

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Strmljan, E. 2016. Energetska analiza in predlog sanacije Zdravstvenega doma Fužine. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 54 str. (mentor: Košir, M.).

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5548/>

Datum arhiviranja: 27-06-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Strmljan, E. 2016. Energetska analiza in predlog sanacije Zdravstvenega doma Fužine. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering: 54 pp. (supervisor Košir, M.): 48 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5548/>

Archiving Date: 27-06-2016

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

EVA STRMLJAN

**ENERGETSKA ANALIZA IN PREDLOG SANACIJE
ZDRAVSTVENEGA DOMA FUŽINE**

Diplomska naloga št.:

**ENERGY ANALYSIS AND RENOVATION PROPOSAL
FOR THE COMMUNITY HEALTH CENTRE FUŽINE
BUILDING**

Graduation thesis No.:

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana,

2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana EVA STRMLJAN izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: ENERGETSKA ANALIZA IN PREDLOG SANACIJE ZDRAVSTVENEGA DOMA FUŽINE«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Moravče, 2.5.2016

Eva Strmljan

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	620.9:725(497.4)(043.2)
Avtor:	Eva Strmljan
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Naslov:	Energetska analiza in predlog sanacija Zdravstvenega doma Fužine
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – visoki strokovni študij
Obseg in oprema:	54 str., 64 pregl., 14 sl., 9 graf.
Ključne besede:	nič-energijska stavba, obnovljivi viri energije, potrebna letna toplota za ogrevanje, poraba energije

Izvelek

Evropska podnebna politika zahteva prehod na skoraj nič-energijske stavbe. S tem želijo doseči zmanjšanje porabe in uporabo obnovljivih virov energije v stavbah. V diplomski nalogi so na javni stavbi predstavljeni in izračunani energijski kazalniki, ki jih je treba spremljati, in računsko metoda, po kateri se določi energijsko učinkovitost stavbe za doseganje predpisanih minimalnih zahtev za skoraj nič-energijsko stavbo. Najprej je bila izvedena analiza izpolnjevanja zahtev trenutnih pravilnikov glede toplotnih lastnosti stavbnega ovoja, v nadaljevanju pa je bila izračunana letna poraba energije za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode s programom TOST. Glede na izračun energijske učinkovitosti stavbe so predstavljeni in analizirani različni ukrepi za zmanjšanje letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje. S tremi najbolj učinkovitimi, izvedljivimi in ekonomičnimi ukrepi smo prišli do minimalne porabe energije, ki ustreza sedanjim predpisom. Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe v obstoječem stanju znaša 77,79 kWh/m²a, po rekonstrukciji pa 7,92 kWh/m²a, kar stavbo uvršča v najvišji energetski razred. Stavbi smo tako izboljšali energetsko bilanco za 100 %. V zaključnem delu naloge je predstavljen obnovljivi vir energije in način, na katerega ga je mogoče izkoristiti na območju obravnavane stavbe, da postane skoraj nič-energijska.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	620.9:725(497.4)(043.2)
Author:	Eva Strmljan
Supervisor:	Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.
Title:	Energy analysis and renovation proposal for the Community health Centre Fužine building
Document type:	Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools:	54 p., 64 tab., 14 fig., 9 graph.
Keywords:	zero-energy building, renewable energy sources, annual heating energy demand, energy consumption.

Abstract

European environmental policy demands a transition toward nearly zero-energy buildings. Its goal is to reduce energy consumption and increase the use of renewable energy sources. In the diploma thesis, different building energy parameters needed to evaluate energy efficiency are presented and calculated for the Community health Centre Fužine building. Firstly an analysis was carried out to determine whether the building complies with the current regulatory requirements for energy efficiency. This was followed by the calculation of the annual heating energy demand using the TOST program. Based on the results, different measurements were presented and evaluated in order to lower the annual heating energy demand. The three most efficient, technological and economical solutions led us to determine the minimal energy consumption that comply with the current standards. Annual heating energy demand was 77,79 kWh/m² before the renovation and 7,92 kWh/m² after it, a result that would rank the building in the highest energy efficiency class. With the renovation, energy efficiency would be improved 100 %. In the final part of the diploma thesis a renewable energy source is presented, together with a possible way of using it to make the Community health Centre Fužine building nearly zero-energy building.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitji Koširju za vso pomoč in podporo v času nastajanja diplomske naloge. Zahvaljujem se Božidari Strmljan za vso priskrbljeno literaturo v času študija in nastajanja diplomske naloge. Staršem in možu se zahvaljujem za vso finančno in moralno pomoč, ki so mi jo nudili skozi celoten študij.

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
2. O DIREKTIVI EPBD	3
2.1 Prenovljena Direktiva EPBD	3
2.2 Prenos EPBD v Slovensko zakonodajo	3
3. SKORAJ NIČ-ENERGIJSKA STAVBA	5
3.1 Definicija skoraj nič-energijske hiše.....	5
3.2 Obnovljivi viri energije.....	6
4. PRENOVA ZDRAVSTVENEGA DOMA FUŽINE V sNES	8
4.1 Predstavitev stavbe	8
4.1.1 Opis obravnavane stavbe	10
4.2 Splošni robni pogoji za izračun energetske bilance.....	11
4.3 Analiza konstrukcijskih sklopov obstoječega stavbnega ovoja.....	12
5. IZRAČUN ENERGIJSKE BILANCE OBJEKTA	16
5.1 Razdelitev objekta na temperaturne cone	16
5.2 Obstoječe stanje	17
5.2.1 Analiza rezultatov energetske bilance obstoječega stanja.....	22
6. ANALIZA UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE.....	23
6.1 Gradbeni ukrepi	23
6.1.1 Dodatna toplotna zaščita zunanjih sten	23
6.1.2 Menjava transparentnih delov	26
6.1.3 Toplotni most (TM).....	28
6.1.4 Dodatna toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu prostoru in tal na terenu	31
6.2 Inštalacijski ukrepi.....	31
6.2.1 Mehansko prezračevanje celotne stavbe	31
6.2.2 Mehansko prezračevanje z rekuperacijskim sistemom	33
6.3 Organizacijski ukrepi.....	33
6.3.1 Regulacija temperature v prostoru.....	33
6.4 Rezultati/primerjava ukrepov	38
7. SANACIJA OBJEKTA V sNES	40
7.1 Izračun energetske bilance v programu KI Energija 2014	41
7.2 Uporaba obnovljivih virov energije.....	42
7.3 Predlog izkoriščanja OVE v Zdravstvenem domu Fužine.....	43

7.3.1 Prva kombinacija uporabe OVE	43
7.3.2 Druga kombinacija uporabe OVE.....	46
7.3.3 Tretja kombinacija uporabe OVE	49
8. ZAKLJUČEK.....	52
VIRI.....	54

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični opis stavbe	11
Preglednica 2: Splošni podatki o ogrevanju in topli vodi.....	11
Preglednica 3: Klimatski podatki	11
Preglednica 4: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih	12
Preglednica 5: Sestava slojev konstrukcije: zunanji zid pod terenom.....	13
Preglednica 6: Sestava slojev konstrukcije: zunanji zid v kleti.....	13
Preglednica 7: Sestava slojev konstrukcije: zunanji zid nad terenom	13
Preglednica 8: Sestava slojev konstrukcije: strop proti neogrevanemu prostoru	14
Preglednica 9: Sestava slojev konstrukcije: tla na terenu	14
Preglednica 10: Sestava slojev konstrukcije:stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori.....	14
Preglednica 11: Sestava slojev konstrukcije: ravna streha	15
Preglednica 12: Sestava slojev konstrukcije: streha	15
Preglednica 13: Osnovni podatki o toplotnih conah.....	17
Preglednica 14: Prezračevanje.....	18
Preglednica 15: Mehansko prezračevanje ogrevane cone 2	18
Preglednica 16: Transparentni konstrukcijski sklopi.....	19
Preglednica 17: Tla.....	20
Preglednica 18: Predelni konstrukcijski sklopi med conami	21
Preglednica 19: Topla voda in razsvetljava.....	21
Preglednica 20: Izračunana toplotna bilanca stavbe prvotnega stanja.....	22
Preglednica 21: Izgube in dobitki stavbe pri prvotnem stanju	22
Preglednica 22: Vpliv debeline toplotne izolacije na toplotno prehodnost zunanje stene.....	23
Preglednica 23: Toplotna prehodnost prvotnih in novih konstrukcijski sklopov zunanjega ovoja stavbe ter mejna vrednost po TSG-004.....	24

Preglednica 24: Rezultati toplotne bilance z dodatno toplotno izolacijo zunanje stene.....	25
Preglednica 25: Izgube in dobitki stavbe z dodatno toplotno izolacijo zunanjega ovoja.....	25
Preglednica 26: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – dodatna toplotna izolacija zunanjega ovoja	25
Preglednica 27: Primerjava tehničnih značilnosti okna	27
Preglednica 28: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo energetsko učinkovitejših oken	27
Preglednica 29: Izgube in dobitki stavbe z novimi okni	27
Preglednica 30: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – energetsko učinkovitejša okna.....	27
Preglednica 31: Primerjava faktorja linearne toplotne prehodnosti	29
Preglednica 32: Izračunana toplotna bilanca stavbe z zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov.....	29
Preglednica 33: Izgube in dobitki stavbe z zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov.....	29
Preglednica 34: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom- zmanjšanje vpliva toplotnih mostov.....	30
Preglednica 35: Vhodni podatki za mehansko prezračevanje	32
Preglednica 36: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja	32
Preglednica 37: Izgube in dobitki stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja.....	32
Preglednica 38: Prvotno stanje z ukrepom – mehansko prezračevanje.....	33
Preglednica 39: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja z rekuperacijskim sistemom.....	34
Preglednica 40: Izgube in dobitki stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja z rekuperacijskim sistemom	34
Preglednica 41: Prvotno stanje z ukrepom – mehansko prezračevanje z vplivom rekuperacije.....	34
Preglednica 42: Vhodni podatki za regulacijo temperature v prostoru	36
Preglednica 43: Izračunana toplotna bilanca stavbe z zmanjšanjem temperature v prostorih	36
Preglednica 44: Izgube in dobitki stavbe z zmanjšanjem temperature.....	36
Preglednica 45: Prvotno stanje z ukrepom – regulacija temperature	36
Preglednica 46: Izračunana toplotna bilanca z uvedbo ukrepov	40

Preglednica 47: Izgube in dobitki stavbe z uvedbo ukrepov	40
Preglednica 48: Primerjava prvotnega stanja z uvedbo ukrepov	40
Preglednica 49: Primerjava analize rezultatov v programu KI Energija 2014	41
Preglednica 50: Učinkovitost toplotne črpalke [34]	43
Preglednica 51: 1. kombinacija uporabe OVE	43
Preglednica 52: Energija v stavbi	44
Preglednica 53: Izračun povprečnega sončnega obsevanja	45
Preglednica 54: Vhodni podatki za izračun povprečne proizvodnje elektrike	45
Preglednica 55: Izračun povprečne proizvodnje elektrike.....	46
Preglednica 56: 2. kombinacija uporabe OVE.....	46
Preglednica 57: Značilnosti vakumskih kolektorjev [40].....	47
Preglednica 58: Pridobljena sončna energija iz 55 kolektorjev.....	47
Preglednica 59: Vhodni podatki za izračun povprečne proizvodnje elektrike	48
Preglednica 60: Izračun povprečne mesečne proizvodnje elektrike	48
Preglednica 61: 3. kombinacija uporabe OVE	49
Preglednica 62: Povprečno sončno obsevanje in potrebna energija za pripravo tople vode, pridobljena iz 10 SSE po mesecih	50
Preglednica 63: Vhodni podatki za izračun povprečne proizvodnje elektrike	50
Preglednica 64: Izračun proizvodnje elektrike skupne nazivne moči 161 kWp.....	51

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – dodatna toplotna izolacija zunanje ovoja	26
Grafikon 2: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom.....	28
Grafikon 3: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – zmanjšanje vpliva toplotnih mostov.....	30
Grafikon 4: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje	33
Grafikon 5: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje z vplivom rekuperacije	35
Grafikon 6: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – regulacija temperature.....	37
Grafikon 7: Primerjava ukrepov na podlagi letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje	38
Grafikon 8: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub.....	39
Grafikon 9: Primerjava prvotnega stanja s stanjem po prenovi	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Skoraj nič-energijska stavba.....	5
Slika 2: Predstavitev ravni sNES in OVE (vir: [18]).....	5
Slika 3: Panoramski pogled lokacije objekta (vir: [21])	8
Slika 4: Pogled na severno in vzhodno fasado	8
Slika 5: Pogled na južno in vzhodno fasado.....	9
Slika 6: Pogled na zahodno fasado	9
Slika 7: Tlorisi stavbe.....	10
Slika 8: Prerez stavbe	13
Slika 9: Tlorisi stavbe z razdelitvijo na cone.....	16
Slika 10: Toplotni most po obodu okenskih odprtín	19
Slika 11: TM po obodu okenskih odprtín (vir: [25]).....	19
Slika 12: Toplotni most ob stiku strehe z zidom	20
Slika 13: Toplotni most ob stiku strehe z zidom (vir: [25])	20
Slika 14: Prekinitev toplotnega mostu po obodu okenskih odprtín in pri zaključku zunanje stene (vir:[25]).....	29

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AN sNES	Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
c	Specifična toplota
EPBD	Direktiva o energetske učinkovitosti stavb
H_T	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja
OVE	Obnovljivi viri energije
PURES 2010	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010
PV	Fotovoltaični panel
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
Q_1	Potrebna energija za razsvetljavo
$Q_{1,f}$	Dovedena energija za razsvetljavo
Q_f	Dovedena energija za delovanje stavbe
Q_{NC}	Letna potrebna toplota za hlajenje stavbe
$Q_{NC,f}$	Dovedena energija za hlajenje stavbe
Q_{NH}	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe
$Q_{NH,f}$	Dovedena energija za ogrevanje stavbe
Q_P	Primarna energija
Q_W	Potrebna toplota za pripravo tople vode
$Q_{W,f}$	Dovedena energija za pripravo tople vode
SSE	Sprejemniki sončne energije
sNES	skoraj nič-energijska stavba
SPTE	Soproizvodnja toplote in električne energije z visokim izkoristkom
TČ	Toplotna črpalka
TGP	Toplogredni plin
TSG-004	Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije
U	Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov
URE	Učinkovita raba energije
V_0	Količina pretoka zraka pri naravnem prezračevanju
V_{ex}	Količina odtoka zraka pri mehanskemu prezračevanju
V_{su}	Količina dotoka zraka pri mehanskemu prezračevanju
$V_{t,d}$	Projektna vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema
λ	Toplotna prevodnost materiala
μ	Difuzijska upornost materiala pri prehodu vodne pare
ρ	Gostota materiala

SPLOŠNE PRIPOMBE

1. UVOD

Leta 1992 so se začela prizadevanja za boj proti podnebnim spremembam. Države vsega sveta so se pridružile mednarodni pogodbi Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah (UNFCCC), katere cilj je preprečiti nevarne podnebne spremembe. Tako je EU leta 1997 na podlagi Kjotskega sporazuma sprejela pravno zavezujoče cilje omejevanja svojih emisij. Z namenom zmanjšanja vpliva podnebnih sprememb in omejitve globalnega segrevanja si je EU zastavila visoke cilje za prihodnja leta. Do leta 2020 naj bi vse države članice zmanjšale emisije toplogrednih plinov, ki vplivajo na podnebje, za 20 % v primerjavi z letom 1990. Postopek se bo nadaljeval s ciljem zmanjšanja emisij za vsaj 40 % do leta 2030. Do leta 2050 namerava v okviru prizadevanj skupine razvitih držav zmanjšati svoje emisije za 80–95 % v primerjavi z ravno leta 1990. Tako je Evropska komisija leta 2013 Evropskemu parlamentu in Svetu predstavila ključni pomen stavb v politiki energijske učinkovitosti EU, saj 40 % porabe končne energije in 36 % emisij toplogrednih plinov pade na stavbe. 20 % povečanje energijske učinkovitosti evropskega stavbnega fonda in 20 % delež energije iz obnovljivih virov v skupni porabi energije sta ključna za doseganje ciljev (EU »20-20-20 do 2020«). Voditelji EU so se dogovorili, da bodo delež energije iz obnovljivih virov in energijsko učinkovitost do leta 2030 povečali na vsaj 27 % porabo energije EU in s tem dosegli dolgoročne cilje podnebne strategije.[1]

Evropska komisija je za omejevanje rabe energije na ravni celotne stavbe, ki poleg ovojja stavbe vključuje tudi posamezne tehnične sisteme v stavbah, sprejela Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/EC) [2]. Leta 2010 je zaradi velikega energijsko varčnega potenciala na področju stavb bila sprejeta prenovljena Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (31/2010/EU) (EPBD Prenovitev) [3], ki še bistveno bolj zaostruje nekatere zahteve in omejuje rabo energije v stavbah. Tako je prenovljena EPBD postala glavni zakonodajni instrument na ravni EU za izboljšanje energijske učinkovitosti evropskega stavbnega fonda. EPBD [3] zahteva prehod na skoraj nič-energijsko gradnjo stavb in povečanje obsega energijskih prenov obstoječih starejših stavb. Cilj je do leta 2018 doseči vse nove javne stavbe skoraj nič-energijske, saj morajo biti zgled preostalim. Vsaka država EU je zadalžena, da v svoji nacionalni zakonodaji opredeli kriterije za skoraj nič-energijsko stavbo (sNES) in jih do leta 2020 uvede v prakso. Nove gradnje s predpostavko, da jih bomo gradili v skladu z načeli sNES, predstavljajo minimalni prirast pri rabi energije do leta 2020, zato je treba povečati obseg energijske prenove obstoječih stavb. Doseči moramo zastavljene cilje energijske politike EU »20-20-20 do 2020«. Ključni elementi EPBD zlasti za doseganje dolgoročnih ciljev so zahteve, ki se nanašajo na sNES [4].

V diplomski nalogi bomo na primeru Zdravstvenega doma Fužine prikazali, da je s celovito energetske prenovo stavbe možno doseči zahteve za sNES tudi pri prenovi nestanovanjskih stavb. Tako bomo na javni stavbi predstavili energijske kazalnike, ki jih je treba sprejmljati, pokazali, kako izboljšamo energijsko učinkovitost stavbe in kateri obnovljivi vir energije (OVE) je primeren za izkoriščanje na obravnavani stavbi. Najprej smo analizirali pridobljene podatke, nato smo s pomočjo programske opreme TEDI [5] izračunali prehodnost določenih konstrukcijskih sklopov. Energetske bilanco stavbe smo izračunali s pomočjo programa TOST [6], ki po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [7] upošteva Tehnično smernico TSG-1-004:2010 Učinkovite rabe energije (TSG-004) [8] in standard SIST EN ISO 13790 [9]. Ko smo izračunali energetske bilanco prvotnega stanja, smo z vrsto ukrepov skušali izboljšati energijsko učinkovitost stavbe. Na stavbi smo uporabili tri ukrepe, s katerimi smo dosegli energetske učinkovito stavbo. Nato smo potrebno energijo, ki jo stavba potrebuje za svoje delovanje, skušali zagotoviti z največjim možnim deležom OVE na kraju samem.

2. O DIREKTIVI EPBD

2.1 Prenovljena Direktiva EPBD

Prenovljeno direktivo o energetske učinkovitosti stavb je leta 2010 sprejel Evropski parlament z željo povečati oziroma zaostri učinke prvotne direktive iz leta 2002. Prenovljena Direktiva EPBD [3] upošteva cilje EU »20-20-20 do 2020« evropske podnebno-energetske politike, kar pomeni da tudi pri stavbah zahteva 20 % zmanjšanje emisij CO₂, 20 % povečanje energijske učinkovitosti stavb in 20 % delež obnovljivih virov energije na stavbi.

Države članice EU so obvezane, da:

- naredijo enotno metodologijo izračuna kazalnikov rabe energije z upoštevanjem stroškovne optimalne ravni in minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti stavb posamezne države;
- uveljavijo obvezno energetske izkaznice in izvajanje rednih pregledov ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah;
- postanejo vse nove stavbe skoraj nič-energijske stavbe (sNES).

