimizacija objekta, da bo potrebna toplota za ogrevanje stavbe pod maksimalno dovoljeno po PURES 2010,
- optimizacija objekta, da bo potreben hlad za hlajenje stavbe pod maksimalno dovoljeno po AN sNES,
- kontrola dovoljene letne primarne energije za delovanje sistemov v stavbi po AN sNES in
- določanje in kontrola primernih načinov za izkoriščanje OVE, za doseganje predpisane vrednosti RER po AN sNES.

4.1. Opis obravnavane stavbe

Za analizo sem obravnaval zasnovo poslovnega objekta podjetja Pejo Šampionka d.o.o. Predviden objekt naj bi se nahajal na naslovu Bukovica 47a v občini Volčja Draga, ki leži v neposredni bližini Nove Gorice in ima koordinate $x=45.900682$, $y=13.672336$. Lega objekta in njena okolica sta vidni iz slike 4 in slike 5. Območje spada pod zaledno submediteransko podnebje, kar pomeni zelo blage zime in poletno vročino z malo dežja. Sprednja stran stavbe gleda proti severovzhodu in tako nima velikih problemov s pregrevanjem v poletnih mesecih. Na območju večkrat pride do pojava močnejše burje, ki lahko v zimskih mesecih vpliva na temperaturo in s tem poveča rabo energije za ogrevanje.



Slika 4: Lega obravnavane stavbe

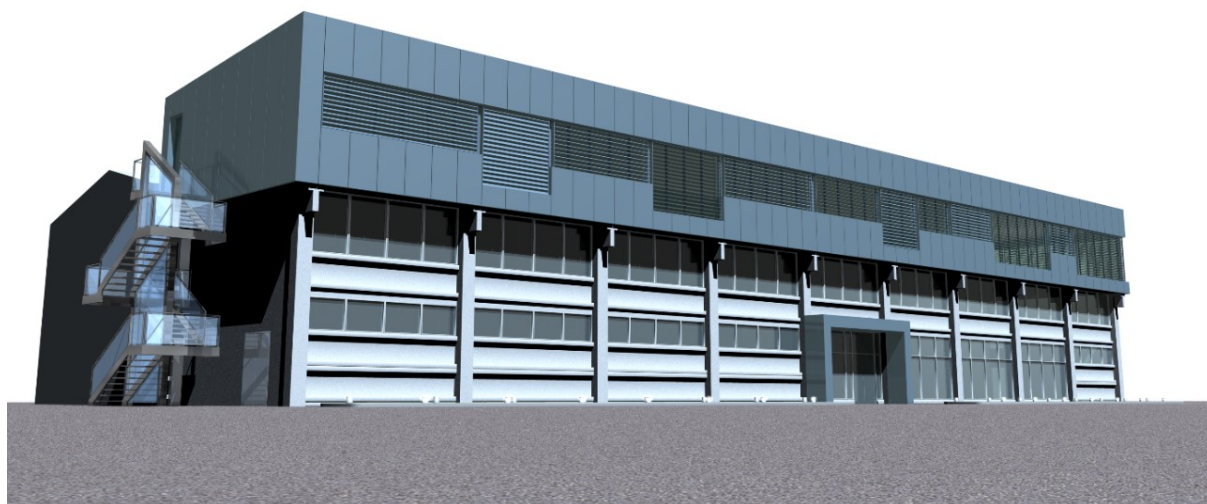


Slika 5: Okolica obravnavane stave

(vir: <https://www.google.com/maps/@46.0957102,14.3784813,9.25z>)

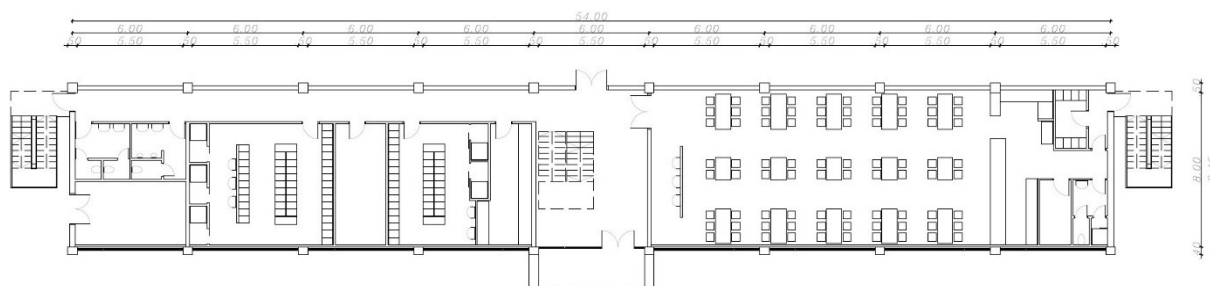
Objekt je nestanovanjski in je sestavljen iz treh nadstropij. Površina posameznega nadstropja je 456,3 m², etažna višina pa se razlikuje glede na namembnost posameznih prostorov oziroma etaž. Stopnišče leži na sredini stavbe, prav tako ima objekt na obeh koncih požarne stopnice, ki segajo do drugega nadstropja. Pritličje (slika 6) je sestavljeno iz dveh delov. Leva stran predstavlja garderobo in kopalnico, ki je namenjena delavcem, na desni pa je menza z veliko jedilnico in nekoliko manjšo kuhinjo. Svetla etažna višina pritličja je 3,5 m. Prvo (slika 7) in drugo (slika 8) nadstropje sta namenjeni pisarniškim prostorom in sejnim sobam. Vsi prostori so orientirani na eno stran in sicer gledajo proti severovzhodu. Na nasprotni strani oken ni, saj je bilo v planu poleg poslovnega objekta zgraditi tudi skladišče, ki bi se z obravnavano stavbo stikalo (na sliki 5 je ta objekt le nakazan v ozadju s temnejšo črno barvo). Pisarne so zaradi različnih namembnosti raznih velikosti in oblik, prav tako se njihova razporeditev glede na etažo razlikuje. Svetla etažna višina pisarn je glede na pritličje nekoliko manjša in znaša 2,75 m.

Nosilna konstrukcija je endoskeletna in sestavljena iz armiranobetonskih stebrov, ki segajo vse do vrha objekta. Stebri so v prvi in drugi etaži dimenzij 50x50 oziroma 50x40 cm. V zadnji, tretji etaži, so stebri nekoliko manjši in imajo dimenzije 30x30 cm. Nenosilna fasadna konstrukcija je v prvih dveh etažah izdelana iz betonskih prefabriciranih elementov (plošč), proizvajalca Pre system, ki se jih pritrujuje neposredno v nosilno konstrukcijo. Elementi so sestavljeni iz dveh betonskih plošč (zunanje debeline 8 cm in notranje debeline 6 cm). Med ploščama je 16 cm debela plast toplotne izolacije (ekspandirani polistiren – EPS). V tretji etaži je fasada izdelana iz samonosilnih stenskih/fasadnih plošč (sendvič paneli) proizvajalca Izoplac, ki so med dvema plastema pločevine zapolnjeni s PUR peno (poliuretansko peno) in so tako že same po sebi toplotno izolativne [20]. Nosilna medetažna in strešna konstrukcija je izdelana po principu armiranobetonske plošče debeline 20 cm. Streha je ravna oziroma minimalnega naklona 5° in pokrita s pločevino.



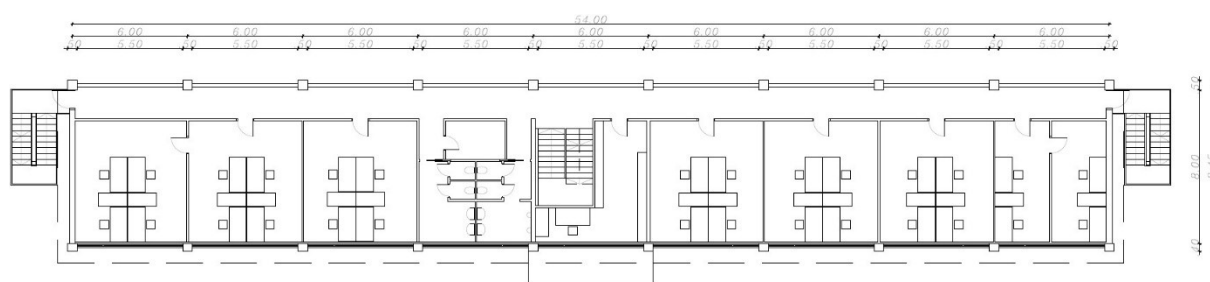
Slika 6: Poslovni objekt Šampionka

(vir: Studio Bonutti, Ines Bonutti s.p.)



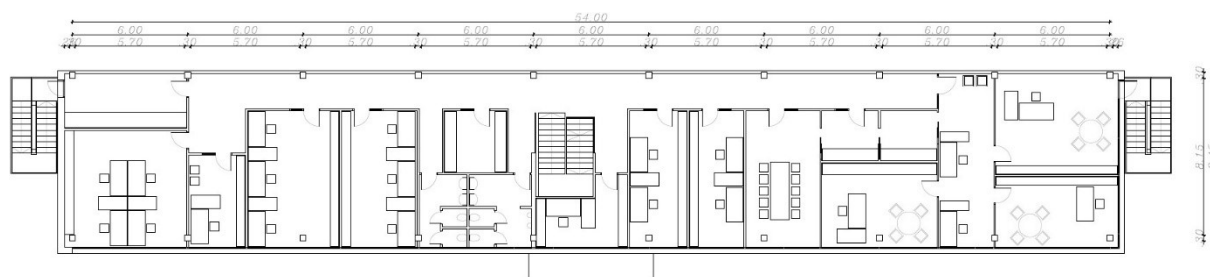
Slika 7: Tloris pritličja

(vir: Studio Bonutti, Ines Bonutti s.p.)



Slika 8: Tloris prvega nadstropja

(vir: Studio Bonutti, Ines Bonutti s.p.)



Slika 9: Tloris drugega nadstropja

(vir: Studio Bonutti, Ines Bonutti s.p.)

4.2. Potek dela in programsko orodje

Diplomska naloga je sestavljena iz dveh delov oziroma dveh analiz. V prvem delu bom zasnoval po 3 posamezne konstrukcijske sklope, pri katerih bom povečeval debelino toplotne izolacije in s tem spreminjal toplotno prehodnost toplotnega ovoja stavbe. Njihov U faktor bom izračunal s programskim orodjem Ubakus [21]. Zasnovani konstrukcijski sklopi morajo dosegati mejne vrednosti toplotnih prehodnosti iz TSG-01-004: 2010. V drugem delu bom s programskim orodjem KI Energija [22] izvedel energijsko analizo obravnavane stavbe in se tako prepričal o ustreznosti prej določenega stavbnega ovoja. S tem bom preveril vrednosti (potrebna toplota za ogrevanje, potreben hlad za hlajenje, potrebna energija za pripravo tople vode in potrebna energija za razsvetljavo stavbe), ki so omejene v PURES 2010. Prav tako bom v programu upošteval pogoj o zagotavljanju vsaj polovice potrebne energije za delovanje stavbe iz obnovljivih virov.

5 PREDLOG SKORAJ NIČ-ENERGIJSKE ZASNOVE

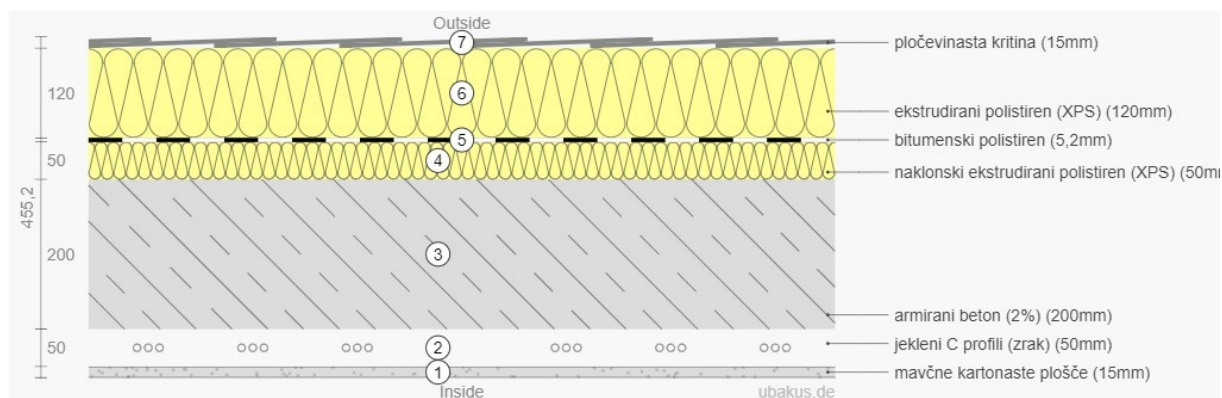
V poglavju bodo prikazane vse rešitve, ki bodo na obravnavanem objektu izvedene in s katerimi bodo zagotovljene zahteve PURES 2010 o skoraj-nič energijskih stavbah. Predlagan bo toplotni ovoj stavbe v katerega spada fasadni pas strehe, tal na terenu, zunanjih sten v vseh treh nadstropjih in medetažnih tal ter tudi okna in njihovo senčenje. Predstavljeni bodo tudi sistemi za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje.

