

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:

Jerman, I., 2016. Energetska prenova prizidka osnovne šole Loka v skoraj nič-energijsko stavbo. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M.): 65 str.

Datum arhiviranja: 11-07-2016

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:

Jerman, I., 2016. Energetska prenova prizidka osnovne šole Loka v skoraj nič-energijsko stavbo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M.): 65 pp.

Archiving Date: 11-07-2016

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 STROKOVNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

URŠKA JERMAN

**ENERGETSKA PRENOVA PRIZIDKA OSNOVNE ŠOLE
LOKA V SKORAJ NIČ-ENERGIJSKO STAVBO**

Diplomska naloga št.: 122/OG-MO

**ENERGY RENOVATION OF ELEMENTARY SCHOOL
LOKA EXTENSION INTO A NEARLY ZERO-ENERGY
BUILDING**

Graduation thesis No.: 122/OG-MO

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 29. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Urška Jerman, vpisna številka 26108544, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Energetska prenova prizidka Osnovne šole Loka v skoraj nič-energijsko stavbo,

IZJAVLJAM,

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

Črnomelj, 6. 6. 2016

Urška Jerman

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	727:699.8(497.4Loka)(043.2)
Avtor:	Urška Jerman
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Naslov:	Energetska prenova prizidka Osnovne šole Loka v skoraj nič-energijsko stavbo
Tip dokumenta:	Dipl. nal.-VSŠ
Obseg in oprema:	65 str., 65 pregl., 4 graf., 12 sl., 5 en.
Ključne besede:	energetska učinkovitost, skoraj nič-energijska stavba, obnovljivi viri energije, energetska prenova

Izvleček

V svojem diplomskem delu sem izvedla energetska prenova prizidka Osnovne šole Loka Črnomelj. V Sloveniji je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) trenutno osnovni zakonodajni dokument, ki regulira področje energetske učinkovitosti stavb, tako za novogradnje kot tudi za prenove obstoječih stavb. V skladu z njegovimi zahtevami so osnovani izračuni v računalniškem programu TOST, s katerim sem preverjala bilanco energetske učinkovitosti obravnavane stavbe. Končni rezultati so potrdili domnevo, da stavba ne ustreza minimalnim zahtevam PURES-a 2010. Za izboljšanje obstoječega stanja sem izvedla posamezne ukrepe in njihove kombinacije. Izbrana kombinacija ukrepov, ki je znižala obstoječe vrednosti pod mejo maksimalno dovoljene, je vsebovala: vgradnjo oken z nižjim koeficientom toplotne prehodnosti, aplikacijo dodatne toplotne izolacije na zunanjo steno in vgradnjo sistema mehanskega prezračevanja. Ker bodo morale biti po letu 2018 vse novozgrajene javne stavbe - skoraj nič-energijske stavbe (sNES), sem preverila, ali obravnavana stavba, ki izpolnjuje zahteve po PURES-u 2010, hkrati izpolnjuje tudi definicijo sNES. V Akcijskem načrtu za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES) so zapisane največje dovoljene vrednosti za letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe in letno rabo primarne energije v stavbi ter najmanjši delež obnovljivih virov energije. S prej omenjeno izvedeno kombinacijo ukrepov, stavba ne izpolnjuje vseh zahtev za sNES po AN sNES. Razlog za neizpolnjevanje pogojev za sNES je ta, da PURES 2010 za javne stavbe ne določa največje letne rabe primarne energije Q_p in hladu za hlajenje Q_{NC} .

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK:	727:699.8(497.4Loka)(043.2)
Author:	Urška Jerman
Supervisor:	Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.
Title:	Energy renovation of elementary school Loka extension into a nearly zero-energy building
Dokument type:	Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools:	65 p., 65 tab., 4 graph., 12 fig., 5 eq.
Keywords:	energy efficiency, nearly zero-energy building, renewable sources, energy renovation

Abstract

In this diploma thesis I have carried out an energy renovation of a new extension at elementary school Loka in Črnomelj. Currently, the basic legislative document regulating the area of energy efficiency in newly constructed as also renovated buildings in Slovenia is PURES 2010 (Regulations on energy efficiency of buildings). In compliance with its requirements, calculations are made in TOST computer programme, in which I have checked the energy efficiency balance of the building in consideration. Final results have confirmed the assumption that the building does not meet the minimum requirements of PURES 2010. To improve the existing state, I have applied certain measures alone and in combination. The chosen combination of measures which lowered existing critical values to those still allowed involved installing windows with lower heat transfer coefficient, applying extra thermal insulation on external walls and installing a mechanical ventilation system. Since, after 31st December 2018, every newly built public facility will need to comply with nearly zero-energy building (nZEB) requirements, I additionally checked if the building in consideration which now meets PURES 2010 requirements also meets those of nZEB. The nZEB action plan states the annual maximum permitted energy use for heating, annual primary energy necessary for the functioning of the building and the minimum share of renewable energy sources. Although implementing the measure, the building does not meet all nZEB requirements in the action plan due to the reason that, for public buildings, PURES 2010 does not set forth the annual maximums permitted neither for primary energy use nor for cooling systems.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitji Koširju za vso strokovno pomoč, čas in usmerjanje med pisanjem diplomske naloge.

Zahvalila bi se staršema, bratu in sestri, kateri so mi ves čas študija stali ob strani in me podpirali. Posebno bi se zahvalila mami in sestri za njuno strokovno pomoč pri lektoriranju diplomske naloge. Zahvala gre tudi fantu Tadeju za vso potrpežljivost in motivacijo tekom študija.

Zahvaljujem se tudi Davidu Štefaniču, ki mi je prevedel naslov in izvleček diplomske naloge.

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

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
OKRAJŠAVE	XII
1 UVOD	1
1.1 Namen naloge	1
2 ZAKONODAJA.....	2
2.1 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD 2010/31/EU).....	2
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)	3
2.2.1 Tehnična smernica TSG-1-004 učinkovita raba energije (TSG4).....	6
2.3 Energetski zakon (EZ-1)	6
2.4 Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES)	6
3 UČINKOVITA RABA ENERGIJE V STAVBAH	8
3.1 Pristopi k oblikovanju energetske učinkovitih stavb.....	8
3.1.1 Mehansko prezračevanje z rekuperacijo toplote.....	9
3.1.2 Transparentni deli toplotnega ovoja	9
3.1.3 Netransparentni deli toplotnega ovoja	10
4 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	11
4.1 Toplota iz okolja	11
4.2 Sončna energija	13
4.2.1 Sprejemniki sončne energije (SSE).....	14
4.2.2 Sončne celice in fotovoltaični sistemi	16
4.3 Lesna biomasa	17
5 OBRAVNAVANA STAVBA	19
5.1 Opis Osnovne šole Loka.....	19
5.2 Zasnova prizidka	20
5.3 Sestave konstrukcijskih sklopov z izračunom prehoda toplote in difuzije vodne pare s programom TEDI.....	22
5.4 Izračun energetske bilance stavbe s programom TOST	25
5.4.1 Splošni podatki.....	25
5.4.2 Klimatski podatki	26
5.4.3 Računska podobdobja	27

5.4.4 Nočna izolacija in senčenje	27
5.4.5 Podatki o conah	28
5.4.5.1 1. kondicionirana cona.....	29
5.4.5.2 2. kondicionirana cona.....	33
5.4.5.3 3. kondicionirana cona.....	37
6 REZULTATI IN ANALIZA IZRAČUNA ENERGETSKE BILANCE OŠ LOKA	41
7 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE OBSTOJEČEGA STANJA	45
7.1 1. ukrep: dodatna TI na zunanji steni.....	45
7.2 2. ukrep: dodatna TI na ravni strehi	46
7.3 3. ukrep: okna z nižjo toplotno prehodnostjo U	48
7.4 4. ukrep: uporaba nočne izolacije	49
7.5 5. ukrep: vgrajeno mehansko prezračevanje	50
7.6 6. ukrep: nižja notranja projektna temperatura.....	51
7.7 Rezultati ukrepov.....	52
7.8 Kombinacije ukrepov	54
7.8.1 1. kombinacija: TI zunanje stene + nova okna.....	55
7.8.2 2. kombinacija: nova okna + mehansko prezračevanje	56
7.8.3 3. kombinacija: nova okna + nočna izolacija	56
7.8.4 4. kombinacija: nova okna + nižja projektna temperatura.....	57
7.8.5 5. kombinacija: TI na zunanji steni + nižja projektna temperatura.....	58
7.8.6 6. kombinacija: TI na zunanji steni + mehansko prezračevanje.....	58
7.8.7 Rezultati kombinacij ukrepov.....	59
7.8.8 7. kombinacija: nova okna + TI na zunanji steni + mehansko prezračevanje.....	61
8 PRIMERJAVA LETNE PORABE ENERGIJE Z ZAHTEVAMI PO AN sNES.....	62
8.1 Letna potrebna toplota za ogrevanje v obravnavani stavbi	62
8.2 Celotna letna primarna energija v obravnavani stavbi.....	63
8.3 Delež OVE v skupni dovedeni energiji.....	64
9 ZAKLJUČEK	65
VIRI	66

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente stavb, ki omejujejo ogrevane prostore [1].....	5
Preglednica 2: Konstrukcijski sklop notranja stena.....	23
Preglednica 3: Konstrukcijski sklop zunanja stena	23
Preglednica 4: Konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija	24
Preglednica 5: Konstrukcijski sklop ravna streha.....	24
Preglednica 6: Konstrukcijski sklop tla na terenu.....	25
Preglednica 7: Vrsta energenta za pripravo tople vode, ogrevanja in hlajenja ter učinkovitost teh sistemov.....	26
Preglednica 8: Klimatski podatki za obravnavan objekt.....	26
Preglednica 9: Povprečna mesečna temperatura, sončno sevanje in sezona ogrevanja.....	26
Preglednica 10: Zasedenost in nezasedenost obravnavanega objekta	27
Preglednica 11: Osnovni podatki za 1. KC	29
Preglednica 12: Projektne temperature in dobitki notranjih virov za 1. KC.....	30
Preglednica 13: Prezračevanje in izmenjava zraka z zunanjim okoljem za 1. KC.....	31
Preglednica 14: Zunanja stena in streha za 1. KC.....	31
Preglednica 15: Transparentni konstrukcijski sklopi za 1. KC.....	32
Preglednica 16: Tla na terenu za 1. KC.....	32
Preglednica 17: Predelni konstrukcijski sklopi za 1. KC.....	33
Preglednica 18: Topla voda in razsvetljava za 1. KC.....	33
Preglednica 19: Osnovni podatki za 2. KC	34
Preglednica 20: Projektne temperature in dobitki notranjih virov za 2. KC.....	34
Preglednica 21: Prezračevanje in izmenjava zraka z zunanjim okoljem v 2. KC.....	35
Preglednica 22: Zunanja stena in streha za 2. KC.....	35
Preglednica 23: Transparentni konstrukcijski sklopi za 2. KC.....	36
Preglednica 24: Tla na terenu za 2. KC.....	36
Preglednica 25: Predelni konstrukcijski sklopi za 2. KC.....	36
Preglednica 26: Topla voda in razsvetljava za 2. KC.....	37
Preglednica 27: Osnovni podatki za 3. KC	37
Preglednica 28: Projektne temperature in dobitki notranjih virov za 3. KC.....	38
Preglednica 29: Prezračevanje in izmenjava zraka z zunanjim okoljem za 3. KC.....	38
Preglednica 30: Zunanja stena in streha za 3. KC.....	38
Preglednica 31: Transparentni konstrukcijski sklopi za 3. KC.....	39
Preglednica 32: Tla na terenu za 3. KC.....	39
Preglednica 33: Predelni konstrukcijski sklopi za 3. KC.....	40

Preglednica 34: Topla voda in razsvetljava za 3. KC.....	40
Preglednica 35: Splošni podatki o obravnavani stavbi.....	41
Preglednica 36: Letna raba primarne energije, potrebne toplote za ogrevanje in hlajenje	41
Preglednica 37: Letna potrebna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljava po conah.....	42
Preglednica 38: Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H'T$	42
Preglednica 39: Izgube in dobitki po conah za ogrevanje.....	43
Preglednica 40: Izgube in dobitki po conah za hlajenje	44
Preglednica 41: Konstrukcijski sklop zunanja stena	45
Preglednica 42: Izračunane vrednosti $H'T$ in Q_{NH}/V_e za 1. ukrep.....	46
Preglednica 43: Izgube in dobitki za ogrevanje za 1. ukrep.....	46
Preglednica 44: Konstrukcijski sklop ravna streha	47
Preglednica 45: Izračunane vrednosti $H'T$ in Q_{NH}/V_e za 2. ukrep.....	47
Preglednica 46: Izgube in dobitki za ogrevanje za 2. ukrep.....	47
Preglednica 47: Izračunane vrednosti $H'T$ in Q_{NH}/V_e za 3. ukrep.....	48
Preglednica 48: Izgube in dobitki za ogrevanje za 3. ukrep.....	48
Preglednica 49: Izračunane vrednosti $H'T$ in Q_{NH}/V_e za 4. ukrep.....	49
Preglednica 50: Izgube in dobitki za ogrevanje za 4. ukrep.....	49
Preglednica 51: Vhodni podatki za mehansko prezračevanje	50
Preglednica 52: Izračunane vrednosti za $H'T$ in Q_{NH}/V_e za 5. ukrep.....	51
Preglednica 53: Izgube in dobitki za ogrevanje za 5. ukrep.....	51
Preglednica 54: Izračunane vrednosti za $H'T$ in Q_{NH}/V_e za 5. ukrep	52
Preglednica 55: Izgube in dobitki za ogrevanje za 6. ukrep.....	52
Preglednica 56: Rezultati 1. kombinacije ukrepov	55
Preglednica 57: Rezultati 2. kombinacije ukrepov	56
Preglednica 58: Rezultati 3. kombinacije ukrepov	57
Preglednica 59: Rezultati 4. kombinacije ukrepov	57
Preglednica 60: Rezultati 5. kombinacije ukrepov	58
Preglednica 61: Rezultati 6. kombinacije ukrepov	59
Preglednica 62: Rezultati za 7. kombinacijo ukrepov	61
Preglednica 63: Letna potrebna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljava. 62	
Preglednica 64: Letna primarna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljava. 63	
Preglednica 65: Letna končna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljava ... 64	

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih izgub H'_T vseh ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljenim.....	53
Grafikon 2: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e vseh ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljeno vrednostjo	54
Grafikon 3: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub $H'T$ vseh kombinacij ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljenim.....	59
Grafikon 4: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e vseh kombinacij ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljeno vrednostjo.	60

KAZALO SLIK

Slika 1: Največje vrednosti primarne energije glede na posamezno vrsto stavbe (vir: [1]).....	7
Slika 2: Rekuperator toplote (vir: [4]).....	9
Slika 3: TČ zemlja-voda, zemeljski kolektorji (levo) in zemeljska sonda (desno) (vir: [21]) ...	12
Slika 4: TČ voda-voda (vir: [21]).....	13
Slika 5: Letno sončno obsevanje horizontalne površine v Sloveniji (vir: [20])	14
Slika 6: Ravni (levo) in vakuumski (desno) sprejemnik sončne energije (vir: [17]).....	15
Slika 7: Vodni hranilnik (vir: [17]).....	15
Slika 8: Osnovna šola Loka - prizidek (vir: [24])	19
Slika 9: Tloris pritličja prizidka k OŠ Loka (vir: [23]).....	20
Slika 10: Tloris nadstropja prizidka OŠ Loka (vir: [23]).....	21
Slika 11: Kondicionirane cone v pritličju (vir: [23])	28
Slika 12: Kondicionirane cone v nadstropju (vir: [23]).....	29

OKRAJŠAVE

AN sNES	Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe
CO ₂	Ogljikov dioksid
ELKO	Ekstra lahko kurilno olje
EPBD	Direktiva o energetske učinkovitosti stavb
EZ-1	Energetski zakon
KC	Kondicionirana cona
KS	Konstruktivski sklop
OVE	Obnovljivi viri energije
PGD	Projektna gradbena dokumentacija
PURES 2010	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
PV	Fotovoltaika
SSE	Sprejemnik sončne energije
TČ	Toplotna črpalka
TPG	Toplogredni plin
TSG4	Tehnična smernica 001-4:2010
ZGO-1	Zakon o graditvi objektov

1 UVOD

V zadnjem desetletju posvečamo veliko pozornosti trajnostnemu razvoju. To med drugim pomeni, da iščemo različne alternative za fosilna goriva, saj preveliko izkoriščanje slednjih vodi k podnebnim spremembam.

V zadnjih 200 letih sta doba industrializacije in hiter gospodarski razvoj zelo povečala uporabo fosilnih goriv. Z njihovim izgorevanjem se v ozračje sprošča ogljikov dioksid (CO₂) [3]. To je eden ključnih toplogrednih plinov (TGP), ki ga je v primerjavi z ostalimi TGP v ozračju največ [5]. Slaba lastnost CO₂ je ta, da absorbira dolgovalentno toplotno sevanje, zaradi česar se segreje in tako del toplote vrne nazaj na Zemljo. Temu pravimo učinek tople grede [4]. Zaradi učinka tople grede prihaja do globalnega segrevanja ozračja [3].

Potrebno bo zmanjšati izpuste CO₂ v ozračje. V gradbeništvu to lahko storimo z energetskimi obnovami stavb in z uporabo obnovljivih virov energije (OVE). Z energetske sanacije stavb bi zmanjšali potrebe po energiji za ogrevanje in z OVE nadomestili fosilna goriva.

V stavbah se je leta 2012 porabilo 34 % končne energije. Od tega je bilo 24 % porabljene energije v gospodinjstvih, ostalih 10 % pa se je porabilo v storitvenem sektorju. Zaradi stavb je bil obseg TGP v ozračju 17 %. Z energetske prenove obstoječih stavb in menjavo naprav za kurjavo lahko zmanjšamo delež TGP, ki ga prispevajo stavbe (17 %) in dosežemo boljše energetske učinkovitost. Cilj je, da se do leta 2050 dosežejo stavbe skoraj brez emisij TGP. To bi dosegli z zmanjšanjem potreb po energiji v stavbah in z uporabo obnovljivih virov, ki predstavljajo z vidika varovanja okolja, prednost pred ostalimi energenti [2].

1.1 Namen naloge

V svoji diplomski nalogi bom obravnavala Osnovno šolo Loka Črnomelj. Stavba je sestavljena iz starega dela, ki je bil zgrajen leta 1967, in iz novejšega dela, ki je bil zgrajen leta 2000. Stari del šole je zelo dotrajan in energetske potraten, da ga ni smiselno sanirati, zato se bom v nalogi osredotočila na prizidek osnovne šole. Čeprav je ta del star samo 15 let, stavba ne dosega zahtev po energetske učinkoviti gradnji glede na minimalne zahteve po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [6].

Moj cilj je predlagati sanacijo stavbe tako, da bo izpolnjevala zahteve, ki jih določa Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES) za obdobje do leta 2020 [1]. Energetske prenova šole bi bila dober primer v občini in vzpodbuda za druge stavbe.

2 ZAKONODAJA

V 2. poglavju bom povzela glavne dokumente, ki so pomembni na področju energetske učinkovitosti stavb. Na Evropski ravni je to Direktiva EPBD 2010/31/EU [11]. Slovenski Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) v celoti povzema zahteve Direktive EPBD. Pri uporabi PURES-a 2010 je obvezna uporaba Tehnične smernice (TSG4) [6]. V njej so podane tehnične zahteve za izračun zahtev, ki jih omenja PURES 2010 [7].

2.1 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD 2010/31/EU)

Direktiva EPBD 2010/31/EU (Direktiva EPBD) je Evropski dokument, ki v svoji vsebini spodbuja izboljšanje energetske učinkovitosti stavb [11]. Sprejeta je bila leta 2010 in je prenovljena izdaja Direktive iz leta 2002 [10]. »Direktiva EPBD bolj natančno podaja zahteve evropske podnebno-energetske politike in stremi k upoštevanju ciljev 20-20-20 do 2020 [9].« To pomeni, da se mora do leta 2020 obvezno doseči naslednje [11]:

- za 20 % se morajo zmanjšati emisije CO₂,
- za 20 % se mora povečati energijska učinkovitost in
- v primarni energijski bilanci mora biti zajetih 20 % obnovljivih virov energije.

Direktiva EPBD je trenutno »najnovejši« dokument, v katerem so predstavljene zahteve, ki se morajo upoštevati pri gradnji novih stanovanjskih, nestanovanjskih in javnih zgradb. Na podlagi zunanjih klimatskih in lokalnih pogojev ter notranjih klimatskih zahtev kot tudi optimalnih stroškov obravnava energetske učinkovitosti stavb [11].