Prenovljena Direktiva želi, da bo z njeno uvedbo mogoča primerjava med stavbami, da bo uporabljena enotna računsko metoda za določanje rabe energije in bodo minimalne zahteve vedno stroškovno učinkovite. Bistvo direktive je izboljšati učinkovitosti stavb, zmanjšati izpuste CO₂ in zmanjšati porabo energije.

Direktiva določa, da morajo vse države članice v svoji nacionalni zakonodaji opredeliti kriterije za skoraj nič-energijsko hišo in jih do 31. decembra 2020 uvesti v prakso. Za javne stavbe zahteva začne veljati že dve leti prej.

2.2 Prenos EPBD v Slovensko zakonodajo

V slovenski pravni red je prenos zahtev EPBD [3] izveden z vrsto zakonov in pravilnikov. Energetske izkaznice, študije izvedljivosti za alternativne energetske sisteme in redne preglede klimatizacijskih sistemov predpisuje Energetski zakon [10] s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [11] in Pravilnikom o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo [12]. Redni pregled kotlov predpisuje Zakon o varstvu okolja [13]. Metodologije računa in minimalne zahteve za novogradnje in večje prenove so opredeljene v Zakonu o graditvi objektov [14] z dvema pravilnikoma: Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010 [7] in Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [15][4].

V Energetskem zakonu [10] je zapisano, da morajo biti vse nove stavbe sNES. Stavba mora za svoje delovanje porabiti zelo majhno količino letne potrebne energije, pri čemer je ta v veliki meri proizvedena iz OVE na kraju samem ali v bližini. Ta zahteva prične veljati 31. decembra 2020, za vse nove stavbe, ki jih uporabljajo osebe javnega sektorja, določilo začne veljati 31. decembra 2018. S tem Energetski zakon [10] v 542. členu vladi nalaga obveznost sprejema Akcijskega načrta za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES) [16] in ob tem natančno opredeli njegovo vsebino ter način poročanja Evropski komisiji.

Vlada na predlog ministrstva sprejme obvezo, da oblikuje AN sNES, ki bo vključeval programe in ukrepe za doseganje ciljev, in opredeli kadrovske in finančne vire, da oblikuje politiko in ukrepe za spodbujanje energetske sanacije obstoječih stavb v sNES. Tako se vsaka tri leta obnovi AN sNES in obvesti Evropsko komisijo o napredku.

Ministrstvo za infrastrukturo je septembra 2014 pripravilo Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 [16]. V nacionalni načrt so vključeni cilji, ki se razlikujejo glede na kategorijo stavbe. Slovenija je po zgledu javnega sektorja oblikovala politiko in sprejela ukrepe in cilje za spodbuditev preoblikovanja stavb, ki se obnavljajo v sNES. V prvi polovici leta 2014 je pripravila analizo stroškovno optimalnih ravni minimalnih zahtev za energijsko učinkovitost stavb, ki daje tudi strokovno podlago za tehnično definicijo sNES. Analizirani so bili trije tipi stavb, in sicer enostanovanjska, večstanovanjska in nestanovanjska stavba. Oblikovanje tehnične definicije sNES zajema tako novogradnje kot celovito prenavo obstoječih stavb [17].

Definicija sNES obsega določitev minimalnih zahtev glede največje dovoljene potrebne letne energije za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo v stavbi v skladu z gradbeno zakonodajo PURES 2010 [7], ki vsebuje metodologijo izračuna za izračun kazalnikov energijske učinkovitosti stavbe s standardom SIST EN ISO 13790 [9] in določa vrednosti največje dovoljene rabe primarne energije v stavbi ter minimalnega zahtevanega deleža OVE za delovanje stavbe. PURES 2010 [7] je bil sprejet na podlagi zahtev, ki jih predpisuje EPBD [3], in ima pomembno vlogo pri objektih, ki se obnavljajo in gradijo, saj določa ostre kriterije za toplotno zaščito in obvezen delež OVE pri novogradnjah.

PURES 2010 [7] določa minimalne zahteve energetske učinkovitosti stavbe z naslednjimi kazalniki:

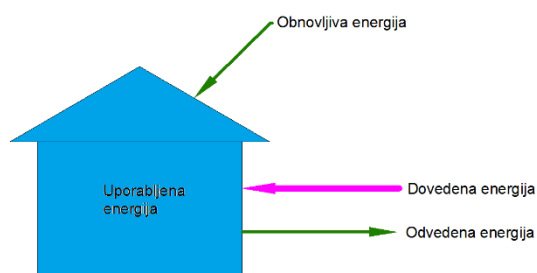
- koeficient največjih dovoljenih specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe H'_T (W/m^2K);
- največja dovoljena letna primarna energija za delovanje sistemov v Q_P (kWh);
- največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane uporabne površine Q_{NH}/A_u (kWh/m^2a) oziroma prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m^3a);
- največji dovoljeni letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC} stanovanjske stavbe, preračunan na enoto hlajene površine stavbe Q_{NC}/A_u (kWh/m^2a);
- največja dovoljena vrednost toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente toplotnega ovoja stavbe.

Na energetska učinkovitost stavbe vpliva stavba s svojimi toplotno-tehničnimi lastnostmi v povezavi z meteorološkimi pogoji okolja. V energijski bilanci se upošteva toplotne značilnosti stavbe, toplotno kapaciteto (akumulacija toplote), izolacijo, toplotne mostove, naravno in mehansko prezračevanje, položaj in orientacijo stavbe in zaščito pred sončnim sevanjem. Za energijsko učinkovitost je merilo primarna energija, s tem dobimo tudi podatke o emisijah CO_2 , ki jih posamezna zgradba proizvede. Določeno je, da se energetska učinkovitost stavbe predstavlja na podlagi celotne uporabljene letne energije za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, pripravo tople sanitarne vode in razsvetljave.

3. SKORAJ NIČ-ENERGIJSKA STAVBA

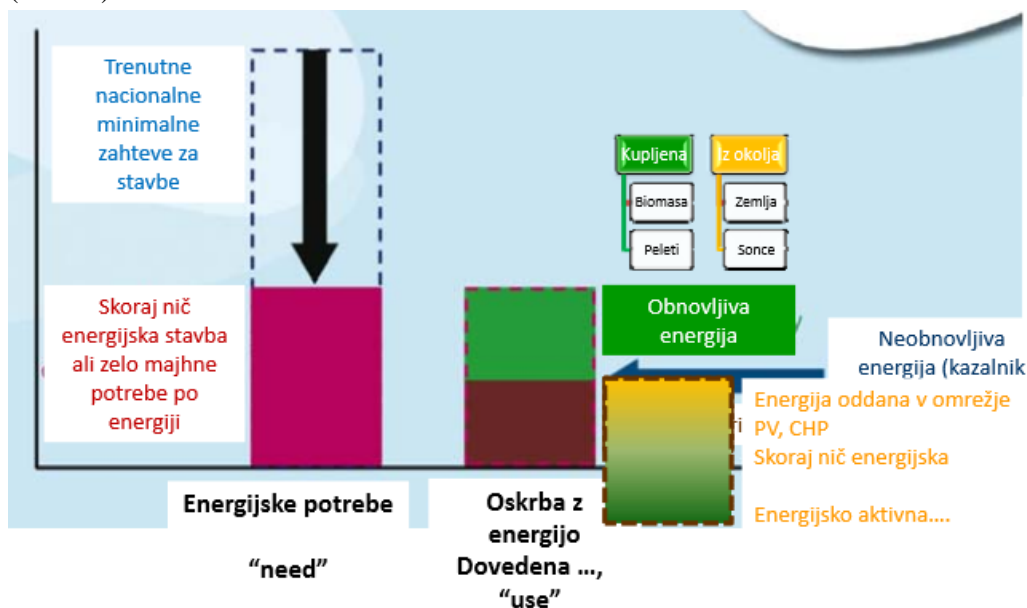
3.1 Definicija skoraj nič-energijske hiše

V Energetskem zakonu [10] je opredeljen pojem sNES za stavbo z zelo visoko energetsko učinkovitostjo oziroma zelo majhno količino dovedene potrebne energije za delovanje stavbe. Potrebna energija za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo je v veliki meri proizvedena iz obnovljivih virov na kraju samem (Slika 1) ali v bližini.



Slika 1: Skoraj nič-energijska stavba

Definicija sNES obsega določitev minimalnih zahtev glede največje dovoljene potrebne energije za delovanje stavbe, določitev največje dovoljene rabe primarne energije v stavbi ter določitev minimalnega deleža obnovljivih virov energije v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe [16] (Slika 2).



Slika 2: Predstavitev ravni sNES in OVE (vir: [18]).

Za sNES so iz študije stroškovno optimalnih minimalnih zahtev predvidene največje dovoljene vrednosti za primarno energijo in najmanjši dovoljeni delež OVE glede na vrsto stavbe. Minimalna zahteva za enostanovanjsko stavbo je največja dovoljena vrednost primarne energije na enoto kondicionirane površine na leto – za novogradnjo je vrednost $75 \text{ kWh/m}^2\text{K}$, za prenovo velja $95 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. Za večstanovanjske stavbe velja največja dovoljena vrednost primarne energije na enoto kondicionirane površine na leto – za novogradnje $80 \text{ kWh/m}^2\text{K}$, za prenovo $90 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. V primeru nestanovanjske stavbe – za novogradnje velja $55 \text{ kWh/m}^2\text{K}$ in pri rekonstrukciji $65 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. V AN sNES je določeno, da je minimalni delež OVE glede na skupno dovedeno energijo 50 %, ki velja za vse vrste stavb [17].

3.2 Obnovljivi viri energije

Obnovljivi viri energije zajemajo vse vire energije, pridobljene iz stalnih naravnih procesov, kot so sončno sevanje, energija vetra, vodna energija, biomasa, geotermalna energija, in jih v naravi nikoli ne zmanjka ali pa se obnavljajo dokaj hitro.

Pozitvni učinek uporabe OVE je lokalno zmanjšanje odvisnosti od uvoženih virov energije – s tem se poveča energetska varnost. Z OVE se industrija hitro širi in spodbuja zaposlenost in razvoj podeželja. OVE v primerjavi s fosilnimi gorivi povzročata nastanek manjših emisij toplogrednih plinov, kar prinaša pozitivne učinke na kakovost okolja. OVE postaja cenovno konkurenčen fosilnim gorivom, povečanje uporabe in njihova dostopnost omogočata boljšo uskladitev energije z lokalnimi potrebami.

Slovenija ima zastavljen nacionalni cilj skladno z Direktivo EPBD [3] o spodbujanju uporabe OVE, in sicer doseči najmanj 25 % delež OVE v končni bruto uporabi energije do leta 2020. Z nacionalnimi načrti so določeni tudi sektorski ciljni deleži: za ogrevanje 30,8 %, za električno energijo 39,3 % in v prometu 10,5 % OVE v bruto končni rabi energije za obdobje do leta 2020.

Za doseganje ciljev bo treba zmanjšati rast porabe končne energije, uveljaviti učinkovito rabo energije in kot prioriteto do leta 2030 spodbujati povečevanje rabe OVE.

Lesena biomasa je najpomembnejši OVE v državi, sledi ji vodna energija. Razvoj v zadnjih letih je usmerjen k izkoriščanju sončne energije in bioplina. Vir sončne energije je uporabljen za izračun deleža OVE na obravnavani stavbi. V obravnavanem primeru so nameščeni sončni kolektorji za pripravo tople sanitarne vode in fotovoltaika za pretvorbo sončnega sevanja v električno energijo, ki se jo uporabi za delovanje celotne stavbe in delovanje toplotne črpalke (TČ). Poleg navedenih virov energije k povečani porabi OVE prispevata še veterna energija in geotermalna energija.

Za doseg ciljev je treba zagotoviti podporo; najprej v javnem sektorju narediti energetske sanacije obstoječih stavb – predvsem tehnološko naprednim objektom: kurilno olje za ogrevanje nadomestiti z leseno biomaso in drugimi OVE, daljinska ogrevanja na OVE s soproizvodnjo električne energije, pripravo tople sanitarne vode in proizvodnjo električne energije pridobiti s sončno energijo in drugimi OVE, spodbujati delež železniškega in javnega prometa, uvesti električna vozila in uporabo biogoriv v prometu in kmetijstvu, razviti industrijsko proizvodnjo tehnologij učinkovite rabe energije (URE) in OVE.

EU predvideva do leta 2020 tudi manjše investicijske spodbude za izgradnjo novih manjših objektov za proizvodnjo manj izkoriščenih potencialov električne energije iz OVE, kot so veterna energija, biomasa, sončna energija in male HE, kar je ključno za doseganje ciljnega deleža OVE. V okviru evropske kohezijske politike bodo podprta vlaganja tudi v izgradnjo novih in rekonstrukcijo obstoječih sistemov za ogrevanje do leta 2020 za povečanje proizvodnje toplote. Treba bo spodbuditi nove uporabnike za priklop na že obstoječe geotermalne ogrevalne sisteme, sončne kolektorje, kotle na leseno biomaso v javnem sektorju, sisteme daljinskega ogrevanja na leseno biomaso, in spodbuditi priključitev na toplotne črpalke. Z vidika uporabe razpoložljivega energenta je daljinski sistem na leseno biomaso eden od sistemov, ki prinaša številne sinergijske učinke tudi z vidika zmanjšanja emisij prašnih delcev in izgradnje lesno pridelovalne verige – ta način obenem omogoča pridobitev novih delovnih mest.

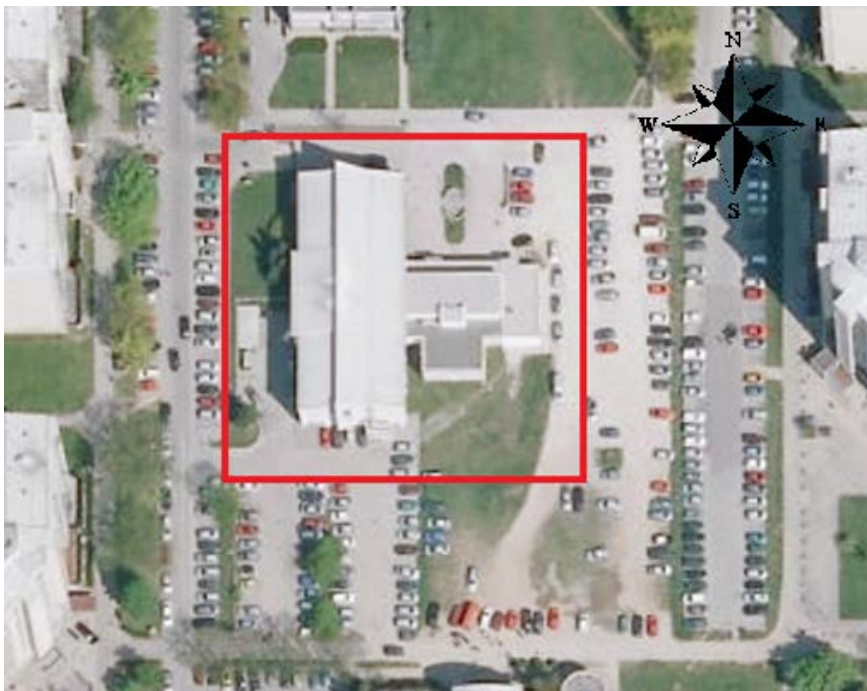
Slovenija nima kmetijskih površin, ki se uporabljajo za proizvodnjo surovin za biogoriva, in posledično ni razvitega trga z biogorivi. Pri uporabi biogoriv je ključen prihranek emisij toplogrednih plinov, zato Direktiva 2009/28/ES [19] predvideva okrepljeno spodbujanje razvoja biogoriv iz lesenih

ostankov pri predelavi gozdne biomase. To je za Slovenijo velika razvojna priložnost, saj ima večjo dostopnost do gozdne biomase [20].

4. PRENOVA ZDRAVSTVENEGA DOMA FUŽINE V sNES

4.1 Predstavitev stavbe

Zdravstveni dom Fužine (Slika 4–6) stoji v Ljubljani na Preglovem trgu 14 (Slika 3) (GKX: 101135, GKY: 466212). Stavba je bila zgrajena leta 1988 in se v celoti uporablja za zdravstveno oskrbo. Zdravstveni dom Fužine je ena izmed organizacijskih enot Zdravstvenega doma Ljubljana.



Slika 3: Panoramski pogled lokacije objekta (vir: [21])

V okviru Zdravstvenega doma Fužine delujejo naslednje ambulante in medicinske službe: zdravstveno varstvo odraslih, zdravstveno varstvo šolskih otrok in mladine, zdravstvenovzgojni center, specialistična ambulanta za osteoporozo, zobozdravstveno varstvo odraslih, zobozdravstveno varstvo otrok in mladine, zobotehnični laboratorij, spec. ambulanta za sladkorno bolezen, spec. ambulanta za vodenje antikoagulacijskega zdravljenja, patronažno varstvo, nega na domu, laboratorijska diagnostika in sterilizacija.



Slika 4: Pogled na severno in vzhodno fasado



Slika 5: Pogled na južno in vzhodno fasado



Slika 6: Pogled na zahodno fasado

V diplomski nalogi smo na javni stavbi predstavili korake, s katerimi lahko stavbo spremenimo v sNES.

Korak 1: Analiza obstoječih konstrukcijskih sklopov in toplotna bilanca prvotnega stanja.

V prvem koraku je narejena izvedba analize konstrukcijskih sklopov, s katero ugotovimo konstrukcijske elemente, ki presegajo dovoljeno toplotno prehodnost U_{MAX} . Analizirali smo tudi difuzijo vodne pare. Izračune smo izvedeli s programom TEDI [10], za metodo izračuna toplotne bilance smo uporabili programsko opremo TOST [11].

Korak 2: Analiza ukrepov za sanacijo stavbe.

Analiziranje posamičnih ukrepov, ki so v stavbi izvedljivi. Ukrepe nato primerjamo z njihovimi vrednostmi o letni potrebni energiji za ogrevanje in hlajenje ter koeficientom specifičnih transmisijskih izgub s prvotnim stanjem. Z analizo ukrepov smo indentificirali najbolj učinkovite ukrepe s kombinacijo, katere stavbo saniramo na nivo sNES.

Korak 3: Energetska učinkovitost stavbe.

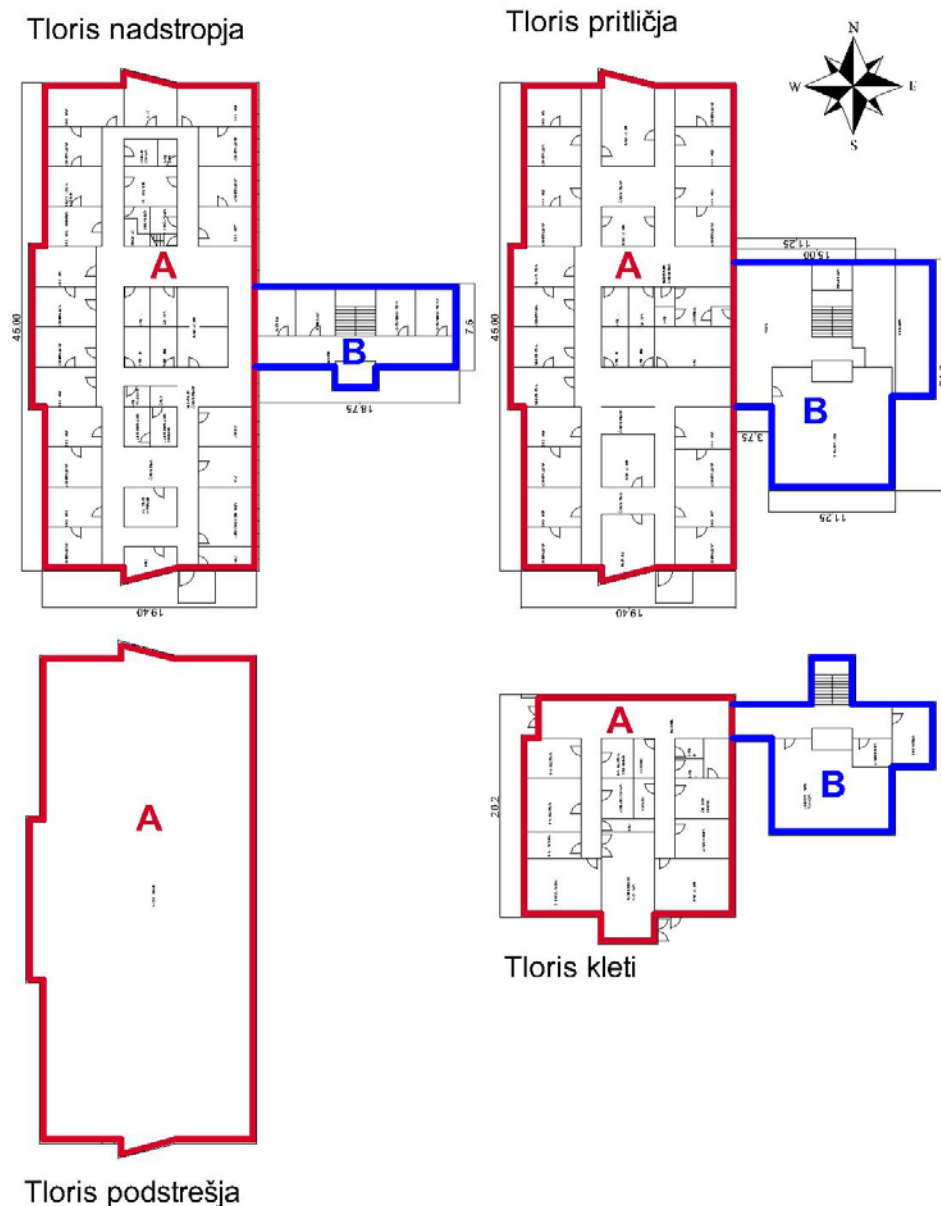
Izbira in analiza energetsko najbolj učinkovitih ukrepov in določitev letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje na enoto kondicionirane površine stavbe.