5.1. Toplotni ovoj stavbe

Z ustrezno toplotno zaščito stavbe je potrebno zmanjšati prehod energije skozi toplotni ovoj stavbe, zmanjšati pregrevanje in podhlajevanje stavbe, uravnati difuzijski prehod vodne pare skozi toplotni ovoj stavbe in zagotoviti ustrezno zrakotesnost stavbe. Prav tako je potrebno s projektnimi in gradbenimi ukrepi preprečiti škodo nastalo zaradi morebitnih toplotnih mostov. S tem smo izpolnili enega od pogojev za doseganje energijske učinkovitosti. TSG-1-044:2010 nam tako predpisuje mejne vrednosti toplotne prehodnosti U_{MAX} za gradbene elemente stavb, ki omejujejo ogrevane prostore [17]. Za streho, zunanje stene in tla na terenu so bili v nadaljevanju predlagani po trije konstrukcijski sklopi. Eden, s toliko toplotne izolacije, da bi ta ravno zadostovala za doseg minimalnih zahtev toplotne prehodnosti po TSG-01-004: 2010 (zaporedna številka 1), ostala dva pa s povečano debelino toplotne izolacije (zaporedni številki 2 in 3). Prav tako bosta predlagana dva tipa zasteklitve (okna) z različnimi toplotnimi prehodnostmi. Medetažna tla imajo le en predlagan konstrukcijski sklop, saj so vsi prostori v stavbi enako ogrevani in tako toplotna izolacija tam ni potrebna. Pri izračunih konstrukcijskih sklopov sem upošteval notranje pogoje, ki jih predpisuje TSG-01-004: 2010 in sicer notranjo temperaturo zraka 20 °C in notranjo relativno vlažnost zraka 65 %.

Vhodne podatke (gostota, specifična toplota, toplotna prehodnost in difuzijska upornost vodni pari) za izračun toplotne prehodnosti ter ostale analize s programskim orodjem Ubakus sem črpal neposredno iz omenjenega orodja oziroma za materiale, ki jih v programu ni, iz TSG-01-004: 2010 ali od samega proizvajalca materiala.

Streha



Slika 10: Zasnova konstrukcijskega sklopa strehe

Na sliki 10 je prikazana zasnova konstrukcijskega sklopa strehe. Izdelana je po principu tipične obrnjene ravne strehe, kjer hidroizolacija leži pod toplotno izolacijo in je tako zaščitena pred mehanskimi poškodbami. Minimalni naklon strehe (5°) je dosežen s 5 cm debelo naklonsko toplotno izolacijo iz ekstrudiranega polistirena. Zaključni sloj predstavlja pločevinasta kritina, zato streha ni pohodna. Na notranji strani je izdelan t.i. spuščeni strop, ki ima poleg estetskih in zvočnoizolativnih lastnosti tudi nalogo vodenja vse potrebne napeljave, kot so električni kabli, vodovodne cevi, sistem za prezračevanje, itd. Jekleni C profili so vgrajeni neposredno v armiranobetonsko ploščo, nanje pa se nato pritrdi finalno oblogo iz mavčnih kartonastih plošč.

V preglednici 1 so prikazane dimenzije in toplotne prevodnosti posameznih slojev konstrukcijskega sklopa strehe.

Preglednica 1: Lastnosti elementov konstrukcijskega sklopa strehe

STREHA 1			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	jekleni C profili (zrak)	50	/
3.	armirani beton (2%)	200	2,5
4.	naklonski ekstrudirani polistiren (XPS)	50	0,035
5.	samolepilni bitumenski trak	5,2	0,17
6.	ekstrudirani polistiren (XPS)	120	0,035
7.	pločevinasta kritina	15	0,75
STREHA 2			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	jekleni C profili (zrak)	50	/
3.	armirani beton (2%)	200	2,5
4.	naklonski ekstrudirani polistiren (XPS)	50	0,035
5.	samolepilni bitumenski trak	5,2	0,17
6.	ekstrudirani polistiren (XPS)	160	0,035
7.	pločevinasta kritina	15	0,75
STREHA 3			

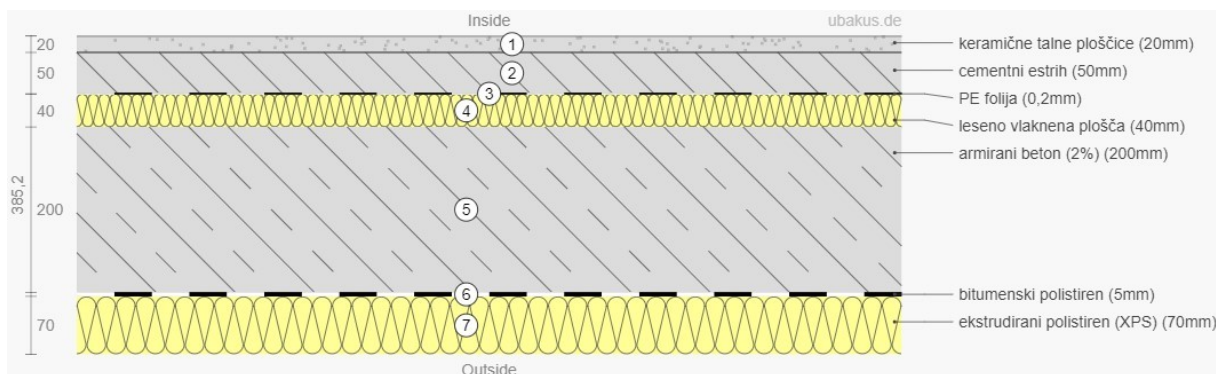
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	jekleni C profili (zrak)	50	/
3.	armirani beton (2%)	200	2,5
4.	naklonski ekstrudirani polistiren (XPS)	50	0,035
5.	samolepilni bitumenski trak	5,2	0,17
6.	ekstrudirani polistiren (XPS)	200	0,035
7.	pločevinasta kritina	15	0,75

Izračunane končne vrednosti toplotnih prehodnosti posameznih slojev so prikazane v preglednici 2, iz katere je razvidno, da vsi konstrukcijski sklopi izpolnjujejo zahteve o maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti po TSG-01-004: 2010. Največja vrednost toplotne prehodnosti je pri strehi 1, saj je tam vgrajene najmanj toplotne izolacije in sicer znaša $0,195 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar ravno zadošča za izpolnitev zahtev. Najmanjša izračunana vrednost toplotne prehodnosti je pri strehi 3 in znaša $0,135 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Preglednica 2: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa strehe in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010

	IZRAČUNANA VREDNOST TOPLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]	NAJVEČJA DOVOLJENA VREDNOST TOPLOTNE PREHODNOSTI U _{MAX} [W/m ² K]
STREHA1	0,195	0,200
STREHA2	0,159	
STREHA3	0,135	

Tla na terenu



Slika 11: Zasnova konstrukcijskega sklopa tal na terenu

Slika 11 prikazuje zasnovo konstrukcijskega sklopa tal na terenu. Na sliki nista prikazani utrjeni nasutji prodca in peska. Prav tako ju pri računu toplotne prehodnosti ne upoštevamo, saj nimata toplotno izolativnih lastnosti. Za preprečevanje širjenja udarnega zvoka po nosilni konstrukciji (armiranobetonski plošči) je izdelan plavajoči pod. Zvočno izolacijo predstavlja lesno vlaknena plošča, ki zaradi svoje strukture absorbira tresljaje nastale zaradi udarjanja trdih predmetov ob tla. Finalna obloga so keramične ploščice.

V preglednici 3 so prikazane dimenzije in toplotne prevodnosti posameznih slojev konstrukcijskega sklopa tal na terenu.

Preglednica 3: Lastnosti elementov konstrukcijskega sklopa tal na terenu

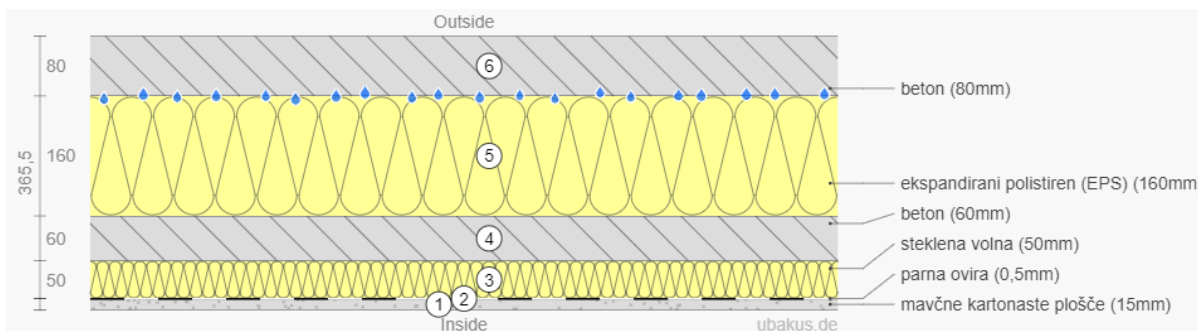
TLA NA TERENU 1			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	keramične talne ploščice	20	1,28
2.	cementni estrih	50	1,4
3.	PE folija	0,2	0,4
4.	leseno vlaknene plošče	40	0,05
5.	armirani beton (2%)	200	2,5
6.	samolepilni bitumenski trak	5	0,23
7.	ekstrudirani polistiren	70	0,04
TLA NA TERENU 2			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	keramične talne ploščice	20	1,28
2.	cementni estrih	50	1,4
3.	PE folija	0,2	0,4
4.	leseno vlaknene plošče	40	0,05
5.	armirani beton (2%)	200	2,5
6.	samolepilni bitumenski trak	5	0,23
7.	ekstrudirani polistiren	100	0,04
TLA NA TERENU 3			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	keramične talne ploščice	20	1,28
2.	cementni estrih	50	1,4
3.	PE folija	0,2	0,4
4.	leseno vlaknene plošče	40	0,05
5.	armirani beton (2%)	200	2,5
6.	samolepilni bitumenski trak	5	0,23
7.	ekstrudirani polistiren	120	0,04

Izračunane končne vrednosti toplotnih prehodnosti posameznih slojev so prikazane v preglednici 4, iz katere je razvidno, da vsi konstrukcijski sklopi izpolnjujejo zahteve o maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti po TSG-01-004: 2010. Največja vrednost toplotne prehodnosti je pri tleh na terenu 1, saj je tam vgrajene najmanj toplotne izolacije in sicer znaša $0,343 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar ravno zadošča za izpolnitev zahtev. Najmanjša izračunana vrednost toplotne prehodnosti je pri tleh na terenu 3 in znaša $0,240 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Preglednica 4: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa tal na terenu in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-I-004: 2010

	IZRAČUNANA VREDNOST TOPLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]	NAJVEČJA DOVOLJENA VREDNOST TOPLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]
TLA NA TERENU 1	0,343	0,350
TLA NA TERENU 2	0,273	
TLA NA TERENU 3	0,240	

Zunanja stena (1. in 2. etaža)



Slika 12: Zasnova konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži

Fasada je v prvi in drugi etaži izdelana iz fasadnih betonskih fasadnih plošč. Na sliki 12 je prikazana zasnova konstrukcijskega sklopa zunanje stene teh etaž. Četrti, peti in šesti material skupaj, na sliki 12, prikazujejo betonske prefabricirane plošče proizvajalca Pre system. Celoten element je sestavljen iz dveh betonskih plošč (notranja debeline 6 cm in zunanja debeline 8 cm) in 16 cm debele plasti toplotne izolacije izdelane iz ekspanziranega polistirena (EPS). Takšne plošče so praviloma narejene za objekte namenjene proizvodnji, zato jim moramo pri poslovnih objektih na notranjo stran vgraditi dodatno plast toplotne izolacije, ki je v tem primeru steklena volna. Finalna obloga so mavčne kartonaste plošče, ki so na nosilno konstrukcijo pritrjene s jeklenimi C profili.

Iz slike 12 je razvidno, da na območju sloja 5 (ekspanzirani polistiren – EPS) in 6 (beton – 80 mm) pride do kondenzacije, ki znaša $0,05 \text{ kg/m}^2$. Ta vrednost ni merodajna, saj ne presega dovoljene iz TSG-01-004: 2010, ki znaša 1 kg/m^2 .

V preglednici 5 so prikazane dimenzije in toplotne prevodnosti posameznih slojev konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži.