»Direktiva EPBD v svojih zahtevah določa pogoje za [11]:

- splošni metodološki okvir za izračun celovite učinkovitosti stavbe in njenih delov,
- minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti za nove stavbe in njene dele,
- minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti za obstoječe stavbe in njene dele pri prenovi,
- minimalne zahteve za gradbene elemente, ki so del ovoja stavbe in imajo velik vpliv na energetske učinkovitosti ovoja stavbe,
- minimalne tehnične zahteve za obstoječe, zamenjane ali izboljšane sisteme v stavbi,
- nacionalne načrte za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb,
- energijsko certificiranje stavb in njenih delov,
- redne preglede za ogrevalne in klimatske sisteme v stavbi in
- neodvisne nadzorne sisteme za energetske izkaznice in poročila o pregledih.«

16. januarja 2012 je bila Direktiva EPBD dopolnjena, v skladu s 5. členom ter prilogama I in III, z Uredbo komisije (EU) št. 244/2012. Ta uredba določa primerjalni metodološki okvir, ki ga morajo države članice uporabljati za izračun celovite učinkovitosti stavbe za določene minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti novih in obstoječih stavb ter elementov stavb [12].

Metodološki okvir določa pravila, s katerimi se primerja ukrepe za energetske učinkovitost in ukrepe, ki vključujejo obnovljive vire energije. Pravila so določena na podlagi primarne energetske učinkovitosti in stroškov, ki so povezani z izvajanjem teh ukrepov [12].

Pravila so določena tudi za izbrane referenčne stavbe z namenom, da se doseže najbolj optimalne stroške za podane minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti [12].

2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)

Direktiva 2002/91/ES je bila podlaga za slovenski Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2008 (PURES 2008). Ker je slednji imel v vsebini veliko pomanjkljivosti in nerazumljivosti, so na Ministrstvu za okolje in prostor dve leti pozneje izdali nov pravilnik z imenom PURES 2010 [13]. Ta je bil sprejet skladno z Direktivo EPBD na podlagi Zakona o graditvi objektov (ZGO-1) [1].

PURES 2010 povzema minimalne zahteve iz Direktive EPBD. Za Slovenijo uvaja metodologijo za izračun energetske bilance stavbe v skladu s standardom SIST EN ISO 13790, minimalne zahteve za energetske učinkovitost stavb in minimalne zahteve za sisteme v stavbi [1].

Pravilnik določa obvezno uporabo obnovljivih virov energije za delovanje vseh sistemov v stavbi. Delež OVE mora biti najmanj 25 % v celotni končni energiji za delovanje. »Ta zahteva je izpolnjena tudi v naslednjih primerih [1]:

1. če je delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode pridobljen na enega od naslednjih načinov:
 - najmanj 25 % iz sončnega obsevanja,
 - najmanj 30 % iz plinaste biomase,
 - najmanj 50 % iz trdne biomase,
 - najmanj 70 % iz geotermalne energije,
 - najmanj 50 % iz toplote okolja,
 - najmanj 50 % iz naprav SPTE z visokim izkoristkom,

- je stavba najmanj 50 % oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja,
2. ali če je potrebna toplota za ogrevanje za najmanj 30 % nižja od mejne vrednosti iz 7. člena PURES-a 2010,
 3. ali za enostanovanjske stavbe: če je vgrajenih najmanj 6 m² sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/m²a.«

Z začetkom leta 2015 so prišle v veljavo še strožje zahteve za prenovu obstoječih stavb in učinkovite rabe energije v le-teh. Minimalne zahteve po PURES-u 2010 za javne stavbe so [1]:

- Q_{NH} je oznaka za največjo dovoljeno letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe, ki je odvisna od kondicionirane prostornine stavbe V_e . PURES 2010 predpisuje, da Q_{NH}/V_e ne sme presegati vrednosti po spodnji enačbi (1):

$$Q_{NH} / V_e \leq 0,29 (45 + 60 f_0 - 4,4 T_L) \text{ (kWh/m}^3\text{a)}. \quad (1)$$

- Toplotne izgube skozi površino toplotnega ovoja stavbe A predstavlja koeficient H'_T , ki je določen z izrazom $H'_T \text{ (W/m}^2\text{K)} = H_T / A$. Po PURES-u 2010 koeficient največjih dovoljenih specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T ne sme presegati vrednosti po spodnji enačbi (2):

$$H'_T \leq 0,28 + T_L / 300 + 0,04 / f_0 + z / 4 ; \quad (2)$$

T_L je povprečna letna temperatura zraka (°C), z je delež zastekljenih površin v ovoju (-) in f_0 je oblikovni faktor ($f_0 = A/V_e \text{ m}^{-1}$).

- Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente na stavbi ne smejo presegati vrednosti podanih v preglednici 1.

Pri enačbi (1) in enačbi (2) so za javne stavbe še 10 % strožje zahteve [1].

Pri stanovanjskih stavbah se za izračun letne potrebne toplote za ogrevanje upošteva vrednost na enoto uporabne površine A (m²), pri javnih stavbah pa na enoto kondicionirane prostornine V (m³). PURES 2010 za letno rabo primarne energije Q_p in letni potrebni hlad za hlajenje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NC}/V_e za javne stavbe ne postavlja omejitve porabe [1].

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

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

2.2.1 Tehnična smernica TSG-1-004 učinkovita raba energije (TSG4)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah v 5. členu določa obvezno uporabo Tehnične smernice (TSG4). Ta določa gradbene ukrepe za doseganje minimalnih zahtev, ki jih predpisuje PURES 2010 [6]. Poleg tega določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Ta je določena v skladu s standardom SIST ISO 13790 [7].

TSG4 določa tehnične zahteve na področju toplotne zaščite, ogrevanja in hlajenja, prezračevanja, klimatizacije, priprave tople vode ter razsvetljave. Na podlagi vrste stavbe TSG4 določa izračune, s katerimi preverjamo energetske učinkovitost stavbe [7].

2.3 Energetski zakon (EZ-1)

Energetski zakon (EZ-1) v 330. členu navaja, da morajo biti vse nove stavbe skoraj nič-energijske (sNES). Ta člen začne veljati [16]:

- 31. 12. 2020 - vse novozgrajene stavbe po tem datumu morajo biti skoraj nič-energijske,
- 31. 12. 2018 - vse nove javne stavbe po tem datumu morajo biti skoraj nič-energijske.

Za javne stavbe ta člen začne veljati prej, ker naj bi bile vzgled ostalim stavbam [1].

V naslednjem, 331. členu, EZ-1 omenja akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES). Vlada mora izdelati AN sNES, ga na vsaka tri leta obnoviti in oddati poročilo o povečanju sNES [16]. Akcijski načrt naj bi spodbujal gradnjo in obnovo stavb v sNES. Zato vsebuje programe in ukrepe ter kadrovske in finančne vire za izvedbo le-teh [1].

2.4 Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe (AN sNES)

AN sNES je nacionalni načrt Republike Slovenije za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb. »Izraz skoraj nič-energijska stavba pomeni stavbo z zelo visoko energetske učinkovitostjo oziroma stavbo, ki za svoje delovanje porabi zelo malo energije, pri čemer je velik del potrebne energije pridobljen iz obnovljivih virov energije (OVE) na kraju samem ali v bližini [1].«

Vsaka država članica lahko nacionalni načrt oblikuje po svoje. V njem mora definirati, kakšno politiko in ukrepe bo sprejela za aktivno spodbujanje prenavljanja stavb v sNES [1].

Definicija sNES obsega [1]:

- stavbo z visoko energetsko učinkovitostjo: predpisana največja potrebna toplota za ogrevanje je $Q_{NH}=25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- stavbo, ki porabi malo energije za svoje delovanje: predpisane največje dovoljene vrednosti za primarno energijo so podane na sliki 1,

Vrsta stavbe	Največja dovoljena vrednost primarne energije na enoto kondicionirane [#] površine na leto (kWh/m ² a)	
	Novogradnja	Večja prenova ^{1/} (rekonstrukcija)
Enostanovanjske stavbe	75	95
Večstanovanjske stavbe	80	90
Nestanovanjske stavbe*	55	65

Slika 1: Največje vrednosti primarne energije glede na posamezno vrsto stavbe (vir: [1])

- najmanjši pridobljen delež obnovljivih virov za energijo v stavbi je 50 % in velja za vse stavbe na sliki 1.

AN sNES opredeljuje nacionalne kriterije za sNES z rezultati analiz, ki so bile narejene za tri kategorije stavb: stanovanjske, nestanovanjske in javne. Zajete so bile novogradnje in prenove obstoječih stavb. Določitev rabe primarne energije je odvisna od klimatskih podatkov, kjer se nahaja obravnavana stavba. V AN sNES so bile vse tri izbrane stavbe predpostavljene za osrednjo Slovenijo. Največja dovoljena vrednost primarne energije je določena tako, da dosega in presega stroškovno optimalne ravni. Za OVE pa so dovoljene vse možnosti energijske zasnove, ki imajo delež OVE več kot 50 % [1].

3 UČINKOVITA RABA ENERGIJE V STAVBAH

V stavbah poznamo različno rabo energije za potrebe ogrevanja, hlajenja in pripravo tople vode. »Poznamo tri različne pojme [17]:

- **koristna energija** je tista potrebna količina toplote, ki jo moramo dovesti zraku v prostoru, da ga segrejemo oz. ohladimo na primerno temperaturo in ki je potrebna tudi za segrevanje tople sanitarne vode,
- **končna energija** je količina energije, ki jo moramo dovesti v ogrevalni sistem, da z njim zagotovimo potrebne količine koristne energije,
- **primarna energija** je celotna notranja energija goriv, toplote in električne energije, potrebne za proizvodnjo potrebne količine končne energije v stavbi. Z njo lahko določimo izpuste TGP.«

3.1 Pristopi k oblikovanju energetske učinkovitih stavb

Kakovost bivanja je danes eden izmed najpomembnejših aspektov gradnje. Ljudje dajemo velik poudarek na udobje v stavbah, saj veliko časa preživimo v le-teh, bodisi v službi ali doma. Zato je pomembno, da posamezni sklopi stavbe ustrezajo predpisom [6] in da je delovanje sistemov v stavbi učinkovito, tako z gledišča udobja in zdravja uporabnikov kot tudi z gledišča energetske učinkovitosti in vplivov na okolje.

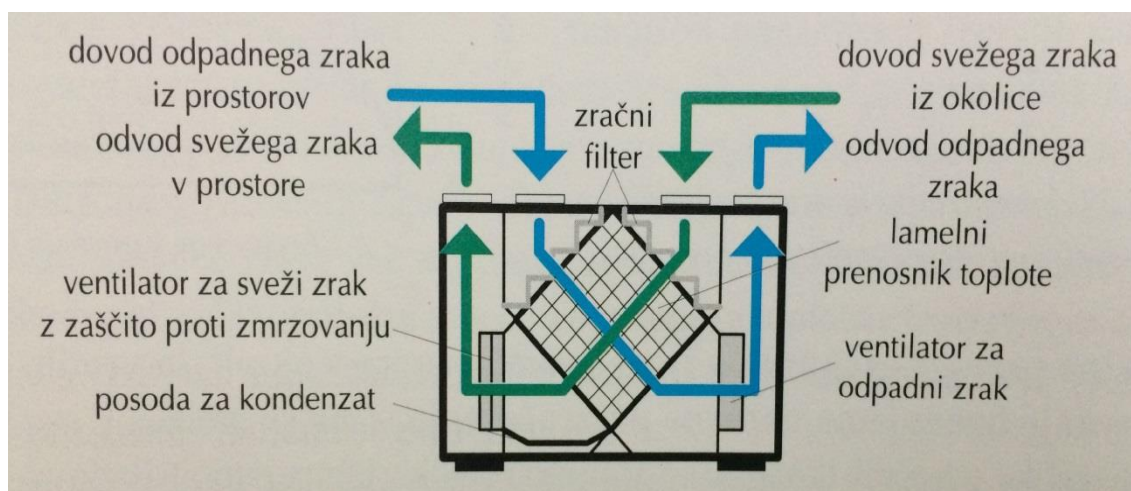
Pri določevanju energetske učinkovitosti stavbe so ključnega pomena izgube. Delimo jih na ventilacijske izgube, ki so posledica naravnega prezračevanja in na transmisijske izgube, ki so posledica izgube toplote skozi toplotni ovoj stavbe. Toplotni ovoj stavbe predstavljajo vse zunanje površine, ki ločujejo notranje prostore z zunanjim okoljem. Ločimo transparentne dele (okna) in netransparentne dele (zunanje stene, streha in tla na terenu).

Za doseganje energetske učinkovitosti stavbe moramo najprej zmanjšati transmisijske izgube. To naredimo s primernim oblikovanjem stavbe, vgradnjo ustrezne toplotne izolacije in z okni, ki imajo nizko toplotno prehodnost. Ventilacijske izgube zmanjšamo z uporabo mehanskega ali hibridnega (kombinirano mehansko in naravno prezračevanje) prezračevanja z rekuperatorji.

3.1.1 Mehansko prezračevanje z rekuperacijo toplote

Kakovost zraka v prostoru je zelo pomemben dejavnik, ki ugodno vpliva na počutje [14]. Zato moramo prezračevati prostore, da zamenjamo zrak v njih. Da ne izgublamo toplote iz prostora, skrbi sistem za kontrolirano prezračevanje oziroma mehansko prezračevanje, ki deluje na sistemu rekuperacije toplote. Beseda rekuperacija pomeni vračanje toplote. Rekuperator toploto iz odpadnega zraka (iz prostora) prenese na sveži zrak (iz okolja) (Slika 2). Lahko deluje tudi obratno in hladi zrak. V poletnih mesecih s hladnim zrakom iz prostora ohladi topel zrak iz okolice [4].

Na trgu se pojavljajo različno učinkoviti rekuperatorji, ki različno izkoriščajo toploto iz odpadnega zraka. Tisti najbolj kvalitetni imajo do 90-odstotni izkoristek [14]. Torej pri najboljših sistemih lahko zmanjšamo prezračevalne toplotne izgube do 90 %. Za doseganje energetske učinkovitosti stavbe je uporaba mehanskega prezračevanja skoraj nujno potrebna.



Slika 2: Rekuperator toplote (vir: [4])

3.1.2 Transparentni deli toplotnega ovoja

Okna predstavljajo transparentni del toplotnega ovoja. Njihova primarna naloga je naravna osvetlitev prostorov ter komunikacija z okolico. Pozimi s sončnim sevanjem ogrevamo prostore, vendar bodo sončni dobitki odvisni od toplotne prehodnosti stekla U_g in njegovega koeficienta prehoda celotnega sončnega sevanja g . Nizek U_g faktor pomeni nizek g faktor. To pomeni: boljša bo izolativnost okna, manj bo okno prepuščalo sončno sevanje. V zimskih mesecih je to slabost pri energetsko učinkovitih oknih, ker bodo solarni dobitki manjši.

Pri oknu upoštevamo U_g faktor stekla in U -faktor okenskega okvirja. Sama zasteklitev ima lahko zelo nizek U_g faktor, vendar se v kombinaciji z različnimi okvirji (les, PVC, ALU) U_w faktor celotnega okna zelo spreminja.

Za doseganje energetske učinkovitosti stavbe je zaželena vgradnja energijskih oken s čim manjšim koeficientom toplotne prehodnosti, kljub slabšim lastnostim glede prepustnosti za celotni spekter sončnega sevanja (g faktor).

3.1.3 Netransparentni deli toplotnega ovoja

Netransparentni deli večinoma predstavljajo večjo površino v primerjavi s transparentnimi deli stavbe. Pod ta sklop spadajo strehe, zunanje stene in tla na terenu brez upoštevanih oken in vrat.

Veliko transmisijskih izgub skozi netransparenten del prihranimo z ustrezno sestavo določenega konstrukcijskega sklopa. Največji dovoljen koeficient toplotne prehodnosti po PURES-u 2010 za zunanje stene je $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, strehe $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ in tla na terenu $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ (preglednica 1). Za doseganje energetske učinkovitosti gradnje se morajo te maksimalno dovoljene vrednosti upoštevati [6], v večini primerov pa nizko energetski objekti zagotavljajo še veliko nižjo toplotno prehodnost ($\approx 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$) netransparentnega dela stavbnega ovoja.

4 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Definicija sNES zajema nujnost izrabe obnovljivih virov energije za pokrivanje energetskih potreb stavbe. Ta določa, da mora biti njihov delež za energijo v stavbi najmanj 50 % [1].

V svoji diplomski nalogi se bom za potrebe ogrevanja, hlajenja in priprave tople vode osredotočila na obnovljive vire, ki imajo v Sloveniji največji potencial za uporabo v kontekstu doseganja zahtev sNES (toplota okolja, sončno obsevanje in obnovljivi viri iz lesne biomase).

4.1 Toplota iz okolja

Toploto iz okolja pridobivamo s toplotno črpalko (TČ). To je naprava, ki iz okolja jemlje toploto in jo dobavlja v stavbo. Če je temperatura toplote iz okolja nižja od temperature v stavbi, jo TČ segreje. Ta dovedena toplota se uporablja za ogrevanje in pripravo tople vode. Energetsko učinkovitost TČ izražamo z grelnim številom, ki je razmerje med energijo toplote in vloženim delom. Obstajajo 3. načini pridobivanja toplote iz okolja: iz zraka, zemlje in iz vodnih virov [19].

TOPLOTA ZRAKA

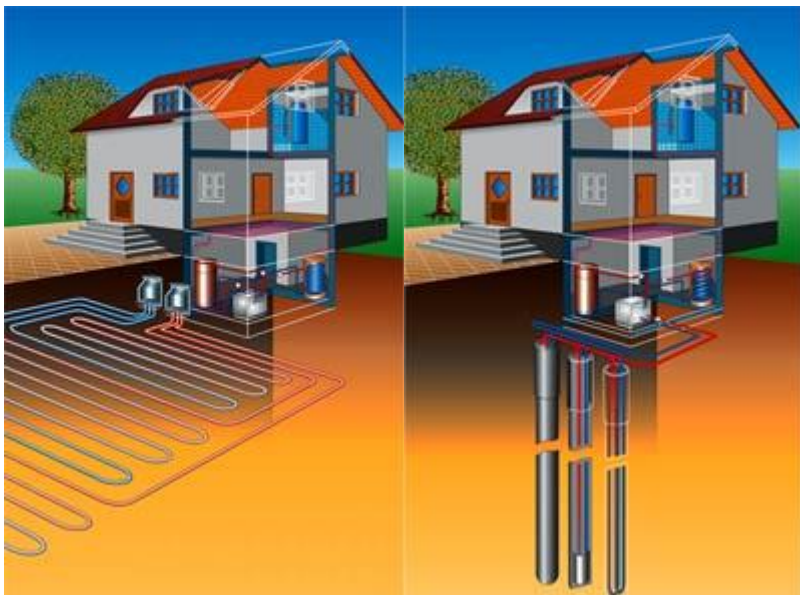
Toplotna črpalka, ki odvzema toploto iz zunanjega zraka, deluje po t.i. principu zrak-voda. Zrak je vir iz okolja, voda pa prenosna tekočina. Tak način pridobivanja toplote iz okolja je najbolj preprost. Potrebujemo le napravo, ki sesa zrak iz okolja. Pomanjkljivost takšnega izkoriščanja toplote je, da ima TČ manjši izkoristek, če je temperatura zunanjega zraka zelo nizka (pozimi). Grelno število za TČ, ki ima vir zunanji zrak, je do 4,0. Za optimalno delovanje naj bi bila minimalna temperatura okoli 0 °C [19].

TOPLOTA ZEMLJE

Vir pridobivanja toplote je pod zemeljskim površjem. Temperature v zemlji se spreminjajo veliko manj kot v zunanjem zraku, gibljejo se od 8 °C do 10 °C. Prednost toplotne črpalke »zemlja-voda« pred TČ »zrak-voda« je v relativno konstantni temperaturi zemlje skozi celo leto. Izkoristek oz. grelna števila za TČ, kjer je vir zemlja, je do 4,5 [19].

Toploto iz zemlje pridobivamo na 2. načina [19]:

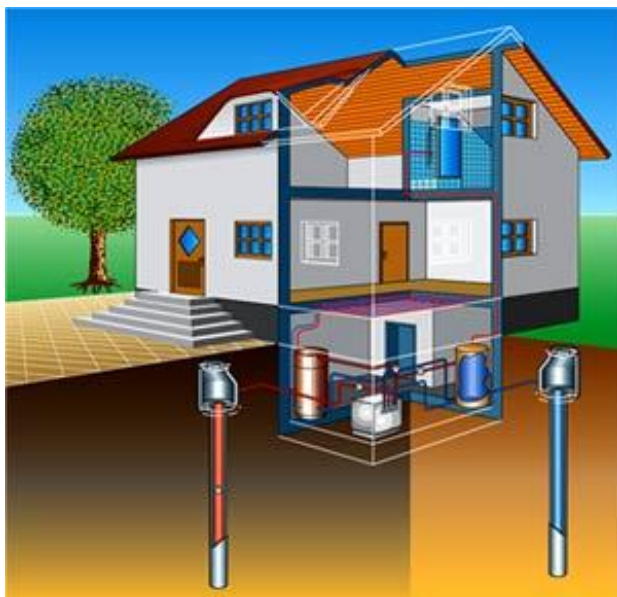
- z zemeljskimi kolektorji: to so cevi v horizontalni legi, ki se nahajajo na globini 1-1,5 m. Površina kolektorjev naj bi bila dvakrat večja od ogrevane (Slika 3).
- z zemeljsko sondo: vstavimo jo v vertikalni smeri do globine 40-100 m. Primerna je za stavbe, ki nimajo dovolj površine za postavitev kolektorjev (Slika 3).