Korak 4: Zagotovitev obnovljivih virov na stavbi.

Z obnovljivimi viri smo poskušali pokriti potrebno energijo za ogrevanje, haljenje, pripravo tople vode in razsvetljavo v čim večji meri oziroma vsaj 50%.

4.1.1 Opis obravnavane stavbe

Tlorisna oblika objekta je sestavljena iz dveh delov. Del A, prikazan na Sliki 7, je pravokotne oblike in meri 19,4 m v širino in 45 m v dolžino. Streha je dvokapna, pokrita s trapezno pločevino, vzhodni del strehe ima naklon 27° , zahodni del pa 23° . Slemenska lega poteka v smeri sever-jug. Podstrešje je neizkoriščeno. Del B, prikazan na Sliki 7, meri 15 m v širino in 22,5 m v dolžino ter ima ravno streho. Stavba ima tri etaže: klet, pritličje in nadstropje, ki so v celoti ogrevane, ter neogrevano podstrešje. V ogrevani kleti, ki je na severni strani vkopana 3 m v zemljinjo, so patronažno varstvo, steralizacija, toplotna postaja, kartoteke, prostor za zdravstveno vzgojo in delavnica. V pritličju so diagnostični laboratorij, ordinacije, prostor za konzilij in kartoteke. V nadstropju so ambulante, ordinacije in kartoteke. Etažna višina je 3,00 m.



Slika 7: Tlorisi stavbe

4.2 Splošni robni pogoji za izračun energetske bilance

Pri računanju energetske učinkovitosti objekta so pri analizi uporabljeni vhodni podatki o natančni lokaciji, podnebnih podatkih in namembnosti stavbe, ki so prikazani v Preglednici 1. Faktorji učinkovitosti ogrevalnega in hladilnega sistema ter sistema za pripravo tople vode so prikazani v Preglednici 2. S pomočjo programa TEDI [10] in iz koordinat stavbe pridobimo klimatske lastnosti lokacije, ki so predstavljene v Preglednici 3 in 4.

Preglednica 1: Tehnični opis stavbe

Lokacija (naselje, ulica, kraj)	Lj -Fužine	
Katastrska občina	Ljubljana	
Koordinate lokacije stavbe	X=101135	Y=466212
Vrsta stavbe	zdravstveni dom	
Etažnost	3 etaže (K+P+1)	
Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	2238,5	
Neto ogrevana prostornina stavbe V_e (m ³)	6715,65	
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	1148,55	

Ogrevanje stavbe je zagotovljeno s pomočjo daljinskega ogrevanja (ogreva se celotni objekt), toplotna podpostaja je v kletnih prostorih stavbe. V stavbi je vgrajen centralni sistem ogrevanja. Radiatorji so opremljeni z radiatorskimi termostatskimi ventili. Topla sanitarna voda se pripravlja s toploto, pridobljeno iz daljinskega ogrevanja. V podpostaji je nameščen bojler velikosti 600 l. Razvod je zaščiten z zaprto raztežno posodo.

Preglednica 2: Splošni podatki o ogrevanju in topli vodi

Toplotna prevodnost zemljine	2 W/mK	
Energent	Daljinska toplota s kogeneracijo	
Učinkovitost sistemov	Ogrevanje	Topla voda
Generacija	0,9	0,9
Distribucija	0,95	0,95
Emisija	0,96	1

Vir: TOST, navodila str.9

Preglednica 3: Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,9
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	225
Začetek ogrevalne sezone (dnevi)	275
Konec ogrevalne sezone (dnevi)	135

Vir: TOST, klimatski podatki

Preglednica 4: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih

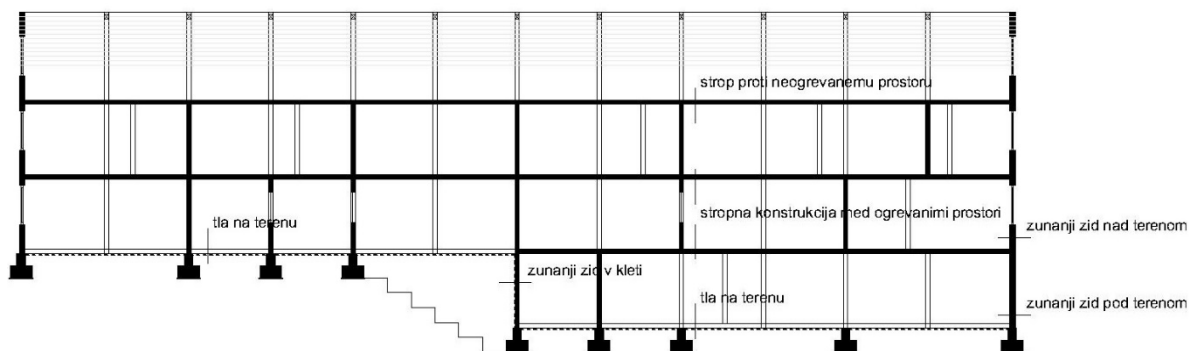
Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-1	102	28	52	156	75	31
Februar	1	174	41	80	215	121	28
Marec	6	307	70	149	260	179	31
April	10	437	110	210	215	220	30
Maj	15	546	133	256	237	251	15
Junij	18	569	153	250	218	264	0
Julij	20	610	141	263	240	283	0
Avgust	19	528	116	239	269	260	0
September	15	362	84	163	259	188	0
Oktober	10	213	58	101	203	116	29
November	4	106	34	57	121	58	30
December	1	77	25	43	111	48	31
Ogrev. sezona	5,1	1669	431	813	1421	933	225

Vir: TOST, klimatski podatki

4.3 Analiza konstrukcijskih sklopov obstoječega stavbnega ovoja

Celotna zgradba je konstrukcijsko armirano betonske skeletne izvedbe z armirano betonskimi stebri. Vmesni prostori so pozidani z opečnimi zidaki. Vse notranje površine sten so ometane s podaljšano apneno malto. Na zunanji površini nosilnih zidov je izvedena toplotna izolacija Fragmat EPS 150 v debelini 8 cm. Celotni zunanji ovoj stavbe je narejen iz grobega armiranega ometa in zaključen s kontaktnim tankoslojnim premazom. Strop proti podstrešju je iz armirano betonske plošče, ometan s podaljšano apneno malto, z vgrajeno toplotno izolacijo tervol v debelini 15 cm toplotne izolacije in zaključen s cementnim estrihom po celotni površini podstrešja. Ravna streha stavbe je izvedena na armirano betonski plošči z vgrajeno toplotno izolacijo Fragmat EPS 150 v debelini 15 cm, z minimalnim naklonom ter zaščiten z bitumensko hidroizolacijo za preprečitev vdora vode v objekt. Tla proti terenu kletne etaže so izvedena iz armirano betonske plošče, zaščiten proti vdoru podtalne vode z bitumensko hidroizolacijo. Tla vsebujejo toplotno izolacijo Fragmat EPS 150 v debelini 5 cm, na katerih je izdelan cementni estrih, nanj pa je položena fina talna obloga.

S programom TEDI [5] je določena toplotna prehodnost posameznih konstrukcijskih sklopov in izračunana vrednost, primerjana z maksimalno dovoljenimi vrednostmi po PURES-u 2010 [7] (U_{MAX}). Pričakuje se, da bodo maksimalno dovoljene vrednosti močno presežene. Sestava posameznih konstrukcijskih sklopov in njihov izračunan U-faktor sta predstavljena v Preglednicah 5–12. Položaj konstrukcijskih sklopov je označen na Sliki 8. Iz Preglednic 5 do 12 je razvidno, da skoraj vsi konstrukcijski sklopi ne ustrezajo TSG-004 [8].



Slika 8: Prerez stavbe

Preglednica 5: Sestava slojev konstrukcije: zunanji zid pod terenom

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
apnen omet	0,03	0,81	10	1600	1050
porolit	0,05	0,52	4	1200	920
alu folija	0,0002	203	700000	2700	940
Fragmat eps 150	0,08	0,034	40	25	1260
beton iz kamnitega agregata	0,16	2,33	90	2500	960
fragmat izotekt reflex V4	0,005	0,19	14000	1300	1460
poliestrski filc	0,0003	0,1	1,5	200	800
pesek in droban prodec	0,2	1,4	15	1500	840
$U = 0,374 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS ne odgovarja				

Preglednica 6: Sestava slojev konstrukcije: zunanji zid v kleti

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
apnena malta	0,03	0,81	10	1600	1050
porolit	0,05	0,52	4	1200	920
alu folija	0,0002	203	700000	2700	940
Fragmat eps 150	0,08	0,034	40	25	1260
beton iz kamnitega agregata	0,16	2,33	90	2500	960
$U = 0,367 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS ne odgovarja				

Preglednica 7: Sestava slojev konstrukcije: zunanji zid nad terenom

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
podaljsana apnena malta	0,03	0,85	15	1700	1050
beton iz kamnitega agregata	0,12	2,33	90	2500	960
Fragmat EPS 150	0,08	0,034	40	25	1260
plemenita fasadna malta	0,03	0,7	15	1850	1050
$U = 0,377 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS ne odgovarja				

Preglednica 8: Sestava slojev konstrukcije: strop proti neogrevanemu prostoru

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
beton iz kamnitega agregata	0,22	2,33	90	2500	960
PVC-folija *	0,0003	0,19	42000	1200	960
tervol	0,15	0,037	1	160	840
beton iz kamnitega agregata	0,06	2,04	60	2400	960
$U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS ne odgovarja				

* v načrtih brez PVC-folije

Preglednica 9: Sestava slojev konstrukcije: tla na terenu

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
linolej	0,004	0,19	500	1200	1880
cementna malta	0,02	1,4	30	2100	1050
cementni estrih	0,05	1,4	30	2200	1050
PVC-folija	0,0003	0,19	42000	1200	960
Fragmat EPS 150	0,05	0,034	40	25	1260
Fragmat izotekt V4	0,003	0,19	14000	1300	1460
beton iz kamnitega agregata	0,1	2,33	90	2500	960
pesek in droban prodec	0,2	1,4	15	1500	840
$U = 0,592 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS ne odgovarja				

Preglednica 10: Sestava slojev konstrukcije: stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
linolej	0,004	0,19	500	1200	1880
cementna malta	0,02	1,4	30	2100	1050
cementni estrih	0,05	1,4	30	2200	1050
PVC-folija	0,0003	0,19	42000	1200	960
kamena volna	0,03	0,037	1	160	840
beton iz kamnitega agregata	0,22	2,33	90	2500	960
$U = 0,808 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{max}} = 1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS odgovarja				

Preglednica 11: Sestava slojev konstrukcije: ravna streha

Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
apnena malta	0,02	0,81	10	1600	1050
beton iz kamnitega agregata	0,22	2,33	90	2500	960
cementni estrih	0,02	1,4	30	2200	1050
Fragmat izotekt V4	0,003	0,19	14000	1300	1460
alu folija	0,0002	203	700000	2700	940
Fragmat EPS 150	0,15	0,034	40	25	1260
Fragmat izotekt V4	0,003	0,19	14000	1300	1460
Fragmat izotek T4	0,004	0,19	14000	1300	1460
Fragmat izotek reflex V4	0,004	0,19	14000	1300	1460
$U = 0,208 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	KS ne odgovarja				

V ravni strehi prihaja do kondenziranja vodne pare. Čas predvidenega izsuševanja nabranega kondenza je 17 dni, kar je manj od maksimalno dovoljenega obdobja izsuševanja (60 dni), zato konstrukcijski sklop odgovarja zahtevam PURES-a 2010 [7].

Preglednica 12: Sestava slojev konstrukcije: streha

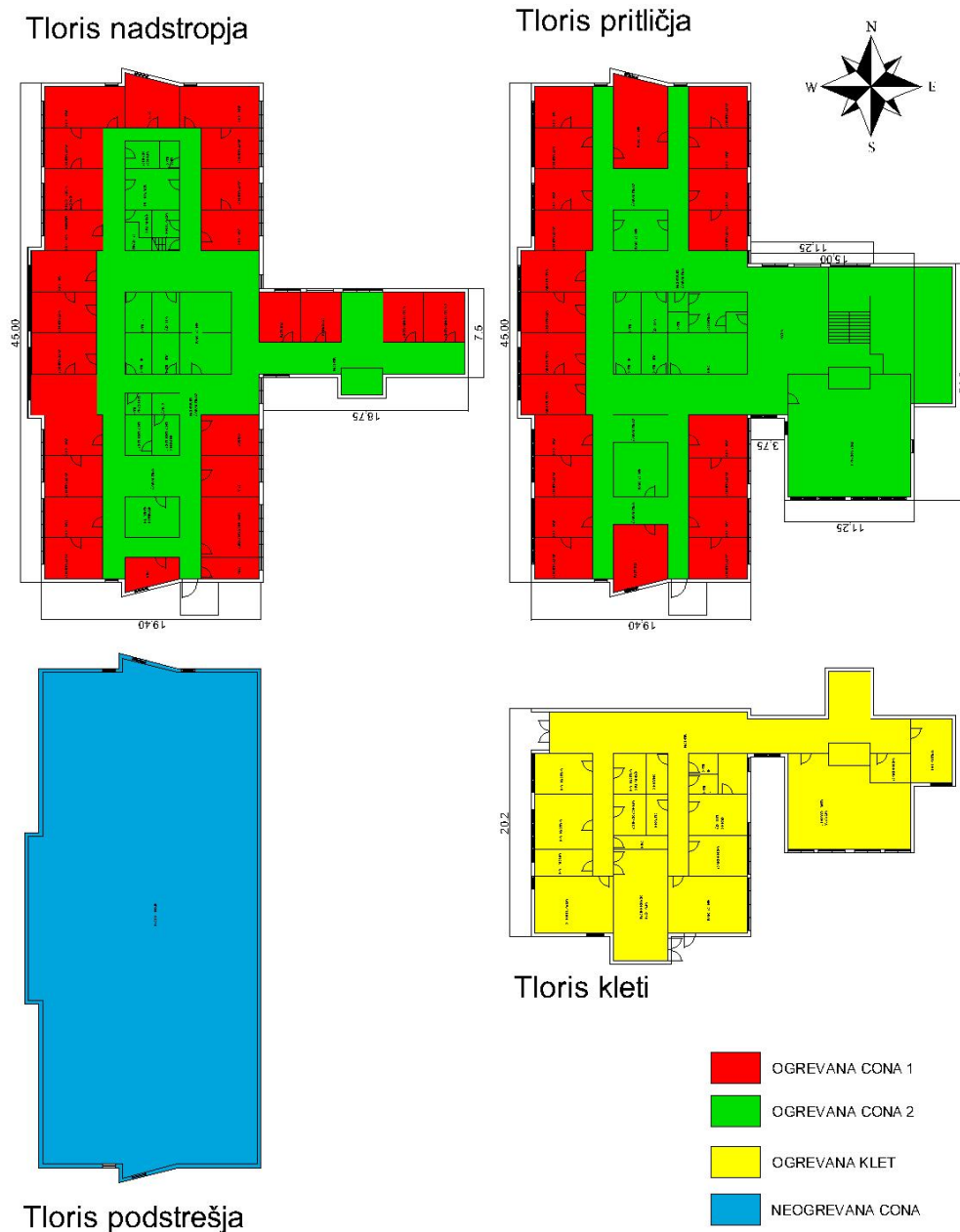
Material (od znotraj → navzven)	Debelina [m]	λ [W/mK]	μ [/]	ρ [kg/m ³]	c [J/kg K]
špirovec 10/14	0,14	0,14	70	500	2090
lega 16/20	0,2	0,14	70	500	2090
ploč. kritina	0,003	58,5	800000	7800	460
$U = 5,881 \text{ W/m}^2\text{K}$					

Konstrukcijski sklop streha proti neogrevanemu prostoru (Preglednica 12) ima faktor toplotne prehodnosti $5,881 \text{ W/m}^2\text{K}$. Streha nima omejene vrednosti toplotne prehodnosti, saj meji na neogrevani prostor. V neogrevanem prostoru je izolirana medetažna plošča, ki preprečuje vdor hladnega zraka v ostale prostore.

5. IZRAČUN ENERGIJSKE BILANCE OBJEKTA

5.1 Razdelitev objekta na temperaturne cone

Objekt je razdeljen na 3 ogrevane cone in neogrevano cono, ki je na podstrešju. Prvo ogrevano cono predstavljajo ordinacije, v katerih se morajo večinoma bolniki sleči, zato je v tej coni predvideno ogrevanje na višjo temperaturo. Drugo cono predstavljajo prostori, ki so v večini brez stika z zunanjim ovojem in zato brez oken. Ti prostori se mehansko prezračujejo. V tej coni so prostori za kartoteke, laboratorij, sanitariji, prostori za odmor osebja ter prezračevani hodniki in čakalnice. Tretja cona je ogrevana klet. Cone so prikazane na Sliki 8.



Slika 9: Tlorisi stavbe z razdelitvijo na cone

5.2 Obstoječe stanje

5.2.1 Definiranje načina obratovanja stavbe

Podatki o uporabni površini con in podatki za povprečno moč notranjih dobitkov so razbrani iz projekta za izvedbo [22]. Upoštevana je povprečna moč oddane toplote uporabnikov, ki je 80W na osebo, kar velja za bolniške stavbe [23]. Povprečna moč dobitkov notranjih virov je seštevek povprečne moči aparatov in povprečne moči oddane toplote uporabnikov. V ogrevani kleti so ordinacije in prostor za seminarje, ki se občasno zapolni, zato pride do manjše moči notranjih virov. Ponoči ima stavba notranje dobitke le od povprečne moči aparatov, saj je stavba zaprta. Projektna temperatura je določena glede na namembnost prostorov. V ogrevani coni 1 so ordinacije in ambulate, v katerih se morajo bolniki tudi sleči, zato je projektna temperatura v tej coni 24°C. V ogrevani coni 2 so čakalnice, hodniki, sanitariji in laboratorij, tu so ljudje še oblečeni v vrhnja oblačila, zato je projektna temperatura 21°C. Ogrevana klet ima tri pisarne in velik prostor, predviden za seminarje. V teh prostorih ljudje sedijo, zato je projektna temperatura 22°C. Podatki so prikazani v Preglednici 13.

Preglednica 13: Osnovni podatki o toplotnih conah

Vhodni podatki	ogrevana cona 1		ogrevana cona 2		ogrevana klet		neogrevana cona
Neto prostornina (m ³)	2658,21		3191,96		1591,89		1611,22
Uporabna površina cone (m ²)	886,07		1063,98		530,63		873
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteteo	srednja		srednja		srednja		
Efektivna toplotna kapaciteta C (MJ/K)	146,2		175,56		87,55		
Projektna notranja temperatura(°C)	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	
Dan	26	24	26	21	26	22	
Noč	26	20	26	20	26	20	
Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)							
Dan	26850		34970		5510		
Noč	2658		2217		1590		

Stavba ima naravno in mehansko prezračevanje. Del stavbe ima mehansko prezračevanje. Gre za prostore, ki nimajo oken, prostore, v katerih se istočasno zadržuje večje število ljudi, in laboratorij. Ti prostori so locirani v ogrevani coni 2. Vhodne podatke o odtoku in dotoku zraka smo pridobili iz projekta prenove za izvedbo strojnih inštalacij [22]. Vhodni podatki o prezračevanju so prikazani v Preglednici 14 in 15.