Preglednica 5: Lastnosti materialov konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži

ZUNANJA STENA (1. IN 2. ETAŽA) 1			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	PE folija	0,5	0,22
3.	steklena volna	0	0,04
4.	beton	60	2
5.	ekspanzirani polistiren (EPS)	160	0,045
6.	beton	80	2
ZUNANJA STENA (1. IN 2. ETAŽA) 2			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	PE folija	0,5	0,22
3.	steklena volna	50	0,04
4.	beton	60	2
5.	ekspanzirani polistiren (EPS)	160	0,045
6.	beton	80	2
ZUNANJA STENA (1. IN 2. ETAŽA) 3			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21

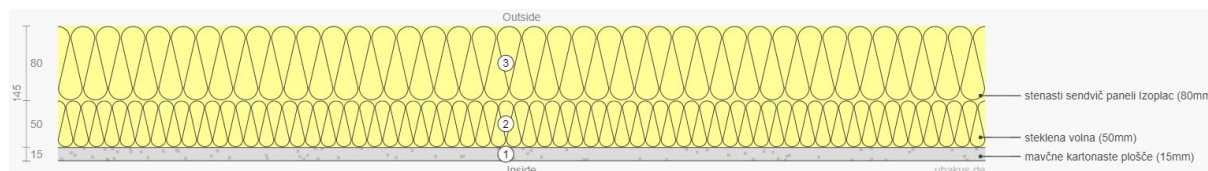
2.	PE folija	0,5	0,22
3.	steklena volna	100	0,04
4.	beton	60	2
5.	ekspandirani polistiren (EPS)	160	0,045
6.	beton	80	2

Izračunane končne vrednosti toplotnih prehodnosti posameznih slojev so prikazane v preglednici 6, iz katere je razvidno, da vsi konstrukcijski sklopi izpolnjujejo zahteve o maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti po TSG-01-004: 2010. Največja vrednost toplotne prehodnosti je pri zunanji steni (1. in 2. etaža) 1, saj je tam vgrajene najmanj toplotne izolacije in sicer znaša $0,258 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar ravno zadošča za izpolnitev zahtev. Najmanjša izračunana vrednost toplotne prehodnosti je pri zunanji steni (1. in 2. etaža) 3 in znaša $0,157 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Preglednica 6: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa zunanje stene v prvi in drugi etaži in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010

	IZRAČUNANA VREDNOST TOPLLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]	NAJVEČJA DOVOLJENA VREDNOST TOPLLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]
ZUNANJA STENA (1. IN 2. ETAŽA) 1	0,258	0,280
ZUNANJA STENA (1. IN 2. ETAŽA) 2	0,195	
ZUNANJA STENA (1. IN 2. ETAŽA) 3	0,157	

Zunanja stena (3. etaža)



Slika 13: Zasnova konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži

V tretji etaži je fasada izdelana iz stenastih sendvič panelov podjetja Izoplac (slika 13). Paneli so samonosilne stenske/fasadne plošče sestavljene iz profilirane pločevine na zunanji in notranji strani ter polnjene s toplotno izolacijo iz PUR pene (poliuretanska pena). Plošče so široke 100 cm in različnih debelin. Za analizo sem si izbral plošče debeline 80 mm in nato za povečevanje toplotnega upora konstrukcijskega sklopa na notranjo stran dodal plast steklene volne. Finalna obloga so mavčne kartonaste plošče, ki so na nosilno konstrukcijo pritrjene s jeklenimi C profili.

V preglednici 7 so prikazane dimenzije in toplotne prevodnosti posameznih slojev konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži.

Preglednica 7: Lastnosti materialov konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži

ZUNANJA STENA (3. ETAŽA) 1			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	steklena volna	0	0,04
3.	stenasti sendvič paneli Izoplac	80	0,021
ZUNANJA STENA (3. ETAŽA) 2			

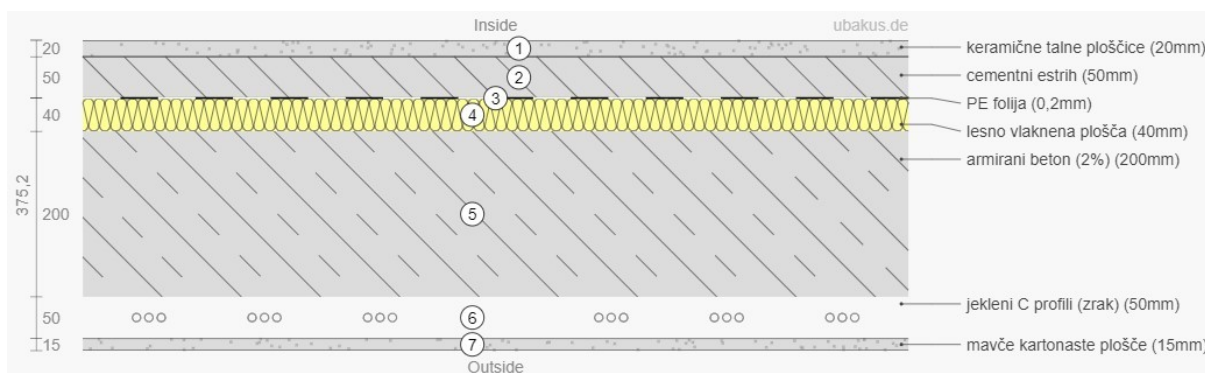
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	steklena volna	50	0,04
3.	stenasti sendvič paneli Izoplac	80	0,021
ZUNANJA STENA (3. ETAŽA) 3			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLOTNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21
2.	steklena volna	100	0,04
3.	stenasti sendvič paneli Izoplac	80	0,021

Izračunane končne vrednosti toplotnih prehodnosti posameznih slojev so prikazane v preglednici 8, iz katere je razvidno, da vsi konstrukcijski sklopi izpolnjujejo zahteve o maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti po TSG-01-004: 2010. Največja vrednost toplotne prehodnosti je pri zunanji steni (3. etaža) 1, saj je tam vgrajene najmanj toplotne izolacije in sicer znaša $0,245 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar ravno zadošča za izpolnitev zahtev. Najmanjša izračunana vrednost toplotne prehodnosti je pri zunanji steni (3. etaža) 3 in znaša $0,152 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Preglednica 8: Vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa zunanje stene v tretji etaži in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz TSG-1-004: 2010

	IZRAČUNANA VREDNOST TOPLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]	NAJVEČJA DOVOLJENA VREDNOST TOPLOTNE PREHODNOSTI U [W/m ² K]
ZUNANJA STENA (3. ETAŽA) 1	0,245	0,280
ZUNANJA STENA (3. ETAŽA) 2	0,187	
ZUNANJA STENA (3. ETAŽA) 3	0,152	

Medetažna tla



Slika 14: Zasnova konstrukcijskega sklopa medetažnih tal

Na sliki 14 je prikazana zasnova konstrukcijskega sklopa medetažnih tal. Za preprečevanje širjenja udarnega zvoka po nosilni konstrukciji (armiranobetonski plošči) je izdelan plavajoči pod. Zvočno izolacijo predstavlja lesno vlaknena plošča, ki zaradi svoje strukture absorbira tresljaje nastale zaradi udarjanja trdih predmetov ob tla. Finalna talna obloga so keramične ploščice. Strop je spuščeni in izdelan iz mavčnih kartonastih plošč, ki se jih pritruje na jeklene C profile.

V preglednici 9 so prikazane dimenzije in toplotne prevodnosti posameznih slojev konstrukcijskega sklopa medetažnih tal. Račun toplotne prehodnosti ni potreben, saj so vsi prostori v stavbi enako ogrevani.

Preglednica 9: Lastnosti materialov konstrukcijskega sklopa medetažnih tal

MEDETAŽNA TLA			
ŠT.	MATERIAL	DEBELINA [mm]	TOPLITNA PREVODNOST [W/(mK)]
1.	keramične talne ploščice	20	1,28
2.	cementni estrih	50	1,4
3.	PE folija	0,2	0,4
4.	leseno vlaknene plošče	40	0,05
5.	armirani beton (2%)	200	2,5
6.	jekleni C profili (zrak)	50	/
7.	mavčne kartonaste plošče	15	0,21

Okna

Za doseganje energijske učinkovitosti je izjemno pomembna izbira ustrezne zasteklitve. Odprtine v stavbnem ovoju (okna, balkonska vrata, vhodna vrata itd.) namreč predstavljajo enega glavnih krivcev za izgube energije v stavbah, vendar se s sodobnimi okni in vrati, ki so energijsko visoko učinkovita, lahko doseže zahteve tehničnih predpisov. Takšna okna nam omogočajo, da v zimskih mesecih prepustijo več sončne energije v prostor kot toplote iz prostora in tako postavljanje grelnih teles v neposredno bližino odprtin ni več potrebno. Pri izbiri oken je pomembno upoštevati njihov razred vodotesnosti, prepustnost zraka na pripirah, toplotno prehodnost, odpornost proti obremenitvam z vetrom, prepustnost energije sončnega sevanja, svetlobno prepustnost in zvočno izolativnost ter tudi način prezračevanja in ceno naložbe [23].

Na obravnavanem objektu je zasteklene površine veliko, prav tako so predvidena okna večjih dimenzij, zato sem se odločil za uporabo oken z aluminijastimi profili. Aluminijasti profili dosegajo boljše mehanske lastnosti in so v primerjavi z drugimi kovinami lažji, zahtevajo manj vzdrževanja (ne rjavijo) in imajo večjo trajnost. Njihova pomanjkljivost je v slabšem toplotnem upor, a se lahko s polnjenjem profilov s toplotno izolativnimi materiali (celulozna vlakna, poliuretanska pena, toplotna izolacija iz lesenih vlaken itd.) doseže želene izolativne vrednosti. Za zasteklitev se običajno uporablja troslojno toplotnoizolacijsko zasteklitev, pri katerih je prostor med stekli zapolnjen z žlahtnimi plini (argonom, kriptonom ali ksenonom). Za preprečevanje prehajanja dolgovalovnega toplotnega sevanja skozi zasteklitev, je na posamezne plasti stekla nanešena zelo tanka plast srebrovih oksidov [10] [23].

Dimenzije oken, na obravnavani stavbi, so odvisne predvsem od namembnosti prostora. V prvi etaži, kjer se nahajata menza in kuhinja, okna segajo po celotni višini stene in so tako 3,5 m visoka. Na nasprotni strani, na mestu garderob, so okna manjša in tako njihova višina znaša le 0,5 m. V drugi etaži imajo okna po celotni dolžini objekta enako višino in sicer so visoka 2 m. Med posamezne nosilne elemente (armiranobetonske stebre) so vgrajene po štiri okna in tako znaša širina enega okenskega okvirja 1,375 m. V tretji etaži so vgrajena okna višine 1,5 m oziroma 2,25 m. Njihova širina je enaka kot v prvi in drugi etaži in znaša 1,375 m.

Izbral sem si dve seriji oken podjetja Aluk in sicer nekoliko slabšo 56I – IWL in serijo 77IW – IWL, ki dosega izjemne izolativne lastnosti [24]. Izbira oken in njihove lastnosti so prikazane v preglednici 10. Mejna vrednost toplotne prehodnosti je v TSG-1-004: 2010 za vertikalna okna z okvirji iz kovin omejena na $U_{MAX} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. V okvir v tretji etaži je vgrajeno steklo s prepustnostjo za sončno sevanje (g

faktor) 52 %, kar pomeni, da prepušča približno polovico sončnega sevanja in ima tako dobro ravnovesje med omogočanjem segrevanja stavbe v zimskih mesecih in preprečevanjem pregrevanja v poletnih mesecih. V prvi in drugi etaži elementov za senčenje ni, zato je potrebno tam vgraditi steklo s nižjo prepustnostjo za sončno sevanje, in sicer znaša ta 42 %.

Preglednica 10: Izbira oken in njihova toplotna prehodnost

SERIJA OKNA	TOPLOTNA PREHODNOST OKVIRJA (U_f) [W/m^2K]	TOPLOTNA PREHODNOST ZASTEKLITVE (U_g) [W/m^2K]	TOPLOTNA PREHODNOST OKNA (U_w) [W/m^2K]
Aluk 56IW - IWL	2,3 - 3,2	0,5	1,2
Aluk 77IW - IWL	1,1 - 1,6	0,5	0,9

Senčenje

Senčila različnih oblik imajo pri doseganju energijske učinkovitosti veliko večji pomen kot le estetki videz, saj lahko z uravnavanjem prehoda toplote zmanjšajo toplotne izgube. Najugodnejše je postavljanje izolativnih senčil, to so senčila polnjena s toplotnoizolacijskim materialom, na zunanjo stran (pred okna), saj bomo le tako preprečili pregrevanje oziroma ohlajanje okenskih zasklilitv. V hladnem delu leta je priporočljivo, da se ponoči senčila zapre, podnevi pa odpre in s tem prepušča, da sončno sevanje pride skozi okna v stavbo. Stekla se lahko namreč podnevi močno segrejejo in nato oddajajo toploto v prostor. Poleti je ravno obratno. Sončno sevanje predstavlja največji doprinos toplote in je zato priporočljivo, da so senčila v tem času zaprta [23].

Na obravnavanem objektu je bila načrtovana uporaba horizontalnih gibljivih brisolejev. To so senčila namenjena senčenju večjih zasteklenih površin, saj so veliko bolj trpežna in kompaktna, pa tudi večja od navadnih klasičnih senčil. Vgrajuje se jih na prej pripravljeno sekundarno nosilno konstrukcijo, ki je glede na tip zgradbe lahko izdelana iz različnih materialov (v našem primeru iz aluminija). Brisoleji lahko poleg funkcije senčenja in dodatne toplotne izolacije pripomorejo tudi k zaščiti fasade stavbe. Ker se jih ne da v celoti odpreti, regulirajo pretok sončne svetlobe v stavbo z vrtenjem posameznih lamel okoli svoje osi [8]. Izbral sem si podjetje Misteral, ki ponuja lamele brisolejev v obliki letalskega krila izdelane iz aluminija in širine 400 milimetrov (slika 16). Odpiranje in zapiranje lamel (vrtenje okoli svoje osi) poteka s pomočjo motornega pogona.