Slika 3: TČ zemlja-voda, zemeljski kolektorji (levo) in zemeljska sonda (desno) (vir: [21])

TOPLOTA VODNIH VIROV

Toplotna črpalka deluje na sistemu »voda-voda«. Pri tem načinu pridobivanja toplote iz okolja TČ dosega najboljše izkoristke (grelno število znaša do 5,5), ker je temperatura vode vedno okoli 10 °C. Za črpanje iz podtalne vode potrebujemo en vodnjak in za odvajanje hladne vode iz stavbe drugega (Slika 4). Slabost pri tem načinu je ta, da lahko pride do višjih stroškov od načrtovanih, saj je potrebno analizirati podtalnico zaradi škodljivih snovi in pridobiti podatke o njeni količini. Za namestitev TČ »voda-voda« moramo imeti ustrezna dovoljenja [19].



Slika 4: TČ voda-voda (vir: [21])

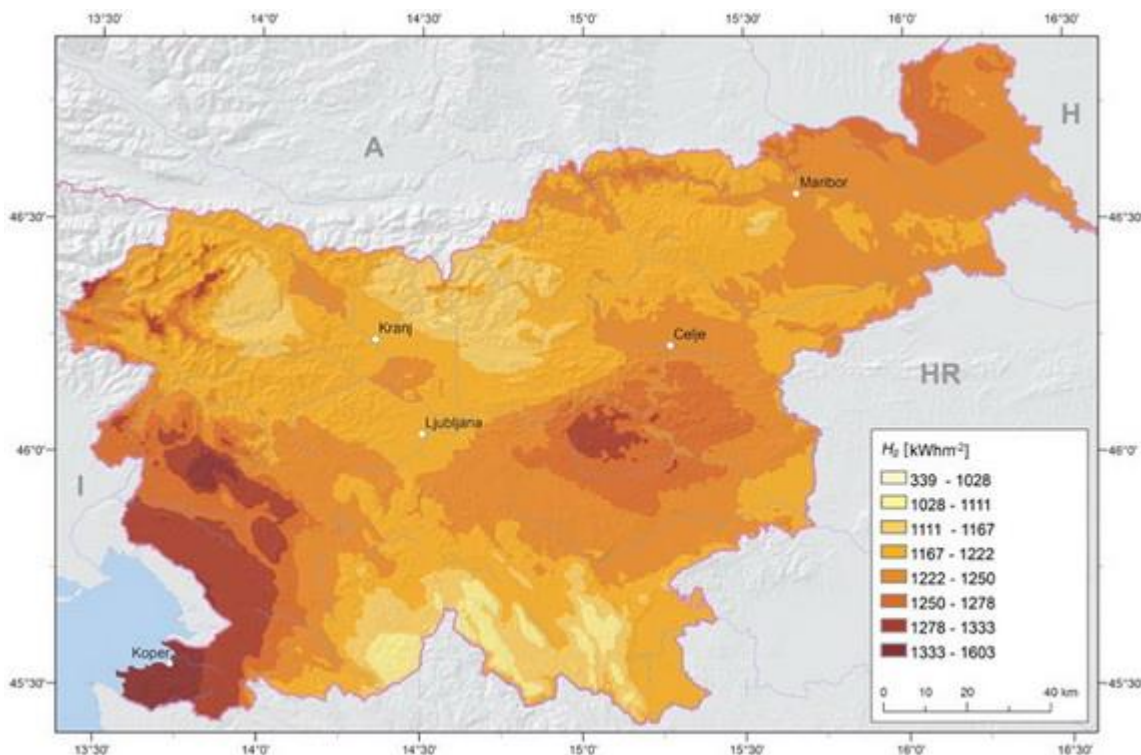
4.2 Sončna energija

Sonce predstavlja najpomembnejši obnovljivi vir na Zemlji. Sončno sevanje je najbolje izkoriščati neposredno preko sistemov, ki pretvarjajo sončno energijo v toploto (sončni kolektorji - SSE) in/ali v električno energijo (sončne celice - PV). Za oba sistema je zelo pomembno, kakšno je letno sočno obsevanje specifične lokacije. Sistemi morajo biti postavljeni v smeri južne oziroma jugozahodne strani [17].

»Izpostavljenost soncu oziroma osončenost je odvisna od treh parametrov [18]:

- vpadnega kota žarkov na Zemljo: ta je odvisen od položaja Zemlje glede na Sonce, geografske lege, naklona in ekspozicije površja,
- morfologije površja: območja na S polobli, ki so obrnjena proti jugu, so bolj osončena in višje ležeči deli mečejo senco na nižja območja,
- podnebja: pomembno je število dni v letu z oblačnostjo ali meglo.«

Na sliki 5 je prikazano povprečno letno obsevanje horizontalne površine v Sloveniji.



Slika 5: Letno sončno obsevanje horizontalne površine v Sloveniji (vir: [20])

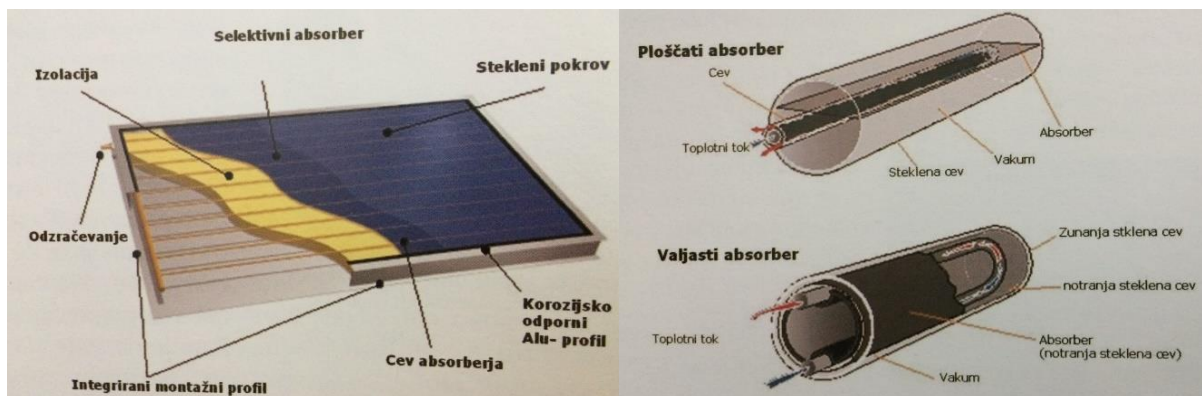
Povprečne vrednosti sončnega obsevanja v Sloveniji (slika 5) se gibljejo od 340 kWh/m² do 1600 kWh/m². Iz slike 5 razberem, da je največ sončnega obsevanja na Primorskem (1250-1603 kWh/m²), Goričkem (1250-1278 kWh/m²) in v Posavju (1278-1333 kWh/m²). Najmanj sončnega obsevanja pa na jugu Slovenije in območju Kočevskega roga (339-1111 kWh/m²).

4.2.1 Sprejemniki sončne energije (SSE)

Sprejemniki sončne energije ali sončni kolektorji spreminjajo sončno obsevanje v toploto. Ta toplota se prenese preko kapljevine, ki se pretaka skozi sončne kolektorje, direktno v stavbo ali pa se shrani v hranilnik toplote. Sprejemniki tako pretvarjajo sončno energijo v toploto, ki jo potrebujemo za ogrevanje stavbe in za potrebe tople vode [17].

Sprejemnike sončne energije postavljamo na strehe hiš ali garaž. Praviloma naj bi bili postavljeni pod kotom od 25° do 45°, saj morajo sončni žarki vpadati po pravim kotom, da je izkoristek obsevanja najbolj optimalen. Ločimo dva različna SSE (slika 6) [17]:

- ravni sprejemniki sončne energije (so manj učinkoviti),
- vakuumski sprejemnik (dosegajo večjo učinkovitost).

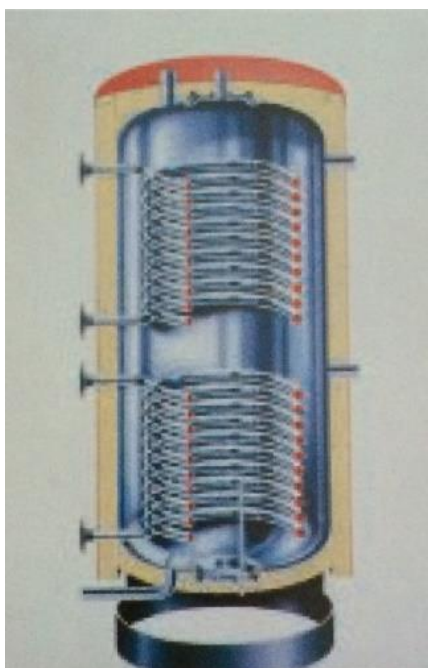


Slika 6: Ravni (levo) in vakuumski (desno) sprejemnik sončne energije (vir: [17])

HRANILNIK TOPLOTE

Hranilniki toplote oziroma vodni hranilniki so nujno potrebni pri uporabi sprejemnikov sončne energije. Ker smo odvisni od sonca, je potrebno pridobljeno toploto shranjevati. V spodnji del hranilnika (slika 7) prihaja ogreta tekočina od SSE, ki segreva vodo v njem [17].

Hranilniki imajo navpično obliko in zato se topla voda, ki je lažja od hladne, dviga po hranilniku navzgor, kjer jo dalje pošiljamo v sistem, bodisi za ogrevala ali pripravo tople sanitarne vode. Če nam toplota iz SSE ne zadostuje zaradi velike porabe tople vode, imamo na hranilniku dodatni sistem, s katerim dogrevamo vodo [17].



Slika 7: Vodni hranilnik (vir: [17])

4.2.2 Sončne celice in fotovoltaični sistemi

Sončna energija je postala nepogrešljiv obnovljivi vir v današnjem času. Poleg toplote, ki jo sončni kolektorji sprejemajo preko sončnega sevanja, se energija Sonca izkorišča tudi za proizvodnjo električne energije. Pri pretvarjanju sončnega sevanja v električno energijo ni pomembna toliko toplota, kot je koncentracija sončnih žarkov oziroma svetloba [17].

Fotovoltaika je pojem, s katerim poimenujemo proces spreminjanja sončne energije direktno v električno energijo. Beseda foto pomeni svetlobo, beseda voltaika pa je povezana z elektriko. Za ta proces pridobivanja električne energije potrebujemo naprave, ki jim pravimo sončne celice [17].

Vrste silicijevih sončnih celic [17]:

- monokristalne sončne celice: imajo največji izkoristek sončne energije, 18 %-20 %,
- polikristalne sončne celice: imajo 14 % izkoristek,
- amorfne sončne celice: imajo majhen izkoristek, 6 %-8 %.

FOTONAPETOSTNI MODULI

Sončne celice so majhne enote, ki merijo le dobrih 100 cm². Njihova napetost znaša okoli 0,7 V in električna moč 1,5 W. Ker je to premalo za delovanje električnih naprav, jih združujemo v fotonapetostne module. Ti lahko dosegaajo moč od 10 W pa vse do 300 W in površino 2 m². Za optimalno delovanje jih lahko postavimo na gibljiva stojala, katera sledijo soncu [17].

FOTONAPETOSTNI SISTEMI

»Celoten fotovoltaičen sistem je sestavljen iz večjega števila modulov s sončnimi celicami, električnih vodnikov in kontrolnega sistema. Lahko vsebuje tudi razsmernik, s katerim spremenimo enosmerno napetost, ki jo proizvajajo sončne celice v izmenično visoko napetost. Tak sistem omogoča priključitev običajnih naprav, ki jih uporabljamo v stavbah [17].«

4.3 Lesna biomasa

Potencial izkoriščanja lesne biomase v Sloveniji je velik, saj se gozd razprostira kar na 60 % celotnega ozemlja Slovenije. Les je bil že od nekdaj primaren vir energije. Služil je za pretvarjanje energije v toploto in pripravo hrane. Njegova velika uporaba je povzročila precejšnje krčenje gozdov po svetu. Industrijska revolucija pa je poskrbela, da se je njegova uporaba nekoliko zmanjšala, saj so takrat v ospredje prišli premog, kasneje nafta in zemeljski plin [22].

V 70-ih letih prejšnjega stoletja, ko smo se srečevali s prvo energetske krizo, je raba lesa postajala vse bolj pomembna. Takrat so obnovljivi viri energije prišli v ospredje kot alternativa fosilni energiji. Velika prednost lesne biomase je v tem, da pri zgorevanju ne prihaja do velikih količin nevarnih emisij [22].

VLOGA CO₂ PRI LESNI BIOMASI

Za rast posameznega drevesa je potrebna fotosinteza, pri kateri sodeluje tudi toplogredni plin ogljikov dioksid (CO₂). Fotosinteza je eden najpomembnejših naravnih procesov, ki potekajo v naravi. Pri tem ima glavno nalogo sončno sevanje, ki se s pomočjo klorofila absorbira v liste rastlin. Da se začne tvoriti biomasa, potrebujemo še ogljikov dioksid in vodo, ki sta ključna pri tem procesu, saj le tako sončno energijo shranimo v obliko ogljikovih spojin [22].

Tako drevesa pretvarjajo ogljikov dioksid v lesno biomaso in ga na ta način skladiščijo. Dokler lesa ne uporabimo za kurjavo, lahko ta skladišči ogljik še desetletja. Ko pa ga uporabimo za potrebe energije, to je za kurjenje, les odda ogljikov dioksid. Ta količina CO₂, ki se sprošča v ozračje med kurjenjem, je enaka količini CO₂, ki je bila potrebna za fotosintezo. Zato pravimo, da je les CO₂ nevtralen. V primeru naravnega razkroja bi oddal v ozračje enako količino ogljika, kot jo odda v procesu gorenja [22].

Pri gorenju lesa se sproščajo plini CO₂, CH₄ (metan) in N₂O (didušikov oksid). Vendar ker je CO₂ v procesu fotosinteze pridobljen iz ozračja, ga pri izračunih emisij iz kurilnih naprav ne upoštevamo. Les bo CO₂ nevtralen le takrat, kadar bo njegov izvor iz gozdov, kjer poteka trajnostno gospodarjenje le-teh [22].

OSNOVNE OBLIKE LESNE BIOMASE

- Polena - so večji kosi lesne biomase, velikosti do 1 m. Pridobivamo jih z žaganjem hlodov na manjše kose. Primerni so za kurjenje v kaminih, pečeh in kotlih na centralno ogrevanje za stanovanjske stavbe. Preden polena uporabimo za kurjenje, jih moramo najmanj 2 leti sušiti na zraku, da izgubijo vlago. Preveč vlage pomeni slabše izgorevanje in več pepela [22].
- Sekanci - so manjši kosi čistega lesa, ki jih dobimo s sekanjem vej, lubja oziroma vseh ostankov v lesno predelovalni industriji. Imajo različne oblike, velikosti 1-10 cm. Sekance uporabljamo v kuriščih, ki imajo večjo toplotno močjo, nad 50 kW pa do nekaj MW in kotlih za centralno ogrevanje stanovanjskih in nestanovanjskih stavb [22].
- Briketi - so večji kosi, ki so po velikosti podobni polenom. Narejeni so s stiskanjem lubja, žaganja, oblancev v valjaste kose in so brez veznega sredstva. Tudi po načinu uporabe so podobni polenom, saj jih uporabljamo za kurišča z ročnim polnjenjem. Zato so primerni za stanovanjske stavbe. Dosegajo večjo energijsko vrednost in boljše izgorevanje kot polena [22].
- Peleti - so manjši koščki valjaste oblike. Izdelujejo se s stiskanjem lesnega prahu in žaganjem suhega lesa. Dodaja se vezivno sredstvo: koruzni škrob zaradi boljše energijske in uporabne vrednosti. Uporabljajo se za kurišča različnih oblik in velikosti, od kaminov do kotlov za centralno ogrevanje [22].

5 OBRAVNAVANA STAVBA

5.1 Opis Osnovne šole Loka

Osnovna šola Loka se nahaja v Črnomlju v Beli krajini v jugovzhodni Sloveniji na koordinatah $X=46500$ in $Y=515500$ [8]. Je ena izmed dveh osnovnih šol, ki se nahajata v mestu. Do leta 1989 sta bili obe šoli združeni, po tem letu sta se ločili na dve samostojni enoti [24].



Slika 8: Osnovna šola Loka - prizidek (vir: [24])

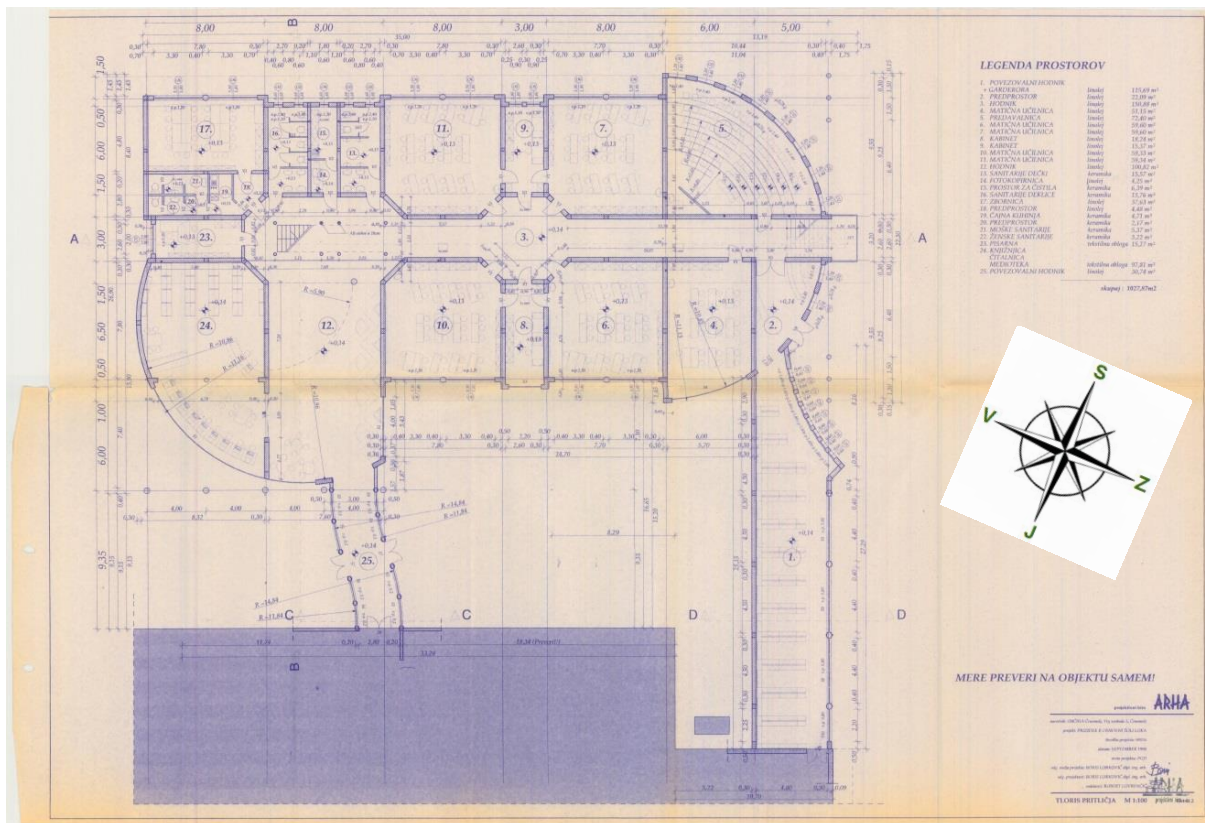
Šola je bila zgrajena leta 1967. Njen šolski okoliš obsega veliko bližjih vasi, zato se ogromno otrok vozi v šolo z avtobusom. Po letu 1990 je število učencev začelo naraščati. Zaradi pomanjkanja prostorov so morali izvajati pouk v najetih prostorih sosednje srednje šole, nekateri učenci pa so obiskovali tudi popoldanski pouk. Z izgubo prostorov na srednji šoli Črnomelj so se učenci morali voziti v podružnični šoli v Adlešiče in Griblje. Vse to je trajalo do leta 2000, ko so zgradili prizidek k osnovni šoli in rešili prostorsko stisko (Slika 8) [24].