Preglednica 14: Prezračevanje

Vhodni podatki	ogrevana cona 1		ogrevana cona 2		ogrevana klet		neogrevana cona	
	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč
Vrsta prezračevanje	Naravno		Mehansko	Naravno	Naravno		Naravno	
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem na (h^{-1}) dan/noč	0,7	0,3	-	0,3	0,7	0,3	3,5	3,5
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem na (h^{-1}) dan	0,5	0,2	-	0,2	0,5	0,2	3	3

Preglednica 15: Mehansko prezračevanje ogrevane cone 2

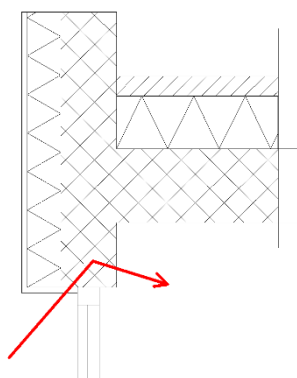
	Dan
Količina odtoka zraka V_{ex} (m^3/s)	2,45
Količina dotoka zraka V_{su} (m^3/s)	3,35
Količina pretoka zraka pri naravnem prezračevanju V_0 (m^3/s)	0,18
Projektna vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema $V_{t,d}$ (m^3/s)	3,35
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni β (-)	0,80
Učinkovitost rekuperacijskega sistema η_v (-)	0
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa n_{50} (h^{-1})	0,25
Koeficient zaščite proti vetru e (-)	0,02
Koeficient izpostavljenosti vetru f (-)	20

Okna so pravokotne oblike s plastičnim okvirjem in dvojno toplotno izolativno zasteklitvijo z nizko emisijskim premazom. Okna stavbe so opremljena z zunanjimi aluminjastimi žaluzijami. Vhodna vrata stavbe so steklene enokrilne ter dvokrilne izvedbe z aluminjastim okvirjem in dvojno toplotno izolativno zasteklitvijo z nizko emisijskim premazom. Leta 2010 so bila vsa prvotna okna zamenjana, ob montaži ni bila spremenjena pozicija stavbnega pohištva glede na pozicijo toplotne izolacije v zunanjem ovoju. Geometrijske in gradbeno-fizikalne lastnosti transparentnega dela ovoja so prikazane v Preglednici 16. Toplotna prehodnost U_w oken in vrat je podana v projektu za izvedbo [22]. Faktor prehoda sončnega sevanja (g) je 0,58, razen pri vratih, ki je 0,6. Podatek smo dobili iz primerljivega okna iz TOST navodil [24]. Faktor okvirja je izračunan tako, da je površina okvirja deljena s celotno površino okna. Povprečje različnih mer oken znaša $F_f = 0,33$. Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ($g_{g+shl,w}$) = faktor zasteklitve (g_w) * faktor senčil (g_s) * faktor zaves (g_z) = 0,58 * 0,5 = 0,29. Faktor senčil je določen z naklonom lamel. Naklon lamel 30° je $g_s = 0,5$. Formulo za prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela in faktor senčil smo dobili iz TOST navodil [24].

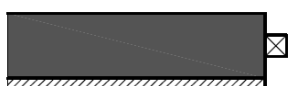
Preglednica 16: Transparentni konstrukcijski sklopi

Vhodni podatki (okna/vrata)	ogrevana cona 1	ogrevana cona 2	ogrevana klet	ogrevana klet	ogrevana klet	neogrevana cona
Površina A_w (m^2): sever	16,2	16,2	8,6	-	-	4,2
Površina A_w (m^2): jug	3,6	45,2	-	28,3	-	4,2
Površina A_w (m^2): vzhod	79,9	15,1	-	25,9	2,4	-
Površina A_w (m^2): zahod	117	2,16	-	23,7	10,8	-
Toplotna prehodnost U_w (W/m^2K)	1,3	1,3	2,5	1,3	2,5	1,3
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja g_w (-)	0,58	0,58	0,6	0,58	0,58	0,58
Faktor okvirja F_f (-)	0,33	0,33	0	0,33	0,33	0,33
Faktor senčenja (-)	0,29	0,29	0,6	0,29	0,58	0,29

Toplotni most se pojavlja po obodu vseh okenskih odprtin (Slika 10). Skupna dolžina znaša 1036,38 m in ima psi vrednost $\psi_e = 0,6$, pridobljena v standardu ISO/FDIS 14683:2007(E) [25], kar je prikazano na Sliki 11.



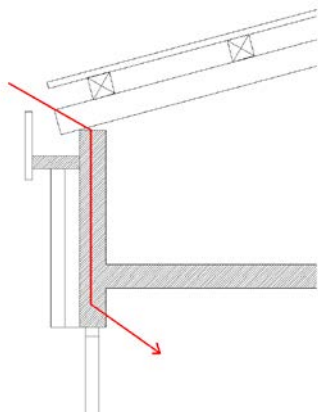
Slika 10: Toplotni most po obodu okenskih odprtin



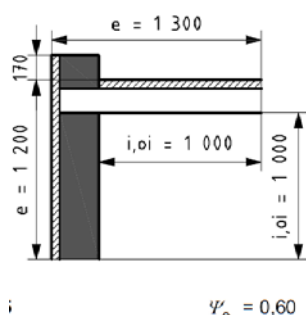
$$\psi_e = 0,60$$

Slika 11: TM po obodu okenskih odprtin (vir: [25])

V izračunih je upoštevan še toplotni most, ki se pojavlja ob stiku poševne strehe z zidom, kot prikazuje Slika 12, na razdalji 128,8 m, in ima psi vrednost $\psi_e = 0,6$, prepisano iz standrda ISO/FDIS 14683:2007(E)[25], prikazano na Sliki 13.



Slika 12: Toplotni most ob stiku strehe z zidom



Slika 13: Toplotni most ob stiku strehe z zidom (vir: [25])

Tla proti terenu kletne etaže so izvedena iz armirano betonske plošče, zaščiteni proti vdoru podtalne vode z bitumensko hidroizolacijo. Tla vsebujejo toplotno izolacijo Fragmat EPS 150 v debelini 5 cm, na katerih je izdelan cementni estrih, nanj je položena finalna talna obloga (Preglednica 17).

Preglednica 17: Tla

Vhodni podatki	ogrevana cona 1	ogrevana cona 2	ogrevana klet
Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,26	0,26	0,3
Površina A_{bf} (m^2)	189	304	531
Izpostavljeni obseg tal P (m)	48,2	27,9	47
Toplotni upor tal $R_{bf,t}$ (m^2K/W)	1,69	1,69	1,7
Globina tal kleti pod nivojem terena z (m)	-	-	3
Toplotni most pri tleh l (m)	48,2	27,9	-
Koeficient zunanjih dimenzij ψ_e (-)	0,6	0,6	-

V program smo vnesli podatke o predelnih konstrukcijskih sklopih med toplotnimi conami. Pri upštevanju predelnih elementov z različnimi toplotnimi lastnostmi smo upoštevali njihovo uteženo povprečje U-faktorjev. Izračun je prikazan z enačbo 1. Lastnosti predelnih elemntov med conami so prikazane v Preglednici 18.

$$U = \frac{U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2}{A_1 + A_2} = \frac{568,8m^2 \times 2,123 \frac{W}{m^2K} + 0,808 \frac{W}{m^2K} \times 55,53m^2}{568,8m^2 + 55,53} = 2 \frac{W}{m^2K} \quad (1)$$

Preglednica 18: Predelni konstrukcijski sklopi med conami

	Netransparentni del		Transparentni del	
	A (m ²)	U(W/m ² K)	Aw(m ²)	U _w (W/m ² K)
Ogrevana cona 1 proti ogrevani coni 2	568,3	2	63	3,2
Ogrevana cona 1 proti ogrevani kleti	212,3	0,81	-	-
Ogrevana cona 1 proti neogrevani coni	485,8	0,23	-	-
Ogrevana cona 2 proti ogrevani kleti	334,37	0,81	5,7	3
Ogrevana cona 2 proti neogrevani coni	440,52	0,23	2,4	0,806

Preglednica 19: Topla voda in razsvetljava

	ogrevana cona 1	ogrevana cona 2	ogrevana klet	neogrevana cona
Število dni zagotovljene tople vode (dni)	269	269	269	-
Referenčna površina (m ²)	494,19	158,72	214,93	-
Gostota moči svetil PN (W/m ²)	13	13	13	-
Zasilna razsvetljava	da	da	da	-
Avtomatsko vodenje razsvetljave	ne	ne	ne	-
Nadzorni sistem stalne osvetljenosti F _c (-)	ne	ne	ne	-
Upoštevanje zasedenosti F _o (-)	ročno	ročno	ročno	-
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe	ročno	ročno	ročno	-

Pri stavbah z zdravstveno oskrbo število sob s posteljami in njihova referenčna površina vpliva na količino priprave tople vode. V zdravstvenem domu se tople vode v primerjavi z bolnišnico porabi bistveno manj, saj ljudje prihajajo na pregled in se v satvbi zadržijo cca. 1–2 uri. Ker vsak obiskovalec ne obišče sanitarij in osebje ne uporablja vseh umivalnikov, je referenčna površina prilagojena tako, da je zmanjšana. V ogrevani coni 1 je upoštevana površina ordinacij z umivalnikom, v ogrevani coni 2 pa so za referenčno površino upoštewane sanitariji, pri ogrevani kleti površina pralnice, sanitarij in prostorov za sterilizacijo. Stavbe za zdravstvo imajo maksimalno dovoljeno gostoto moči svetil 13W/m² (TOST navodila [9]).

5.2.1 Analiza rezultatov energetske bilance obstoječega stanja

Na energetska bilanco stavbe vplivajo ogrevana cona 2 z mehanskim prezračevanjem brez rekuperacije (Preglednica 15) in toplotni mostovi, ki se pojavijo po obodu vseh okenskih odprtih ter ob stiku zunanje stene s streho (Preglednica 20).

Preglednica 20: Izračunana toplotna bilanca stavbe prvotnega stanja

		Izračun	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m^2K)		0,56	0,43
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)		923966	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		192978	63543
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		71813	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m^2a)	77,79	-
	Q_{NC}/V_e (kWh/m^3a)	25,93	8,54

Poraba energije je odvisna od dobitkov (sončno sevanje, notranji viri) in izgub (transmisijske in ventilacijske izgube). Razmerje in njihova vrednost sta prikazana v Preglednici 21, ločeno za ogrevalno in hladilno sezono.

Preglednica 21: Izgube in dobitki stavbe pri prvotnem stanju

kWh/m^3	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	24,65	9,58
Ventilacijske izgube	25,28	11,34
Skupne izgube	49,93	20,91
Notranji dobitki	24,57	21,84
Solarni dobitki	5,23	2,76
Skupni dobitki	29,80	24,6

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub predstavlja razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub H_T in celotno zunanjo površino stavbe $H_T(A)$ [7]. Pri analizi je opaziti, da je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe večji od predpisane vrednosti, saj znaša 0,56 W/m^2K (Preglednica 21). Predpisana vrednost po PURES-u 2010 [7] je 0,43 W/m^2K . Do takšne razlike pride zaradi upoštevanja toplotnih mostov na stavbi, kot tudi zaradi slabe toplotne izoliranosti stavbnega ovoja. Tako transmisijske izgube za ogrevnj znašajo 24,65 kWh/m^3 in hlajenje 9,85 kWh/m^3 kar je prikazano v Preglednici 21. Na letno potrebno toploto za ogrevanje in hlajenje stavbe vplivajo tudi ventilacijske izgube in relativno majhni solarni dobitki zaradi sončnega obsevanja ter notranji dobitki, prikazani v Preglednici 21. Letna potrebna toplota za ogrevanje je 77,79 kWh/m^2a (Preglednica 20), ta je 3-krat večja od dovoljene vrednosti po PURES-u 2010 [7], kar stavbo uvršča med stavbe z visoko porabo – razred D [26]. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih temperatur. Potrebni letni hlad za hlajenje znaša 28,95 kWh/m^2a . Poraba hladu pri nestanovanjskih stavbah ni omejena s PURES-om 2010 [7]. Predvideno je, da bi z dodatno toplotno izolacijo zunanega ovoja stavbe prekinili toplotne mostove in tako zmanjšali koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub. V

nadaljevanju smo predstavili, kako z različnimi ukrepi zmanjšamo letno potrebno toploto za ogrevanje in hlajenje.

6. ANALIZA UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE

Analizirani so ukrepi, ki jih je možno smiselno aplicirati na stavbi, in pripomorejo k zmanjšanju potrebe po energiji.

Ukrepi so deljeni na:

1. Gradbeni:
 - a. Dodatna toplotna zaščita zunanjih sten.
 - b. Toplotna zaščita stropa proti podstrešju.
 - c. Zmanjšanje vpliva toplotnih mostov.
 - d. Menjava transparentnih delov.
2. Inštalacijski:
 - a. Mehansko prezračevanje celotne stavbe.
 - b. Vpliv rekuperacijskega sistema.
3. Organizacijske:
 - a. Z regulacijo temperature v prostorih.

6.1 Gradbeni ukrepi

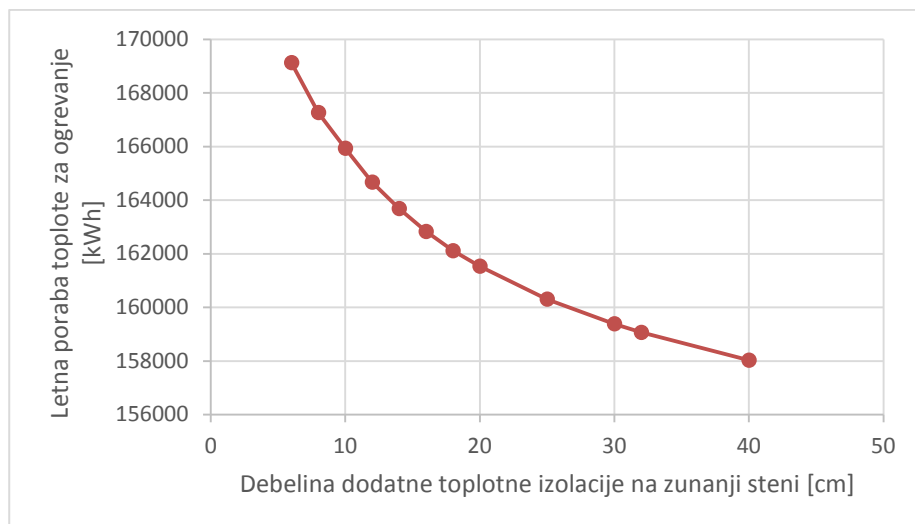
6.1.1 Dodatna toplotna zaščita zunanjih sten

Glede na to, da toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa zunanjega zidu znaša $U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Preglednica 7), TSG-004 [8] pa dovoljuje $U_{\max} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, smo najprej izračunali, koliko toplotne izolacije je treba dodati, da bo konstrukcijski sklop zunanje stene ustrezal zahtevam PURES-a 2010 [7]. Nato smo izvedli analizo, ki je pokazala, koliko toplotne izolacije je treba dodati, da bo razmerje med dodatno toplotno izolacijo in prihrankom pri porabi letne energije za ogrevanje najboljše. Uporabljena je enaka izolacija, kot je prvotna – Fragmat EPS 150 ($\lambda=0,034$).

V Preglednici 22 je razvidno, da je treba dodati 3 cm dodatne toplotne izolacije, da bo konstrukcijski sklop dosegal mejno vrednost po TSG-004 [8].

Preglednica 22: Vpliv debeline toplotne izolacije na toplotno prehodnost zunanje stene

Dodatna izolacija (cm)	3	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	32	40
Skupaj izolacije (cm)	11	14	16	18	20	22	24	26	28	33	38	40	48
Toplotna prehodnost ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,28	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07



Graf 1: Vpliv dodatne toplotne izolacije na letno porabo toplote za ogrevanje

Iz Grafa 1 se vidi trend povezave med zniževanjem U-faktorja in porabo energije za ogrevanje pada po kvadratni paraboli. Primerjava vrednosti porabe energije za ogrevanje pri debelini 10 cm in 12 cm se je zmanjšala za 1246 kWh (10,5 %), medtem ko je razlika v porabi energije pri dodatni izolaciji 30 cm in 32 cm le 320 kWh (1,6 %). Pri primerjavi razmerja med debelino toplotne izolacije in letno porabo toplote za ogrevanje z dejansko debelino zunanjega ovoja je opaziti, da je zgornja meja debeline dodatne toplotne izolacije 12 cm. Skupaj znaša debelina toplotne izolacije 20 cm (Preglednica 23), kar letno predstavlja 15230 kWh manj porabe toplote za ogrevanje kot pri prvotnem stanju oziroma zmanjšanje za 6 %. V Preglednici 23 so prikazane toplotne prehodnosti obstoječega in predlaganega konstrukcijskega sklopa zunanje stene.

Preglednica 23: Toplotna prehodnost prvotnih in novih konstrukcijski sklopov zunanjega ovoja stavbe ter mejna vrednost po TSG-004

	Prvotno stanje	Stanje, ki ustreza TSG-004	Novo stanje
Debelina izolacije (cm)	8	11	20
Toplotna prehodnost (W/m^2K)	0,38	0,28	0,12
Mejna vrednost U_{max} (W/m^2K)	0,28	0,28	0,28

Preglednica 24: Rezultati toplotne bilance z dodatno toplotno izolacijo zunanje stene

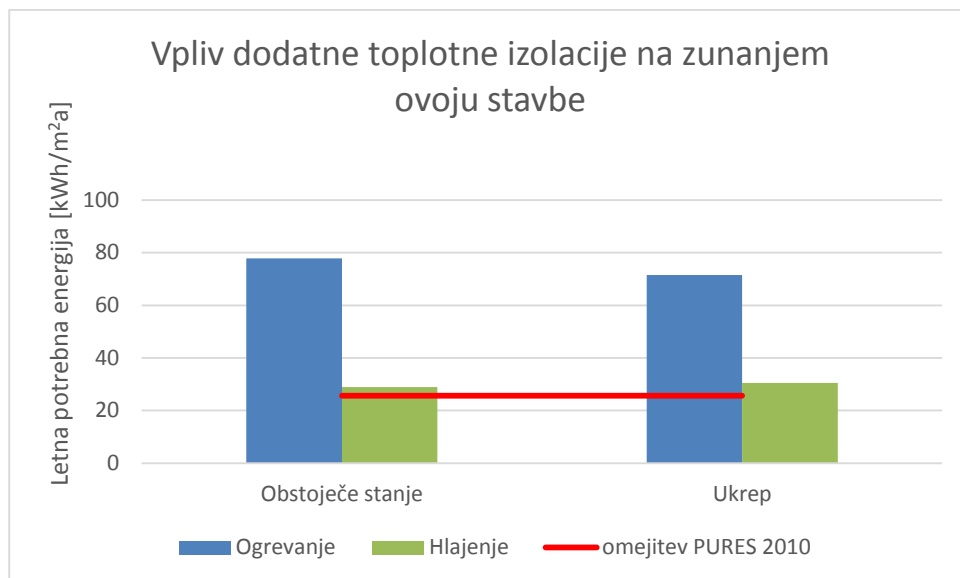
	Izračun	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,47	0,43
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	914486	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	177456	63543
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	75768	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	71,53
	Q_{NC}/V_e (kWh/m ³ a)	23,84

Preglednica 25: Izgube in dobitki stavbe z dodatno toplotno izolacijo zunanje ovoja

kWh/m ³	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	22,08	9,70
Ventilacijske izgube	25,07	12,01
Skupne izgube	47,16	21,71
Notranji dobitki	23,88	23,01
Solarni dobitki	5,09	2,89
Skupni dobitki	28,96	25,9

Preglednica 26: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – dodatna toplotna izolacija zunanje ovoja

	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ² a)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56
Ukrep	71,53	30,54	0,47



Grafikon 1: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – dodatna toplotna izolacija zunanjega ovoja

Z dodatno toplotno izolacijo debeline 12 cm bi zmanjšali potrebno letno energijo za ogrevanje na 177456 kWh (Preglednica 24 in Grafikon 1), kar znaša 8 % glede na obstoječe stanje, in transmisijske izgube na 22,08 kWh/m³ (Preglednica 25), kar predstavlja 10,4 % zmanjšanje v primerjavi z obstoječim stanjem. Transmisijske in ventilacijske izgube se zaradi dodane toplotne izolacije pri hlajenju povečajo. Transmisijske za minimalno, ventilacijske pa na 12,01 kWh/m³ (Preglednica 25), kar znaša 6 %. V času hlajenja se notranji dobitki povečajo na 23,01 kWh/m³ (Preglednica 25), kar pa poveča potrebno letno energijo za hlajenje na 30,54 kWh/m²a (5,5 %), (Preglednica 26). Ta ukrep ne doseže velikih sprememb, saj se potrebna energija za ogrevanje zmanjša za 8 %, kar je zadovoljivo, čeprav se v poletnem času energija za hlajenje poveča za 5,5 % (Grafikon 1). Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane površine stavbe znaša 71,53 kWh/m²a in potrebna energija za hlajenje 30,54 kWh/m²a (Preglednica 26). Celokupno se tako poraba primarne energije zmanjša za 1,9 %.