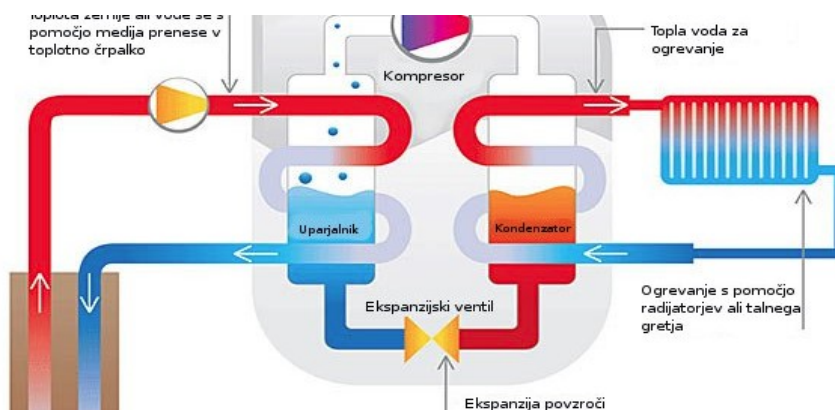


Slika 15: Brisoleji podjetja Misteral

(vir: <https://www.misteral.si/briseoleji>)

5.2. Ogrevanje

SNES za ogrevanje letno ne sme porabiti več kot 25 kWh/m^2 toplotne energije. Tolikšno količino energije se lahko v celoti proizvede s toplotnimi črpalkami in v stavbo ni potrebno vgrajevati dodatnih generatorjev toplote. Toplotna črpalka črpa toploto iz okolice (zemlje, vode in zraka) in jo nato izrablja za ogrevanje prostorov v stavbi. Tako lahko govorimo, da toplotne črpalke delujejo na podlagi OVE, saj je energija, ki jo črpalke izrabljajo, nastala zaradi akumulacije sončne energije v okolici. Novejše toplotne črpalke nam poleg ogrevanja stavbe in sanitarne vode omogočajo v poletnih mesecih tudi hlajenje, saj namesto segrete vode v sistem spuščajo ohlajeno [23].



Slika 16: Princip delovanja toplotne črpalke

(vir: <https://svet-klime.si/o-toplotnih-crpalakah/>)

Princip delovanja toplotne črpalke je prikazan na sliki 16. Deluje na podlagi osnovnih fizikalnih pojavov, kjer se plinu zaradi povišanja tlaka poviša tudi temperatura in obratno, če se zmanjša tlak pade tudi temperatura. Toplotne črpalke so sestavljene iz dveh glavnih delov (naprav). Uparjalnika, kjer se ohlajen zrak upari in segreje s toploto iz okolice in kondenzatorja, kjer segreta vodna para kondenzira in odda toploto ogrevalnemu sistemu. Zrak stisnemo s pomočjo kompresorja in mu tako še dodatno povečamo temperaturo. Za zmanjševanje tlaka in pripravo zraka za ponovno uparjanje, pa uporabljamo t.i. ekspanzijski ventil. Na trgu poznamo več različnih vrst toplotnih črpalk. Ločijo se predvsem na podlagi vrste medija iz katerega črpajo toploto nastalo zaradi sončnega sevanja. Poznamo toplotne črpalke, ki izrabljajo toploto zraka, toploto površinske zemlje, toploto kamnin, toploto podtalnice in toploto površinskih voda [8].

Pri analizi za doseganje zahtev sNES bodo predlagani trije sistemi za ogrevanje, in sicer dve toplotni črpalki in kondenzacijski kotel, katerega poganja plin. Vsi trije sistemi so opisani v spodnjih alinejah:

- Toplotna črpalka, ki izrablja toploto podtalnice

Pred vgradnjo toplotne črpalke, ki izrablja toploto podtalnice je potrebno izvesti geološke preiskave in pridobiti potrebna soglasja, takšen način namreč z ekološkega vidika ni najugodnejši, saj ogroža vire čiste pitne vode. Za delovanje toplotne črpalke je potrebno izvesti vrtino iz katere črpamo "toplo" podtalnico, ki nato potuje do uparjalnika. Izkoriščena oziroma ohlajena voda odteka v kanalizacijo meteornih voda [8]. Na objektu bo vgrajena toplotna črpalka podjetja Viessmann serije Vitocal 300-W

s sezonsko energijsko učinkovitostjo za ogrevanje (SCOP) 5,94 ter sezonsko energijsko učinkovitostjo za hlajenje (SEER) 5,94. Nazivna moč črpalke je 145,1 kW [26].

- *Toplotna črpalka, ki izrablja toploto kamnin*

Za izkoriščanje toplotne kamnin je potrebno predhodno izvesti globoke izvrtine, v katere se vstavi cevi po katerih teče tekočina, ki kamninam "pobira" toploto. Izkoristek toplotne črpalke je odvisen od vrste kamnin. Na območju izbranega objekta prevladuje fliš [25] (menjavanje laporja in peščenjaka), ki ima slabšo toplotno prevodnost, zato bodo izvedene izvrtine večjih globin, saj za pridobivanje zadostne toplote potrebujejo večjo površino vira energije [7]. V objekt bo vgrajena toplotna črpalka podjetja Viessmann serije Vitocal 300-G s sezonsko energijsko učinkovitostjo za ogrevanje (SCOP) 4,88 ter sezonsko energijsko učinkovitostjo za hlajenje (SEER) 4,88. Nazivna moč črpalke je 89,4 kW [27].

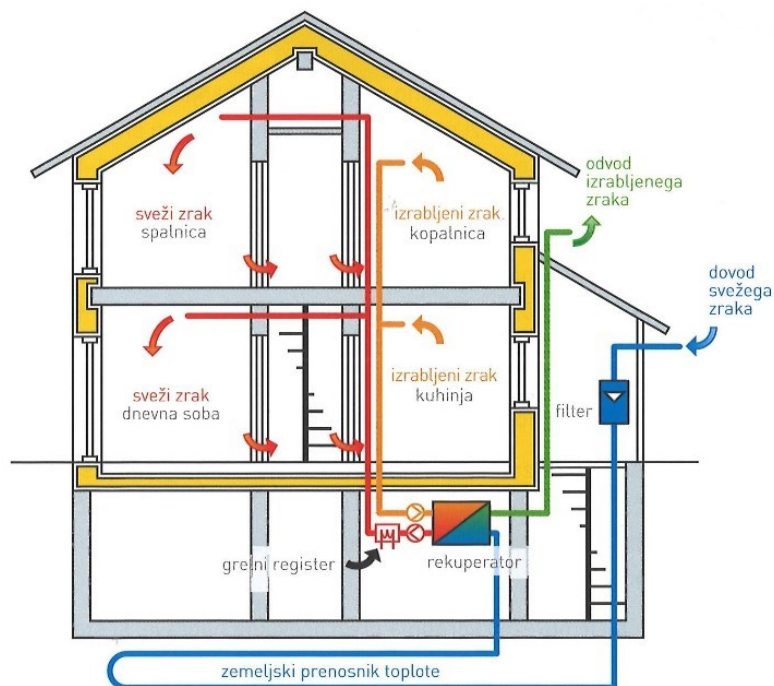
- *Kondenzacijski kotel na plin*

Prednost kondenzacijskih kotlov je, da izkoriščajo poleg toplote nastale zaradi izgorovanja plina tudi dodatno paro, ki so jo izgoreli plini vsebovali. S takšno tehnologijo je zmožno dosegti tudi do 98 % normiranega izkoristka, kar je 8 % več kot pri kotlih brez izkoriščanja pare. Izbral sem si zelo zmogljiv plinski kondenzacijski kotel proizvajalca Viessmann in serije Vitocrossal 300 CR3B, ki zagotavlja nazivno moč od 787 do 1400 kW in je zato primeren za večje javne stavbe ali industrijske obrate. Izkoristek izbranega kotla je 98 % [28].

5.3. Prezračevanje

Zveži zrak ni pomemben le zaradi dobrega počutja in udobja posameznikov, ampak lahko tudi prepreči nastajanje zidne plasti, ki povzroča razne zdravstvene težave. Mednarodni predpisi priporočajo naj se vsako uro zamenja vsaj polovica volumna zraka v prostoru, poleg tega pa navajajo tudi, da vsak posameznik, za normalno delovanje, potrebuje vsaj 15 m³ svežega zraka na uro. Zaradi tega je prezračevanje neizbežno. Prav tako nam EPBD nakazuje obvezno uporabo mehanskega prezračevanja oziroma trdi, da doseganje želene energijske učinkovitosti brez vgrajenega mehanskega prezračevanja praktično ni mogoče. Z naravnim prezračevanjem, skozi odprtine, kjer vračanja toplote ni, namreč stavba, v zimskih mesecih, izgublja preveč toplote in tako ne doseže zahtev za dodelitev naziva sNES [23].

Mehansko prezračevanja ali drugače kontrolirano prezračevanje izrablja toploto segretega izrabljenega zraka in z njo segreva hladen doveden svež zrak. Obrabljen zrak se odvaja iz prostorov z višjo temperaturo in vlago (npr. kuhinja in kopalnica), ta potuje po dobro izoliranih ceveh do rekuperatorja kjer odda svojo toploto privedenemu svežemu zraku iz zunanosti. Sveži segreti zrak nato po ceveh potuje do prostorov (navadno bivalnih prostorov in spalnic), kjer se sprošča skozi posebej za to pripravljene šobe na stropu ali stenah. Shematičen prikaz delovanja mehanske prezračevalne naprave je prikazan na sliki 17. Na takšen način, z izrabo energije segretega oziroma porabljenega zraka, lahko močno zmanjšamo izgube, ki bi nastale s klasičnim zračenjem skozi okna. Novejše prezračevalne naprave nam omogočajo že 90 % izrabo toplote odvedenega zraka. To pomeni, da ima sveži zrak približno enako temperaturo kot prostor v katerega ga dovajamo [8].



Slika 17: Princip delovanja naprave za mehansko prezračevanje

(vir: prof. dr. Zbašnik Senegačnik M. 2017. pasivna hiša. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo)

6 ENERGIJSKA ANALIZA

Poglavje je razdeljeno na dva dela. V prvem delu je izdelanih šest kombinacij stavbnega ovoja (trije fasadni pasovi z različnimi toplotnimi prehodnostmi in dva tipa oken prav tako različnih toplotnih prehodnosti) in s pomočjo računalniškega programa KI Energija izračunane vrednosti koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe - H_T , dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe - Q_{NH} in dovoljenega letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe - Q_{NC} . Te vrednosti morajo ustrezati mejnim, ki so določene v PURES 2010. Za drugi del poglavja sem si izbral dve od šestih kombinacij iz prvega dela, in sicer kombinacijo, ki je pri analizi dosegla najboljše rezultate in kombinacijo, ki ravno dosega zahtevane vrednosti. Za vsako od teh dveh izbranih kombinacij sem izračunal ali lahko s predlaganimi sistemi za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje dosežem zahtevane vrednosti. Preveril sem tudi vrednost letne primarne energije za delovanje sistemov v stavi - Q_P , katere vrednost je za nestanovanjske stavbe omejena v AN sNES in pokazal delež OVE, ki ga dosežem brez namestitve sistema za izkoriščanje obnovljivih virov.

6.1. Vhodni podatki

V preglednicah 11, 12 in 13 so prikazane različne velikosti posameznih etaž, ki jih računalniški program potrebuje za izračun. Pri določitvi bruto ogrevane prostornine je potrebno neto ogrevani prostornini (prostornina prostora, ki ga uporabljamo) prišteti še debelino sten in debelino talne oziroma stropne konstrukcije.

Preglednica 11: Podatki o namembnosti in velikosti prve etaže

Namembnost	Poslovna stavba	
Bruto ogrevana prostornina	1926,70	m ³
Neto ogrevana prostornina	1513,00	m ³
Neto uporabna površina	432,29	m ²

Preglednica 12: Podatki o namembnosti in velikosti druge etaže

Namembnost	Poslovna stavba	
Bruto ogrevana prostornina	1450,83	m ³
Neto ogrevana prostornina	1188,78	m ³
Neto uporabna površina	432,29	m ²

Preglednica 13: Podatki o namembnosti in velikosti tretje etaže

Namembnost	Poslovna stavba	
Bruto ogrevana prostornina	1745,20	m ³
Neto ogrevana prostornina	1358,30	m ³
Neto uporabna površina	493,93	m ²

V program so vnesene tudi vrednosti notranjih pogojev, ki so predpisani oziroma predlagani v TSG-01-004: 2010. Le-te so navedene v preglednici 14.

Preglednica 14: Notranji pogoji v obravnavani stavbi

Notranja temperatura pozimi	20	°C
Notranja temperatura poleti	26	°C
Vlažnost zraka	65	%
Način prezračevanja	mehansko	
Št. Izmenjav zraka	0,5	h ⁻¹
Izkoristek vračanja toplote	90	%

Morebiten nastanek toplotnih mostov sem v analizi upošteval s povečanjem toplotne prehodnosti stavbnega ovoja za 0,06 W/m²K in tako zagotovil, da so rezultati na varni strani.

6.2. Vplivi stavbnega ovoja na analizo

V podpoglavju bodo prikazani rezultati analize šestih kombinacij stavbnega ovoja. Za vsako kombinacijo bodo izračunane vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} . Stavni ovoj je ustrezen, če so izračunane vrednosti manjše od mejnih vrednosti iz PURES 2010.

Kombinacija 1

Za analizo je bil uporabljen najslabši toplotni ovoj (zaporedna številka 1) v kombinaciji z zasteklitvijo slabše kakovosti.