V starem delu se odvija pouk razredne stopnje, v novem pa poteka pouk predmetne stopnje. Šola ima svojo kuhinjo in jedilnico, nima pa lastne telovadnice. Ta je namreč v lasti srednje šole, vendar si jo šoli delita. Med drugim imata šoli tudi skupno ogrevanje. Do leta 2013 sta se ogrevali na ekstra lahko kurilno olje (ELKO). Tega leta je bila srednja šola energetske prenovljena skupaj s sistemom ogrevanja. ELKO so zamenjali s kotlom na biomaso (peleti), toplotne moči 550 kW z zalogovnikom za toplo sanitarno vodo [25].

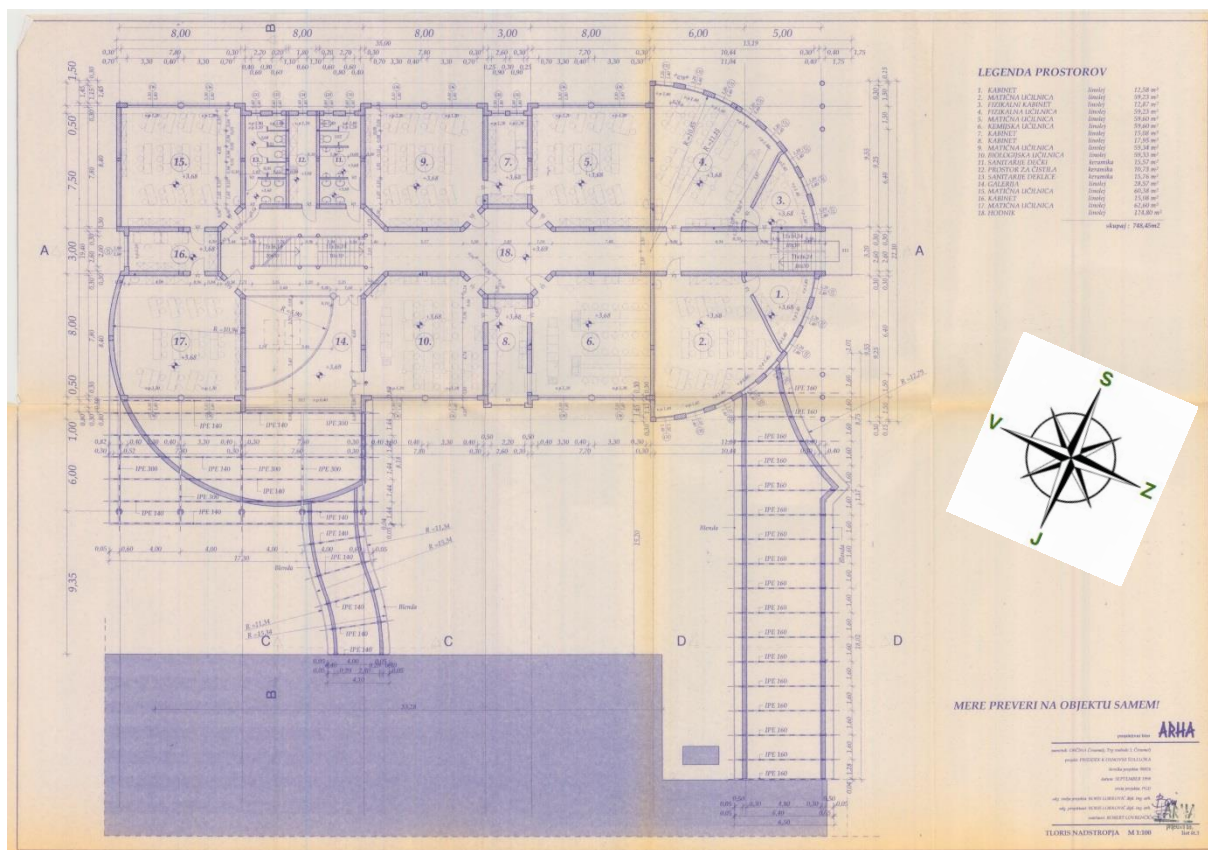
Potreba po energiji za ogrevanje se je v srednji šoli precej zmanjšala, kar pa pri skupni porabi energije za ogrevanje ni opaziti, saj je Osnovna šola Loka zelo velik porabnik toplote. Leta 2015 so na OŠ Loka obnovili streho v jedilnici, ker je puščala in tako prišli do sklepa, da se bo stari del šole moral porušiti in na novo zgraditi. Novi del šole oz. prizidek je sicer v dobrem stanju, vendar ne dosega minimalnih zahtev po PURES-u 2010 za toplotno prehodnost U_{max} za posamezne gradbene elemente, prav tako ne dosega zahtev za H_T in Q_{NH} [6].

5.2 Zasnova prizidka

Prizidek sestoji iz dveh etaž, pritličja (slika 9) in nadstropja (slika 10). Z obstoječo osnovno šolo se v pritličju povezuje z dvema povezovalnima hodnikoma. Na jugovzhodni strani pritličja je povezovalni hodnik iztegnjene »S« oblike, širine 3,20 m in dolžine cca. 10,0 m. Na severovzhodni strani je povezovalni hodnik z garderobo širine 5,4 m in dolžine cca. 26,0 m [23]. Uporabna površina pritličja je $A_u=1027,87 \text{ m}^2$ in neto prostornina je $V=3190 \text{ m}^3$. V nadstropju je uporabna površina $A_u=748,45 \text{ m}^2$ in neto prostornina $V=2320 \text{ m}^3$. Skupna površina stavbe je $A_u=1820,43 \text{ m}^2$ in skupna prostornina je $V_e=5828,33 \text{ m}^3$.



Slika 9: Tloris pritličja prizidka k OŠ Loka (vir: [23])



Slika 10: Tloris nadstropja prizidka OŠ Loka (vir: [23])

V pritličju ima stavba poleg dveh povezovalnih hodnikov, pet učilnic, dva kabineta, predavalnico, zbornico in čajno kuhinjo za zaposlene, pisarno, knjižnico, sanitarije in prostor za čistila, fotokopirnico ter hodnik. Iz hodnika lahko pridemo v nadstropje na severovzhodni strani po dvoramnih stopnicah ali po enoramnih, ki so v notranjosti stavbe. V nadstropju imamo osem učilnic, pet kabinetov, hodnik z galerijo in sanitarije [23].

Stavba je zgrajena iz opeke in armiranega betona. Nosilni zidovi so iz opečnih modularnih blokov in predelne stene iz opečnega porolita. Armiran beton je uporabljen za temelje, talno in stropno ploščo, horizontalne, vertikalne ter poševne vezi, preklade, stebre in stopniščne rame. Vse stene so na notranji strani ometane s podaljšano cementno malto. Ostrešje je kovinsko, sestavljeno iz IPE-profilov. Streha ($U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) je minimalnega naklona (5 %) in krita z mehko PVC-kritino na kovinski podkonstrukciji in toplotni izolaciji debeline 14 cm. Na vrhu je zaščiten s hidroizolacijo [23].

Transparentni elementi (okna) stavbe so izdelani iz PVC-profilov z dvoslojno zasteklitvijo [23]. Faktor toplotne prehodnosti celotnega okna je $U_w=2,69 \text{ W/m}^2\text{K}$. Koeficient prehoda celotnega sončnega sevanja znaša $g_s=0,76$ [27]. Na transparentnih konstrukcijskih sklopih (oknih) so nameščene zunanje žaluzije širine 8 cm [23]. Faktor sončnega sevanja skozi žaluzije je odvisen od lege lamel. V horizontalni legi pri naklonu 0° je faktor sončnega sevanja $g_s=0,8$, pri naklonu lamel za 30° je $g_s=0,5$ in pri naklonu lamel 60° ali več je $g_s=0,2$ [27]. Notranja vrata so lesena s koeficientom toplotne prehodnosti $U=2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Stropovi v pritličju in nadstropju so spuščeni in izvedeni iz »armstrong« plošč, razen v sanitarijah, kjer so narejene iz vodoodpornih mavčno-kartonskih plošč. Netransparenten del zunanje stene je toplotno izoliran z ekspandiranim polistirenom debeline 6 cm ter finalno obdelan z zaključnim fasadnim slojem ($U=0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$) [23].

5.3 Sestave konstrukcijskih sklopov z izračunom prehoda toplote in difuzije vodne pare s programom TEDI

S pomočjo računalniškega programa TEDI sem izračunala prehod toplote in difuzijo vodne pare konstrukcijskih sklopov zunanjega ovoja obravnavane stavbe. Omenjeni program izračuna toplotno prehodnost U in difuzijo vodne pare skozi izbran konstrukcijski sklop [26]. PURES 2010 v Tehnični smernici za graditev, TSG4, določa največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti U_{max} za posamezne gradbene elemente, ki omejujejo ogrevane prostore. Ti so povzeti v preglednici 1 [1].

Program deluje tako, da najprej vnesemo klimatske podatke o kraju, kjer je lociran objekt. Poiščemo jih na spletu [8]. Ko vstavimo X in Y koordinato, nam program za izbrani kraj poda temperaturni primanjkljaj, projektno temperaturo, povprečno letno temperaturo, letno sončno energijo, trajanje ter začetek in konec ogrevalne sezone.

V naslednjem koraku izberemo vrsto konstrukcijskega sklopa in vrsto stavbe, ki sta definirana v 9. členu PURES-a 2010. Notranje in zunanje temperature ter relativno vlažnost, notri in zunaj, program vzame iz klimatskih podatkov. V naslednjem zavihku sestavimo izbrani konstrukcijski sklop. Podati moramo debelino in vrsto materiala. Ko sestavimo konstrukcijski sklop (KS), v rezultatih preverimo, če KS ustreza vrednostnim po PURES-u 2010 glede toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare. Za izbrano stavbo sem podatke o sestavi KS pridobila iz dokumentacije PGD [23].

V preglednici 2 podajam sestavo KS notranja stena, koeficient toplotne prehodnosti U ter ali pride do nastanka kondenza in kje.

Preglednica 2: Konstrukcijski sklop notranja stena

NOTRANJA STENA	Material	Debelina (m)
	Omet	0,005
	Opečni blok	0,290
	Omet	0,005
	$U_{\text{izračunan}}$	1,21 W/m²K
	U_{max}	1,35 W/m ² K
	Nastanek kondenza	NE

Toplotna prehodnost KS notranja stena znaša $U=1,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ in ustreza dovoljeni vrednosti za izbrani KS. V KS ne prihaja do nastanka kondenza, račun difuzije vodne pare po 21. členu PURES-a 2010 ni potreben.

V preglednici 3 podajam sestavo KS zunanja stena, koeficient toplotne prehodnosti U ter ali pride do nastanka kondenza.

Preglednica 3: Konstrukcijski sklop zunanja stena

ZUNANJA STENA	Material	Debelina (m)
	Omet	0,025
	Opečni blok	0,290
	Ekspandiran polistiren	0,060
	Osnovni armiran omet	0,003
	Zaključni sloj	0,003
	$U_{\text{izračunan}}$	0,47 W/m²K
	U_{max}	0,28 W/m ² K
	Nastanek kondenza	DA (v 3. sloju ekspandiran polistiren)

Toplotna prehodnost KS zunanja stena znaša $U=0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ in ne ustreza dovoljeni vrednosti za izbrani KS. V KS prihaja do nastanka kondenza v 3. sloju v materialu ekspandiran polistiren. Čas, ki je potreben za izsuševanje KS, je 2 dni. Dolžina obdobja izsuševanja je 60 dni, zato se KS izsuši v dovoljenem obdobju.

V preglednici 4 podajam sestavo KS medetažna konstrukcija, koeficient toplotne prehodnosti U ter ali pride do nastanka kondenza.

Preglednica 4: Konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA	Material	Debelina [m]
	Linolej	0,010
	Zglajeni betonski estrih	0,050
	Polietilenska folija	/
	Mineralna volna	0,020
	AB plošča	0,180
	$U_{\text{izračunan}}$	1,08 W/m²K
	U_{max}	1,35 W/m ² K
	Nastanek kondenza	NE

Toplotna prehodnost KS medetažna konstrukcija znaša $U=1,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ in ustreza dovoljeni vrednosti za izbrani KS. V KS ne prihaja do kondenza, račun difuzije vodne pare po 21. členu PURES-a 2010 ni potreben.

V preglednici 5 podajam sestavo KS ravna streha, koeficient toplotne prehodnosti U ter ali pride do nastanka kondenza.

Preglednica 5: Konstrukcijski sklop ravna streha

RAVNA STREHA	Material	Debelina (m)
	Mavčno kartonaste plošče	0,180
	Zračna plast	0,100
	Valovita pločevina	0,006
	Mineralna volna	0,14
	Pločevina	0,006
	Mehki PVC	0,010
	$U_{\text{izračunan}}$	0,25 W/m²K
	U_{max}	0,20 W/m ² K
	Nastanek kondenza	DA (v 4. sloju mineralna volna)

Toplotna prehodnost KS ravna streha znaša $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ in ne ustreza dovoljeni vrednosti za izbrani KS. V KS prihaja do nastanka kondenza v 4. sloju v materialu mineralna volna. Čas, ki je potreben za izsuševanje KS, je 64 dni. Dolžina obdobja izsuševanja je 60 dni, zato se KS ne izsuši v dovoljenem obdobju.

V preglednici 6 podajam sestavo KS tla na terenu, koeficient toplotne prehodnosti U ter ali pride do nastanka kondenza.

Preglednica 6: Konstruktivni sklop tla na terenu

TLA NA TERENU	Material	Debelina (m)
	Linolej	0,01
	Zglajeni betonski estrih	0,06
	PE folija	/
	Trda mineralna volna	0,06
	Varjena hidroizolacija	0,01
	AB talna plošča	0,08
	Tampon	0,3
	$U_{\text{izračunan}}$	0,67 W/m²K
	U_{max}	0,35 W/m ² K
	Nastanek kondenza	NE

Toplotna prehodnost KS tla na terenu znaša $U=0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$ in ne ustreza dovoljeni vrednosti za izbrani KS. V KS ne prihaja do kondenza, račun difuzije vodne pare po 21. členu PURES-a 2010 ni potreben.

5.4 Izračun energetske bilance stavbe s programom TOST

Računalniški program TOST izračuna energetsko bilanco stavbe po PURES-u 2010. V izračunih upošteva minimalne zahteve TSG4 in standarda SIST EN ISO 13790. Koeficiente toplotne prehodnosti U , izračunane v programu TEDI, sem vstavila v program TOST. Poleg faktorja U za posamezne KS sem podala tudi druge podatke, ki sem jih pridobila iz uporabniškega priročnika za program TOST, dokumentacije PGD, osebnega opazovanja in pogovora s hišnikom [27].

5.4.1 Splošni podatki

Mejne vrednosti po 21. členu PURES-a sem upoštevala po 1. januarju 2015. To pomeni, da se po tem datumu minimalne zahteve za ogrevanje poostrijo za okoli $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [1].

Način upoštevanja toplotnih mostov sem izbrala, da jih program upošteva na poenostavljen način, po TSG4. To pomeni, da program poveča toplotno prehodnost celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ [7].

Vrednost za toplotno prevodnost zemljine λ_g [W/mK] sem privzela 2,00, saj nisem imela podatka o vrsti tal in njeni vrednosti λ_g [27].

Podatke o učinkovitosti sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode sem pridobila iz tabele v Uporabniškem priročniku za program TOST [27]. Ti so podani v preglednici 7.

Preglednica 7: Vrsta energenta za pripravo tople vode, ogrevanja in hlajenja ter učinkovitost teh sistemov

	Vrsta energenta	Učinkovitost sistemov	Generacija	Distribucija	Emisija
OGREVANJE	Lesna biomasa		0,90	0,95	0,96
HLAJENJE	Električna energija		2,50	0,95	0,92
TOPLA VODA	Lesna biomasa		0,90	0,95	1,00

5.4.2 Klimatski podatki

Obraavnani objekt leži v JV Sloveniji na koordinatah X: 46930 in Y: 515080 [8]. Ko sem vstavila te dve vrednosti v program, so se izpisali klimatski podatki za to območje. V preglednici 8 in 9 podajam podatke.

Preglednica 8: Klimatski podatki za obraavnani objekt

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3100
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	10,3
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1160
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	230
Začetek ogrevalne sezone (dan)	270
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Preglednica 9: Povprečna mesečna temperatura, sončno sevanje in sezona ogrevanja

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	0,0	117	32	63	178	82	31
FEB	2,0	191	45	94	236	128	28
MAR	6,0	312	71	155	264	177	31
APR	10,0	446	113	222	256	221	30
MAJ	15,0	541	132	262	235	242	15
JUN	18,0	584	156	260	224	269	0
JUL	20,0	637	147	279	250	292	0
AVG	20,0	530	115	243	269	256	0
SEP	16,0	370	87	174	264	185	3
OKT	10,0	229	63	114	217	122	31
NOV	5,0	120	39	67	137	64	30
DEC	1,0	93	30	55	133	56	31

Ogrevalna sezona	5,7	1809	471	918	1564	990	230
------------------	-----	------	-----	-----	------	-----	-----

5.4.3 Računska podobdobja

V zavihek računski podobdobja sem vpisala podatke o zasedenosti šole. Za vsak mesec sem vnesla, koliko ur traja nočno obdobje, koliko ur vikendov je v mesecu in koliko dni je šola nezasedena. Dnevni režim sem upoštevala od 6.00 do 18.00, nočni režim pa od 18.00 do 6.00. Za vsak mesec sem upoštevala 4 vikende, kar je nanosilo 192 ur, razen za februar, kjer vikendi nanesejo 144 ur. Obdobje nezasedenosti v vsakem mesecu predstavljajo prazniki in počitnice. V času poletnih počitnic je šola zaprta en mesec, od prvega tedna v juliju do zadnjega tedna v avgustu (preglednica 10).

Preglednica 10: Zasedenost in nezasedenost obravnavanega objekta

Mesec	Trajanje časovnega obdobja t_{sub} (h)			Dni _{nezas}
	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
JAN	264	264	192	1
FEB	192	192	144	6
MAR	276	276	192	0
APR	216	216	192	4
MAJ	252	252	192	2
JUN	252	252	192	1
JUL	96	96	192	15
AVG	96	96	192	15
SEP	264	264	192	0
OKT	216	216	192	5
NOV	252	252	192	1
DEC	216	216	192	5
V ogrevalni sezoni	5520	2592	2256	

5.4.4 Nočna izolacija in senčenje

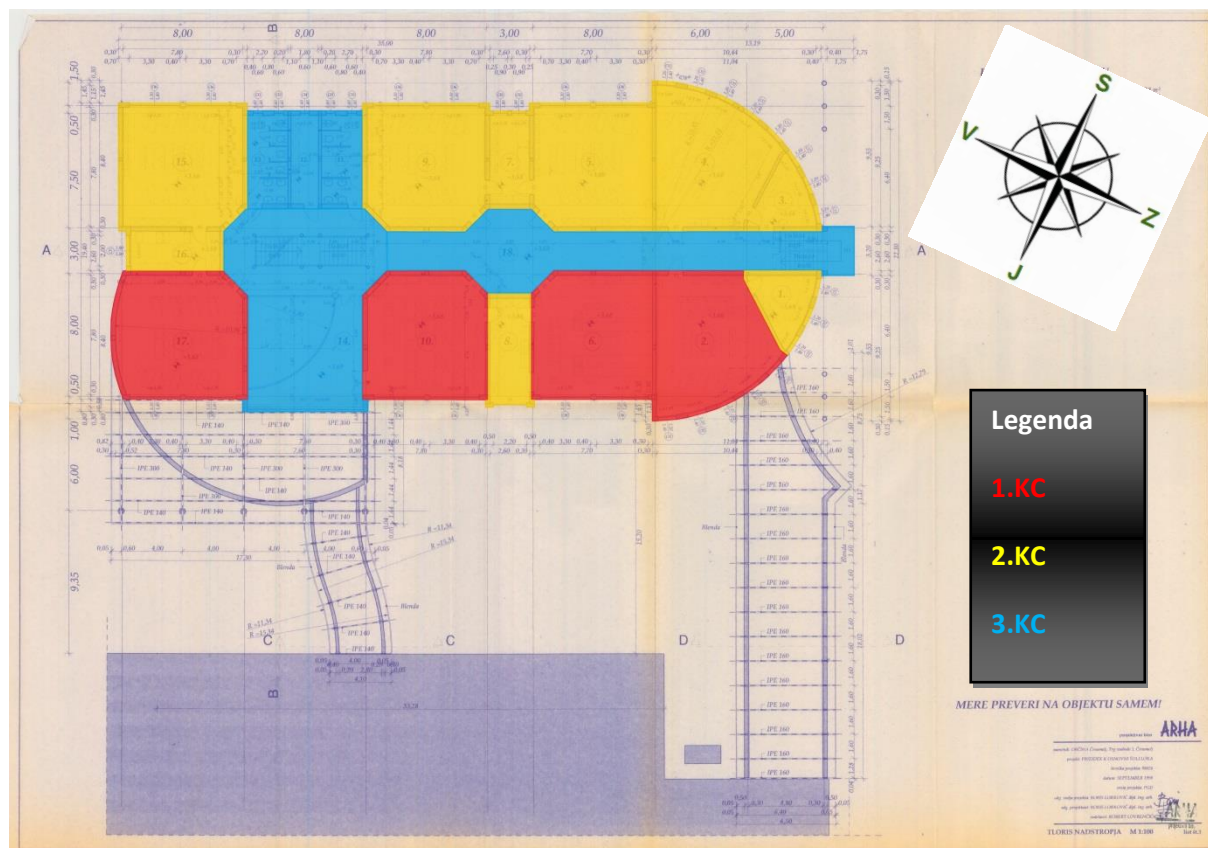
Nočne izolacije na objektu ni. So pa na transparentnih delih zunanje žaluzije. Le-te sem upoštevala, da so v uporabi (spuščene) od meseca maja pa do vključno meseca septembra.