6.1.2 Menjava transparentnih delov

Vrata in okna so tisti del stavbnega ovoja, skozi katerega se potencialno izgublja največ toplote. Kljub temu je pri sodobnih stavbah ravno okno edini stavbni element, ki omogoča pasivni zajem sončnega sevanja. Okno mora biti primerno izbrano in vgrajeno, s tem zagotovimo optimalno energetsko bilanco okna. Dobro, energijsko varčno okno ima dobro zasteklitev, dober okenski okvir in krilo in tudi dober distančnik, vgrajen med okvirjem in zasteklitvijo. S tem dosežemo tudi zmanjšanje ventilacijske izgub pri nekontrolirani infiltraciji zraka skozi netesnostni okvir in stikom med oknom in steno. Za preprečevanje pregrevanja v času hladilne sezone so izjemno pomembni pravilna izbira, vgradnja in uporaba senčil [27].

Leta 2010 so bila v stavbo vgrajena nova okna s toplotno prehodnostjo 1,3 W/m²K. Vprašanje je, kakšna je potrebna toplota po ogrevanju in hlajenju, če so okna zamenjana z energetsko učinkovitejšimi. Če se zunanje stene le toplotno izolira, ne da bi prej bila narejena zamenjava slabo izolativnih oknen, zmanjšanje toplotnih izgub ne bo tolikšno, kot bi bilo lahko v kombinaciji z energijsko učinkovitim in kakovostno vgrajenim stavbnim pohištvom.

Za zamenjavo transparentnih delov stavbe je izbrana trojna zasteklitev okna, polnjena s kriptonom, dvojnimi nizko emisijskim premazom in toplotno prehodnosjo $0,87 \text{ W/m}^2\text{K}$ [24]. Faktor okvirja je izračunan tako, da je površina okvirja deljena s celotno površino okna. Povprečje različnih mer oken znaša $F_f = 0,33$. Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ($g_{g+sh,w}$) = faktor zasteklitve (g_w) * faktor senčil (g_s) * faktor zaves (g_z) = $0,53 * 0,5 = 0,27$. Faktor senčil je določen z naklonom lamel. Naklon lamel 30° je $g_s = 0,5$. Formulo za prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela in faktor senčil je pridobljeno iz TOST navodil [24]. Gradbeno-fizikalne značilnosti obstoječih in predlaganih novih oken so prikazane v Preglednici 27.

Preglednica 27: Primerjava tehničnih značilnosti okna

	Zasteklitev	Polnitev	Toplotna prehodnost elementa	Faktor zasteklitve (g_w)
Prvotno stanje	Dvojna	Ar	1,3	0,58
Ukrep	Trojna	Kr	0,87	0,53

Preglednica 28: Izračunana toplotna bilanca stavbe z uporabo energetsko učinkovitejših oken

	Izračun	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,51	0,43
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	914380	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	180996	63544
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	74024	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)	72,96
	Q_{NC}/V_e ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	24,32

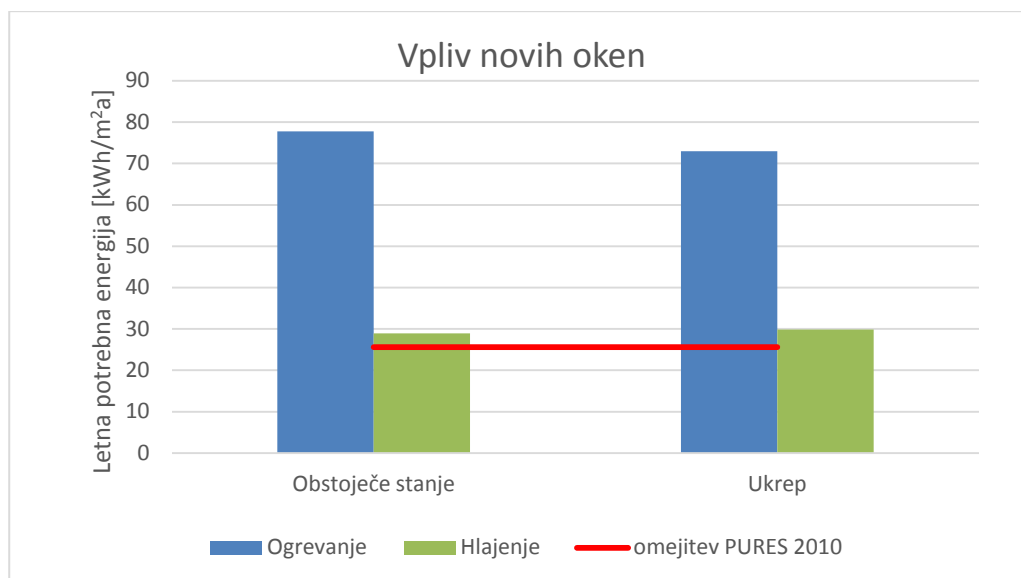
Preglednica 29: Izgube in dobitki stavbe z novimi okni

kWh/m^3	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	22,41	9,72
Ventilacijske izgube	25,14	11,91
Skupne izgube	47,55	21,63
Notranji dobitki	24,12	22,9
Solarni dobitki	4,71	2,63
Skupni dobitki	28,83	25,53

Preglednica 30: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – energetsko učinkovitejša okna

	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56

Ukrep	72,96	29,84	0,51
-------	-------	-------	------



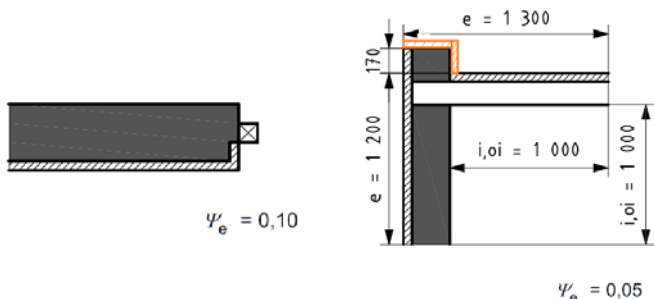
Grafikon 2: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom

Z vgradnjo novih oken se zmanjša letna potrebna toplota za ogrevanje na 72,96 kWh/m²a (Grafikon 2), kar je 6,2 % zmanjšanje. Potreba po energiji za hlajenje se poveča na 29,84 kWh/m²a (Preglednica 30), torej za 3 %. Transmisijske izgube se pri ogrevanju zmanjšajo za 9 %, kar je zaželeno, saj je naš cilj, da se toplota v stavbi čim dlje časa ohranja. Zmanjšajo se tudi solarni dobitki na 4,71 kWh/m³ (Preglednica 29), kar predstavlja 10 %. To je posledica manjše sončne prepustnosti stekel, s katero zmanjšamo prenos sončnega sevanja skozi zasteklitev in posledično solarne dobitke. Pri hlajenju je razlika transmisijskih izgub ostala skoraj nespremenjena, kar pomeni, da ni prišlo do velikih sprememb pri izgubljanju energije skozi zunanji ovoj, kar je pri hlajenju zelo zaželeno. V času hlajenja se notranji dobitki povečajo na 23,01 kWh/m³ (Preglednica 25), torej za 5,4 %, kar poveča potrebno letno energijo za hlajenje na 30,54 kWh/m²a, prikazano v Preglednici 26 in Grafikon 1, to je 5,5 %. Z vgradnjo energetsko varčnejših oken se zmanjša potrebna letna energija za ogrevanje na 180996 kWh (Preglednica 28), letna potrebna energija za hlajenje se poveča na 74024 kWh, kar skupaj pomeni, da se skupna raba primarne energije zmanjša za 1 % na leto. Glede na to, da je znižanje porabe energije za ogrevanje prenizko, hkrati pa se letna potrebna energija za hlajenje dodatno poveča, se v tem trenutku menjava transparentnih delov ne izplača, še posebej, če upoštevamo dolgo amortizacijsko dobo investicije.

6.1.3 Toplotni most (TM)

Veljavni pravilnik natančno navaja, da je treba stavbe graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov na letno potrebo po toploti čim manjši, pri čemer se uporabijo vse znane tehnične in tehnološke možnosti. Toplotni mostovi se pojavijo na mestih v gradbeni konstrukciji, kjer pri ogrevanju uhaja neprimerno več toplote kot skozi ostale površine. Posledica toplotnih mostov je povečana poraba toplotne energije. Obenem toplotni mostovi motijo toplotno ugodje in higienske razmere bivanja. Po določenem času se pojavijo poškodbe objekta. Konstrukcijski TM nastane zaradi prekinitve toplotnega ovoja stavbe, kar je posledica slabo načrtovanih detajlov. Do takih konstrukcijskih napak pri sNES ne sme priti, saj mora biti princip gradnje konstruiranje brez TM [27].

Največji toplotni most na obravnavani stavbi se pojavlja pri transparentnih konstrukcijskih sklopih (po obodu okenskih odprtin) in ob zaključku netrasparentnega konstrukcijskega sklopa, na delu, kjer se poševna streha stika z zunanjo steno. Z dodatno toplotno izolacijo, tako kot prikazuje Slika 15, se prekine toplotni most in zmanjša psi faktor na $\psi_e = 0,1$ iz $\psi_e = 0,6$ (Preglednica 31) pri okenskih okvirjih in $\psi_e = 0,05$ tudi iz $\psi_e = 0,6$ [13] pri zaključku zunanjega zidu.



Slika 14: Prekinitev toplotnega mostu po obodu okenskih odprtin in pri zaključku zunanje stene (vir:[25])

Opomba: Z oranžno je označena prekinitev toplotnega mostu, saj ga v izvorniku ni bilo.

Preglednica 31: Primerjava faktorja linearne toplotne prehodnosti

	Faktor linearne toplotne prehodnosti ψ_e	
	Stena	Okna
Prvotno stanje	0,6	0,6
Ukrepi	0,05	0,1

Preglednica 32: Izračunana toplotna bilanca stavbe z zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov

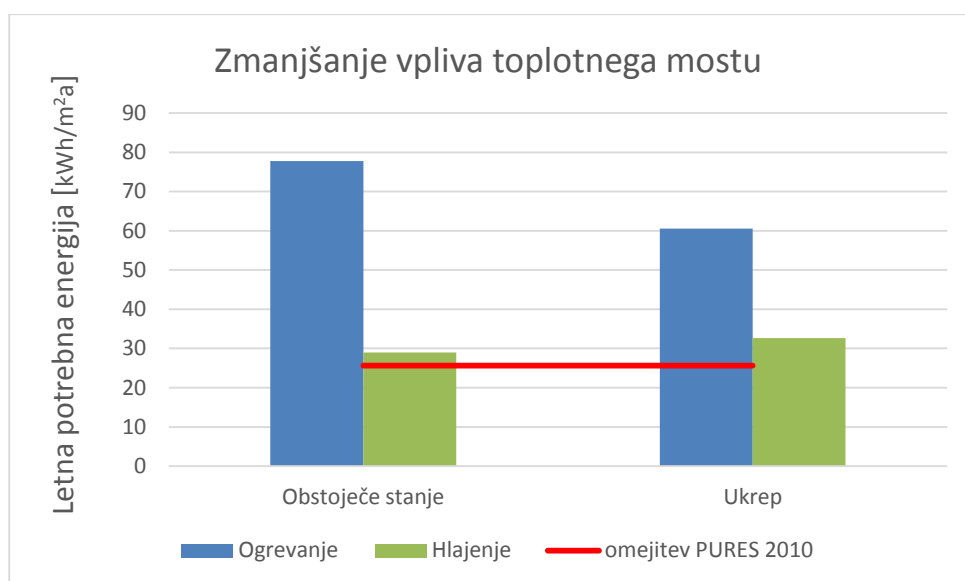
	Izračun	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m^2K)	0,42	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	894941		
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	150183	63544	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	81053	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m^2a)	60,54	-
	Q_{NC}/V_e (kWh/m^3a)	20,18	8,54

Preglednica 33: Izgube in dobitki stavbe z zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov

kWh/m^3	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	17,43	8,45
Ventilacijske izgube	24,58	12,53
Skupne izgube	42,00	20,98
Notranji dobitki	22,34	23,56
Solarni dobitki	4,72	3,06
Skupni dobitki	27,06	26,62

Preglednica 34: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom- zmanjšanje vpliva toplotnih mostov

	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ² a)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56
Ukrep	60,54	32,67	0,42

**Grafikon 3: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – zmanjšanje vpliva toplotnih mostov**

Ko se toplotni mostovi zmanjšajo, se vrednost koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T zmanjša za 25 %, in sicer z 0,56 W/m²K na 0,42 W/m²K, prikazano v Preglednici 34. Z vrednostjo 0,42 W/m²K je dosežena meja, ki jo postavlja PURES 2010 [7], in to je 0,43 W/m²K, prikazano v Preglednici 32. Letna potrebna energija za ogrevanje se zmanjša na 150183 kWh, kar predstavlja 22,18 % manjšo porabo energije. Razlog, da se je potrebna toplota za ogrevanje tako zmanjšala je, da so transmisijske izgube padle na 17,43 kWh/m³ (Preglednica 33), kar je 29,3 % izboljšanje. Transmisijske izgube pri hlajenju so se zmanjšale na 8,45 kWh/m³ (Preglednica 33), kar predstavlja 11,8 %. Notranji dobitki so se povečali za 8,2 %, kar je pripomoglo k povečani letni potrebni energiji za hlajenje. Zdaj je potrebno 81053 kWh (Preglednica 32) na leto za hlajenje, kar predstavlja 12,85 % večjo porabo energije.

S tem ukrepom se bistveno izboljša energetska učinkovitost stavbe, vendar še ni dosežena vrednost, ki jo postavlja PURES 2010 [7] (Grafikon 3). Kljub temu, da se potrebni letni hlad za hlajenje stavbe poveča za 12,85 %, se z ukrepom vrednost koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe spusti pod mejo, ki jo določa PURES 2010 [7], in se tako zmanjša skupna raba primarne energije za 3,14 % na leto.

Ta ukrep je izvedljiv z dodatno toplotno izolcijo zunanjega stavbnega ovoja, saj je s tem prekinjen toplotni most okoli okenskih odprtín in ob stiku zunanjega stena s streho.

6.1.4 Dodatna toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu prostoru in tal na terenu

- Strop proti neogrevanemu prostoru

Konstruktivski sklop – strop prot neogrevanemu prostoru – ne ustreza predpisom $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Preglednica 10). Z dodatno toplotno izolacijo debeline 3 cm bi konstruktivski sklop ustrezal TSG-004 [8] $U_{\max} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vprašanje je, koliko znaša letna potrebna toplota za ogrevanje in hlajenje, če se doda 10 cm kamene volne. Faktor toplotne prehodnosti se z dodatno toplotno izolacijo (kamena volna) zmanjša na $U = ,142 \text{ W/m}^2\text{K}$. Glede na prvotno stanje se letna potrebna toplota za ogrevanje zmanjša za 3,5 %, hlad za hlajenje pa poveča za 3,2 %. Tako se skupna letna primarna energija zmanjša le za 0,3 %.

- Tla na terenu

Konstruktivski sklop – tla na terenu – ravno tako ne ustreza TSG-004 [8] $U_{\max} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Preglednica 8). Da dosežemo vrednost po predpisih, bi bilo treba dodati 4 cm toplotne izolacije. Na ta način dosežemo toplotno prehodnost $U = 0,349 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vprašanje je, za koliko se zmanjša letna poraba energije za ogrevanje in hlajenje, če se doda 10 cm toplotne izolacije $U = 0,216 \text{ W/m}^2\text{K}$. Izračunali smo, da letna poraba energije za ogrevanje znaša $76,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar pomeni, da se toplota za ogrevanje zmanjša za 1,85 % in hlad za hlajenje poveča za 3,6 %. Skupna raba primarne energije se dvigne za 0,2 %. Dodajanje toplotne izolacije na tla na terenu se ne izplača iz energetske učinkovitosti samega ukrepa in iz ekonomskega vidika. Saj se dodatna toplotna izolacija izvede samo tako, da odstranimo prvotni estrih.

6.2 Inštalacijski ukrepi

6.2.1 Mehansko prezračevanje celotne stavbe

Na bivalno ugodje v stavbah vpliva vrsta dejavnikov, med katerimi je najpomembnejša kakovost zraka. Pomembni pokazatelji kakovosti zraka so: delež kisika v njem, ustrezna zračna vlaga in količina vonjav ter zdravju škodljivih snovi. Primerno kakovost zraka se doseže le z ustreznim prezračevanjem, pri čemer se ne sme pozabiti na dejstvo, da ima prezračevanje zelo pomemben vpliv na porabo toplote za ogrevanje. Toplotne izgube stavbe predstavljajo ventilacijske in transmisijske izgube. Prve so posledica prezračevanja, druge prehoda toplote skozi stavbni ovoj [28].

Izračunali smo, kašne so razlike v potrebni energiji za ogrevanje in hlajenje, če je v vseh conah stavbe uporabljeno mehansko prezračevanje z lastnosmi, prikazanimi v Preglednici 35.