Preglednica 15: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 1 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010

Ovoj stavbe	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
H'_T z dodatkom toplotnih mostov	0,392 W/m ² K	0,440 W/m ² K	DA
Toplotna in hladilna obremenitev	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
Toplota za gretje - Q_{NH}	5,8 kWh/m ³	5,7 kWh/m ³	NE
Hladilna toplota - Q_{NC}	5,5 kWh/m ²	/	DA

V preglednici 15 so prikazane vrednosti energijske analize za kombinacijo 1. Razvidno je, da vrednost koeficienta specifičnih transmisij toplinskih izgub ustreza mejni vrednosti iz PURES 2010, vrednost Q_{NH} pa ne. Iz tega lahko sklepamo, da stavbni ovoj kljub temu, da ustreza mejnim vrednostim toplotne prehodnosti iz TSG-1-044:2010, ni primeren in bi bilo potrebno debelino toplotne izolacije ali kvaliteto zasteklitve povečati. Težavo bi lahko rešili tudi z zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov, ki je v tem primeru nezanemarljivo majhen (vsem sklopom sem povečal toplotno prehodnost za 0,06 W/m²K).

Kombinacija 2

Za analizo je bil uporabljen toplotni ovoj z vmesno debelino toplotne izolacije (zaporedna številka 2) v kombinaciji z zasteklitvijo slabše kakovosti.

Preglednica 16: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 1 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010

Ovoj stavbe	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
H'_T z dodatkom toplotnih mostov	0,343 W/m ² K	0,440 W/m ² K	DA
Toplotna in hladilna obremenitev	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
Toplota za gretje - Q_{NH}	4,6 kWh/m ³	5,7 kWh/m ³	DA
Hladilna toplota - Q_{NC}	6,1 kWh/m ²	/	DA

V preglednici 16 so prikazane vrednosti energijske analize za kombinacijo 2. Razvidno je, da se vse izračunane količine ujemajo s predpisanimi iz PURES 2010. Iz tega lahko sklepamo, da je toplotni ovoj stavbe ustrezen.

Kombinacija 3

Za analizo je bil uporabljen najboljši toplotni ovoj (zaporedna številka 3) v kombinaciji z zasteklitvijo slabše kakovosti.

Preglednica 17: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 3 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010

Ovoj stavbe	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
H'_T z dodatkom toplotnih mostov	0,314 W/m ² K	0,440 W/m ² K	DA
Toplotna in hladilna obremenitev	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
Toplota za gretje - Q_{NH}	3,8 kWh/m ³	5,7 kWh/m ³	DA
Hladilna toplota - Q_{NC}	6,5 kWh/m ²	/	DA

V preglednici 17 so prikazane vrednosti energijske analize za kombinacijo 3. Razvidno je, da se vse izračunane količine ujemajo s predpisanimi iz PURES 2010. Iz tega lahko sklepamo, da je toplotni ovoj stavbe ustrezen.

Kombinacija 4

Za analizo je bil uporabljen najslabši toplotni ovoj (zaporedna številka 1) v kombinaciji z zasteklitvijo boljše kakovosti.

Preglednica 18: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 4 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010

Ovoj stavbe	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
H'_T z dodatkom toplotnih mostov	0,363 W/m ² K	0,440 W/m ² K	DA
Toplotna in hladilna obremenitev	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
Toplota za gretje - Q_{NH}	5,1 kWh/m ³	5,7 kWh/m ³	DA
Hladilna toplota - Q_{NC}	5,9 kWh/m ²	/	DA

V preglednici 18 so prikazane vrednosti energijske analize za kombinacijo 4. Razvidno je, da se vse izračunane količine ujemajo s predpisanimi iz PURES 2010. Iz tega lahko sklepamo, da je toplotni ovoj stavbe ustrezen.

Kombinacija 5

Za analizo je bil uporabljen toplotni ovoj s vmesno debelino toplotne izolacije (zaporedna številka 2) v kombinaciji z zasteklitvijo boljše kakovosti.

Preglednica 19: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 5 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010

Ovoj stavbe	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
H'_T z dodatkom toplotnih mostov	0,313 W/m ² K	0,440 W/m ² K	DA
Toplotna in hladilna obremenitev	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
Toplota za gretje - Q_{NH}	3,9 kWh/m ³	5,7 kWh/m ³	DA
Hladilna toplota - Q_{NC}	6,5 kWh/m ²	/	DA

V preglednici 19 so prikazane vrednosti energijske analize za kombinacijo 5. Razvidno je, da se vse izračunane količine ujemajo s predpisanimi iz PURES 2010. Iz tega lahko sklepamo, da je toplotni ovoj stavbe ustrezen.

Kombinacija 6

Za analizo je bil uporabljen najboljši toplotni ovoj (zaporedna številka 3) v kombinaciji z zasteklitvijo boljše kakovosti.

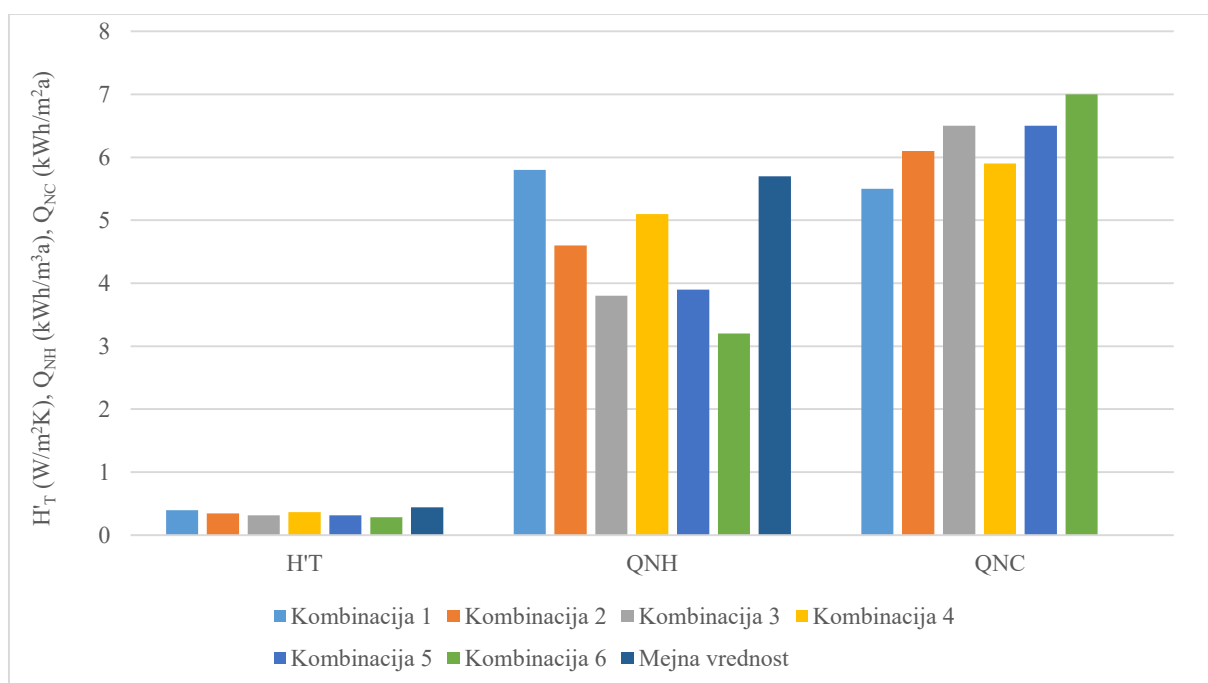
Preglednica 20: Vrednosti H'_T , Q_{NH} in Q_{NC} za kombinacijo 6 in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz PURES 2010

Ovoj stavbe	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
H'_T z dodatkom toplotnih mostov	0,284 W/m ² K	0,440 W/m ² K	DA
Toplotna in hladilna obremenitev	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost po PURES 2010	Ustreznost
Toplota za gretje - Q_{NH}	3,2 kWh/m ³	5,7 kWh/m ³	DA
Hladilna toplota - Q_{NC}	7,0 kWh/m ²	/	DA

V preglednici 20 so prikazane vrednosti energijske analize za kombinacijo 6. Razvidno je, da se vse izračunane količine ujemajo s predpisanimi iz PURES 2010. Iz tega lahko sklepamo, da je toplotni ovoj stavbe ustrezen.

6.2.1. Komentar rezultatov

S primerjavo rezultatov različnih kombinacij, ki jih prikazuje grafikon 1, lahko vidimo, da se koeficient H'_T z izboljševanjem oziroma povečevanjem debeline toplotne izolacije nekoliko manjša. To je tudi pričakovano, saj z izboljševanjem kvalitete toplotnega ovoja zmanjšamo prehod toplote skozi stene in tako tudi zmanjšamo same izgube energije. Poleg H'_T se s povečevanjem toplotne izolacije zmanjšuje tudi Q_{NH} , saj zaradi manjših izgub ne potrebujemo toliko energije namenjene ogrevanju. Zanimivo pa je, da se Q_{NC} povečuje. To je razlog notranje generirane toplote, ki jo proizvajajo razne električne naprave in uporabniki stavbe. Tudi toplota, prejeta s strani sončnega sevanja, ki skozi okna posije v notranjost, se absorbira in nato oddaja nazaj kot dolgovalovno sevanje, bo pri kakovostnejšem toplotnem ovoju težje prehajala v zunajost in se bo temperatura znotraj stavbe višala. Iz tega spoznaja je razvidno, da bomo pri stavbi s kvalitetnejšim toplotnim ovojem za hlajenje potencialno porabili več elektrike in posledično tudi denarja kot pri stavbi s slabšim toplotnim ovojem.



Grafikon 1: Primerjava rezultatov vpliva stavbnega ovoja na analizo

Analiza nam je pokazala, da kljub zagotovitvi ustrezne debeline toplotne izolacije oziroma zagotovitvi predpisane toplotne prehodnosti iz TSG-1-044:2010, ne pomeni, da bomo izpolnili zahteve iz PURES 2010 o mejnih vrednostih Q_{NH} . Kombinacija 1 dosega preveliko vrednost Q_{NH} in tako ni ustrezna. Potrebno bi bilo povečati kakovost toplotnega ovoja.

6.3. Vpliv sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja na analizo

V podpoglavju bo prikazano koliko energije lahko z izbranimi sistemi za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje proizvedemo. Preveril bom letno porabo primarne energije za delovanje sistemov v stavi - Q_P , katere mejna vrednost je določena v AN sNES. Prikazane bodo tudi izračunane vrednosti dovedene toplote za ogrevanje - $Q_{f,h}$, dovedene toplote za toplo vodo - $Q_{f,w}$ in količine toplote iz OVE - Q_{OVE} . Za analizo si bom izbral dve od zgoraj izračunanih kombinacij, in sicer kombinacijo 4, ki ravno dosega zahtevane vrednosti iz PURES 2010 in kombinacijo 6, ki je izmed vseh kombinacij dosegla najboljše rezultate. Za ogrevanje bodo preverjeni dve toplotni črpalki (voda-voda in zemljina-voda) in

kondenzacijski kotel na plin. Za hlajenje bo uporabljen enak sistem (toplotna črpalka) kot za gretje, le pri kondenzacijskem kotlu na plin bo hlajenje izvedeno s toplotno črpalko voda-voda. Prezračevanje bo pri vseh primerih mehansko z nazivno količino zraka za prezračevanje $100 \text{ m}^3/\text{h}$ in močjo odvodnega ventilatorja 34 W . Za realnejši izračun vrednosti Q_P je potrebno vnesti tudi podatke o razsvetljavi. Faktor dnevne osvetlitve F_d tako znaša $0,8$, faktor zasedenosti prostorov F_0 pa $1,0$. Instalirana moč svetilk je 8 W/m^2 .

Kombinacija 4 in ogrevanje s toplotno črpalko voda-voda

Za analizo bo uporabljen toplotni ovoj kombinacije 4, ogrevanje in hlajenje bo izvedeno s toplotno črpalko voda-voda.

V preglednici 21 so za posamezne mesece prikazane vrednosti $Q_{f,h}$, $Q_{f,w}$ in Q_{OVE} . Vrednost Q_{OVE} nam pove koliko toplote je bilo, s pomočjo toplotne črpalke, pridobljene iz OVE. Vrednosti $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ nam prikazujeta dovedeno toploto za ogrevanje in pripravo tople vode.

Preglednica 21: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda

	$Q_{f,h}$ (kWh)	$Q_{f,w}$ (kWh)	Q_{OVE} (kWh)
Jan	7146	1691	6762
Feb	4510	1527	4638
Mar	2070	1691	2925
Apr	0	1636	1316
Maj	0	1691	1359
Jun	0	1567	1258
Jul	0	1619	1300
Avg	0	1619	1300
Sep	0	1567	1258
Okt	0	1691	1359
Nov	2722	1636	3373
Dec	6317	1691	6135
Skupaj	22764	19626	32984

Preglednica 22: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednosti iz PURES 2010	Ustreznost
$Q_{NH}/V_e (\text{kWh/m}^3)$	5,1	5,7	DA

Preglednica 22 prikazuje ustreznost izračunane letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Mejna vrednot je v PURES 2010 določena na podlagi kondicionarne prostornine stavbe oziroma zapisana kot Q_{NH}/V_e .

Preglednica 23: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost iz AN sNES	Ustreznost
Q_P (kWh)	81568	/	/
Q_P/A_u (kWh/m ²)	60,0	170,1	DA

Preglednica 23 prikazuje ustreznost izračunane letne primarne energije za delovanje stavbe. Mejna vrednost je v AN sNES določena na podlagi kondicionirane površine stavbe oziroma zapisana kot Q_P/A_u .

Obe izračunani vrednosti sta ustrezni, iz tega sledi, da je tudi toplotni ovoj stavbe in sistem za ogrevanje ustrezen.