Faktor osenčenosti objekta sem za vse mesece v letu in za vse strani neba predpostavila, da je $F_{sh,ob}=1,00$. Ob objektu ni visokih stavb in dreves, ki bi povzročale senčenje objekta.

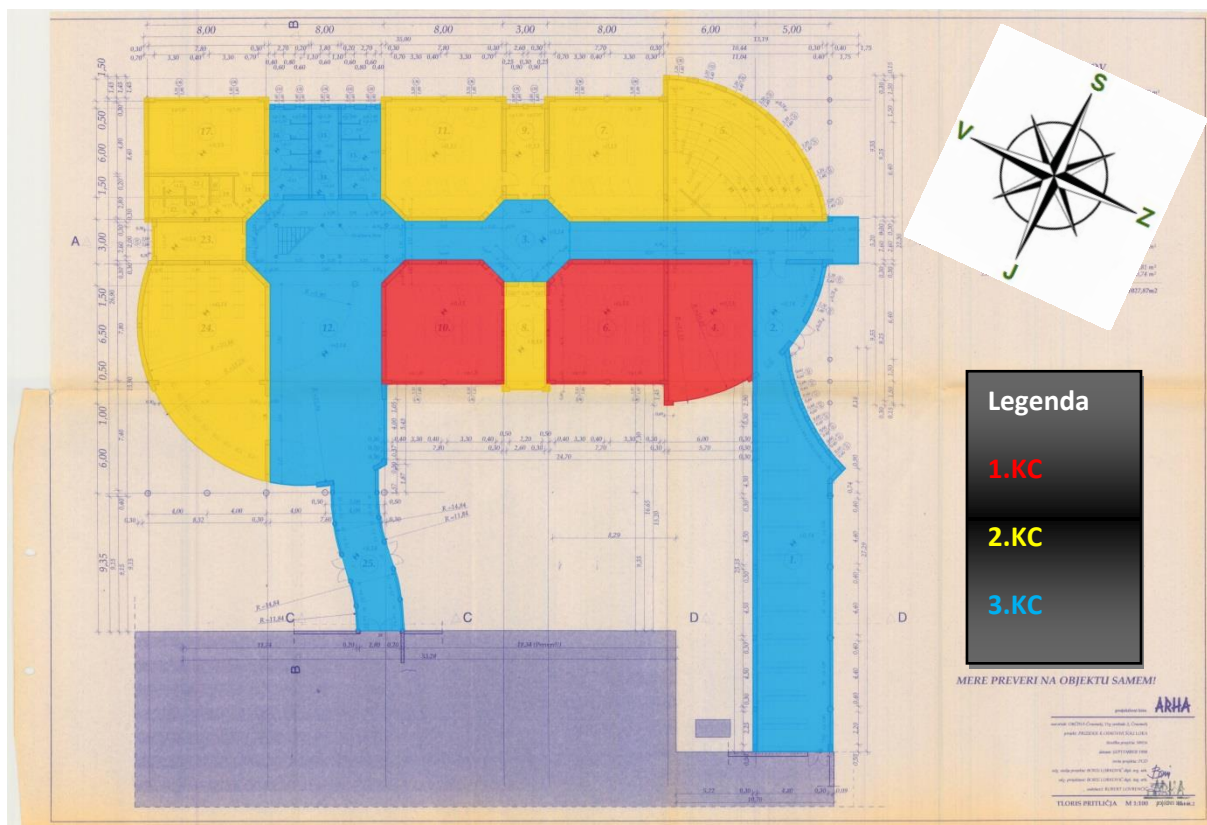
5.4.5 Podatki o conah

Za bolj natančen prikaz rezultatov sem šolo razdelila na temperaturne cone. Prostore, ki se različno ogrevajo, hladijo in imajo različen namen uporabe, ločimo v različne temperaturne cone. Ker je prizidek v celoti ogrevan in nima kletnih prostorov, sem imela na voljo samo 3 ogrevane cone. Učilnice, ki se nahajajo na južnem delu šole, sem uvrstila v 1. kondicionirano cono. Teh 7 učilnic ima klimatsko napravo, s katero se prostori v pomladnih/poletnih mesecih hladijo. V 2. kondicionirano cono sem uvrstila učilnice, ki se nahajajo na severnem delu, vse kabinete in ostale prostore, ki nimajo klimatske naprave. V 3. kondicionirani coni sem upoštevala sanitarije, glavni hodnik, mali povezovalni hodnik in povezovalni hodnik z garderobo.

Na sliki 11 in 12 so z barvami označene vse tri cone. Rdeča barva predstavlja 1. kondicionirano cono, kjer so učilnice s klimatsko napravo. Rumena barva predstavlja 2. kondicionirano cono, kjer so učilnice brez klimatske naprave, vsi kabineti, pisarna, zbornica ter predavalnica. Modra barva predstavlja 3. kondicionirano cono, kjer so sanitarije, hodniki ter garderoba.



Slika 11: Kondicionirane cone v pritličju (vir: [23])



Slika 12: Kondicionirane cone v nadstropju (vir: [23])

5.4.5.1 1. kondicionirana cona

V 1. kondicionirani coni je sedem učilnic, ki imajo klimatsko napravo. Nahajajo se na južni strani stavbe. V pritličju so tri učilnice in v nadstropju so štiri učilnice. Osnovni podatki za 1. kondicionirano cono so podani v preglednici 11.

Preglednica 11: Osnovni podatki za 1. KC

Neto prostornina cone (m ³)	Uporabna površine cone (m ²)	Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)
1337,57	410,84	srednja	67,79

Projektne notranje temperature pozimi so v 1. KC čez dan 22 °C, poleti pa 24 °C. V primerjavi z ostalima dvema conama je v 1. KC poleti čez dan projektna notranja temperatura za 2 °C nižja. Temperature čez noč, vikend in ko je šola nezasedena, so pozimi 18 °C in poleti 26 °C.

Dobitki notranjih virov so posledica oddane metabolne toplote ljudi in toplote, ki jo oddajo pri delovanju električne naprave. Program upošteva energijo, ki jo oddajajo osebe in razne naprave, ki se nahajajo v prostoru. Po standardu SIST EN ISO 13790 dodatek G sem izračunala, kakšna bo moč dobitkov notranjih virov v času zasedenosti šole in v času nezasedenosti šole. Iz tabele G.12 sem razbrala, da v izobraževalnih ustanovah človek oddaja 70 W. Tabela G.11 poda vrednosti oddajanja toplote naprav v času, ko so v uporabi (5 W/m^2) in ko mirujejo (1 W/m^2) [15].

Povprečno moč dobitkov notranjih virov v času zasedenosti sem izračunala po enačbi (3):

$$\text{št. oseb (oseba)} \times 70 \text{ (W/osebo)} + \text{uporabna površina } A_u \text{ (m}^2\text{)} \times 5 \text{ W/m}^2 \text{ (oddana toplota naprav, ko so v uporabi)} \quad (3)$$

Povprečna moč dobitkov notranjih virov v času nezasedenosti sem izračunala po enačbi (4):

$$\text{uporabna površina } A_u \text{ (m}^2\text{)} \times 1 \text{ W/m}^2 \text{ (oddana toplota naprav, ko niso v uporabi)} \quad (4)$$

Projektne temperature in povprečne moči dobitkov notranjih virov podajam v preglednici 12.

Preglednica 12: Projektne temperature in dobitki notranjih virov za 1. KC

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} ($^{\circ}\text{C}$)	22,0	18,0	18,0	18,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} ($^{\circ}\text{C}$)	24,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov Φ_i (W)	9894,0	411,0	411,0	411,0

Objekt se prezračuje naravno, to pomeni z odpiranjem oken. Po PURES-u 2010 je priporočena količina zunanjega zraka za prezračevanje v učilnicah cca. $30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{oseba}$ [27]. V razredu je povprečno 16 oseb. V prostor se mora v eni uri dovesti 480 m^3 zraka. Urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1}), sem izračunala tako, da sem volumen dovedenega zraka v eni uri delila s prostornino učilnice. Vrednosti izmenjave zraka in podatke o prezračevanju podajam v preglednici 13.

Preglednica 13: Prezračevanje in izmenjava zraka z zunanjim okoljem za 1. KC

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})	2,50	0,20	0,20	0,20
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h^{-1})	0,50	0,20	0,20	0,20

Pri zunanji steni sem upoštevala samo netransparentni del stene. Od celotne površine zunanje stene sem odštela transparentni del (okna in vrata), da sem dobila površino zunanje stene. Površina ravne strehe je enaka skupni površini vseh prostorov v nadstropju, ki spadajo v 1. KC. Toplotnih mostov pri zunanji steni nisem upoštevala, ker sem izbrala poenostavljen način upoštevanja toplotnih mostov [7]. Toplotno prehodnost U pri zunanji steni in strehi sem poiskala v knjižnici konstrukcijskih sklopov glede na izračunane vrednosti s programom TEDI. Vrednosti površine A in toplotne prehodnosti U za zunanjo steno in streho podajam v preglednici 14.

Preglednica 14: Zunanja stena in streha za 1. KC

Konstrukcijski sklop	Površina A (m^2), netransparentni del	Toplotna prehodnost U (W/m^2K)
Zunanja stena	150,25	0,47
Streha	283,13	0,25

Vseh sedem učilnic se nahaja na južni strani šole, zato so tudi transparentni konstrukcijski sklopi orientirani na jug. Okna so iz PVC-profilov z dvojno zasteklitvijo. Takšna okna imajo toplotno prehodnost $U_w=2,69 W/m^2$. A_w je skupna površina transparentnih konstrukcijskih sklopov na zunanji steni v 1. kondicionirani coni. Koeficient prehoda celotnega sončnega sevanja g predstavlja vrednost, koliko sončnega sevanja bo okno prepuščalo. Vrednosti U_w in g sem dobila v navodilih za uporabo programa TOST v tabeli na strani 30 [27]. Za faktor okenškega okvirja $F_{F,w}$, sem privzela vrednost 0,3.

Pri oknih sem upoštevala tudi zunanje žaluzije. Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil je odvisen od tega, pod kakšnim kotom so obrnjene lamele. Vrednosti za različne naklone lamel sem pridobila iz Uporabniškega priročnika za računalniški program TOST [27].

Za okna, ki se nahajajo na južni strani, sem predpostavila, da so lamele skozi dan in čez noč obrnjene za 30° ter med vikendom in v času nezasedenosti šole so lamele obrnjene za 60° (so zaprte).

Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ sem izračunala po enačbi (5) [27]:

$$g_{gl+sh,w} = g \times g_s \quad (5)$$

Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih za 1. KC so podani v preglednici 15.

Preglednica 15: Transparentni konstrukcijski sklopi za 1. KC

Orientacija	A_w (m ²)	U_w (W/m ² K)	g (-)	$F_{F,w}$ (-)
J	84,00	2,69	0,76	0,30
Orientacija	$g_{gl+sh,w}$ (-)			
	Dan/noč		Vikend/nezasedeno	
J	0,38		0,15	

Debelina zunanje stene nad terenom je 0,38 m. Površino tal na terenu A_f sem dobila tako, da sem seštelala površino učilnic, ki se nahajajo v pritličju. Obod tal P sem dobila s seštevkom dolžin (m) zunanjih sten teh učilnic. Če je konstrukcijski sklop tla na terenu predhodno shranjen v knjižnici programa TEDI, program toplotni upor $R_{f,t}$ poda sam. Vrednosti vhodnih podatkov za tla na terenu navajam v preglednici 16.

Preglednica 16: Tla na terenu za 1. KC

Konstrukcijski sklop	Površina A_f (m ²)	Obod tal P (m)	Upor $R_{f,t}$ (m ² K/W)
Tla na terenu	187,43	17,75	1,498

Pod zavihek predelni konstrukcijski sklopi med conami sem upoštevala notranje stene v stikih med različnimi temperaturnimi conami. Toplotno prehodnost U sem dobila iz knjižnice konstrukcijskih sklopov programa TEDI. S pomočjo slike 13 in 14 sem seštelala površine A (m²) vseh notranjih sten, ki se stikajo z 2. kondicionirano cono in površino A (m²) vseh notranjih sten, ki se stikajo s 3. kondicionirano cono. Pod transparentni del sem upoštevala vrata. A_w predstavlja skupno površino vrat, U_w pa je toplotna prehodnost vrat. Vrednosti za predelne elemente podajam v preglednici 17.

Preglednica 17: Predelni konstrukcijski sklopi za 1. KC

	Netransparentni del		Transparentni del	
	A (m ²)	U (W/m ² K)	A _w (m ²)	U _w (W/m ² K)
Predelni element proti 2. OC	97,14	1,14	12,30	2,70
Predelni element proti 3. OC	202,16	1,14	17,74	2,70

Topla voda se v šoli zagotavlja skozi celo leto, razen v času poletnih šolskih počitnic (30 dni), ko je šola popolnoma zaprta. Referenčna površina je v 1. KC enaka uporabni površini cone ($A_u=410,84$ m²). To pomeni, da je v vseh prostorih možna uporaba tople vode. Gostoto moči svetilk PN (W/m²) sem dobila tako, da sem preštela vse luči v 1. KC. Seštevek sem nato pomnožila z močjo ene svetilke in dobljeno število delila s površino cone. Ena luč sestavljajo 4 fluorescentne sijalke z močjo 18W. Podatke o porabi tople sanitarne vode in razsvetljave podajam v preglednici 18.

Preglednica 18: Topla voda in razsvetljava za 1. KC

Topla voda	Vrsta stavbe	Šola brez tušev
	Št. dni zagotavljanja tople vode	335
	Referenčna površina (m ²)	410,84
Razsvetljava	Vrsta stavbe	Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo
	Gostota moči svetilk PN (W/m ²)	13,8

Maksimalna gostota moči svetilk, ki jo navaja PURES 2010, znaša v stavbah za izobraževanje PN=13 W/m².

5.4.5.2 2. kondicionirana cona

V 2. kondicionirani coni je šest učilnic, ki so brez klimatske naprave, pet kabinetov, ena predavalnica, knjižnica, zbornica in pisarna. V pritličju se nahajata dve učilnici, dva kabineta, predavalnica, knjižnica, pisarna ter zbornica. V nadstropju se nahajajo štiri učilnice in pet kabinetov. Osnovni podatki za 2. kondicionirano cono so podani v preglednici 19.

Preglednica 19: Osnovni podatki za 2. KC

Neto prostornina cone (m^3)	Uporabna površina cone (m^2)	Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)
2267,33	699,13	Srednja	115,36

V 2. KC je dnevna projektna notranja temperatura pozimi $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ in poleti $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ker prostori niso klimatizirani, je poletna projektna temperatura za $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ višja kot v 1. KC. Pozimi je notranja temperatura v času nezasedenosti, med vikendom in ponoči $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ in poleti $26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Za izračun povprečne moči dobitkov notranjih virov v času zasedenosti šole sem za vsak prostor določila, koliko oseb se nahaja v njem. V učilnicah sem upoštevala 16 oseb, v kabinetih 2 osebi, v knjižnici 18 oseb, v pisarni 1 osebo ter v zbornici 10 oseb. Predavalnica se uporablja po potrebi, zato sem jo izpustila.

Povprečno moč dobitkov notranjih virov v času zasedenosti stavbe sem izračunala po enačbi (3) in v času nezasedenosti stavbe po enačbi (4). Projektne temperature in povprečne moči dobitkov notranjih virov podajam v preglednici 20.

Preglednica 20: Projektne temperature in dobitki notranjih virov za 2. KC

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} ($^{\circ}\text{C}$)	22,0	18,0	18,0	18,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} ($^{\circ}\text{C}$)	26,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov Φ_i (W)	13226	699	699	699

Prezračevanje v 2. KC je naravno. V tej coni se nahaja več različno namenskih prostorov. Za vsakega posebej sem izračunala urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem in določila povprečno vrednost. Manjšo vrednost urne izmenjave zraka kot v 1. KC sem dobila zaradi kabinetov, ker niso tako zasedeni kot učilnice. Vrednosti izmenjave zraka in podatke o prezračevanju podajam v preglednici 21.

Preglednica 21: Prezračevanje in izmenjava zraka z zunanjim okoljem v 2. KC

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})	1,70	0,20	0,20	0,20
Minimalna izmenjava zraka n_{min} (h^{-1})	0,50	0,20	0,20	0,20

Površino zunanjih sten in ravne strehe sem izračunala na enak način kot v 1. KC. Pri površini strehe sem upoštevala še površino knjižnice, ki se nahaja v pritličju. Podatke o toplotni prehodnosti U za oba konstrukcijska sklopa sem pridobila iz programa TEDI. Vrednosti površine A in toplotne prehodnosti U za zunanjo steno in streho podajam v preglednici 22.

Preglednica 22: Zunanja stena in streha za 2. KC

Konstrukcijski sklop	Površina A (m^2), netransparentni del	Toplotna prehodnost U (W/m^2K)
Zunanja stena	367,37	0,47
Streha	474,82	0,25

Transparentni konstrukcijski sklopi v 2. KC so orientirani na sever, jug, vzhod in zahod. Okna so dvoslojna iz PVC-profilov in imajo nameščene zunanje žaluzije (senčila). Koeficient toplotne prehodnosti oken je $U=2,69 W/m^2K$. Za žaluzije, ki so orientirane na sever in zahod, sem predpostavila naklon lamel 0° in koeficient $g_s=0,8$. Za žaluzije orientirane na jug in vzhod pa naklon lamel 30° in koeficient $g_s=0,5$.

Obe predpostavki za naklon lamel veljata podnevi in ponoči. Čez vikend in ko je šola nezasedena, sem za vsa okna predpostavila naklon lamel 60° in koeficient $g_s=0,2$, kar pomeni, da so žaluzije zaprte. Prehod celotnega sončnega sevanja ob uporabi senčil $g_{gl+sh,w}$ sem izračunala po enačbi (5). Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih so podani v preglednici 23.

Preglednica 23: Transparentni konstrukcijski sklopi za 2. KC

Orientacija	A_w (m ²)	U_w (W/m ² K)	g (-)	$F_{F,w}$ (-)
J	42,52	2,69	0,76	0,30
S	104,64	2,69	0,76	0,30
V	5,04	2,69	0,76	0,30
Z	8,00	2,69	0,76	0,30
Orientacija	$g_{gl+sh,w}$ (-)			
	Dan/noč	Vikend/nezasedeno		
J	0,38	0,15		
S	0,61	0,15		
V	0,38	0,15		
Z	0,61	0,15		

Debelina zunanje stene nad terenom je 0,38 m. Površina tal na terenu A_f je enaka površini vseh prostorov, ki se nahajajo v pritličju. Obod tal P pa je enak seštevku vseh dolžin zunanjih sten teh prostorov. Toplotni upor $R_{f,t}$ se samodejno vstavi, če je konstrukcijski sklop tla na terenu predhodno shranjen v knjižnici programa TEDI. Vrednosti vhodnih podatkov za tla na terenu navajam v preglednici 24.

Preglednica 24: Tla na terenu za 2. KC

Konstrukcijski sklop	Površina A_f (m ²)	Obod tal P (m)	Upor $R_{f,t}$ (m ² K/W)
Tla na terenu	426,49	69,16	1,498

Predelni elementi proti 1. KC in 3. KC so notranje stene. Površino A vseh notranjih sten na stiku med 2. KC in 3. KC sem dobila s pomočjo slike 13 in 14. Vrednosti za notranje stene na stiku med 1. KC in 2. KC so že vstavljene. Toplotno prehodnost U sem dobila iz knjižnice konstrukcijskih sklopov programa TEDI. Transparentni del notranjih sten predstavljajo vrata. A_w je skupna površina vrat in U_w je njihova toplotna prehodnost. Vrednosti za predelne elemente podajam v preglednici 25.