Preglednica 35: Vhodni podatki za mehansko prezračevanje

	ogrevana cona 1	ogrevana cona 2	ogrevana klet	neogrevana cona
Količina odtoka zraka V_{ex} (m ³ /s)	0,3	2,45	0,3	0,3
Količina dotoka zraka V_{su} (m ³ /s)	0,7	3,35	0,7	0,2
Količina pretoka zraka pri naravnem prezračevanju V_0 (m ³ /s)	0,15	0,18	0,09	0,09
Projektna vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema V_{td} (m ³ /s)	0,5	3,35	0,5	0,3
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa n_{50} (h ⁻¹)	0,25	0,25	0,25	0,25
Koeficient zaščite proti vetru e (-)	0,02	0,02	0,02	0,02
Koeficient izpostavljenosti vetru f (-)	20	20	20	20
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni β (-) Dan	0,75	0,8	0,75	0,5
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni β (-) Noč	0,5	0,6	0,5	0,5
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni β (-) Vikend	0,75	0,8	0,5	0,5

Preglednica 36: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja

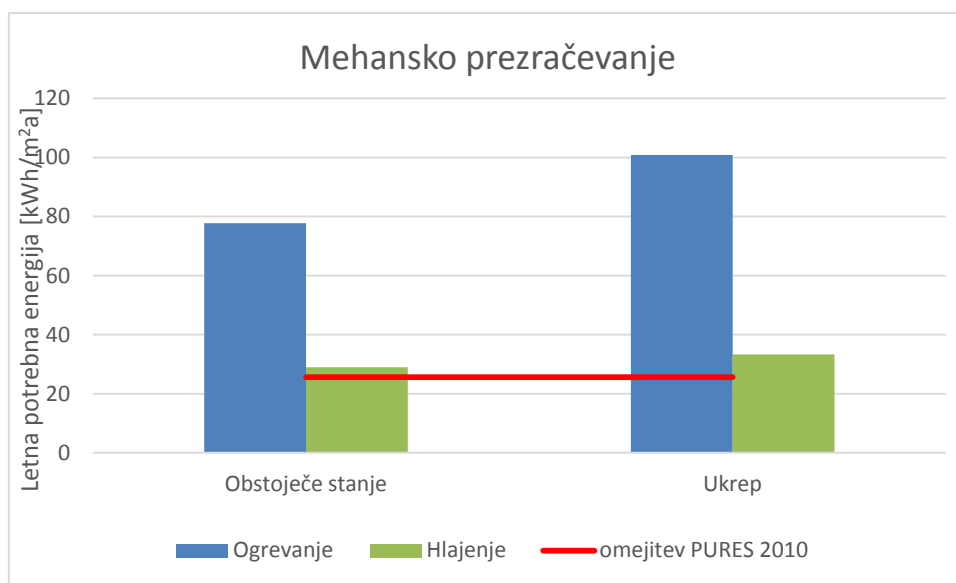
	Izračun	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,56	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	1019565		
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	250336	63544	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	82781	-	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	100,91	-
uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NC}/V_e (kWh/m ³ a)	33,64	8,54

Preglednica 37: Izgube in dobitki stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja

kWh/m ³	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	24,03	11,21
Ventilacijske izgube	31,96	11,47
Skupne izgube	55,99	22,68
Notranji dobitki	22,58	24,83
Solarni dobitki	4,96	3,25
Skupni dobitki	27,54	28,07

Preglednica 38: Prvotno stanje z ukrepom – mehansko prezračevanje

	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ² a)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56
Ukrep	100,91	33,37	0,56



Grafikon 4: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje

Z uvedbo mehanskega prezračevanja celotne stavbe bi letno potrebno energijo povečali na 100,91 kWh (Preglednica 38), kar znaša 29,72 %. To je posledica povečanja ventilacijskih izgub na 31,96 kWh/m³ (Preglednica 37), kar predstavlja 26,4 % povečanje izgub toplega zraka s prezračevalnim sistemom. Z njim se zmanjša tudi notranje dobitke na 27,54 kWh/m³ (Preglednica 37), kar je 8,2 %. V Grafikonu 4 je prikazano, da letna potrebna energija za hlajenje naraste za 15,27 %, saj se transmisijske izgube povečajo z 9,58 kWh/m³ na 11,21 kWh/m³ (Preglednica 37), kar predstavlja 17 %, in notranji dobitki zvišajo za 12,4 %. Z uvedbo mehanskega prezračevanja bi skupno letno porabo primarne energije povečali na 10019565 kWh (Preglednica 36), kar predstavlja 10,3 %. Mehansko prezračevanje močno zmanjša energetska učinkovitost stavbe, če je izvedeno brez rekuperatorja, kot je prikazano v nadaljevanju.

6.3 Organizacijski ukrepi

6.3.1 Mehansko prezračevanje z rekuperacijskim sistemom

Sodobni sistemi mehanskega prezračevanja temeljijo na principu rekuperacije oziroma vračanja toplote. S pomočjo prenosnikov toplote zagotovijo prenos dela toplote z odpadnega (izstopnega) zraka na svež (vstopajoč) zrak. Poleg varčevanja z energijo s takšnimi napravami zagotovimo tudi ugodne bivalne pogoje, ne smemo pa seveda pozabiti na redno vzdrževanje in menjavo filtrov [28].

Rekuperacija je posvojena tujka, ki v slovenskem jeziku pomeni vračanje toplote. Pri prezračevanju rekuperator vrača toploto odpadnega zraka zraku, ki vstopa v stavbo. Torej pozimi ohranja toploto v stavbi in poleti ohranja hlad v stavbi [29]. Učinkovitost rekuperacijskega sistema, upoštevana v izračunu, je $\eta_v = 0,9$.

Preglednica 39: Izračunana toplotna bilanca stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja z rekuperacijskim sistemom

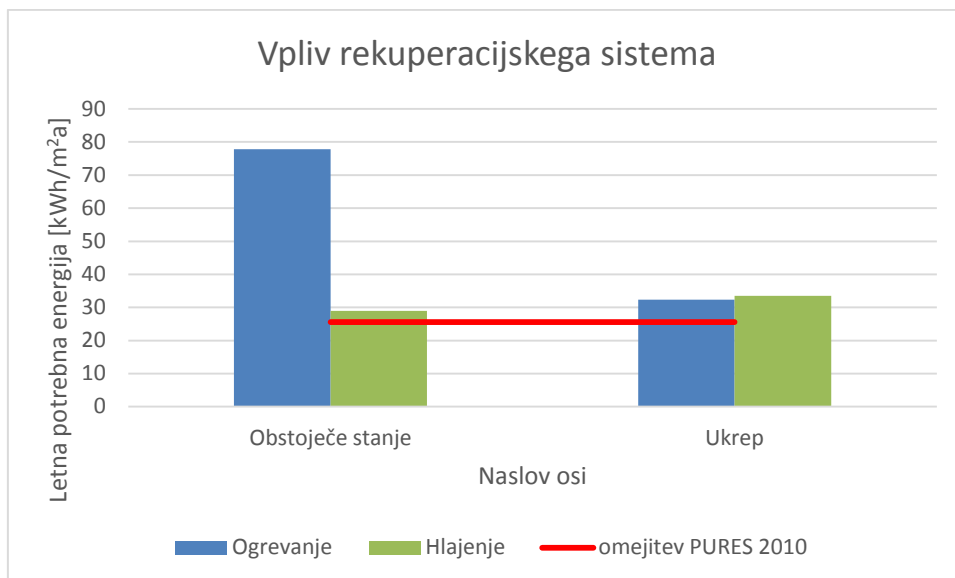
		Izračun	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)		0,56	0,43
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)		816279	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		80135	63544
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		83245	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	32,30	-
	Q_{NC}/V_e (kWh/m ³ a)	10,77	8,53

Preglednica 40: Izgube in dobitki stavbe pri uporabi mehanskega prezračevanja z rekuperacijskim sistemom

kWh/m ³	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube	19,37	11,31
Ventilacijske izgube	2,89	11,5
Skupne izgube	22,26	22,8
Notranji dobitki	9,66	24,98
Solarni dobitki	3,88	3,26
Skupni dobitki	13,54	28,24

Preglednica 41: Prvotno stanje z ukrepom – mehansko prezračevanje z vplivom rekuperacije

	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ² a)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56
Ukrep	32,30	33,55	0,56



Grafikon 5: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – mehansko prezračevanje z vplivom rekuperacije

Uvedba rekuperacijskega sistema celotne stavbe bi letno potrebno energijo za ogrevanje zelo zmanjšala, in sicer na 80135 kWh (Preglednica 39), kar predstavlja 58,48 % zmanjšanje potrebe po ogrevanju (Grafikon 5). Z uvedbo rekuperacije se ventilacijske izgube zmanjšajo s 25,28 kWh/m³ na 2,89 kWh/m³ (Preglednica 40), kar je 88,6 % izboljšanje izgub, in transmisijske izgube se znižajo za 5,28 kWh/m³, kar je zaželjeno, saj je cilj, da se toplota v stavbi čim dlje časa ohranja. Tudi skupni dobitki za ogrevanje se znižajo na 13,54 kWh/m³, kar je glede na prvotno stanje slabše za 56 %. V Grafikonu 5 smo prikazali, da se letna potrebna energija za hlajenje spremeni za 16 %, in sicer zato, ker se skupni dobitki z rekuperacijo povečajo za 14,8 %. Rekuperacijski sistem močno doprinese k boljši energetski bilanci stavbe – z 32,30 kWh/m²a (Preglednica 41) se stavba uvršča v energetski razred B2 [26]. Skupna raba primarne energije se bi znižala za 11,7 % na leto.

6.3.2 Regulacija temperature v prostoru

Ogrevalni sistem zagotavlja primerne temperature v bivalnih in delovnih prostorih v obdobju nizkih zunanjih temperatur. Njegovo delovanje mora biti prilagojeno zunanjim pogojem in zahtevam uporabnikov prostorov, pri tem pa mora biti energijsko čim bolj učinkovito, kar omogoča kakovostna regulacija ogrevalnega sistema.

Od pravilne izbire opreme in vrste regulacije je v veliki meri odvisno, kako energijsko učinkovito bo obratovalo ogrevanje v stavbi. Še tako dobra toplotna zaščita objekta in sodobna izvedba kotla za centralno ogrevanje ne dosežeta pravih učinkov, če potrebne toplote za ogrevanje ne moremo prilagoditi trenutnim potrebam v prostorih. Pravilno izbran način regulacije izboljšuje izkoristek ogrevalnega sistema in zagotavlja vzdrževanje bivalnega ugodja v prostorih ter preprečuje pregrevanje in s tem zmanjšuje toplotne izgube [30]. Preverili bomo, do kakšnih razlik v letni potrebni energiji bi prišlo, če ogrevano cono 1 reguliramo – dnevno temperature s 24°C znižamo na 23°C, v ogrevani coni 2 z 21°C na 20°C in v ogrevani kleti z dnevne 22°C na 20°C. Regulacija se izvede v ogrevalni sezoni tudi v nočnem režimu, in sicer se v vseh conah spremeni temperatura z 20°C na 18°C. Vsa regulacija temperature je prikazana v Preglednici 42. V poletnem času obdržimo projektno temperaturo pri 26°C.

Preglednica 42: Vhodni podatki za regulacijo temperature v prostoru

Cone	Prvotno stanje	Regulacija temperature pozimi dan/noč (°C)
ogrevana cona 1	24/20	23/18
ogrevana cona 2	21/20	20/18
ogrevana klet	22/20	20/18

Preglednica 43: Izračunana toplotna bilanca stavbe z zmanjšanjem temperature v prostorih

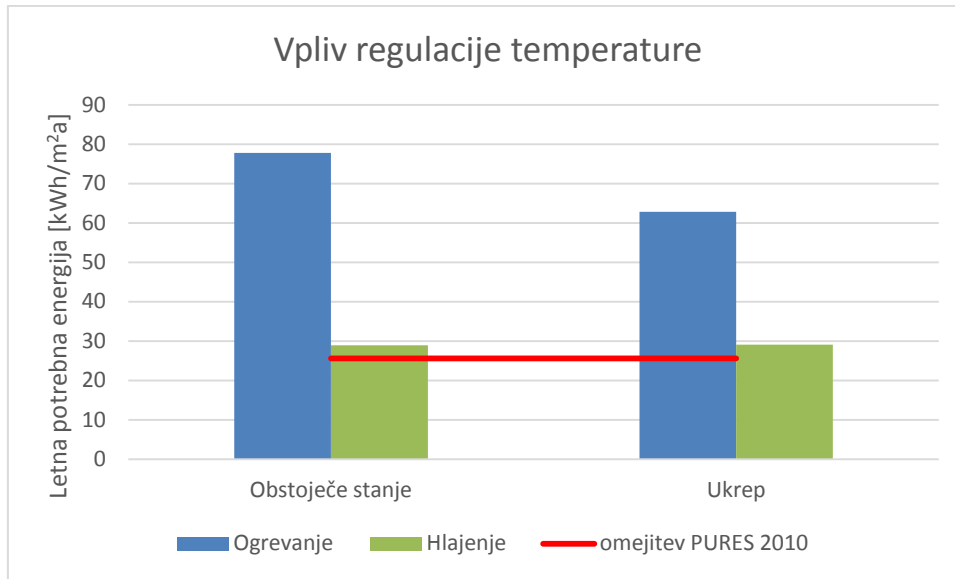
	Izračun	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,54	0,43
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	879691	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	155895	63544
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)	72208	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	62,84
	Q_{NC}/V_e (kWh/m ³ a)	20,95

Preglednica 44: Izgube in dobitki stavbe z zmanjšanjem temperature

kWh/m ³	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	20,22	9,61
Ventilacijske izgube	22,43	11,54
Skupne izgube	42,65	21,14
Notranji dobitki	22,26	22,03
Solarni dobitki	4,69	2,81
Skupni dobitki	26,95	24,83

Preglednica 45: Prvotno stanje z ukrepom – regulacija temperature

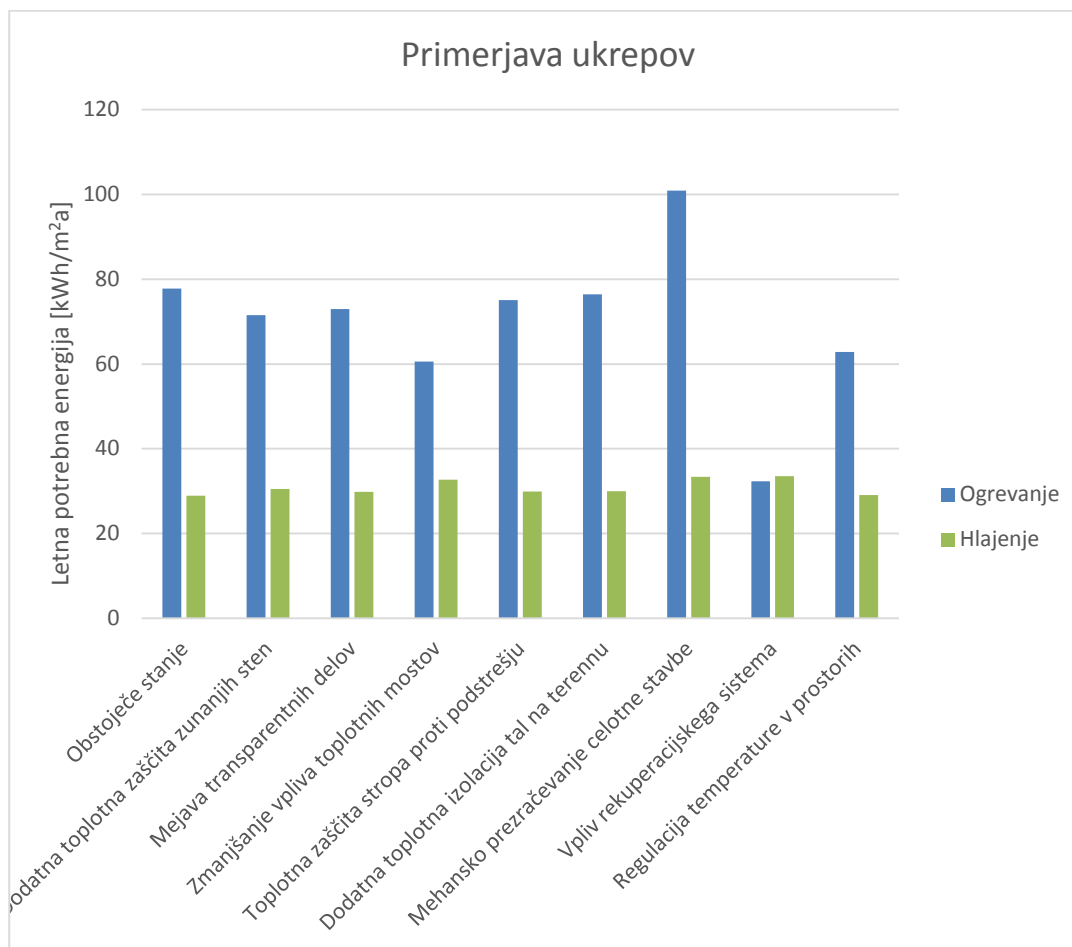
	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ² a)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56
Ukrep	62,84	29,11	0,54



Grafikon 6: Primerjava prvotnega stanja z ukrepom – regulacija temperature

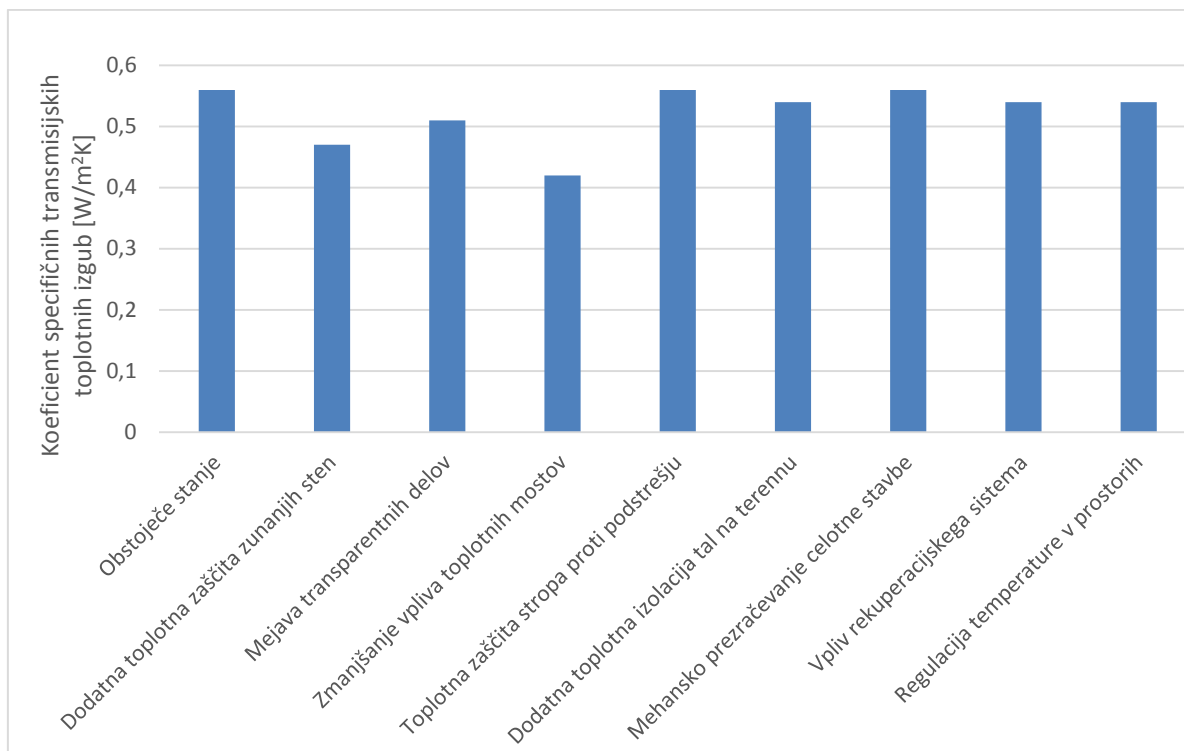
Če se stavbi pozimi v vseh conah zmanjša dneva temperatura za 1°C in nočna regulira na 18°C, se bo letna potrebna energija za ogrevanje spustila na 155895 kWh (Preglednica 43), kar je 19,22 % manjša poraba za ogrevanje. S tem ukrepom se zmanjšajo tako ventilacijske izgube na 22,43 kWh/m³ kot tudi transmisijske izgube na 20,22 kWh/m³ (Preglednica 44), skupno kar za 14,6 %. Iz Grafikona 6 je razvidno, da centralna regulacija nima vpliva na letni potrebni hlad za hlajenje, saj je uporabljena le v ogrevani sezoni. Z izvedbo ukrepa bi letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe znašala 62,84 kWh/m²a (Preglednica 45). Letna raba primarne energije se bi znižala za 4,8 %, kar je zelo veliko, glede na to, da je regulacija temperature enostavno izvedljiva.

6.4 Rezultati/primerjava ukrepov



Grafikon 7: Primerjava ukrepov na podlagi letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje

Na Grafikonu 7 je prikazanih devet ukrepov, s katerimi smo poizkušali zmanjšati letno potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje stavbe in tako izboljšati njeno energetske učinkovitost. Mehansko prezračevanje močno izstopa, saj bi z njim poslabšali energetske bilanco stavbe. V Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [15] je zapisano, da mora prezračevalni sistem zagotavljati minimalne izgube toplote oziroma hladu prezračevanega prostora, kar pa mehansko prezračevanje v tem primeru ni, kar pomeni, da tako prezračevanje ne sme biti vgrajeno v stavbo. Naslednji ukrep, ki izstopa, je mehansko prezračevanje z rekuperacijskim sistemom. Z njim se bistveno izboljša energetska bilanca stavbe. Velik vpliv na znižanje potrebne energije ima tudi regulacija temperature in dodatna toplotna izolacija zunanje ovojne stavbe, saj se z njim zmanjša vpliv toplotnih mostov.