Preglednica 24: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Zahtevana vrednost iz AN sNES	Ustreznost
Delež OVE (%)	50	50	DA

V preglednici 24 je prikazan delež OVE, ki ravno zadošča zahtevani vrednosti iz AN sNES, ta namreč pravi, da mora stavba vsaj polovico porabljene energije pridobiti iz OVE. To pomeni, da na objekt v tem primeru ni potrebno vgrajevati dodatnih naprav, ki bi proizvajali energijo iz obnovljivih virov (npr. sončne celice).

Kombinacija 4 in ogrevanje s toplotno črpalko zemljina-voda

Za analizo bo uporabljen toplotni ovoj kombinacije 4, ogrevanje in hlajenje bo izvedeno s toplotno črpalko zemljina-voda.

V preglednici 21 so za posamezne mesece prikazane vrednosti $Q_{f,h}$, $Q_{f,w}$ in Q_{OVE} .

Preglednica 25: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda

	$Q_{f,h}$ (kWh)	$Q_{f,w}$ (kWh)	Q_{OVE} (kWh)
Jan	7146	1691	6723
Feb	4510	1527	4603
Mar	2070	1691	2885
Apr	0	1636	1278
Maj	0	1691	1320
Jun	0	1567	1223
Jul	0	1619	1263
Avg	0	1619	1263
Sep	0	1567	1223
Okt	0	1691	1320
Nov	2722	1636	3336
Dec	6317	1691	6096
Skupaj	22764	19626	32532

Preglednica 26: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednosti iz PURES 2010	Ustreznost
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	5,1	5,7	DA

Preglednica 27: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost iz AN sNES	Ustrezost
Q_P (kWh)	82697	/	/
Q_P/A_u (kWh/m ²)	60,9	170,1	DA

Preglednici 26 in 27 prikazujeta vrednosti Q_{NH}/V_e in Q_P/A_u ter ju primerja s mejnima vrednostma iz PURES 2010 oziroma AN sNES. Izračunani vrednosti sta ustrezni, iz tega sledi, da je tudi toplotni ovoj stavbe in sistem za ogrevanje ustrezen.

Preglednica 28: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Zahtevana vrednost in AN sNES	Ustreznost
Delež OVE (%)	50	50	DA

Iz preglednice 28 je razvidno, da delež OVE ravno zadošča zahtevani vrednosti iz AN sNES.

Kombinacija 4 in ogrevanje s kondenzacijskim kotlom na plin

Za analizo bo uporabljen toplotni ovoj kombinacije 4. Ogrevanje bo izvedeno s kondenzacijskim kotlom na plin, hlajenje pa se toplotno črpalko voda-voda.

V preglednici 29 so prikazane mesečne vrednosti $Q_{f,h}$, $Q_{f,w}$ in Q_{OVE} . Vrednost Q_{OVE} je enaka 0, saj kondenzacijski kotel za proizvodnjo toplote uporablja izgorevanje plina, kar seveda ne spada pod OVE.

Preglednica 29: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin

	$Q_{f,h}$ (kWh)	$Q_{f,w}$ (kWh)	Q_{OVE} (kWh)
Jan	6834	1668	0
Feb	4282	1506	0
Mar	1922	1668	0
Apr	0	1685	0
Maj	0	1741	0
Jun	0	1613	0
Jul	0	1667	0
Avg	0	1667	0
Sep	0	1613	0
Okt	0	1741	0

Nov	2537	1614	0
Dec	6020	1668	0
Skupaj	21595	19850	0

Preglednica 30: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednosti iz PURES 2010	Ustreznost
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	5,1	5,7	DA

Preglednica 31: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost iz AN sNES	Ustrezost
Q_P (kWh)	104304	/	/
Q_P/A_u (kWh/m ²)	76,8	170,1	DA

Preglednici 30 in 31 prikazujeta vrednosti Q_{NH}/V_e in Q_P/A_u ter ju primerja s mejnima vrednostma iz PURES 2010 oziroma AN sNES. Izračunani vrednosti sta ustrezni, iz tega sledi, da je tudi toplotni ovoj stavbe in sistem za ogrevanje ustrezen.

Preglednica 32: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Zahtevana vrednost in AN sNES	Ustreznost
Delež OVE (%)	0	50	NE

Iz preglednice 32 je razvidno, da je delež OVE enak 0 %. V takšnem primeru bi morali na stavbo namestiti sisteme za proizvodnjo elektrike iz OVE (npr. sisteme za izrabljanje sončne energije, sisteme za izrabljanje vetrne energije itd.), ki bi proizvedle vsaj polovico električne energije, ki jo stavba porabi. Proizvedeno elektriko bi se nato uporabljalo za osvetljavo in napajanje raznih električnih naprav znotraj zgradbe.

Kombinacija 6 in ogrevanje s toplotno črpalko voda-voda

Za analizo bo uporabljen toplotni ovoj kombinacije 4, ogrevanje in hlajenje bo izvedeno s toplotno črpalko voda-voda.

V preglednici 33 so prikazane mesečne vrednosti $Q_{f,h}$, $Q_{f,w}$ in Q_{OVE} .

Preglednica 33: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda

	$Q_{f,h}$ (kWh)	$Q_{f,w}$ (kWh)	Q_{OVE} (kWh)
Jan	4549	1691	4799
Feb	2464	1527	3091
Mar	545	1691	1771

Apr	0	1636	1316
Maj	0	1691	1359
Jun	0	1567	1258
Jul	0	1619	1300
Avg	0	1619	1300
Sep	0	1567	1258
Okt	0	1691	1359
Nov	1114	1636	2158
Dec	3879	1691	4292
Skupaj	12551	19626	25261

Preglednica 34: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednosti iz PURES 2010	Ustreznost
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	3,2	5,7	DA

Preglednica 35: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost iz AN sNES	Ustrezost
Q_P (kWh)	75106	/	/
Q_P/A_u (kWh/m ²)	55,3	170,1	DA

Preglednici 34 in 35 prikazujeta vrednosti Q_{NH}/V_e in Q_P/A_u ter ju primerja s mejnima vrednostma iz PURES 2010 oziroma AN sNES. Izračunani vrednosti sta ustrezni, iz tega sledi, da je tudi toplotni ovoj stavbe in sistem za ogrevanje ustrezen.

Preglednica 36: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Zahtevana vrednost in AN sNES	Ustreznost
Delež OVE (%)	46	50	NE

Iz preglednice 36 je razvidno, da s zastavljenimi ukrepi ne zadostimo zahteve iz AN sNES, ki pravi, da moramo vsaj polovico porabljene energije v stavbi pridobiti iz obnovljivih virov.

Kombinacija 6 in ogrevanje s toplotno črpalko zemljina-voda

Za analizo bo uporabljen toplotni ovoj kombinacije 6, ogrevanje in hlajenje bo izvedeno s toplotno črpalko zemljina-voda.

V preglednici 37 so prikazane mesečne vrednosti $Q_{f,h}$, $Q_{f,w}$ in Q_{OVE} .

Preglednica 37: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda

	$Q_{f,h}$ (kWh)	$Q_{f,w}$ (kWh)	Q_{OVE} (kWh)
Jan	4549	1691	4760
Feb	2464	1527	3055
Mar	545	1691	1732
Apr	0	1636	1278
Maj	0	1691	1320
Jun	0	1567	1223
Jul	0	1619	1263
Avg	0	1619	1263
Sep	0	1567	1223
Okt	0	1691	1320
Nov	1114	1636	2120
Dec	3879	1691	4253
Skupaj	12551	19626	24810

Preglednica 38: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednosti iz PURES 2010	Ustreznost
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	3,2	5,7	DA

Preglednica 39: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost iz AN sNES	Ustrezost
Q_P (kWh)	76234	/	/
Q_P/A_u (kWh/m ²)	56,1	170,1	DA

Preglednici 38 in 39 prikazujeta vrednosti Q_{NH}/V_e in Q_P/A_u ter ju primerja s mejnima vrednostma iz PURES 2010 oziroma AN sNES. Izračunani vrednosti sta ustrezni, iz tega sledi, da je tudi toplotni ovoj stavbe in sistem za ogrevanje ustrezen.

Preglednica 40: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Zahtevana vrednost in AN sNES	Ustreznost
Delež OVE (%)	45	50	NE

Iz preglednice 40 je razvidno, da s zastavljenimi ukrepi ne zadostimo zahteve iz AN sNES, ki pravi, da moramo vsaj polovico porabljene energije v stavbi pridobiti iz obnovljivih virov.

Kombinacija 6 in ogrevanje s kondenzacijskim kotlom na plin

Za analizo bo uporabljen toplotni ovoj kombinacije 6. Ogrevanje bo izvedeno s kondenzacijskim kotlom na plin, hlajenje pa s toplotno črpalko voda-voda.

V preglednici 41 so prikazane mesečne vrednosti $Q_{f,h}$, $Q_{f,w}$ in Q_{OVE} .

Preglednica 41: Mesečne in letna vrednost Q_{OVE} , $Q_{f,h}$ in $Q_{f,w}$ za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin

	$Q_{f,h}$ (kWh)	$Q_{f,w}$ (kWh)	Q_{OVE} (kWh)
Jan	4362	1668	0
Feb	2342	1506	0
Mar	484	1668	0
Apr	0	1685	0
Maj	0	1741	0
Jun	0	1613	0
Jul	0	1667	0
Avg	0	1667	0
Sep	0	1613	0
Okt	0	1741	0
Nov	1022	1614	0
Dec	3705	1668	0
Skupaj	11916	19850	0

Preglednica 42: Vrednost Q_{NH}/V_e za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s mejno vrednostjo iz PURES 2010

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednosti iz PURES 2010	Ustreznost
Q_{NH}/V_e (kWh/m ³)	3,2	5,7	DA

Preglednica 43: Vrednosti Q_P in Q_P/A_u za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-teh s mejno vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Dovoljena vrednost iz AN sNES	Ustreznost
Q_P (kWh)	93393	/	/
Q_P/A_u (kWh/m ²)	68,7	170,1	DA

Preglednici 30 in 31 prikazujeta vrednosti Q_{NH}/V_e in Q_P/A_u ter ju primerja s mejnima vrednostma iz PURES 2010 oziroma AN sNES. Izračunani vrednosti sta ustrezni, iz tega sledi, da je tudi toplotni ovoj stavbe in sistem za ogrevanje ustrezen.

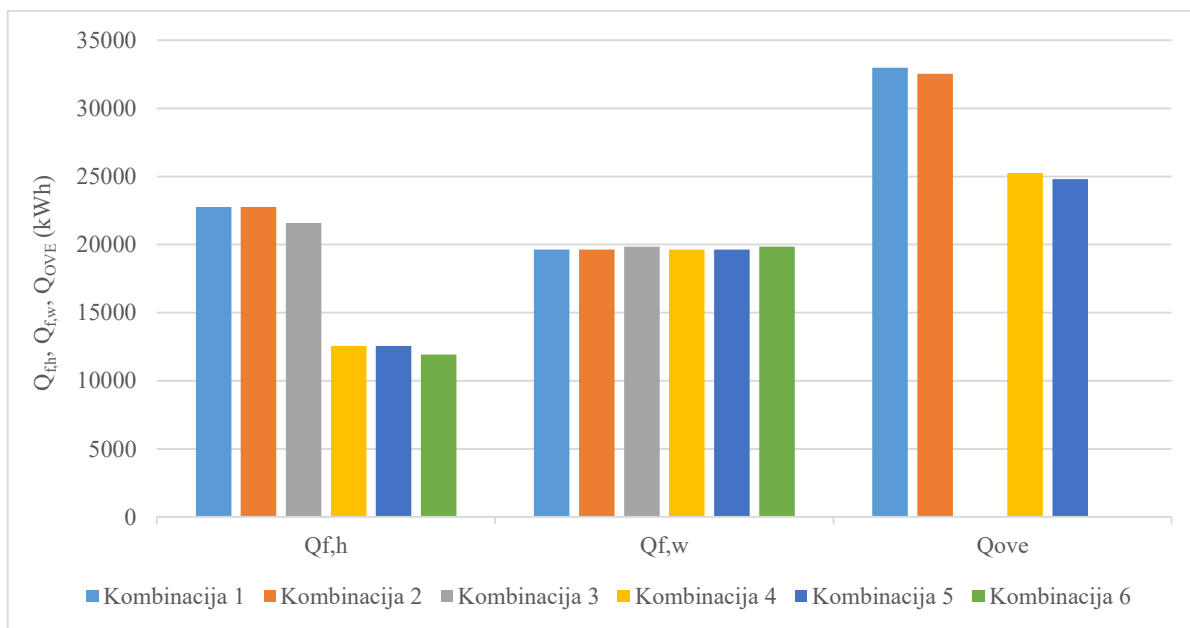
Preglednica 44: Vrednost deleža OVE za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in kontrola le-te s zahtevano vrednostjo iz AN sNES

	Vrednost po projektu	Zahtevana vrednost in AN sNES	Ustreznost
Delež OVE (%)	0	50	NE

Iz preglednice 44 je razvidno, da s zastavljenimi ukrepi ne zadostimo zahteve iz AN sNES, ki pravi, da moramo vsaj polovico porabljene energije v stavbi pridobiti iz obnovljivih virov.