Preglednica 25: Predelni konstrukcijski sklopi za 2. KC

	Netransparentni del		Transparentni del	
	A (m ²)	U (W/m ² K)	A_w (m ²)	U_w (W/m ² K)
Predelni element proti 1. OC	97,14	1,14	12,30	2,70
Predelni element proti 3. OC	311,47	1,14	31,85	2,70

Topla voda se v 2. KC zagotavlja 335 dni na leto. Referenčna površina je skupna površina vseh prostorov, v katerih je možna uporaba vode. V vseh prostorih sem preštela število luči, jih pomnožila z močjo ene svetilke, ki je 72 W, in končno vrednost delila s površino 2. KC. Podatke o topli vodi in razsvetljavi podajam v preglednici 26.

Preglednica 26: Topla voda in razsvetljava za 2. KC

Topla voda	Vrsta stavbe	Šola brez tušev
	Št. dni zagotavljanja tople vode	335
	Referenčna površina (m ²)	441,25
Razsvetljava	Vrsta stavbe	Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo
	Gostota moči svetilk PN (W/m ²)	16,07

5.4.5.3 3. kondicionirana cona

V 3. kondicionirano cono spadajo sanitarije, galerija, hodniki in garderoba. V pritličju so sanitarije, glavni hodnik, mali povezovalni hodnik, veliki povezovalni hodnik in garderoba, ki je del velikega povezovalnega hodnika. Oba hodnika povezujeta prizidek s starim delom šole. V nadstropju so sanitarije, galerija (zimski vrt) ter glavni hodnik. Osnovni podatki za 3. kondicionirano cono so podani v preglednici 27.

Preglednica 27: Osnovni podatki za 3. KC

Neto prostornina cone (m ³)	Uporabna površine cone (m ²)	Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Izračunana efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)
2223,43	710,46	srednja	117,23

Projektne notranje temperature poleti in pozimi za vse dneve so enake kot v 2. KC. Za izračun povprečnih moči dobitkov notranjih virov čez dan sem predpostavila, da je 3. KC zasedena le eno šestino dnevnega režima. Povprečno moč dobitkov notranjih virov v času zasedenosti stavbe sem izračunala po enačbi (3) in v času nezasedenosti stavbe po enačbi (4). Projektne temperature in povprečne moči dobitkov notranjih virov podajam v preglednici 28.

Preglednica 28: Projektne temperature in dobitki notranjih virov za 3. KC

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi θ_{iph} (°C)	22,0	18,0	18,0	18,0
Projektna notranja temperatura poleti θ_{ipc} (°C)	26,0	26,0	26,0	26,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov Φ_i (W)	5639	710	710	710

Prezračevanje v 3. KC je naravno. V Uporabniškem priročniku za program TOST so v tabeli 8.2 predpisane vrednosti urne izmenjave zraka zunanjim okoljem. Za garderobe velja $9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, za hodnike $1,8 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ in za WC-je $65 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ [27]. Za vsak prostor sem izračunala urno izmenjavo zraka in dobila povprečno vrednost. Vrednosti izmenjave zraka in podatke o prezračevanju podajam v preglednici 29.

Preglednica 29: Prezračevanje in izmenjava zraka z zunanjim okoljem za 3. KC

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})	1,30	0,20	0,20	0,20
Minimalna izmenjava zraka n_{\min} (h^{-1})	0,50	0,20	0,20	0,20

Površino zunanjih sten sem izračunala na enak način kot za 1. KC in 2. KC. Površina strehe je enaka površini vseh prostorov v nadstropju, površini malega povezovalnega hodnika, površini garderobe in površini hodnika pred knjižnico v pritličju. Vrednosti površine A in toplotne prehodnosti U za zunanjo steno in streho podajam v preglednici 30.

Preglednica 30: Zunanja stena in streha za 3. KC

Konstrukcijski sklop	Površina A (m^2), netransparentni del	Toplotna prehodnost U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
Zunanja stena	243,65	0,47
Streha	480,25	0,25

Transparentne konstrukcijske sklope sem razdelila na okna s senčili in na okna brez senčil. Fiksna steklena stena, ki obdaja stopnišče, je edini transparentni del na stavbi, ki nima zunanjih žaluzij. Ta sklop sestoji iz treh različno orientiranih sten. Za transparentne dele s senčili, ki so orientirani na jug in vzhod, sem upoštevala naklon lamel 30° ($g_s=0,5$). Velja podnevi in ponoči. Za transparentne dele, ki so orientirani na sever in zahod, sem upoštevala naklon lamel 0° ($g_s=0,8$). Velja podnevi in ponoči. Čez vikend in v času nezasedenosti skozi cel dan (24 ur) pa sem upoštevala naklon lamel 60° ($g_s=0,2$). Podatki o transparentnih konstrukcijskih sklopih so podani v preglednici 31.

Preglednica 31: Transparentni konstrukcijski sklopi za 3. KC

Orientacija	A_w (m ²)	U_w (W/m ² K)	g (-)	$F_{F,w}$ (-)
*J	30,24	2,69	0,76	0,30
J (brez senčil)	8,98	2,69	0,76	0,30
*S	6,48	2,69	0,76	0,30
S (brez senčil)	8,98	2,69	0,76	0,30
*V	65,52	2,69	0,76	0,30
V (brez senčil)	23,35	2,69	0,76	0,30
*Z	18,00	2,69	0,76	0,30
Orientacija	$g_{gl+sh,w}$ (-)			
	Dan/Noč	Vikend/Nezasedeno		
*J	0,38	0,15		
*S	0,61	0,15		
*V	0,38	0,15		
*Z	0,61	0,15		

Debelina zunanje stene nad terenom je 0,38 m. Površino A_f tal na terenu predstavljajo vsi prostori v 3. KC, ki se nahajajo v pritličju. Obod tal P je skupna dolžina zunanjih sten v pritličju v 3. KC. Vrednosti vhodnih podatkov za tla na terenu navajam v preglednici 32.

Preglednica 32: Tla na terenu za 3. KC

Konstrukcijski sklop	Površina A_f (m ²)	Obod tal P (m)	Upor $R_{f,t}$ (m ² K/W)
Tla na terenu	509,33	87,09	1,498

Program že samodejno vstavi podatke o predelnih elementih proti 1. OC in predelnih elementih proti 2. OC, ker ima rezultate iz 1. in 2. kondicionirane cone. Vrednosti za predelne elemente podajam v preglednici 33.

Preglednica 33: Predelni konstrukcijski sklopi za 3. KC

	Netransparentni del		Transparentni del	
	A (m ²)	U (W/m ² K)	A _w (m ²)	U _w (W/m ² K)
Predelni element proti 1. OC	202,16	1,14	17,74	2,70
Predelni element proti 2. OC	311,47	1,14	31,85	2,70

Zagotavljanje tople vode v 3. KC sem upoštevala samo v sanitarijah. Referenčna površina je enaka površini sanitarij v pritličju in nadstropju. Gostoto moči svetilk PN sem izračunala tako, da sem seštevek moči vseh svetil delila s skupno površino cone. Podatke o topli vodi in razsvetljavi podajam v preglednici 34.

Preglednica 34: Topla voda in razsvetljava za 3. KC

Topla voda	Vrsta stavbe	Šola brez tušev
	Št. dni zagotavljanja tople vode	335
	Referenčna površina (m ²)	62,66
Razsvetljava	Vrsta stavbe	Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo
	Gostota moči svetilk PN (W/m ²)	8,0

6 REZULTATI IN ANALIZA IZRAČUNA ENERGETSKE BILANCE OŠ LOKA

Na podlagi podatkov o uporabni površini A_u , kondicionirani prostornini stavbe V_e in površini toplotnega ovoja A , ki sem jih podala za vsako kondicionirano cono, program poda podatke za celotno stavbo. Te so podani v preglednici 35.

Preglednica 35: Splošni podatki o obravnavani stavbi

Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	1.820,43
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	5.828,33
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	3.528,47
Oblikovni faktor $f_0=A/V_e$ (m ⁻¹)	0,61

Program TOST po PURES-u 2010 poda največjo dovoljeno vrednost za letno potrebno toploto za ogrevanje Q_{NH} in največjo dovoljeno vrednost za razmerje med slednjo ter kondicionirano prostornino stavbe (Q_{NH}/V_e) za nestanovanjske stavbe [6]. V rezultatih je podan izračunan Q_{NH} in največji dovoljen Q_{NH} po PURES-u 2010. Rezultate za obravnavano stavbo podajam v preglednici 36.

Preglednica 36: Letna raba primarne energije, potrebne toplote za ogrevanje in hladu za hlajenje

		Izračunan	Največja dovoljena	Presežek
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)		151.551	-	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		154.591	60.855	154%
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		12.550	-	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	84,92	-	-
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	10,44	154%

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine za obravnavano stavbo je $Q_{NH}/V_e=26,52$ kWh/m³a. Največja dovoljena vrednost Q_{NH}/V_e izračunana po enačbi (1) za obravnavano stavbo je $Q_{NH}/V_e=10,44$ kWh/m³a. Potrebe po toploti za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine v osnovni šoli so presežene kar za 154 % od dovoljene vrednosti.

V preglednici 37 so podani rezultati potrebne energije za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljava za vsako temperaturno cono posebej. Količine so izražene v kWh/m³.

Preglednica 37: Letna potrebna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljava po conah

kWh/m ³	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	23,26	4,74	17,49	8,45	53,94
2. kondicionirana cona	28,02	0,00*	11,08	9,91	49,02
3. kondicionirana cona	26,96	0,00*	1,60	5,09	33,66
Stavba skupaj	26,52	1,09	8,94	7,74	44,29

* Kondicionirane cone niso aktivno hlajene.

Letna potrebna energija za ogrevanje je najmanjša v 1. KC. To je zaradi tega, ker je celotni del cone orientiran na južno stran šole in tako prispeva k ogrevanju prostorov tudi sončno obsevanje. K manjši potrebni energiji za ogrevanje prispevajo tudi notranji viri, saj so v 1. KC vse učilnice čez dan zasedene. Največ letne potrebne energije za ogrevanje se porabi v 2. KC. Poleg učilnic se v 2. KC nahajajo tudi kabineti, pisarna, zbornica in knjižnica, kateri niso ves čas zasedeni in tako notranji viri ne prispevajo veliko k zmanjšanju potrebne energije za ogrevanje. Večina transparentnih sklopov je orientiranih na severno stran šole, kar posledično vpliva na manjše toplotne dobitke. V 3. KC je večja potreba po energiji za ogrevanje kot v 1. KC. V 3. KC se nahajajo hodniki, ki niso zaprti prostori in zato se za ogrevanje pozimi porabi veliko energije.

Hlajenje je prisotno samo v 1. KC zaradi južne lege učilnic. V 2. KC in 3. KC ni nameščenih klimatskih naprav oz. coni nista aktivno hlajeni. Letna potreba energije za hlajenje v 1. KC znaša 4,74 kWh/m³.

V koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H'_T so zajete vse izgube skozi toplotni ovoj stavbe. To so izgube skozi netransparenten del in skozi transparenten del. Koeficient H'_T se izračuna po enačbi (2). Slednjega podajam v preglednici 38.

Preglednica 38: Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,41

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H'_T ne ustreza maksimalno dovoljeni vrednosti, ki je $H'_T=0,41$ W/m²K. Pri tem je zahteva prekoračena za 35 %. Izračunana vrednost za obravnavano stavbo je $H'_T=0,63$ W/m²K.

Na porabo energije za ogrevanje vplivajo izgube in dobitki. Izgube so lahko transmisijske (skozi toplotni ovoj) in ventilacijske (zaradi naravnega prezračevanja). Dobitke pa predstavljajo osebe in naprave v stavbi ter sončno sevanje skozi transparentne sklope. V preglednici 39 podajam izgube in dobitke za ogrevanje v stavbi za vsako kondicionirano cono posebej.

Preglednica 39: Izgube in dobitki po conah za ogrevanje

kWh/m³	1. kond. cona	2. kond. cona	3. kond. cona	Stavba
Transmisijske izgube	23,62	30,25	29,89	28,59
Ventilacijske izgube	22,47	16,17	13,38	16,55
Skupne izgube	46,09	46,42	43,27	45,14
Notranji dobitki	15,39	12,73	6,96	11,14
Solarni dobitki	13,43	9,56	11,78	11,30
Skupni dobitki	28,82	22,30	18,74	22,44

Transmisijske izgube so izgube toplote, katera uhaja skozi toplotni ovoj stavbe. Ta ovoj stavbe predstavljajo zunanje stene, streha, okna in tla na terenu. Da se prepreči velike transmisijske izgube, se mora za te konstrukcijske sklope upoštevati največje dovoljene vrednosti, ki jih dovoljuje PURES 2010. Največje transmisijske izgube so v 2. KC (30,25 kWh/m³), malenkost manjše v 3. KC (29,89 kWh/m³), najmanjše pa v 1. KC (23,62 kWh/m³). To je zaradi večje površine toplotnega ovoja v prej omenjenih dveh conah (2. in 3. KC) v primerjavi s 1. KC. Poleg toplotnega ovoja stavbe je v 2. KC in 3. KC več steklenih površin kot v 1. KC.

Ventilacijske izgube so toplotne izgube, ki so posledica naravnega prezračevanja. Največje ventilacijske izgube so v 1. KC (22,47 kWh/m³), saj je v tej coni največje število oseb na kondicionirano prostornino. Zato se mora zagotavljati večja urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem. Najmanjše ventilacijske izgube so v 3. KC (13,38 kWh/m³), saj v tej coni ni velike potrebe po urni izmenjavi zraka.

Notranji dobitki so toplotni dobitki zaradi ljudi in naprav v prostoru. Upošteva se njihovo oddajanje toplote, katera lahko prispeva k manjši porabi energije za ogrevanje, vendar tudi k večji porabi energije za hlajenje. V tem primeru velja zadnja trditev samo za 1. KC, kajti samo v teh učilnicah je nameščeno mehansko hlajenje. Notranjih dobitkov za ogrevanje je največ v 1. KC (15,39 kWh/m³), ker je v njej največje število oseb na kondicionirano prostornino. Najmanj notranjih dobitkov za ogrevanje je v 3. KC (6,96 kWh/m³). V njej sem upoštevala najmanj oseb na kondicionirano prostornino.

Solarni dobitki so dobitki zaradi sončnega sevanja. Pozimi sončni žarki s sevanjem skozi transparentne sklope ogrevajo prostore. Poleti pa ti sončni žarki pregrevajo prostore, zato se jih mora zaščititi pred pregrevanjem s senčili in/ali jih aktivno hladiti.

Solarni dobitki za ogrevanje najbolj prispevajo v 1. KC (13,43 kWh/m³), kar je pričakovano, saj se vsi transparentni sklopi nahajajo na južni strani, kjer je veliko sončnega obsevanja. Najmanj pa solarni dobitki za ogrevanje prispevajo v 2. KC (9,56 kWh/m³), saj je polovica oken v 2. KC orientirana na severno stran šole.

V preglednici 40 podajam rezultate za izgube in dobitke pri hlajenju.

Preglednica 40: Izgube in dobitki po conah za hlajenje

kWh/m ³	1. kond. cona	2. kond. cona	3. kond. cona	Stavba
Transmisijske izgube	5,82	4,01	1,22	3,36
Ventilacijske izgube	7,66	3,9	0,79	3,58
Skupne izgube	13,49	7,91	2,01	6,94
Notranji dobitki	9,59	5,52	0,83	4,67
Solarni dobitki	3,86	2,06	0,74	1,97
Skupni dobitki	13,45	7,58	1,57	6,63

Hlajenje se izvaja samo v 1. KC, ker so učilnice orientirane na južno stran stavbe. Program sicer izračuna izgube in dobitke za hlajenje za 2. KC in 3. KC, vendar jih bom zanemarila, ker se ti dve coni ne hladita aktivno.

Z izračunom energetske bilance prizidka Osnovne šole Loka sem dokazala predpostavko, da je stavba energetsko potratna. Potrebno jo je energetsko sanirati, da bodo dosežene dovoljene vrednosti po PURES-u 2010 [6], zato sem izvedla določene ukrepe na stavbi.

7 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE OBSTOJEČEGA STANJA

V tem poglavju sem preverila smiselnost določenih ukrepov in njihovih kombinacij za izboljšanje energijske učinkovitosti obravnavane stavbe. Cilj je izboljšati obstoječe stanje ter izpolniti zahteve po PURES-u 2010. Energetsko stanje obravnavane potratne stavbe sem izboljšala z naslednjimi 6 ukrepi:

- 1. ukrep: dodatna TI na zunanji steni,
- 2. ukrep: dodatna TI na ravni strehi,
- 3. ukrep: okna z boljšo toplotno prehodnostjo U,
- 4. ukrep: vgrajena nočna izolacija,
- 5. ukrep: vgrajeno mehansko prezračevanje,
- 6. ukrep: nižja projektna notranja temperatura.

Za vsak ukrep posebej bom predstavila rezultate in jih primerjala z obstoječim stanjem. Predpostavljam, da samo en ukrep ne bo zadostoval zahtevam po PURES-u 2010, zato jih bom kombinirala med sabo.

7.1 1. ukrep: dodatna TI na zunanji steni

Izračun toplotne prehodnosti U v programu TEDI za KS zunanja stena ne ustreza dovoljeni maksimalni vrednosti U_{max} po PURES-u 2010 [6]. Obstoječi konstrukcijski sklop ima debelino toplotne izolacije 6 cm in dosega vrednost $U=0,47$ W/m²K. Z vgraditvijo dodatne toplotne izolacije na zunanjo steno sem poskušala znižati obstoječi koeficient U. Izračune sem izvedla za tri različne debeline: za 12 cm, 16 cm in 20 cm. Rezultate skupaj z obstoječim konstrukcijskim sklopom podajam v preglednici 41.

Preglednica 41: Konstrukcijski sklop zunanja stena

Konstrukcijski sklop	ZUNANJA STENA	
	$U_{izračunan}$ (W/m ² K)	U_{max} (W/m ² K)
Debelina toplotne izolacije d (m)		0,28
0,12	0,28	
0,16	0,22	
0,20	0,18	
Debelina TI obstoječe stanje d (m)	$U_{izračunan}$ (W/m ² K)	
0,06	0,47	

V program TOST sem za KS zunanja stena vstavila koeficient toplotne prehodnosti $U=0,18$ W/m^2K . Rezultate izračuna energetske bilance za 1. ukrep podajam v preglednici 42 ter izgube in dobitke v preglednici 43.

Preglednica 42: Izračunane vrednosti H'_T in Q_{NH}/V_e za 1. ukrep

1. ukrep	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m^2K)	0,63	0,57	9,5%	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m^3a)	26,52	23,71	10,6%	10,44

Preglednica 43: Izgube in dobitki za ogrevanje za 1. ukrep

kWh/m^3	Obstoječe stanje	1. ukrep
Transmisijske izgube	28,59	25,21
Ventilacijske izgube	16,55	16,40
Skupne izgube	45,14	41,61
Notranji dobitki	11,14	10,87
Solarni dobitki	11,30	10,58
Skupni dobitki	22,44	21,45

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m^2K) in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m^3a) se z izvedbo 1. ukrepa spremenita za 9,5 % oziroma 10,6 %. Glede na to, da se je koeficient U pri 1. ukrepu zmanjšal za več kot dvakrat, iz $U=0,47$ W/m^2K na $U=0,18$ W/m^2K , je sprememba precej majhna. Z dodano TI na zunanji steni so se transmisijske izgube zmanjšale za $3,38$ kWh/m^3 .

7.2 2. ukrep: dodatna TI na ravni strehi

Izračun toplotne prehodnosti U za KS ravna streha ne ustreza maksimalni vrednosti U_{max} . Obstoječi konstrukcijski sklop ima debelino toplotne izolacije 14 cm in dosega vrednost $U=0,25$ W/m^2K . Z dodatno debelino toplotne izolacije sem poskušala znižati obstoječi koeficient U . Izračune sem izvedla za tri različne debeline: za 18 cm, 20 cm in 22 cm. Rezultate skupaj z obstoječim konstrukcijskim sklopom podajam v preglednici 44.

Preglednica 44:Konstrukcijski sklop ravna streha

Konstrukcijski sklop	RAVNA STREHA	
Debelina toplotne izolacije d (m)	$U_{\text{izračunan}}$ (W/m ² K)	U_{max} (W/m ² K)
0,18	0,20	0,20
0,20	0,18	
0,22	0,16	
Debelina TI obstoječe stanje d (m)	$U_{\text{izračunan}}$ (W/m ² K)	
0,14	0,25	

V program TOST sem za KS ravna streha vstavila koeficient toplotne prehodnosti $U=0,16$ W/m²K. Rezultate izračuna energetske bilance za 2. ukrep podajam v preglednici 45 ter izgube in dobitke v preglednici 46.