Grafikon 8: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub

Iz Grafikona 8 je razvidno, da se vrednosti koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub najbolj spremenijo z ukrepom zmanjšanja vpliva toplotnih mostov kar na $0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ s prvotnih $0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$. S tem ukrepom dosežemo mejo ($0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$), ki jo zahteva PURES 2010 [7]. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub se zniža tudi z dodatno toplotno izolacijo zunanjih sten na $0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa brez prekinitve toplotnih mostov ne doseže meje po PURES-u 2010 [7]. Z upoštevanjem ukrepa dodatne toplotne izolacije zunanjega stavbnega ovoja in upoštevanjem prekinitve toplotnega mostu bi koeficient transmisijskih toplotnih izgub znašal $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pri ukrepih – zamenjava transparentnih delov, dodatna toplotna izolacija tal na terenu, mehansko prezračevanje, vpliv rekuperacije, regulacija temperature in ostalih ukrepih se koeficient specifičnih transmisijskih izgub bistveno ne spremenijo.

7. SANACIJA OBJEKTA V sNES

Najbolj primeren ukrep za izboljšanje toplotnega odziva Zdravstvenega doma Fužine je, da se doseže največja učinkovitost stavbe gleda na možnost in ceno izvedbe. Predlagamo dodatno toplotno izolacijo zunanjega ovoja stavbe z odpravo toplotnih mostov in regulacijo notranje temperature v prostorih. Dobro bi bilo namestiti mehansko prezračevanje z rekuperacijskim sistemom, saj se z njegovo uporabo poraba energije za ogrevanje zmanjša za 60 %.

Uvedba ukrepov:

- dodatna toplotna izolacija zunanjih sten s prekinitvijo toplotnih mostov po obodu okenskih okvirjev in ob stiku strehe z zunanjim zidom;
- ogrevano cono 1 ogrevamo pozimi na 23° C, preostale cone na 20°C in 18°C ponoči v vseh conah;
- montaža rekuperacijskega sistema prezračevanja.

Preglednica 46: Izračunana toplotna bilanca z uvedbo ukrepov

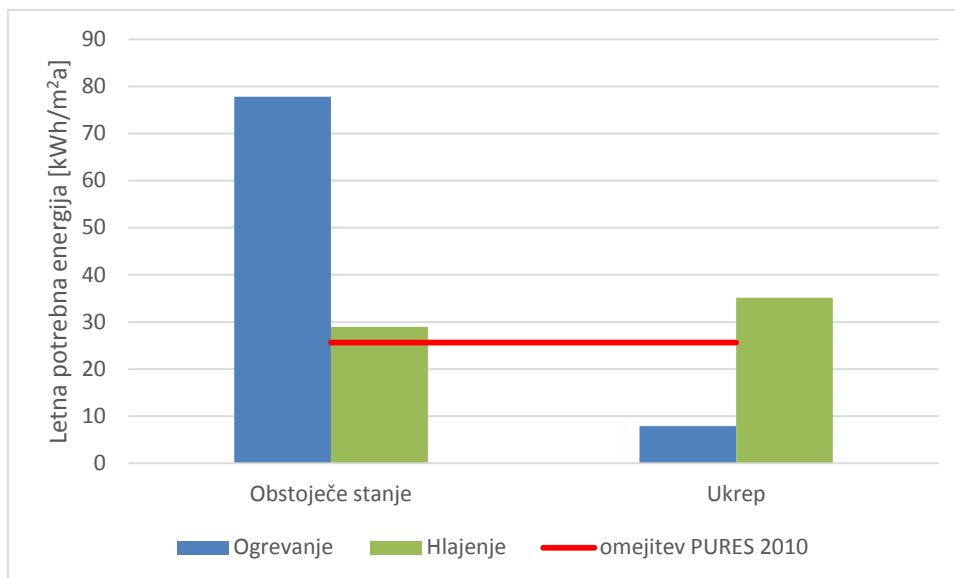
		Izračun	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m^2K)		0,37	0,43
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)		536796	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		19651	63544
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		87378	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m^2a)	7,92	-
	Q_{NC}/V_e (kWh/m^3a)	2,64	8,54

Preglednica 47: Izgube in dobitki stavbe z uvedbo ukrepov

kWh/m^3	ogrevanje	hlajenje
Transmisijske izgube	5,62	10,47
Ventilacijske izgube	0,55	11,72
Skupne izgube	6,17	22,22
Notranji dobitki	2,43	25,21
Solarni dobitki	2,06	3,64
Skupni dobitki	4,49	28,85

Preglednica 48: Primerjava prvotnega stanja z uvedbo ukrepov

	Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m^2a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m^2a)	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m^2K)
Prvotno stanje	77,79	28,95	0,56
Ukrep	7,92	35,13	0,37



Grafikon 9: Primerjava prvotnega stanja s stanjem po prenovi

Z dodatno toplotno izolacijo in odpravo toplotnih mostov znižamo koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub pod mejo, ki jo zahteva PURES 2010 [7], dosežena vrednost znaša $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Preglednica 46). Če v stavbi namestimo še mehansko prezračevanje z rekuperacijo in izvedemo regulacijo temperature v ogrevani sezoni, se bo zmanjšala potrebna energija za ogrevanje za 100% na letni ravni. Regulacijo izvedemo v vseh ogrevanih conah z znižanjem dnevne temperature za -1°C in nočne temperature za -2°C . To pomeni, da letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 19651 kWh (Preglednica 46); s tem je padla močno pod dovoljeno predpisano mejo, ki znaša 63544 kWh. Z rekuperacijskim sistemom zmanjšamo večino ventilacijskih izgub, z dodatno toplotno izolacijo in z ukinitvijo toplotnih mostov zmanjšamo transmisijske izgube, kar pripomore k tako dobremu rezultatu. Obratno se pri hlajenju poveča letna poraba energije za 16 %, ki še ni omejena s predpisi. Do povečanja hlada za hlajenje pride zaradi dodatne toplotne izolacije in ukinitve toplotnih mostov, posledično se zmanjšajo transmisijske izgub, ki so pri hlajenju zelo zaželjene. Tako se povečajo notranji dobitki, ki nam povečajo letno potrebno energijo za hlajenje. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe bi znašala $7,92 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Preglednica 48 in Grafikon 9), kar bi stavbo uvrščalo v najvišji energetski razred A1 [26]. Vrednost, ki jo določa PURES 2010 [7], je tudi ta, da mora biti letna potrebna toplota na enoto kondicionirane prostornine pod $8,54 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ (Preglednica 46). Z uvedbo ukrepov dosežemo $2,64 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ (Preglednica 46). S skupno letno primarno energijo 536796 kWh (Preglednica 46), kar je 42 % zmanjšanje porabe primarne energije v primerjavi s prvotnim stanjem, je stavba postala energetsko učinkovita glede na zahteve PURES-a 2010 [7].

7.1 Izračun energetske bilance v programu KI Energija 2014

Točnost rezultatov energetske bilance stavbe z rekonstrukcijskimi ukrepi smo preverili še s programom Knauf insulation Raba energije, KI Energija 2014 [31]. Rezultati so prikazani v Preglednici 49.

Preglednica 49: Primerjava analize rezultatov v programu KI Energija 2014

Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u (kWh/m ² a)
---	---

TOST	7,92	35,13
KI	6,4	32,3

V program KI Energija 2014 [31] smo vnesli enake vhodne podatke kot pri vnosu podatkov v program TOST [6]. Rezultat specifični transmisijskih toplotnih izgub v programu KI Energija 2014 ni dosegel meje, ki jo postavlja PURES 2010 [7], sta pa vrednosti letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe na enoto kondicionirane površine primerljivi, razlikujeta se za 10 % (Preglednica 49), saj se letna potrebna energija za ogrevanje na enoto kondicionirane površine razlikuje za 20 %.

7.2 Uporaba obnovljivih virov energije

Da se zagotovi, da je stavba sNES, mora biti dovedena energija iz obnovljivih virov. Priporočeno je, da je energija dovedena iz obnovljivih virov na kraju samem ali v bližini. V Ljubljani je najbolj primeren obnovljivi vir sončna energija. S sončno energijo se lahko v našem primeru oskrbi stavbo z ogrevanjem, hlajenjem in toplo vodo s sončnimi kolektorji oziroma toplotno črpalko. Električno zagotovimo s fotovoltaičnimi sistemi.

Opis naprav, ki delujejo s pomočjo obnovljivih virov, uporabljenih na obravnavani stavbi.

Sončni kolektorji

So sprejemniki sončne energije, ki izrablja infrardeče valovanje za segrevanje tekočine. V sončnih kolektorjih se segreje voda za pripravo tople vode ali zrak za ogrevanje stavbe. Da pride do absorpcije sončne energije, se v kolektorjih nahaja navadno kovinski absorber, ki je bistveni del sončnega kolektorja. Na njem je plast, ki absorbira sončno energijo. Njegova naloga je, da prenese toploto iz te plasti na vodo ali zrak, ki teče skozenj. Poznamo ravne in vakumske kolektorje. Trenutno velja najboljše razmerje med ceno in učinkovitostjo za ravne kolektorje, čeprav so nekateri vakumski kolektorji do 50 % učinkovitejši.

Nagibni kot sončnih kolektorjev je odvisen od tega, ali ga bomo uporabljali za pripravo tople vode in/ali za ogrevanje zgradbe. Če želimo sončne kolektorje optimalno izkoristiti, za Slovenijo velja, da jih obrnemo proti jugu, saj jih sonce v zimskem času najdlje obseva [33].

Toplotne črpalke

Ogrevanje s toplotno črpalko predstavlja energetsko učinkovit in okolju prijazen način ogrevanja. Toplotne črpalke pretvarjajo energijo v uporabno toploto za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode, pri čemer izkoriščajo toploto iz okolice. Uporaba toplotne črpalke je energijsko učinkovita in okolju prijazna, saj je toplota, ki jo črpajo iz okolice, akumulirana sončna energija, zato tudi predstavlja obnovljivi vir energije. Toplotne črpalke izkoriščajo toploto zraka, podtalne in površinske vode, toploto akumulirano v zemlji in kamnitih masivih, lahko pa izkoriščajo tudi odpadno toploto, ki se sprošča pri različnih tehnoloških procesih. Učinkovitost toplotne črpalke določa grelno število ali COP, ki pove razmerje med vloženo in pridobljeno energijo. Če je npr. COP toplotne črpalke 3, pomeni, da za vsako vloženo kWh električno dobimo 3 kWh toplote oziroma drugače povedano, s takšno toplotno črpalko se grejemo trikrat ceneje, kot bi se neposredno z električno. Poznamo toplotne črpalke: zrak/voda, voda/voda in zemlja/voda ter zrak/zrak, ki se uporabljajo pri klimatskih napravah za ohlajanje zraka v prostoru [34].

Fotovoltaika

Fotovoltaika je tehnologija pretvorbe sončnega sevnja neposredno v električni tok. Za proces pretvorbe potrebuje le svetlobo, ki poteka prek sončnih celic in v obliki energije potuje do

polprevodnikov (npr. silicij), ki nato absorbirajo del te sončne energije [35]. Solarni paneli so v skupku električno povezanih solarnih celic v okvirju, ki jih povežemo v sončne elektrarne [36]. S pomočjo programa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) [37], ki z določitvijo lokacije izračuna najbolj optimalen nagib postavitve fotovoltaičnih panelov (PV) ter njihovo orientacijo, je poizkušeno zagotoviti električno energijo s fotovoltaično elektrarno na strehi stavbe.

7.3 Predlog izkoriščanja OVE v Zdravstvenem domu Fužine

Izbrali smo tri možne kombinacije izkoriščanja OVE na stavbi, ki smo jih preračunali in pri tem ugotovili, s katero bi stavba dosegla predpisnih 50 % OVE, ki so bili določeni z AN sNES.

1. Kombinacija: Toplotno črpalka in fotovoltaika.
2. Kombinacija: Toplotna črpalka za ogrevanje, sončni kolektorji za toplo sanitarno vodo in fotovoltaika.
3. Kombinacija: Toplotna črpalka za ogrevanje 60 %, za toplo sanitarno vodo 60 %, sončni kolektorji za ogrevanje 40 %, za toplo sanitarno vodo 40 % in fotovoltaika.

Program TOST [6] izračuna potrebno energijo, primarno energijo in končno energijo za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetjavo. Primarna energija se pridobi s koriščenjem toplote in sončnim sevanjem, ki prek fotovoltaičnih modulov proizvede elektriko in s sončnimi kolektorji ogreje vodo. S tem pridobimo končno energijo, ki jo obravnavana stavba potrebuje za svoje delovanje, v tem primeru tudi za pogon toplotne črpalke. Za izračun končne energije smo upoštevali električno energijo za delovanje toplotne črpalke zrak/voda. Vhodni podatki učinkovitosti toplotne črpalke so prikazani v Preglednici 50.

Preglednica 50: Učinkovitost toplotne črpalke [34]

	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
Generacija	4	2,8	4
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,96	0,9	0,96

7.3.1 Prva kombinacija uporabe OVE

S toplotno črpalko smo poizkušali zagotoviti potrebno energijo za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode. S fotovoltaiko smo pa pridobili elektriko za razsvetjavo in delovnje toplotne črpalke, kar je prikazano v Preglednici 51.

Preglednica 51: 1. kombinacija uporabe OVE

	Toplotna črpalka	Sončni kolektorji	Fotovoltaika
Ogrevanje	X		TČ
Hlajenje	X		TČ
Topla voda	X		TČ

Razsvetljava			X
--------------	--	--	---

Za izračun potrebne energije za delovanje toplotne črpalke in razsvetljave smo uporabili podatke o končni energiji, ki jo poda program TOST [6] (Preglednica 52).

Preglednica 52: Energija v stavbi

kWh	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
Končna energija	$Q_{NF,f}$	$Q_{NC,f}$	$Q_{W,f}$	$Q_{1,f}$	203821
	6749	36043	13428	147601	
Potrebna energija	Q_{NF}	Q_{NC}	Q_W	Q_1	308889
	24723	87378	49187	147601	

Za izračun deleža OVE (enačba 2–16) smo uporabili enačbe iz diploske naloge z naslovom *Prenova stavbe v nič energijsko hišo* [38].

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalke ($Q_{T\check{c}}$)

$$Q_{T\check{c}} = Q_{NF,f} + Q_{NC,f} + Q_{W,f} = 6749 \text{ kWh} + 36043 \text{ kWh} + 13428 \text{ kWh} = 56220 \text{ kWh} \quad (2)$$

Potrebna energija za delovanje toplotnih črpalk ($Q_{T\check{c}}$) in razsvetljave ($Q_{1,f}$)

$$Q_{T\check{c}} + Q_{1,f} = 56220 \text{ kWh} + 147601 \text{ kWh} = 203821 \text{ kWh} \quad (3)$$

S fotovolačino elektrarno poizkušamo zagotoviti potrebno električno energijo. Program PVGIS [37] z določitvijo lokacije izračuna letno prejeta energijo sončnega obsevanja (Preglednica 53). Pri tem program PVGIS [37] upošteva izgube zaradi temperature in nizkega obsevanja 8,6 %, kotnih učinkov odbojnosti 2,8 %, druge izgube (kabli, pretvornik itd) 14,0 % in s kombiniranimi izgubam sistema fotovoltaičnih panelov (PV) 23,6 %. Poda najbolj optimalen nagib in orientacijo PV.

Stavba ima tri možne lokacije postavitve sprejemnikov sončne energije: dvokapno streho z orientacijo proti zahodu z naklonom 23°, z orientacijo proti vzhodu, naklonom strehe 27° in ravno streho, pri kateri bomo upoštevali optimalno orientacijo in nagib, kar je smer jug in kot vpada sončnih žarkov 35°, ki nam jo poda PVGIS [37].

Preglednica 53: Izračun povprečnega sončnega obsevanja

	JUG/35°	VZHOD/27°	ZAHOD/23°
Mesec	Povprečno sončno obsevanje (kWh/m ²)		
Januar	51,3	32,4	32,4
Februar	79,9	53,0	53,1
Marec	131,0	99,8	101,0
April	148,0	127,0	128,0
Maj	175,0	164,0	166,0
Junij	176,0	172,0	175,0
Julij	193,0	183,0	186,0
Avgust	179,0	157,0	159,0
September	138,0	108,0	109,0
Oktober	94,3	67,6	68,1
November	48,9	33,2	33,4
December	39,0	24,9	25,1
Skupaj	1450	1220	1240

Za postavitev sončne elektrarne moči 1 kWp potrebujemo površino med 7–10 m² [39]. Na poševni strehi se bo PV-je namestilo na streho, kar pomeni, da bodo zavzeli prostor 7 m², pri ravni strehi jih je potrebno namestiti na dodatne nosilce in paziti, da se PV-ji med seboj ne senčijo, zato v tem primeru vzamemo površino 10 m². Po enačbi (4) smo izračunali maksimalno nazivno moč, ki se jo lahko na obravnavani strehi doseže, pri tem smo upoštevali površino strehe in površina, ki jo zavzame 1kWp (Preglednica 54).

$$\text{Inštalirana PV moč} = 30\text{kWp} + 83\text{kWp} + 51\text{kWp} = 164\text{kWp} \quad (4)$$

Preglednica 54: Vhodni podatki za izračun povprečne proizvodnje elektrike

	Nagib PV (°)	Orientacija PV	Površina (m ²)	Za 1 kWp potrebujemo (m ²)	Max kWp
Ravna streha	35	Jug	304	10	30
Poševna streha	27	Vzhod	585	7	83
Poševna streha	23	Zahod	360	7	51

Za obravnavano stavbo potrebujemo za delovnje toplotne črpalke in razsvetljave 203821 kWh energije (enačba 3). Program PVGIS poda mesečni izračun proizvodnje elektrike, ki jo je mogoče dobiti s sončnim sevanjem s fotovoltaično elektrarno (Preglednica 55).

Preglednica 55: Izračun povprečne proizvodnje elektrike

	Jug 30kWp	Vzhod 83kWp	Zahod 51kWp	
Mesec	Povprečna proizvodnje elektrike (kWh)			
Januar	1280	2110	1290	
Februar	1980	3550	2180	
Marec	3110	6560	4050	
April	3380	8130	5030	
Maj	3920	10300	6370	
Junij	3880	10600	6580	
Julij	4240	11300	6980	
Avgust	3920	9630	5950	
September	3150	6830	4220	
Oktober	220	4320	2660	
November	1180	2120	1300	
December	972	1580	978	
Skupaj	33200	77030	47600	157830

Če se celotna streha pokrije s PV-ji, se zagotovi 157830 kWh na leto. Stavba potrebuje 203821 kWh energije, da se lahko v celoti pokrije delovna sistema v stavbi. Kar pomeni, da bi postavitve sončne elektrarne pokrilo 77 % energije iz obnovljivih virov.

7.3.2 Druga kombinacija uporabe OVE

S toplotno črpalko poizkušamo zagotoviti potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje, s sončnimi kolektorji pa pripravo tople vode. Elektriko za delovanje sistemov pridobimo s fotovoltaično elektrarno.

Preglednica 56: 2. kombinacija uporabe OVE

	Toplotna črpalka	Sončni kolektorji	Fotovoltaika
Ogrevanje	X		TČ
Hlajenje	X		TČ
Topla voda		X	
Razsvetljava			X

Izračun potrebne energije za delovanje toplotne črpalke

$$Q_{TČ} = Q_{NH,f} + Q_{NC,f} = 6749 \text{ kWh} + 36043 \text{ kWh} = 42792 \text{ kWh} \quad (5)$$

Potrebna energija za pripravo tople vode, ki smo jo pridobili s sprejemniki sončne energije (SSE), je podana z enačbo 6.

$$Q_{SSE} = Q_w = 49187 \text{ kWh} \quad (6)$$

Sončni kolektorji morajo biti tako veliki, da v mesecu decembru zagotovijo potrebo po topli sanitarni vodi, saj je takrat sončno obsevanje najmanjše (Preglednica 53).

Sončne sprejemnike smo namestili na ravno streho tako, da se upošteva optimalno oreientacijo in optimalen nagib.