6.3.1. Komentar rezultatov

Grafikon 2 prikazuje primerjavo skupnih vrednosti rezultatov analize vpliva sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode za posamezne kombinacije. Glede ogrevanja lahko vidimo, da kondenzacijski kotel na plin dosega zahtevane vrednosti Q_{NH} in je tako primeren. Njegova slabost je le v proizvedeni toploti iz OVE, ki je seveda enaka 0. Različni vrsti toplotnih črpalk dosegata zelo podobne rezultate, razlikujeta se le v količini proizvedene toplote iz OVE, kjer je toplotna črpalka voda-voda nekoliko boljša. Zavedati pa se moramo, da ima toplotna črpalka voda-voda napram toplotni črpalki zemljina-voda večjo nazivno moč in boljši SCOP faktor. Letna potrebna toplota za toplo vodo ostane ne glede na kakovost toplotnega ovoja in sistem ogrevanja nespremenjena, kar je tudi logično, saj potreba po topli vodi ostane vedno enaka. Debelina toplotne izolacije ima velik vpliv na potrebno toploto za ogrevanje, ki je pri kombinaciji 6 v primerjavi s kombinacijo 4 skoraj polovico manjša, potemtakem je tudi dovedena toplota za ogrevanje manjša.



Grafikon 2: Primerjava rezultatov vpliva sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode na analizo

Iz analize lahko vidimo, da vsi modeli izpolnjujejo zahteve o maksimalni dovoljeni letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, ki je določena na podlagi kondicionirane prostornine stavbe in omejena v PURES 2010. Prav tako noben model ne prekoračuje največje dovoljene vrednosti letne primarne energije za delovanje sistemov v stavbi, ki je določena na podlagi kondicionirane površine stavbe in omejena v AN sNES. Delež OVE je s sistemom za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode dosežen le pri dveh modelih. Pri ostalih modelih bo potrebno pomankanje OVE nadomestiti s sistemom za izkoriščanje naravnih virov.

7 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

AN sNES potrebo po zagotavljanju energije iz OVE definira: "potrebna energija je v veliki meri proizvedena iz obnovljivih virov na kraju samem ali v bližini". Prav tako zahteva, da je te energije, proizvedene iz obnovljivih virov, vsaj polovica. Zagotavljanje takšnega deleža energije lahko poteka na različne načine. Že v prejšnjem poglavju lahko vidimo, da nam uporaba toplotnih črpalk za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode doprinese določen delež. Toplotne črpalke namreč izrabljajo sončno toploto, ki jo različni viri (voda, zemljina, zrak itd.) kopičijo vase. V večini primerov, pa samo s toplotno črpalko ne moremo proizvesti omenjene vrednosti in moramo tako na objekt vgrajevati druge sisteme, ki bodo izkoriščali OVE. Na tržišču je več različnih produktov, ki na tak ali drugačen način izkoriščajo OVE. Tako poznamo naprave, ki izkoriščajo sončno sevanje, veter, biomaso ali pa tudi nekoliko neobičajno plimovanje. Investitorji se navadno odločijo za vgradno večjega števila takšnih naprav in nato električno energijo, ki ni bila uporabljena za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode koristijo za razsvetljevanje, napajanje različnih električnih naprav znotraj stavbe ali celo odvečno električno energijo prodajajo v omrežje [23].

Na v nalogi obravnavan objekt bo vgrajen fotovoltaični sistem t.i. fotovoltaika, ki s pomočjo difuznega ali direktnega sončnega sevanja omogoča pretvorbo svetlobe v električni krog. Uporabil bom monokristalne silicijeve sončne celice, s katerimi lahko v laboratorijskih pogojih dosegamo tudi do 25 % izkoristke, v serijski proizvodnji pa med 15 in 17,5 % [29]. Za vsako kombinacijo iz poglavja 6.3. bo izračunana površina fotovoltaike, ki je potrebna za zagotovitev zahtev AN sNES. Preveril bom tudi koliko električne energije lahko s zastavljenim sistemom proizvedem, če s fotovoltaiko pokrijem celotno površino strehe. Celotna površina strehe je 464,27 m², a jo je v realnosti mogoče pokriti le okoli 80 %, zato je največja možna površina fotovoltaike 371,42 m². Za analizo bodo uporabljeni najugodnejši pogoji potemtakem bo naklon celic 30°, obrnjene pa bodo proti jugu.

Kombinacija 4 in ogrevanje s toplotno črpalko voda-voda

Zahtevana vrednost iz AN sNES je zagotovljena že s toplotno črpalko voda-voda in tako dodatnih sistemov za izkoriščanje obnovljivih virov ni potrebno vgrajevati.

Preglednica 45: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiko pokrita celotna streha

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)
Jan	4096	2435
Feb	3374	3605
Mar	2777	5273
Apr	2223	6163
Maj	2254	7541
Jun	2637	7699
Jul	3294	8337
Avg	3065	7543
Sep	2221	5818
Okt	2226	4140
Nov	2934	2285
Dec	3881	2003
Skupaj	34977	62841

Preglednica 45 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in ima fotovoltaike postavljene po celotni površini strehe. V tem primeru lahko na letni ravni dosežemo 100 % delež OVE. Mesečna bilanca pa ni vedno dosežena (npr. januarja, novembra in decembra, za samooskrbo, ne proizvedemo dovolj energije iz OVE). Odvečno energijo proizvedeno poleti, lahko oddajamo v omrežje in jo nato pozimi ponovno izkoristimo.

Kombinacija 4 in ogrevanje s toplotno črpalko zemljina-voda

Zahtevana vrednost iz AN sNES je zagotovljena že s toplotno črpalko zemljina-voda in tako dodatnih sistemov za izkoriščanje obnovljivih virov ni potrebno vgrajevati.

Preglednica 46: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda, ko je s fotovoltaike pokrita celotna streha

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)
Jan	4135	2435
Feb	3410	3605
Mar	2816	5273
Apr	2261	6163
Maj	2299	7541
Jun	2746	7699
Jul	3511	8337
Avg	3243	7543
Sep	2260	5818
Okt	2265	4140
Nov	2972	2285
Dec	3920	2003
Skupaj	35833	62841

Preglednica 46 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 4, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in ima fotovoltaike postavljene po celotni površini strehe. V tem primeru lahko na letni ravni dosežemo 100 % delež OVE. Mesečna bilanca v januarju, novembru in decembru ni dosežena.

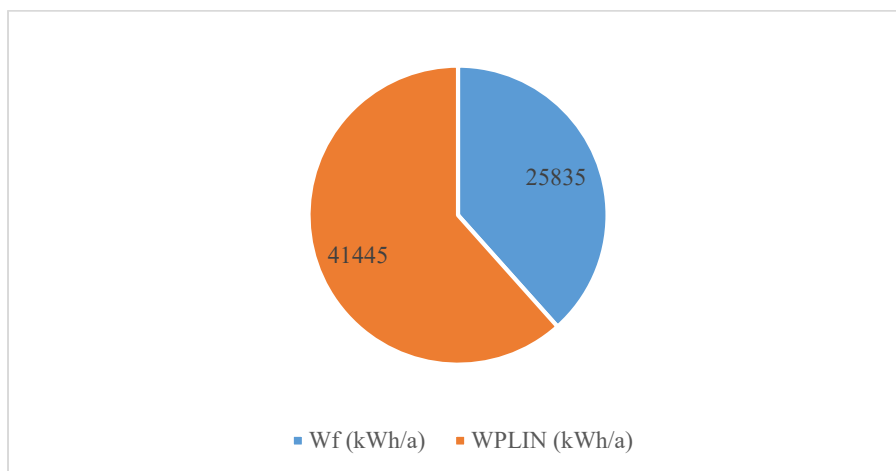
Kombinacija 4 in ogrevanje s kondenzacijskim kotlom na plin

Preglednica 47: Vrednosti W_f , W_{OVE} in W_{PLIN} za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom, ko je s fotovoltaike pokrita celotna streha

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)	W_{PLIN} (kWh)
Jan	2076	2435	-
Feb	2022	3605	-
Mar	1989	5273	-
Apr	1904	6163	-
Maj	1925	7541	-

Jun	2331	7699	-
Jul	2977	8337	-
Avg	2748	7543	-
Sep	1914	5818	-
Okt	1897	4140	-
Nov	1997	2285	-
Dec	2062	2003	-
Skupaj	25835	62841	41445

Preglednica 47 prikazuje vrednosti potrebne električne energije za delovanje stavbe - W_f , elektrike iz OVE v $W_f - W_{OVE}$ in potrebno količino plina za ogrevanje in pripravo tople vode – W_{PLIN} za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in ima fotovoltaiko postavljeno po celotni površini strehe. Izkaže se, da kljub povečevanju površine fotovoltaike lahko dosežemo le 38 % delež OVE. Razlog za to je opisan v podpoglavju komentar rezultatov, delež med porabljenim zemeljskim plinom za ogrevanje in pripravo tople vode – W_{PLIN} in porabljeno elektriko za delovanje stavbe – W_f , pa je prikazan na grafikonu 3. Sledi, da je ogrevanje z zastavljenim sistemom neustrezno, saj ne izpolnjuje zahtev AN sNES.



Grafikon 3: Razmerje med W_f in W_{PLIN} za kombinacijo 4, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin

Kombinacija 6 in ogrevanje s toplotno črpalko voda-voda

Preglednica 48: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiko pokrite toliko strehe, da je izpolnjena zahteva iz AN sNES

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)
Jan	3442	144
Feb	2855	214
Mar	2386	312
Apr	2213	365
Maj	2275	447
Jun	2772	456
Jul	3444	494

Avg	3204	447
Sep	2237	345
Okt	2222	245
Nov	2524	135
Dec	3266	119
Skupaj	32835	3722

Preglednica 48 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrite toliko strehe, da je izpolnjena zahteva iz AN sNES. Površina fotovoltaike na strehi je 22 m². Takšna vrednost ravno zadošča za zagotovitev zahteve o 50 % deležu OVE.

Preglednica 49: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)
Jan	3442	2435
Feb	2855	3605
Mar	2386	5273
Apr	2213	6163
Maj	2275	7541
Jun	2772	7699
Jul	3444	8337
Avg	3204	7543
Sep	2237	5818
Okt	2222	4140
Nov	2524	2285
Dec	3266	2003
Skupaj	32835	62841

Preglednica 49 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko voda-voda in ima fotovoltaiiko postavljeno po celotni površini strehe. V tem primeru lahko na letni ravni dosežemo 100 % delež OVE. Mesečna bilanca v januarju, novembru in decembru ni dosežena.

Kombinacija 6 in ogrevanje s toplotno črpalko zemljina-voda

Preglednica 50: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda, ko je s fotovoltaiiko pokrite toliko strehe, da je izpolnjena zahteva iz AN sNES

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)
Jan	3481	164
Feb	2891	243
Mar	2425	355

Apr	2251	415
Maj	2323	508
Jun	2903	518
Jul	3685	561
Avg	3406	508
Sep	2279	392
Okt	2261	279
Nov	2562	154
Dec	3305	135
Skupaj	33768	4230

Preglednica 50 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda. Površina fotovoltaike na strehi je 25 m². Takšna vrednost na letni ravni ravno zadošča za zagotovitev zahteve o 50 % deležu OVE.

Preglednica 51: Vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda, ko je s fotovoltaiko pokrita celotna streha

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)
Jan	3481	2435
Feb	2891	3605
Mar	2425	5273
Apr	2251	6163
Maj	2323	7541
Jun	2903	7699
Jul	3685	8337
Avg	3406	7543
Sep	2279	5818
Okt	2261	4140
Nov	2562	2285
Dec	3305	2003
Skupaj	33768	62841

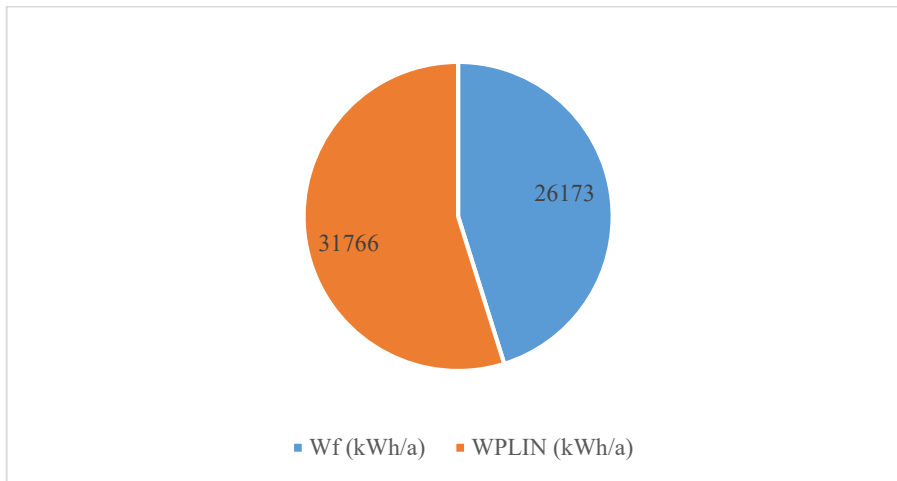
Preglednica 51 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana in hlajena s toplotno črpalko zemljina-voda in ima fotovoltaiko postavljeno po celotni površini strehe. V tem primeru lahko na letni ravni dosežemo 100 % delež OVE. Mesečna bilanca v januarju, novembru in decembru ni dosežena.