Preglednica 45: Izračunane vrednosti H_T in Q_{NH}/V_e za 2. ukrep

2. ukrep	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m ² K)	0,63	0,61	3,2 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	25,27	4,7 %	10,44

Preglednica 46: Izgube in dobitki za ogrevanje za 2. ukrep

kWh/m ³	Obstoječe stanje	2. ukrep
Transmisijske izgube	28,59	27,18
Ventilacijske izgube	16,55	16,50
Skupne izgube	45,14	43,68
Notranji dobitki	11,14	11,06
Solarni dobitki	11,30	11,17
Skupni dobitki	22,44	22,22

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T se zaradi 2. ukrepa zmanjša za 3,2 %. Skupne izgube se zmanjšajo za 1,46 kWh/m³, skupni dobitki pa za 0,22 kWh/m³. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e se zmanjša za 4,7 %. Dodatna debelina TI za ravno streho zelo malo izboljša obstoječe stanje v primerjavi s 1. ukrepom.

7.3 3. ukrep: okna z nižjo toplotno prehodnostjo U

Za tretji ukrep sem izbrala okna z boljšo toplotno prehodnostjo U. Okna, ki so sedaj vgrajena, imajo toplotno prehodnost $U=2,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ in prehod celotnega sončnega sevanja $g=0,76$. Zato menim, da bo zamenjava le-teh zelo pripomogla k zmanjšanju transmisijских izgub in porabi energije za ogrevanje. Nova okna imajo trojno zasteklitev debeline 16 mm, med stekli je plin argon, ki zagotavlja še boljšo izolacijo. Toplotna prehodnost oken, ki sem jih upoštevala v 3. ukrepu, je $U_w=0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$ in prehod celotnega sončnega sevanja je $g=0,53$ [27]. Rezultate izračuna energetske bilance za 3. ukrep podajam v preglednici 47 ter izgube in dobitke v preglednici 48.

Preglednica 47: Izračunane vrednosti H'_T in Q_{NH}/V_e za 3. ukrep

3. ukrep	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,63	0,43	31,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	26,52	19,41	27 %	10,44

Preglednica 48: Izgube in dobitki za ogrevanje za 3. ukrep

kWh/m^3	Obstoječe stanje	3. ukrep
Transmisijские izgube	28,59	18,38
Ventilacijske izgube	16,55	16,21
Skupne izgube	45,14	34,59
Notranji dobitki	11,14	10,54
Solarni dobitki	11,30	7,35
Skupni dobitki	22,44	17,89

Z zamenjavo oken na obravnavani stavbi sem dosegla 31,7 % izboljšanje koeficienta specifičnih transmisijских toplotnih izgub. To pomeni, da so se zmanjšale tudi transmisijские izgube in to za $10,21 \text{ kWh/m}^3$. Ker se je zmanjšal tudi faktor g , okna ne prepuščajo toliko sončnega sevanja kot prejšnja. Zato so solarni dobitki manjši za $3,95 \text{ kWh/m}^3$. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e ($\text{kWh/m}^3\text{a}$) se je zmanjšala za 27 %. Sodeč po rezultatih zamenjava oken zelo prispeva k izboljšanju obstoječega stanja in s tem manjši potrebni toploti za ogrevanje.

7.4 4. ukrep: uporaba nočne izolacije

V četrtem ukrepu sem preverila, kakšne bodo izboljšave z vgraditvijo nočne izolacije na transparentnem delu. Stavba ima trenutno vgrajene zunanje žaluzije. Teh v primeru nočne izolacije nisem upoštevala. V programu TOST sem uporabo nočne izolacije označila za vseh dvanajst mesecev. Pozimi se jo uporablja za preprečitev uhajanja toplote iz stavbe. Nočna izolacija so z drugo besedo toplotno izolirane rolete. Izbrala sem aluminijaste lamele, ki so polnjene s poliuretansko peno. Koeficient U sem izračunala s pomočjo programa TEDI in znaša $U=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Toplotni upor nočne izolacije je $R=0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$. Nočno izolacijo program upošteva 8 ur na dan skozi celo leto.

Rezultate izračuna energetske bilance za 4. ukrep podajam v preglednici 49 ter izgube in dobitke v preglednici 50.

Preglednica 49: Izračunane vrednosti H'_T in Q_{NH}/V_e za 4. ukrep

4. ukrep	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,63	0,60	4,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	26,52	24,07	9,2 %	10,44

Preglednica 50: Izgube in dobitki za ogrevanje za 4. ukrep

kWh/m^3	Obstoječe stanje	4. ukrep
Transmisijske izgube	28,59	25,06
Ventilacijske izgube	16,55	16,13
Skupne izgube	45,14	41,19
Notranji dobitki	11,14	10,61
Solarni dobitki	11,30	11,34
Skupni dobitki	22,44	21,94

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T se pri uporabi nočne izolacije zmanjša za 4,7 %. Transmisijske izgube se zmanjšajo za $3,53 \text{ kWh/m}^3$. Solarni dobitki se povečajo za $0,04 \text{ kWh/m}^3$, ker v primeru nočne izolacije ne upoštevam zunanjih žaluzij. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e se z uporabo nočne izolacije zmanjša za 9,2 %.

Namesto naravnega prezračevanja vstavim v TOST vhodne podatke za mehansko prezračevanje. Rezultate izračuna energetske bilance za 5. ukrep podajam v preglednici 52 ter izgube in dobitke v preglednici 53.

Preglednica 52: Izračunane vrednosti za H'_T in Q_{NH}/V_e za 5. ukrep

5. ukrep	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,63	0 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	14,99	43,5 %	10,44

Preglednica 53: Izgube in dobitki za ogrevanje za 5. ukrep

kWh/m ³	Obstoječe stanje	5. ukrep
Transmisijske izgube	28,59	26,13
Ventilacijske izgube	16,55	3,26
Skupne izgube	45,14	29,39
Notranji dobitki	11,14	7,64
Solarni dobitki	11,30	9,67
Skupni dobitki	22,44	17,31

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe se pri uvedbi mehanskega prezračevanja ni spremenil. So se pa zmanjšale transmisijske izgube za 2,46 kWh/m³. Ukrep je zelo vplival na letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine, saj se je obstoječe stanje izboljšalo za 43,5 %. Ventilacijske izgube so se zelo zmanjšale in znašajo 3,26 kWh/m³. Na podlagi zgornjih rezultatov sklepam, da imajo ventilacijske izgube velik vpliv na porabo energije. Naravno prezračevanje je potratno, saj je v šoli potrebno zagotavljati velik dotok svežega zraka. Zato je smiselno vgraditi sistem z mehanskim prezračevanjem.

7.6 6. ukrep: nižja notranja projektna temperatura

S tem ukrepom želim prihraniti pri letni potrebni toploti za ogrevanje. Izvedla sem ga tako, da sem za 2 °C znižala notranjo temperaturo v času ogrevalne sezone. Notranja projektna temperatura pozimi v obravnavani stavbi znaša 22 °C.

Z izvedenim ukrepom bo notranja temperatura 20 °C. Rezultate izračuna energetske bilance za 6. ukrep podajam v preglednici 54 ter izgube in dobitke v preglednici 55.

Preglednica 54: Izračunane vrednosti za H'_T in Q_{NH}/V_e za 6. ukrep

6. ukrep	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,63	0 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	23,60	11 %	10,44

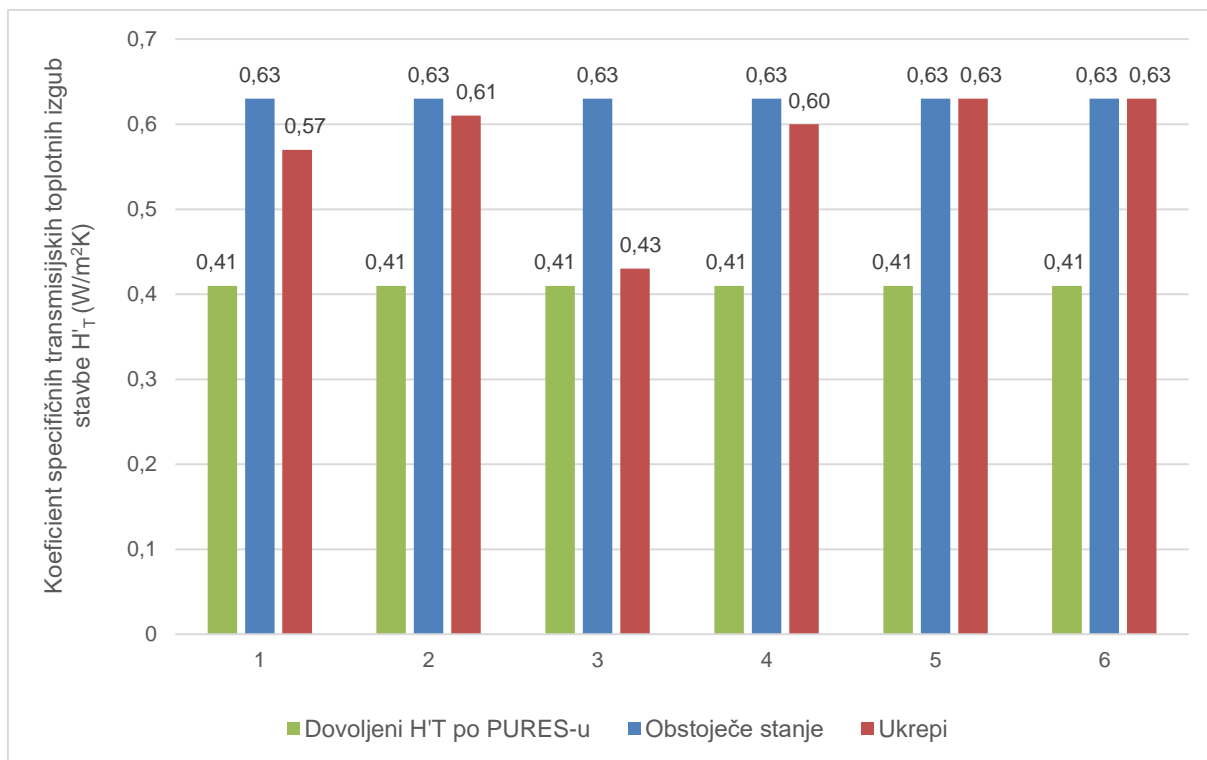
Preglednica 55: Izgube in dobitki za ogrevanje za 6. ukrep

kWh/m ³	Obstoječe stanje	6. ukrep
Transmisijske izgube	28,59	26,75
Ventilacijske izgube	16,55	14,33
Skupne izgube	45,14	41,08
Notranji dobitki	11,14	10,89
Solarni dobitki	11,30	11,18
Skupni dobitki	22,44	22,07

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub se z znižanjem notranje temperature ni spremenil. Za 1,84 kWh/m³ se zmanjšajo transmisijske izgube, za 2,22 kWh/m³ se zmanjšajo ventilacijske izgube, dobitki pa se zmanjšajo za 0,37 kWh/m³. Z znižanjem notranje projektne temperature iz 22 °C na 20 °C se je obstoječe stanje za letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane površine izboljšalo za 11 %. S tem ukrepom ni nobenih stroškov, zato je popolnoma izvedljiv.

7.7 Rezultati ukrepov

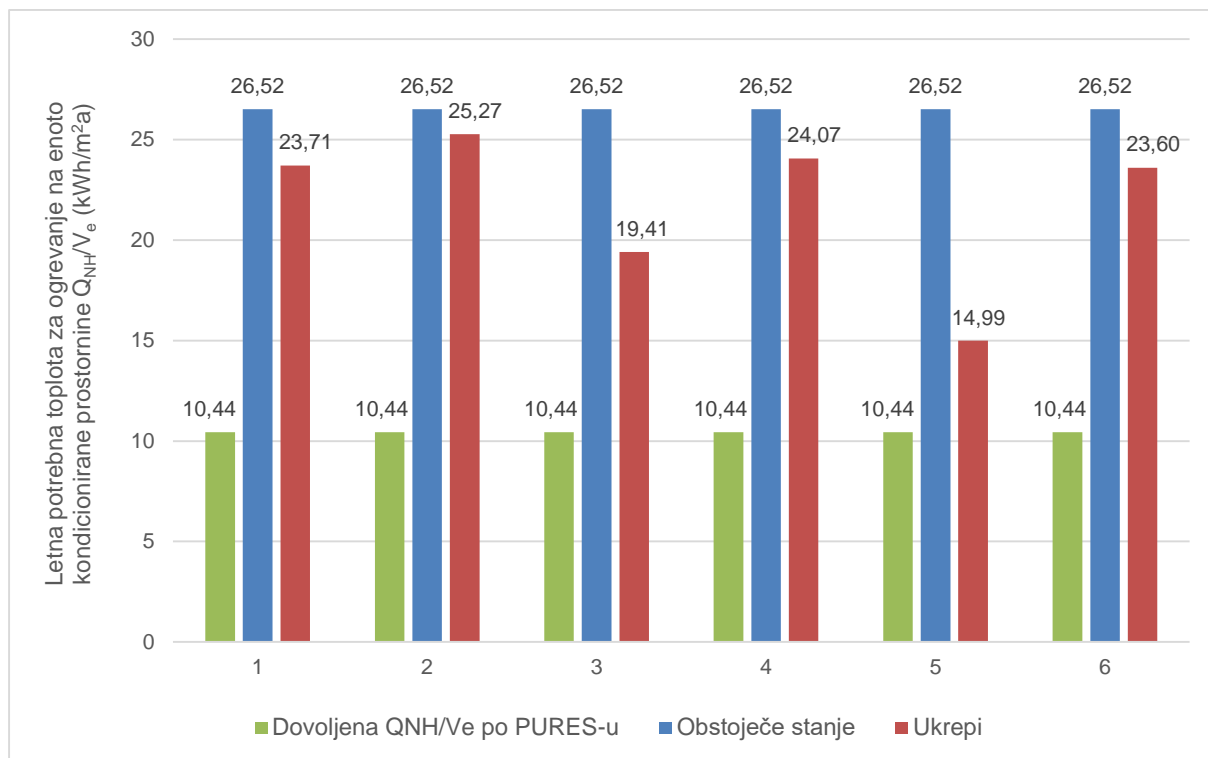
Za vse ukrepe sem naredila primerjavo z obstoječim stanjem in z zahtevami PURES-a 2010 [6]. Slednje in izračune energetske bilance stavbe za obstoječe stanje in za vse ukrepe sem vstavila v 2 grafikona. V grafikonu 1 podajam rezultate za koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub, ki ga predpisuje PURES 2010 ter H'_T za obstoječe stanje in vseh šest ukrepov.



Grafikon 1: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih izgub H_T vseh ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljenim

Nobeden od ukrepov ni izpolnil zahtev. Od vseh rezultatov izstopa 3. ukrep, ki se je najbolj približal dovoljeni vrednosti H_T . To je ukrep, kjer sem okna s koeficientom $U=2,69 W/m^2K$ zamenjala z okni s koeficientom $U=0,89 W/m^2K$. Iz obstoječega stanja $H_T=0,63 W/m^2K$ se je koeficient zaradi 3. ukrepa zmanjšal na $H_T=0,43 W/m^2K$. Dovoljena vrednost je $H_T=0,41 W/m^2K$.

V grafikonu 2 podajam rezultate za letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e , ki jo predpisuje PURES 2010 ter za obstoječe stanje in vseh šest ukrepov.



Grafikon 2: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e vseh ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljeno vrednostjo

Maksimalna dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e , ki jo predpisuje PURES 2010 [6], ni bila dosežena z nobenim ukrepom. Mehansko prezračevanje, ki spada pod 5. ukrep, je edini ukrep, ki se je približal zahtevi Q_{NH}/V_e . Iz obstoječega stanja $Q_{NH}/V_e=26,52$ kWh/m³ se je z izvedbo 5. ukrepa letna potrebna toplota za ogrevanje zmanjšala na $Q_{NH}/V_e=14,99$ kWh/m³.

7.8 Kombinacije ukrepov

S posameznimi ukrepi, ki sem jih izvedla, ni nobeden izpolnjeval zahtev, ki jih določa PURES 2010. Zato sem ukrepe med seboj kombinirala. Osredotočila sem se na tiste ukrepe, ki so lažje izvedljivi in smiselni ter na ukrepe, pri katerih se je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub (H'_{τ}) in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine (Q_{NH}/V_e) najbolj zmanjšala.

Kombinacije ukrepov, ki sem jih izvedla, so:

- 1. kombinacija: nova okna + TI na zunanji steni,
- 2. kombinacija: nova okna + mehansko prezračevanje,
- 3. kombinacija: nova okna + nočna izolacija,
- 4. kombinacija: nova okna + nižja projektna temperatura,
- 5. kombinacija: TI na zunanji steni + nižja projektna temperatura,
- 6. kombinacija: TI na zunanji steni + mehansko prezračevanje.

7.8.1 1. kombinacija: TI zunanje stene + nova okna

V 1. kombinaciji ukrepov sem preverila, za koliko se bo izboljšalo obstoječe stanje, če na zunanjo steno apliciram dodatno toplotno izolacijo in če zamenjam okna z nižjim koeficientom toplotne prehodnosti U_w . Za KS zunanja stena koeficient toplotne prehodnosti znaša $U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ in za transparentni sklop znaša $U_w=0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rezultati učinka predlagane kombinacije energetske sanacijskih ukrepov so podani v preglednici 56.

Preglednica 56: Rezultati 1. kombinacije ukrepov

1. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,63	0,37	41,3 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e ($\text{kWh/m}^3\text{a}$)	26,52	16,65	37,2 %	10,44

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe se je pri 1. kombinaciji ukrepov zmanjšal za 41,3 %. S tem se vrednost H'_T znižala na 0,37 in tako se je izpolnila zahteva po PURES-u, ki predpisuje maksimalen $H'_T=0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine se je zmanjšala za 37,2 %, ampak zahteve po PURES-u 2010 ne izpolnjuje.

7.8.2 2. kombinacija: nova okna + mehansko prezračevanje

V 2. kombinaciji sem preverila izboljšavo, če zamenjam okna, ki imajo manjši toplotni koeficient prehodnosti U_w in če vgradim mehansko prezračevanje. V vse tri kondicionirane cone sem vstavila nov koeficient za okna $U_w=0,89$ W/m²K in namesto naravnega prezračevanja sem vstavila podatke (preglednica 51) za mehansko prezračevanje. Rezultati so podani v preglednici 57.

Preglednica 57: Rezultati 2. kombinacije ukrepov

2. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,43	31,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	8,52	67,9 %	10,44

Pri 2. kombinaciji ukrepov se je koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe v primerjavi z obstoječim stanjem zmanjšal za 31,7 %. Izračunan koeficient H'_T znaša 0,43 in ne izpolnjuje zahtev. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine se je zmanjšala za 67,9 %. Pri tem ukrepu se je izpolnila zahteva za letno potrebno toploto za ogrevanje.

7.8.3 3. kombinacija: nova okna + nočna izolacija

V 3. kombinaciji sem preverila, za koliko se bo izboljšalo obstoječe stanje, če zamenjam okna in hkrati vgradim nočno izolacijo. Koeficient toplotne prehodnosti oken je $U_w=0,89$ W/m²K in toplotni upor nočne izolacije je $R=0,4$ m²K/W. Nočno izolacijo sem upoštevala skozi celo leto. Rezultati so podani v preglednici 58.

Preglednica 58: Rezultati 3. kombinacije ukrepov

3. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,43	31,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	18,89	28,8 %	10,44

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe se je pri 3. kombinaciji ukrepov zmanjšal za 31,7 %. Enako kot pri zgornji kombinaciji ukrepov ne dosega maksimalno dovoljenega H'_T . Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine se je zmanjšala za 28,8 %, kar je premalo, da bi ustrezala zahtevam po PURES-u 2010 [6].

7.8.4 4. kombinacija: nova okna + nižja projektna temperatura

V 4. kombinaciji sem preverila energetske izboljšave, če zamenjam okna in znižam dnevno projektno temperaturo v zimskem času za 2 °C. Za okna sem vstavila koeficient $U=0,89$ W/m²K in projektno temperaturo pozimi sem iz $T=22$ °C spremenila na $T=20$ °C. Rezultati so podani v preglednici 59.

Preglednica 59: Rezultati 4. kombinacije ukrepov

4. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,43	31,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	16,99	35,9 %	10,44

Pri 4. kombinaciji ukrepov se je koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe zmanjšal za 31,7 % in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine se je zmanjšala za 35,9 %. Oba koeficienta nista dosegla maksimalne dovoljene vrednosti po PURES-u 2010 [6].