Preglednica 57: Značilnosti vakumskih kolektorjev [40]

Skupna površina enega SSE (m ²)	2,5
Učinkovitost SSE η (-)	0,819
Nagib SSE (°)	35
Orientacija SSE (°)	0

Ocena potrebne toplote (nizka poraba): 0,6 kWh/osebo, dan [41]

Število oseb: 563

Število ur: 322h (v decembru) = 13,42 dni

Povprečno sončno obsevanje v decembru (Preglednica 53) $j_{m,dec} = 39 \text{ kWh/m}^2$

Izračun potrebne toplote za ogrevanje sanitarne vode v decembru:

$$Q_{W,322h} = 0,6 \text{ kWh/osebo, dan} * 563 \text{ oseb} * 13,42 = 4533,276 \text{ kWh} \quad (7)$$

Za pripravo tople vode zagotovimo 4533,276 kWh energije iz SSE. Potrebna površina in število kolektorjev je podano v naslednjem izračunu:

$$A_{SSE} = \frac{Q_{W,dni}}{j_{m,dec} * \eta} = \frac{4533,76 \text{ kWh}}{39 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * 0,819} = 141,94 \text{ m}^2 \quad (8)$$

$$\text{Število SSE} = \frac{141,94 \text{ m}^2}{2,6 \text{ m}^2} = 55 \quad (9)$$

S postavitvijo 55 sprejemnikov sončne energije smo pokrili potrebo po topli vodi. V Preglednici 58 je prikazano, koliko sončne energije potrebuje posamezni mesec in koliko se je dobi s postavitvijo sončnih kolektorjev na površini 142m².

Preglednica 58: Pridobljena sončna energija iz 55 kolektorjev

Mesec	Povprečno sončno obsevanje (kWh/m ²)	Energija za pripravo tople vode iz SSE (kWh)	Potrebna energija za pripravo tople vode (kWh)
Januar	51,3	5963,63	4532,15
Februar	79,9	9288,38	3941,00
Marec	131,0	15228,75	4532,15
April	148,0	17205,00	4335,10
Maj	175,0	20343,75	4532,15
Junij	176,0	20460,00	4335,10
Julij	193,0	22436,25	4532,15
Avgust	179,0	20808,75	4532,15
September	138,0	16042,50	4335,10
Oktober	94,3	10962,38	4532,15
November	48,9	5684,63	4335,10

December	39,0	4533,75	4533,28
Skupaj	1450	168957,75	53007,58

Iz Preglednice 58 je razvidno, da v mesecih, ko je sončnega obsevanja več, se 55 kolektorjev ne izkoristi. V nekaterih mesecih je prejeta energija s sprejemniki sončne energije tudi do štirikrat večja od potrebne energije za pripravo tople vode. Zaradi neizkoriščenosti takšno število kolektorjev ni smiselno.

Velikost fotovoltaične elektrarne za delovanje toplotne črpalke in razsvetjave je prikazana z enačbo 10.

$$Q_{TC} = Q_{NF,f} + Q_{NC,f} + Q_{I,f} = 6749 \text{ kWh} + 36043 \text{ kWh} + 147601 \text{ kWh} = 190393 \text{ kWh} \quad (10)$$

Zdaj, ko so sončni kolektorji postavljeni na ravno streho s površino 142 m² ostane ravne strehe za namestitve PV-sistema le še 162m² (Preglednica 59).

Preglednica 59: Vhodni podatki za izračun povprečne proizvodnje elektrike

	Nagib PV (°)	Orientacija PV	Površina (m ²)	Za 1 kWp potrebujemo (m ²)	Max kWp
Ravna streha	35	Jug	162	10	16
Poševna streha	27	Vzhod	585	7	83
Poševna streha	23	Zahod	360	7	51

Program PVGIS izračuna za 150kWp skupne nazivne moči mesečno proizvodnjo elektrike, ki je podana v Preglednici 60.

Preglednica 60: Izračun povprečne mesečne proizvodnje elektrike

	Jug	Vzhod	Zahod	
Nazivna moč	16kWp	83kWp	51kWp	
Mesec	Povprečna proizvodnje elektrike (kWh)			
Januar	683	2110	1290	
Februar	1060	3550	2180	
Marec	1660	6560	4050	
April	1800	8130	5030	
Maj	2090	10300	6370	
Junij	2070	10600	6580	
Julij	2260	11300	6980	
Avgust	2090	9630	5950	
September	1680	6830	4220	
Oktober	1170	4320	2660	
November	631	2120	1300	
December	519	1580	978	
Skupaj	17713	77030	47600	142343

S postavitvijo fotovoltaične elektrarne smo zagotovili 142343 kWh elektrike. Za delovanje toplotnih črpalk in razsvetjave potrebujemo 190393 kWh elektrike. Tako, da je potrebno 48050 kWh na leto pridobiti iz plačljivega električnega omrežja. S sončnimi kolektorji se pokrije priprava tople sanitarne vode 49187 kWh energije, kar pomeni, da kombinacija fotovoltaike in sončnih kolektorjev zadošča skoraj 80 % potrebne energije iz obnovljivih virov.

7.3.3 Tretja kombinacija uporabe OVE

Toplotno črpalko in sprejemnike sončne energije se namesti za ogrevanje in pripravo tople vode, za hlajenje pa uporabi samo toplotno črpalko. Sončno elektrarno se uporabi za delovanje toplotne črpalke in razsvetlajve. Če so sončni kolektorji predvideni za celotno potrebno energijo za ogrevanje in toplo vodo, so v večini leta neizkoriščeni (kombinacija 2), zato se predpostavi, da 40 % potrebne energije za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode zagotovimo s SSE (Preglednica 61), za tiste mesece, ko je izkoristek sončnih kolektorjev največji.

Preglednica 61: 3. kombinacija uporabe OVE

	Toplotna črpalka	Sončni kolektorji	Fotovoltaika
Ogrevanje	60 %	40 %	TČ
Hlajenje	X		TČ
Topla voda	60 %	40 %	TČ
Razsvetljava			X

Za potrebni izračun smo uporabili podatke o potrebni energiji in končni energij iz preglednice 52.

$$Q_{SSE} = 0,4(Q_{NH} + Q_W) = 0,4 (24723 \text{ kWh} + 49187 \text{ kWh}) = 29564 \text{ kWh} \quad (11)$$

$$Q_{TČ} = 0,6(Q_{NH,f} + Q_{W,f}) + Q_{NC,f} = 0,6 (6749 \text{ kWh} + 13428 \text{ kWh}) + 36043 \text{ kWh} = 48149 \text{ kWh} \quad (12)$$

Potrebna energija za delovanje celotne stavbe

$$Q_{SSE} + Q_{TČ} + Q_{i,f} = 29564 \text{ kWh} + 48149 \text{ kWh} + 147601 \text{ kWh} = 225314 \text{ kWh} \quad (13)$$

Potrebna površina, ki jo zavzamejo SSE, in njihovo število je podano v naslednjih enačbah.

$$A_{SSE} = \frac{Q_{SSE}}{j_{skupaj} \cdot \eta} = \frac{29564 \text{ kWh}}{1450 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 0,819} = 25 \text{ m}^2 \quad (14)$$

$$\text{Število SSE} = \frac{25 \text{ m}^2}{2,6 \text{ m}^2} = 10 \quad (15)$$

$$A_{SSE} = 3,2 \text{ m}^2 \cdot 10 = 32 \text{ m}^2 \quad (16)$$

Preglednica 62: Povprečno sončno obsevanje in potrebna energija za pripravo tople vode, pridobljena iz 10 SSE po mesecih

Mesec	Povprečno sončno obsevanje (kWh/m ²)	Energija za pripravo tople vode iz SSE (kWh)
Januar	51,3	1050,37
Februar	79,9	1635,96
Marec	131,0	2682,23
April	148,0	3030,30
Maj	175,0	3583,13
Junij	176,0	3603,60
Julij	193,0	3951,68
Avgust	179,0	3665,03
September	138,0	2825,55
Oktober	94,3	1930,79
November	48,9	1001,23
December	39,0	798,53
Skupaj	1450	29758,37

Zdaj, ko so sončni kolektorji postavljeni na ravno streho s površino 32 m², ostane ravne strehe za namestitvev PVsistema 272 m² (Preglednica 63).

Preglednica 63: Vhodni podatki za izračun povprečne proizvodnje elektrike

	Nagib PV (°)	Orientacija PV	Površina (m ²)	Za 1 kWp potrebujemo (m ²)	Max kWp
Ravna streha	35	Jug	272	10	27
Poševna streha	27	Vzhod	585	7	83
Poševna streha	23	Zahod	360	7	51

Preglednica 64: Izračun proizvodnje elektrike skupne nazivne moči 161 kWp

	Jug	Vzhod	Zahod
Nazivna moč	27 kWp	83 kWp	51 kWp
Mesec	Povprečna proizvodnje elektrike (kWh)		
Januar	1150	2110	1290
Februar	1780	3550	2180
Marec	2800	6560	4050
April	3040	8130	5030
Maj	3530	10300	6370
Junij	3490	10600	6580
Julij	3810	11300	6980
Avgust	3530	9630	5950
September	2830	6830	4220
Oktober	1980	4320	2660
November	1060	2120	1300
December	875	1580	978
Skupaj	29875	77030	47600

S postavitvijo elektrarne na obravnavani stavbi zagotovimo **154505 kWh** na leto, in sicer glede na mesečno sončno obsevanje (Preglednica 64). Z desetimi sončnimi kolektorji smo pridobili 40 % potrebne energije za ogrevanje in pripravo tople vode, kar predstavlja 29758,37 kWh na leto.

S tretjo kombinacijo smo zagotovili 82 % energije, pridobljene iz obnovljivega vira (sončno sevanje), za delovne obravnavane stavbe.

8. ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil doseči zmanjšanje porabe energije na stavbi in dovesti vsaj 50 % primarne energije iz OVE za njeno delovanje. S tem se zmanjšajo izpusti toplogrednih plinov in stavba lahko postane sNES, kar je prednostna naloga Direktive EPBD [3].

V diplomskem delu smo obravnavali javno stavbo – Zdravstveni dom Fužine, ki je bila zgrajena leta 1988, in jo z različnimi ukrepi poizkušali spremeniti v sNES. S programom TOST [6] smo izračunali letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine v obstoječem stanju in ugotovili, da stavba ne ustreza predpisom, ki jih postavlja PURES 2010 [7]. Po naših izračunih letna potrebna toplota na enoto kondicionirane površine znaša 25,93 kWh/m³a, s pravilnikom PURES 2010 [7] pa je omejena na maksimalno 8,54 kWh/m³a. To pomeni, da stavba v obstoječem stanju 3-krat presega predpisano mejo. Z različnimi ukrepi na stavbi smo poskušali zmanjšati letno potrebno toploto za ogrevanje in izboljšati njeno energetska učinkovitost. Pri analizi stavbe smo opazovali spremembe pri letni rabi primarne energije, letni potrebni toploti za ogrevanje in letni potrebni energiji za hlajenje. Z dodatno toplotno izolacijo zunanje stene in posledičnim zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov smo dosegli, da koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub ustreza PURES-u 2010 [7], in sicer 0,37 W/m²K. Z uvedbo ukrepa stavba zdaj potrebuje letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane površine, 16,18 kWh/m³a. Z enostavnim ukrepom znižanja projektne zimske temperature za 1 °C čez dan in 2 °C ponoči v vseh ogrevanih conah smo dosegli še dodaten prihranek potrebne letne toplote za 19,2 %. Namestili smo mehansko prezračevanje z rekuperacijo, ki je obvezno za vse javne stavbe [15], s katerim smo dosegli 58,5 % nižjo letno potrebno toploto za ogrevanje glede na prvotno stanje. Letna potrebna energija za hlajenje se je z uvedbo ukrepa dodatne toplotne izolacije in z zmanjšanjem vpliva toplotnih mostov dvignila, saj so se pri tem znižale transmisijske izgube. Pri regulaciji temperature z mehanskim prezračevanjem z rekuperacijo ostane letna poraba za hlajenje skoraj nespremenjena, in sicer 35,13 kWh/m²a. Ostali ukrepi niso tako energetska učinkoviti, saj se letna potrebna toplota za hlajenje poveča, se tem pa se poveča tudi letna raba primarne energije. Z dodatno toplotno izolacijo zunanjega ovoja stavbe smo prekinili toplotne mostove in z regulacijo temperature ter mehanskim prezračevanjem z rekuperacijo dosegli letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine – 2,64 kWh/m³a, kar je 7,92 kWh/m²a in tako stavbo uvršča v najvišji energetska razred A1 [26]. Letna potrebna energija za hlajenje za javne stavbe sicer ni omejena s pravilnikom, iz pridobljenih podatkov in izračunov pa vidimo, da bi bilo smiselno ovrednotiti tudi to vrednost in na ta način doseči nižjo porabo primarne energije za delovanje stavbe.

Za doseganje zahtev sNES po določilih AN sNES je potrebno, da se vsaj 50 % energije, ki jo za delovanje potrebuje stavba, zagotovi iz OVE. Obravnavana stavba ima možnost izrabe energije sonca in toplote okolja, zato smo izračunali še tri kombinacije uporabe OVE. Preučili smo možnost uporabe toplotne črpalke, fotovoltaike in sprejemnikov sončne energije. Kombinacija, ki je imela optimalen izkoristek naprav je prinesla 82 % energije iz OVE.

Velik napredek glede stroškovne učinkovitosti bo dosežen, ko bodo daljinski sistemi ogrevanja in hlajenja uporabljali večji delež OVE in ko bodo fotovoltaični sistemi postali cenovno spremenljivejši. Na ta način bi lahko odigrali bolj pomembno vlogo pri prenovah in novogradnjah sNES na področjih, kjer ni možnosti priklopa na sisteme daljinskega ogrevanja.

Preden pa se načrtovanje energijsko učinkovitih tehnologij prenese v prakso, moramo začeti s pomočjo vseživljenjskega kontinuiranega izobraževanja. S programi nadgrajevanja obstoječih veščin izvajalskega kadra obrtnikov, gradbiščnih delavcev, inštalaterjev, monterjev opreme in njihovih delovodij [18].

Če želimo doseči cilj EPBD [3], bomo zagotovo morali pospešiti investicije najprej v javnem, nato pa še v zasebnem sektorju. To bo sicer zahtevalo velike finančne vložke, izvedbo pa bodo lahko olajšali različni programi pridobivanja investicijskega kapitala iz državnih skladov in evropskih programov izboljševanja energijske učinkovitosti stavb. S tem bi dosegli dolgoročno vizijo, in sicer da stavbe postanejo skoraj brez emisij toplogrednih plinov do leta 2050 [42].

VIRI

- [1] Podnebni ukrepi EU. 2015. Evropska komisija. Podnebna politika.
http://ec.europa.eu/clima/citizens/eu/index_sl.htm (Pridobljeno 29. 4. 2016.)
- [2] Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 16. december 2002 o energetske učinkovitosti stavb. Uradni list Evropskih skupnosti L 1/65.
- [3] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije L 153.
- [4] Energetska učinkovitost in energetske izkaznice. Učinkovita raba energije. 2016.
<http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/>
(Pridobljeno 29. 4. 2016.)
- [5] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [6] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program TOST. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [7] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010.
- [8] Tehnična smernica TSG-1-004: 2010, Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. 2010.
- [9] SIST EN ISO 13790:2008 – Energy performance of buildings–Calculation of energy use space heating and cooling.
- [10] Energetski zakon EZ-1. Uradni list RS št. 17/2014.
- [11] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetske izkaznice stavb. Uradni list RS št. 92/2014.
- [12] Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo. Uradni list RS št. 35/2008.
- [13] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). Uradni list RS št. 41/2004.
- [14] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št. 110/2002.
- [15] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/2002. Uradni list RS št. 105/2002.
- [16] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES). 2015. Ministrstvo za infrastrukturo.
http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/an_snes/an_snes_slovenija.pdf
(Pridobljeno 10. 11. 2015.)
- [17] Akcijski načrt za skora-nič-energijske stavbe. 2015. Ministrstvo za infrastrukturo. Portal energetika.
<http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/akcijski-nacrt-za-skoraj-nic-energijske-stavbe/> (Pridobljeno 23. 3. 2016.)
- [18] Šijanec Zavrl, M. 2012. Gradbeni inštitut ZRMK. Build up Skills Slovenia, EU podpira sistemski razvoj vseživljenjskega učenja izvajalcev nizkoenergijskih hiš. H.Erhorn Fraunhofer.
<http://buildupskills.si/wp-content/uploads/2012/09/1-Sijanec-BUILD-UP-Skills-GR-DOM-20120308.pdf> (Pridobljeno 29. 2. 2016.)
- [19] Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov. Uradni list Evropske unije, L140/16.
- [20] Obnovljivi viri energije. 2015. Ministrstvo za infrastrukturo. Portal energetika.
http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/energetika/obnovljivi_viri_energije/ (Pridobljeno 23. 4. 2016.)
- [21] Google Maps. 2015. Panoramski pogled lokacije objekta. <https://maps.google.com/> (Pridobljeno 10. 11. 2015.)
- [22] Projekt za izvedbo. Strojne inštalacije. 2010. Prenova Zdravstvenega doma Fužine.

- [23] ISO 13790:2008(E) aneks G. Tabela G.12/G.11. Energy performance of buildings-Calculation of energy use space heating and cooling.
- [24] Krainer, A., Perdan R. 2012. Računalniški program TOST. Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [25] ISO/FDIS 14683:2007(E). Thermal bridges in building construction — Linear thermal transmittance — Simplified methods and default values.
- [26] Energetske izkaznice. Osnovne informacije. 2015. Ministrstvo za infrastrukturo, Portal energetika. <http://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/energetske-izkaznice-stavb/> (Pridobljeno 23. 2. 2016.)
- [27] Grobovšek, B. 2007. Toplotni mostovi zaradi nepravilne vgradnje oken. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT307.htm> (Pridobljeno 25. 1. 2016.)
- [28] Prezračevanje stanovanjskih stavb. 2015. Družba za storitve, projektiranje in poslovanje z nepremičninami. <http://www.dominvest.si/?stran=novice&novica=78> (Pridobljeno 25. 1. 2016.)
- [29] Rekuperator. 2016. <http://www.e-netsi.si/rekuperator.html> (Pridobljeno 10. 2. 2016.)
- [30] Malovrh, M., Praznik, M. 2013. Regulacija centralnega ogrevanja. Gradbeni inštitut - ZRMK <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije.URE/URE1-03.htm> (Pridobljeno 26. 1. 2016.)
- [31] Program Knaufinsulation Raba energije. KI Energija 2014. <http://www.knaufinsulation.si/program-ki-energija-2014> (Pridobljeno 25. 3. 2016.)
- [32] Košir, M., Krainer, A., Šestan, P., Kristl, Ž. 2013. Študija delovanja programske opreme za izračun porabe energije v stavbah. Gradbeni vestnik 62, marec: 61-71.
- [33] Opis sončnih kolektorje. 2015. Ekipa Solarix. <http://solarix.si/soncni-kolektorji-opis/> (Pridobljeno 23. 2. 2016.)
- [34] Obnovljiv vir energije. 2005. Focus društvo za sonaraven razvoj. Priročnik. Str.: 6, 12. <http://www.focus.si/files/OVEprirocnikI.pdf> (Pridobljeno 23. 2. 2016.)
- [35] Šijane, Zavrl, M. 2012. Ali razumemo energijske kazalnike stavbe. Gradbeni E- priročnik. http://www.e-prirocniki.si/Energijski_kazalniki_stavbe.doc (Pridobljeno 23. 3. 2016.)
- [36] Zgradba in delovanje sončne elektrarne. 2016. SončneElektrarne.com. <http://www.soncneelektrarne.com/zgradba-in-delovanje/> (Pridobljeno 23. 2. 2016.)
- [37] Program Photovoltaic Geographical Information System. 2013. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe> (Pridobljeno 29. 4. 2016.)
- [38] Miko, B. 2013. Prenova stavbe v nič energijsko. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Miko): 42 f.
- [39] Fotovoltaika, Izkoristek sončne elektrarne. 2016. <http://www.soncna-elektrarna.net/fotovoltaika.asp?fotovoltaika=Fotovoltaika&systemi=Izkoristek%20son%20E8ne%20elektarne> (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [40] Navodila za montažo sončnih kolektorjev. 2016. http://www.riello.si/action.jsp?code=2658&filename=IN_CSL_25.pdf (Pridobljeno 29. 2. 2016.)
- [41] Priprava tople sanitarne vode. 2013. Sistemi za ogrevanje stavb. Agencija RS za učinkovito rabo energije. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL1-16.PDF> (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [42] Akcijski načrt za energetska učinkovitost za obdobje 2014-2020, (AN URE 2020). 2015. RS Ministrstvo za infrastrukturo. http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/an_ure/an_ure_2020_sprejet_maj_2015.pdf (Pridobljeno 1. 3. 2016.)