Kombinacija 6 in ogrevanje s kondenzacijskim kotlom na plin

Preglednica 52: Vrednosti W_f , W_{OVE} in W_{PLIN} za kombinacijo 6 in ogrevanjem s kondenzacijskim kotlom, ko je s fotovoltaiiko pokrita celotna streha

	W_f (kWh)	W_{OVE} (kWh)	W_{PLIN} (kWh)
Jan	2052	2435	-
Feb	1999	3605	-
Mar	1969	5273	-
Apr	1895	6163	-
Maj	1946	7541	-
Jun	2465	7699	-
Jul	3126	8337	-
Avg	2887	7543	-
Sep	1930	5818	-
Okt	1893	4140	-
Nov	1977	2285	-
Dec	2038	2003	-
Skupaj	26173	62841	31766

Preglednica 52 prikazuje vrednosti W_f in W_{OVE} za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin in ima fotovoltaiiko postavljeno po celotni površini strehe. Izkaže se, da kljub povečevanju površine fotovoltaike lahko dosežemo le 45 % delež OVE. Razlog za to je opisan v podpoglavju komentar rezultatov, delež med porabljenim zemeljskim plinom za ogrevanje in pripravo tople vode – W_{PLIN} in porabljeno elektriko za delovanje stavbe – W_f , pa je prikazan na grafikonu 4. Sledi, da je ogrevanje z zastavljenim sistemom neustrezno, saj ne izpolnjuje zahtev sNES.



Grafikon 4: Razmerje med W_f in W_{PLIN} za kombinacijo 6, ki je ogrevana s kondenzacijskim kotlom na plin

7.1. Komentar rezultatov

Količina elektrike proizvedene s pomočjo fotovoltaike se seveda razlikuje glede na mesec. Največjo vrednost doseže julija, ko je sonce najmočnejše, dnevi pa najdaljši. Minimum doseže decembra, ko je sonce najšibkejši. Prav tako je potrebna elektrika za delovanje stavbe največja v poletnih mesecih. To

je najbolj očitno pri rezultatih ogrevanja s kondenzacijskim kotlom na plin, ki za delovanje ne potrebuje elektrike. Poleti se pa stavba ohlaja s toplotno črpalko, ki električno energijo rabi. To nam pove, da stavba za ohlajane potrebuje več električne energije kot za ogrevanje, ostala poraba električne energije (razsvetljava, prezračevanje itd.) se namreč glede na mesece ne izrazito spreminja. V večini mesecev je bilanca med W_f in W_{OVE} dosežena in tako lahko s fotovoltaiiko proizvedemo dovolj energije za celotno delovanje stavbe. Primanjkljaji se pojavijo le v zimskih mesecih (januar, november in december), ko je potrebno dodatno elektriko pridobiti iz omrežja.

Vidimo, da pri ogrevanju s kondenzacijskim kotlom na plin, kljub povečevanju površine fotovoltaike, ne zadostimo zahtevam. Razlog je, da za delovanje kondenzacijskega kotla na plin ne potrebujemo elektrike in je tako celotna raba elektrike v stavbi premajhna, da bi lahko z izkoriščanjem obnovljivih virov dosegli zahtevan delež (50 %). To obrazložitev oziroma razmerje med W_{PLIN} in W_f potrjujeta grafikona 3 in 4. Iz tega sledi, da je ogrevanje z zastavljenim sistemom neustrezno, saj ne izpolnjuje zahtev sNES. Problem bi lahko rešili s izboljšavo toplotnega ovoja stavbe in tako zmanjšali potrebno energijo za ogrevanje ali izbrali drugačen energent za ogrevanje npr. lesno biomaso, ki jo uvrščamo med obnovljive vire.

Iz analize je zanimivo spoznanje, da z boljšim toplotnim ovojem (kombinacija 6) dosežemo manjši delež OVE kot pri slabšem toplotnem ovoju (kombinacija 4), ko ogrevamo s toplotno črpalko. Razlog je to, da pri kombinaciji 6 za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode porabimo veliko manj energije in tako del obnovljive energije v energiji za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode manjši glede na celotno porabo energije v stavbi. V tem primeru, bi za investitorja, gledano z začetne investicije, bila finančno ugodnejša vgradnja toplotnega ovoja slabše kakovosti, saj bi tako že zagotovil 50 % OVE in mu ne bi bilo potrebno vgrajevati dragih naprav za koriščenje naravnih virov. Zavedati, pa se moramo, da bo raba energije v absolutnem smislu potemtakem seveda višja in bomo porabili več sredstev za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode. Prav tako se lahko v praksi odvečno proizvedeno električno energijo porablja za napajanje drugih naprav znotraj stavbe ali v skrajni meri prodaja v omrežje.

8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem predstavil standarde in zakone, ki omenjajo sNES ter prikazal zahteve, ki jih mora stavba izpolnjevati. Snov je zelo aktualna, saj bodo v prihodnje vse novogradnje in večje prenove obstoječih objektov morale izpolnjevati te zahteve. Naloga je bila narejena z namenom, da raziščem možne ukrepe, ki se jih je mogoče na poslovnem objektu izvesti in z njimi zagotoviti zahteve PURES 2010 in AN sNES. Ugotovil sem, da je kljub strogim zahtevam, določenim s strani EU, mogoče zagotoviti mejne vrednosti rabe energije hkrati pa čim več te energije pridobiti iz razpoložljivih naravnih virov.

Analiza primerjav različnih kakovosti oziroma debelin toplotne izolacije je pričakovano pokazala, da stavba z bolj kvalitetnim toplotnim ovojem dosega boljše rezultate glede specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe, pa tudi manjše vrednosti letne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe. Iz tega je razvidno, da ima toplotna prehodnost stavbnega ovoja, ki je omejena v TSG-1-044:2010, eno ključnih funkcij pri zagotavljanju zahtev direktive EPBD, a lahko iz nadaljevanja analize vidimo, da to ni edini pogoj, ki ga je potrebno zagotoviti. Iz analize vpliva različnih sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja je namreč razvidno, da lahko stavba kljub zagotovitvi zahtev o toplotni prehodnosti presega dovoljene vrednosti Q_{NH} in je tako ne moremo obravnavati kot sNES. S primerjavo ogrevanja s toplotno črpalko in kondenzacijskim kotlom na plin sem kar se tiče zagotavljanja zahtevanih vrednosti Q_{NH} dobil zelo podobne rezultate in je tako s stališča zahtev PURES 2010 kondenzacijski kotel na plin ustrezen. Pomanjkljivost ogrevanja na plin je izpolnjevanje zahtevanega deleža OVE, saj kondenzacijski kotel na plin k njemu ne prispeva

nič. Pomankanje deleža OVE moramo zato nadomestiti s sistemi za izkoriščanje obnovljivih virov (v tem primeru fotovoltaični sistem), kar pa je lahko problem, saj je iz analize razvidno, da potrebujemo za doseganje zahtevane vrednosti zelo veliko površino pokrito s fotovoltaiko, kar lahko predstavlja zelo veliko finančno investicijo. Za razliko od kondenzacijskega kotla na plin, pa lahko že s samo uporabo toplotne črpalke za ogrevanje, toplo vodo in hlajenje dosežemo 50 % OVE in tako vgrajevanje drugih sistemov za izkoriščanje OVE z vidika AN sNES ni potrebno.

Za investitorja oziroma osebo, ki bi želela zgraditi sNES bi bilo tako najbolje izbrati toplotni ovoj stavbe z U faktorjem nekoliko večjim od minimalnega (zadostuje že nekaj centimetrov debelejša toplotna izolacija). Najučinkovitejši sistem za ogrevanje, pripravo tople vode in hlajenje je toplotna črpalka. Sam tip toplotne črpalke nima večjega vpliva na končne rezultate, pomembno je le, da si izberemo toplotno črpalko z visokim faktorjem SCOP in SEER (nad 5). Morebitno pomankanje deleža OVE najučinkoviteje dobimo s montažo fotovoltaike. Odvečno električno energijo, ki jo ta sistem proizvede, pa lahko porabimo za delovanje drugih sistemov v stavbi, ki pripomorejo k zelo visoki vrednosti Q_p , ali pa jo prodajo v električno omrežje. Za čim manjši denarni vložek je pomembno dobro optimizirati kakovost toplotnega ovoja in izbrati ustrezen način ogrevanja ter hlajenja, saj se lahko s tem izognemo potrebi po vgrajevanju sistemov za zagotavljanje deleža OVE.

VIRI

- [1] Fokus društvo za sonaraven razvoj. 2005. Prihodnost je obnovljiva!. Obnovljivi viri energije priročnik.
<http://focus.si/files/OVEprirocnikI.pdf> (Pridobljeno 15.07.2020.)
- [2] Neznani avtor. 2020. Obnovljivi viri in njihov vpliv na okolje.
<https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/ucinek-tople-grede/> (Pridobljeno 15.07.2020.)
- [3] Košir, M. 2019. Climate adaptability of buildings : bioclimatic design in the light of climate change. Springer: 243 str.
- [4] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. Maj 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije. 18.06.2010
- [5] Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, ustanova. 2018. Podnebno-energetska politika Evropske unije do 2030. Energijska učinkovitost in energija iz obnovljivih virov.
<https://www.umanotera.org/7162-2/#toggle-id-9> (Pridobljeno 17.07.2020.)
- [6] Magrini A., Lentini G., Cuman S., Bodrato A., Ludovica M. 2020. From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings(PEB): The next challenge - The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165920300156> (Pridobljeno 15.7.2020.)
- [7] Johnson, D., Gibson S. 2010. Toward a Zero Energy Home. The Taunton Press: 3-9 str.
- [8] Zbašnik Senegačnik M. 2017. Pasivna hiša. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo: 23, 39, 100-104, 90-97 str.
- [9] Mehle, L. 2014. Energetsko varčna hiša. Preberite.si.
<https://www.preberite.si/varcna-hisa/> (Pridobljeno 25.07.2020.)
- [10] Košir, M., Valenčič, M., Rakušček, A. 2020. Energijsko varčna hiša. Priročnik dom za družine.
<https://prirocnikdom.si/energijsko-varcna-hisa/> (Pridobljeno 25.07.2020.)
- [11] Kitek Kuzman M. 2012. Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo v sodelovanju s Fakulteto za arhitekturo: 73, 74 str.
- [12] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES), Ministrstvo za infrastrukturo. 2015.
- [13] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Ur.l. RS. št. 52/2010

- [14] Direktiva (EU) 2018/844 Evropskega parlamenta in Sveta, z dne 30. maj 2018 o spremembi Direktive 2010/31/Evropskega parlamenta o energetske učinkovitosti stavb in Direktive 2012/27/Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti. Uradni list Evropske unije, z dne 19. 6. 2018.
- [15] Gradbeni zakon (GZ) Ur. RS, št. 61/17 z dne 2. 11. 2017
- [16] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) Ur.l. RS. št. 19/2015. 20.03.2015.
- [17] Tehnična smernica TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije. Ministerstvo za okolje in prostor. 2010.
- [18] Energetski zakon (EZ-1). Ur.l. RS. št. 17/2014. 07.03.2014.
- [19] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) Ur.l. št. 20. 22.04.2004.
- [20] Izoplac Vipava - KARIMPEX d.o.o. Vipava, 2020, Sandwich panels izoplac - Samonosilne stenske/fasadne plošče.
<https://www.izolacijskipaneli.si/prodajni-program/stenski-paneli/> (Pridobljeno 10.08.2020.)
- [21] Plag, A. 2009. Ubakus. Frankfurt.
<https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/?> (Pridobljeno 12.08.2020.)
- [22] Knauf Insulation, d.o.o., Škofja Loka, 2017, KI Energija, Program KI energija 2017.
<https://www.knaufinsulation.si/program-ki-energija-2017> (Pridobljeno 03.09.2020.)
- [23] Jejčič, N., Kocjančič, P., Božič P., Hladnik Prosenc C., Jerman B., Vrtič P. 2020. Dom za družine: 42-44, 55-56, 48-50, 45-46 str.
- [24] ALUK ALUMIT, Trgovina in storitve d.o.o., 2020, Prodajni program okna in vrata.
<https://www.aluk.si/prodajni-program/okna-in-vrata> (Pridobljeno 17.09.2020.)
- [25] Geološki zavod Slovenije, 2020
<http://www.egeologija.si/geonetwork/srv/slv/catalog.search#/home> (Pridobljeno 20.09.2020.)
- [26] Viessmann d.o.o. Slovenija, 2020, Vitocal 300-W, Toplotna črpalka voda / voda.
<https://www.viessmann.si/sl/stanovanjska-zgradba/toplotne-crpalk/velike-toplotne-crpalk/vitocal-300w-pro.html> (Pridobljeno 22.09.2020.)
- [27] Viessmann d.o.o. Slovenija, 2020, Vitocal 300-G, Toplotna črpalka zemlja / voda.
<https://www.viessmann.si/sl/stanovanjska-zgradba/toplotne-crpalk/toplotne-crpalk-zemljavoda/vitocal-300g.html> (Pridobljeno 22.09.2020.)
- [28] Viessmann d.o.o. Slovenija, 2020, Vitocrossal 300, Plinski kondenzacijski kotel.

<https://www.viessmann.si/sl/stanovanjska-zgradba/plinski-ogrevalni-kotli-plinske-peci/plinski-kondenzacijski-kotli/vitocrossal-300-cr3b.html> (Pridobljeno 22.09.2020.)

- [29] Sončne elektrarne, donosna naložba. 2018. Učinkovitost solarnih modulov.

<http://www.soncneelektrarne.com/ucinkovitost-solarnih-modulov/> (Pridobljeno 19.10.2020.)