7.8.5 5. kombinacija: TI na zunanji steni + nižja projektna temperatura

V 5. kombinaciji sem preverila, kaj se zgodi z obstoječim stanjem, če dodam dodatno toplotno izolacijo na zunanjo steno in hkrati znižam dnevno projektno temperaturo pozimi za 2 °C. Koeficient toplotne prehodnosti za zunanjo steno je $U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ in znižana zimska projektna temperatura je 20 °C. Rezultati so podani v preglednici 60.

Preglednica 60: Rezultati 5. kombinacije ukrepov

5. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe $H'_T \text{ (W/m}^2\text{K)}$	0,63	0,60	4,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine $Q_{NH}/V_e \text{ (kWh/m}^3\text{a)}$	26,52	21,96	17,2 %	10,44

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe se je pri 5. kombinaciji ukrepov zmanjšal za 4,7 %. Premalo za izpolnjevanje zahtev. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine pa se je zmanjšala za 17,2 %, kar je tudi premalo za izpolnjevanje zahtev PURES-a 2010 [6].

7.8.6 6. kombinacija: TI na zunanji steni + mehansko prezračevanje

V 6. kombinaciji sem preverila izboljšanje obstoječega stanja, če dodam dodatno toplotno izolacijo na zunanjo steno in vgradim mehansko prezračevanje. Koeficient U za zunanjo steno je $U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Podatke za mehansko prezračevanje sem vstavila iz preglednice 51. Rezultati so podani v preglednici 61.

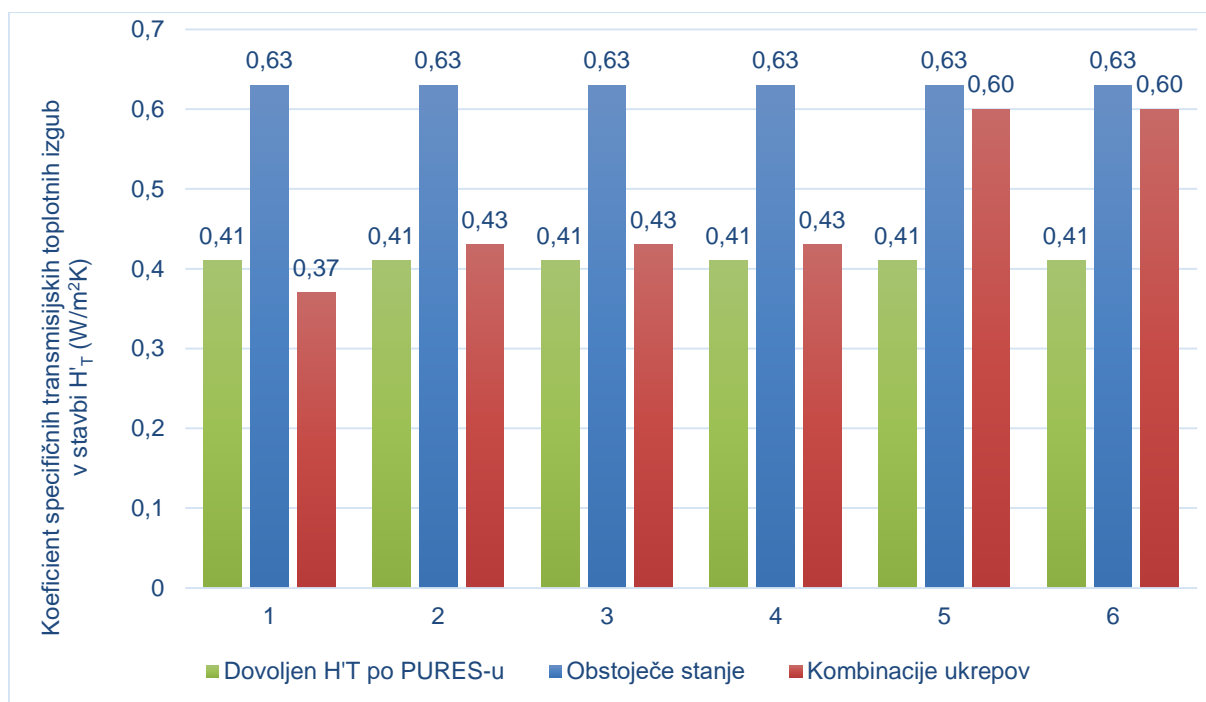
Preglednica 61: Rezultati 6. kombinacije ukrepov

6. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T (W/m^2K)	0,63	0,60	4,7 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m^3a)	26,52	13,41	49,4 %	10,44

Pri 6. kombinaciji ukrepov se je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe zmanjšal za 4,7 %, kar ni dovolj za izpolnjevanje zahtev. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine se je zmanjšala za 49,4 %, kar tudi ni dovolj za doseganje vrednosti, kot jo dovoljuje PURES 2010, to je $Q_{NH}/V_e=10,44 kWh/m^3a$.

7.8.7 Rezultati kombinacij ukrepov

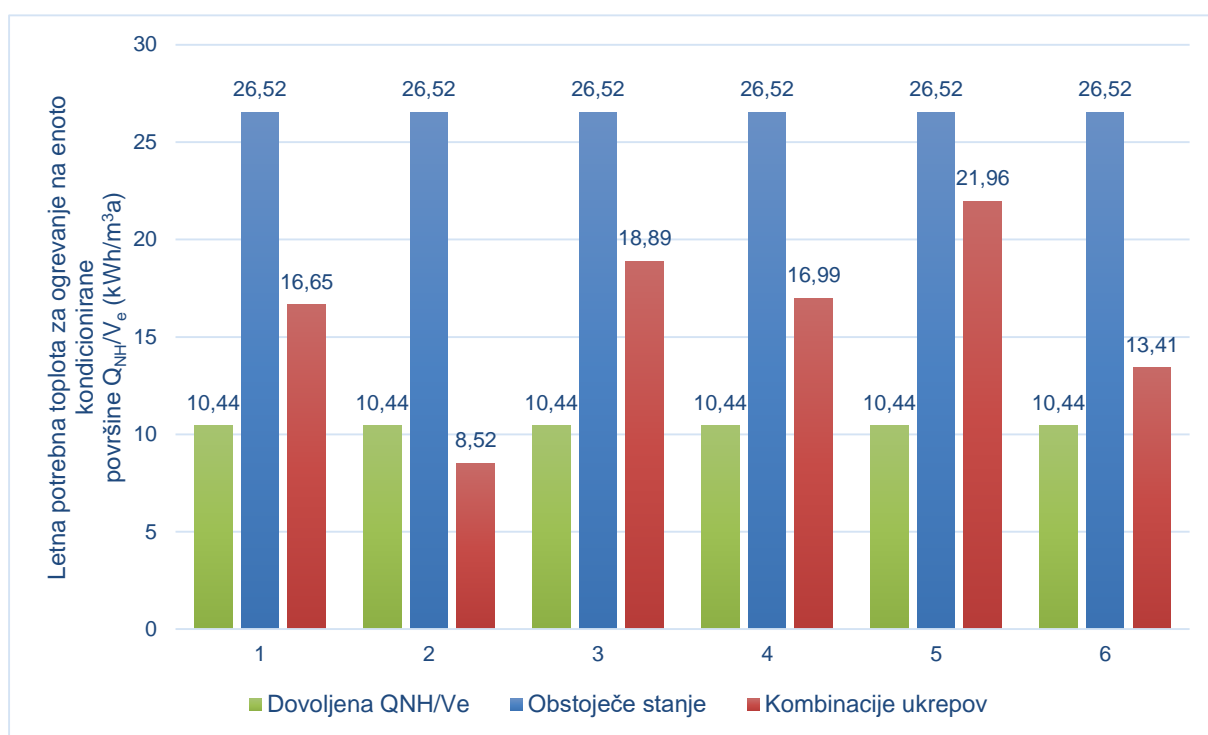
V grafikonu 3 sem primerjala rezultate za koeficiente specifičnih transmisijskih toplotnih izgub za vseh 6 kombinacij ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljenim koeficientom.



Grafikon 3: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T vseh kombinacij ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljenim

Pri prvi kombinaciji ukrepov, kjer sem zamenjala okna in upoštevala 20 cm toplotne izolacije na zunanji steni, se je H'_T najbolj zmanjšal in dosegel maksimalno dovoljeno vrednost po PURES-u 2010. Njegova vrednost znaša $H'_T=0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$, največja dovoljena pa $H'_T=0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pri drugi, tretji in četrti kombinaciji ukrepov se je koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub zmanjšal na $H'_T=0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pri peti in šesti kombinaciji ukrepov se je H'_T najmanj zmanjšal, njegova vrednost znaša $H'_T=0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.

V grafikonu 4 sem primerjala rezultate letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto kondicionirane površine za vse kombinacije ukrepov, ki sem jih izvedla.



Grafikon 4: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e vseh kombinacij ukrepov z obstoječim stanjem in dovoljeno vrednostjo

Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane površine po PURES-u 2010 za obravnavano stavbo znaša $Q_{NH}/V_e=10,44 \text{ kWh/m}^3\text{a}$. Z 2. kombinacijo ukrepov, to je z novimi okni in mehanskim prezračevanjem, sem dosegla vrednost $Q_{NH}/V_e=8,52 \text{ kWh/m}^3\text{a}$. Pri 6. kombinaciji ukrepov, TI na zunanji steni in mehansko prezračevanje, sem dobila vrednost $Q_{NH}/V_e=13,41 \text{ kWh/m}^3\text{a}$. Sledi 1. kombinacija ukrepov, TI zunanje stene in nova okna z vrednostjo $Q_{NH}/V_e=16,65 \text{ kWh/m}^3\text{a}$. Potem je 4. kombinacija ukrepov, nova okna in nižja projektna temperatura, z vrednostjo $Q_{NH}/V_e=16,99 \text{ kWh/m}^3\text{a}$.

Naslednja je 3. kombinacija ukrepov, nova okna z nočno izolacijo, z vrednostjo $Q_{NH}/V_e=18,89$ kWh/m³a. Zadnja je 5. kombinacija ukrepov, TI na zunanji steni in nižja projektna temperatura, ki se je najmanj zmanjšala in znaša $Q_{NH}/V_e=21,96$ kWh/m³a.

7.8.8 7. kombinacija: nova okna + TI na zunanji steni + mehansko prezračevanje

Z nobeno kombinacijo ukrepov nisem izpolnila obeh zahtev po PURES-u 2010 za obravnavano stavbo. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub je bil pod maksimalno dovoljeno vrednostjo, ko sem izvedla kombinacijo novih oken skupaj s TI na zunanji steni. Zahtevo za letno potrebno toploto za ogrevanje pa sem dosegla s kombinacijo novih oken in mehanskega prezračevanja. Zato sem se odločila, da izvedem kombinacijo naslednjih treh ukrepov: nova okna + TI izolacija + mehansko prezračevanje. Domnevam, da bo izveden ukrep izpolnjeval zahteve po PURES-u 2010. Rezultate podajam v preglednici 62.

Preglednica 62: Rezultati za 7. kombinacijo ukrepov

7. kombinacija	Obstoječe stanje	Izračunan	Izboljšanje	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,63	0,37	41,3 %	0,41
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	26,52	6,22	76,5 %	10,44

Z izvedeno kombinacijo ukrepov sem dosegla, da sta obe zahtevi za obravnavano stavbo izpolnjeni. Največji dovoljeni koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe je $H'_T=0,41$ W/m²K. S kombinacijo ukrepov sem dosegla $H'_T=0,37$ W/m²K. Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto kondicionirane prostornine je $Q_{NH}/V_e=10,44$ kWh/m³a. Z izvedenimi ukrepi sem dobila vrednost $Q_{NH}/V_e=6,22$ kWh/m³a, ki je kar 76,5 % nižja od dovoljene.

8 PRIMERJAVA LETNE PORABE ENERGIJE Z ZAHTEVAMI PO AN sNES

Izveden ukrep (7.8.8) izpolnjuje zahteve PURES-a 2010. Ta je trenutno edini dokument, ki ga morajo upoštevati stavbe z gledišča energetske učinkovitosti. Vendar po letu 2018 pride v veljavo 331. člen EZ-1, ki pravi, da bodo morale biti vse novozgrajene javne stavbe po tem datumu sNES [16]. Zahteve za sNES so bolj stroge od PURES-a 2010, zato sem preverila, ali obravnavana stavba ustreza definiciji za sNES.

V AN sNES so podani 3 kriteriji, katere mora stavba izpolnjevati, da jo imamo za sNES. Ti so [1]:

1. največja potrebna toplota za ogrevanje stavbe je 25 kWh/m²,
2. največja dovoljena vrednost primarne energije za nestanovanjske stavbe je 65 kWh/m²,
3. najmanj 50 % delež OVE v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe.

V nadaljevanju podajam rezultate in ugotovitve glede zahtev za sNES.

8.1 Letna potrebna toplota za ogrevanje v obravnavani stavbi

Prva zahteva, ki ji mora obravnavana stavba zadostiti je, da letna potrebna energija za ogrevanje ne preseže vrednosti 25 kWh/m². V preglednici 63 podajam rezultate za letno potrebno energijo v stavbi.

Preglednica 63: Letna potrebna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljavo

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	9,40	38,13	56,95	27,50	131,98
2. kondicionirana cona	21,78	0,00*	35,94	32,14	89,86
3. kondicionirana cona	24,19	0,00*	5,02	15,94	45,15
Stavba skupaj	19,93	8,60	28,60	24,76	81,89

* Kondicionirane cone niso aktivno hlajene.

Iz preglednice 63 razberem, da je letna potreba po ogrevanju 19,93 kWh/m², kar je za 20 % manj od predpisane vrednosti. To pomeni, da je prva zahteva za sNES izpolnjena.

8.2 Celotna letna primarna energija v obravnavani stavbi

Druga zahteva, ki mora biti izpolnjena, je, da celotna primarna energija v stavbi ne preseže 65 kWh/m². Rezultate za letno primarno energijo v stavbi podajam v preglednici 64.

Preglednica 64: Letna primarna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljavo

kWh/m ²	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	1,13	43,24	6,58	68,75	119,70
2. kondicionirana cona	2,62	0,00*	4,15	80,35	87,12
3. kondicionirana cona	2,91	0,00*	0,58	39,85	43,34
Stavba skupaj	2,39	9,76	3,30	61,89	77,34

* Kondicionirane cone niso aktivno hlajene.

Iz preglednice 64 razberem, da je celotna letna primarna energija za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljave v obravnavani stavbi 77,34 kWh/m², s čimer ni dosežena druga zahteva AN sNES. Vrednost je presežena za 12,34 kWh/m², to je za 19 %.

S prenovo obravnavane stavbe sem izboljšala energetske učinkovitost le-te, vendar samo na račun ogrevanja. Ker ima toplotni ovoj na stavbi manjšo toplotno prehodnost, se več toplote zadrži v stavbi, to pomeni manj porabljene energije za ogrevanje, ampak je zato toliko več energije potrebne za hlajenje (velja samo za 1. KC).

Glede priprave tople vode in razsvetljave se vrednosti zaradi sanacije stavbe niso spremenile. Največ primarne energije se porabi za razsvetljavo v stavbi. Da bi bila dosežena vrednost 65 kWh/m², bi bilo potrebno zmanjšati porabo primarne energije za 12,34 kWh/m².

»Primarna energija predstavlja celotno notranjo energijo goriv, toplote in električne energije, potrebne za proizvodnjo potrebne količine končne energije v stavbi [17].« Ukrep, ki bi bil potreben za zmanjšanje primarne energije v stavbi je namestitev sončnih celic oziroma fotonapetostnih sistemov.

Letna primarna energija na obravnavani stavbi znaša 140.800 kWh. Največja dovoljena je po AN sNES za obravnavano stavbo 118.330 kWh, kar je 65 kWh/m². Na leto bi tako fotonapetostni paneli morali proizvesti najmanj 22.470 kWh električne energije, da bi »pokrili« preveliko porabo energije za razsvetljavo.

8.3 Delež OVE v skupni dovedeni energiji

V tem podpoglavju sem preverila, kakšen je odstotek OVE v vsej končni energiji za obravnavano stavbo. 3. kriterij v AN sNES podaja zahtevo po najmanj 50 % deležu OVE v skupni dovedeni energiji, ki jo stavba letno porabi za svoje delovanje.

Obravnavana stavba se ogreva in zagotavlja toplo sanitarno vodo z uporabo lesne biomase (peleti). Po definiciji sNES, ki za OVE pri skupni dovedeni energiji predpisuje najmanj 50 % delež, sem preverila, kakšna je končna energija za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo. V preglednici 65 podajam rezultate za letno končno energijo v stavbi.

Preglednica 65: Letna končna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo vodo in razsvetljavo

kWh/m ³	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. kondicionirana cona	3,47	5,31	20,20	8,45	37,43
2. kondicionirana cona	8,07	0,00*	12,80	9,91	30,78
3. kondicionirana cona	9,28	0,00*	1,85	5,09	16,22
Stavba skupaj	7,48	1,22	10,32	7,74	26,76

* Kondicionirane cone niso aktivno hlajene.

Iz preglednice 65 je razvidno, da celotna končna energija za ogrevanje, hlajenje, toplo sanitarno vodo in razsvetljavo znaša 26,76 kWh/m³. Za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode se v obravnavani stavbi porabi 17,80 kWh/m³. Če preračunam v odstotke je to 66 % energije v primerjavi s celotno končno energijo.

Ker se ogrevanje in priprava sanitarne tople vode zagotavlja z lesno biomaso, je s 66 % že dosežena zahteva sNES, ki postavlja pogoj za OVE najmanj 50 %.

V AN sNES je podana enačba za izračun faktorja RER, ki predstavlja delež OVE v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe [1]. Za delež OVE v končni porabi energije bi morala izračunati faktor RER, vendar ker je vsa energija iz OVE ustvarjena na lokaciji in se je nič ne odda v omrežje, hkrati pa tudi stavba ne prejme energije, proizvedene iz OVE od drugod, to ni potrebno. Podatki iz preglednice 65 so dovolj za izračun deleža OVE v celotni končni energiji obravnavane stavbe.

9 ZAKLJUČEK

Cilj diplome je bil izvesti prenovu na obstoječi stavbi in doseči energetska učinkovitost z izpolnitvijo zahtev po PURES-u 2010 ter hkrati izpolnjevati pogoje, ki jih podaja AN sNES. Najprej sem v programu TOST izvedla izračun za obstoječe stanje. Ker koeficient specifičnih toplotnih izgub H'_T in letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e nista dosegali dovoljenih vrednosti, sem izvedla določene ukrepe in njihove kombinacije. Z izvedenim ukrepom, kjer sem predpostavila nova okna, debelejšo toplotno izolacijo in vgrajeno mehansko prezračevanje, sem dosegla zahteve po PURES-u 2010. Največji dovoljeni koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T za obravnavano stavbo je po PURES-u 2010 $H'_T=0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pri obstoječem stanju je znašal $H'_T=0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$, po izbrani kombinaciji ukrepov (dodatna debelina TI + nova okna + mehansko prezračevanje) pa se je zmanjšal na $H'_T=0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$. Največja dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto kondicionirane prostornine Q_{NH}/V_e je po PURES-u 2010 $Q_{NH}/V_e=10,44 \text{ kWh/m}^3\text{a}$. Pri obstoječem stanju je znašala $Q_{NH}/V_e=26,52 \text{ kWh/m}^3\text{a}$, po izvedeni kombinaciji ukrepov pa se je zmanjšala na $Q_{NH}/V_e=6,22 \text{ kWh/m}^3\text{a}$. Na koncu sem preverila ali rezultati, ki ustrezajo po PURES-u 2010, izpolnjujejo tudi zahteve AN sNES. Zahteva, ki dovoljuje največjo potrebno toploto za ogrevanje stavbe in znaša 25 kWh/m^2 , je izpolnjena, saj sem z izvedenim ukrepom dosegla vrednost $17,80 \text{ kWh/m}^2$. Tudi delež OVE, ki mora biti v skupni dovedeni energiji za delovanje stavbe najmanj 50 %, je dosežen. Lesna biomasa se uporablja za potrebe ogrevanja in tople vode ter znaša 66 % skupne končne energije. Tretja zahteva, ki določa največjo dovoljeno vrednost primarne energije, pa ne ustreza. Za nestanovanjske stavbe znaša 65 kWh/m^2 . V obravnavani stavbi je vrednost celotne primarne energije $77,34 \text{ kWh/m}^2$. Za 19 % je presežena dovoljena maksimalna vrednost. Razlog je v porabi električne energije za razsvetljava. Ne glede na to koliko izboljšujemo toplotni ovoj stavbe in vgrajujemo učinkovite sisteme za prezračevanje, hlajenje ali ogrevanje, poraba električne energije za razsvetljava se ne bo zmanjšala. Stavba sicer dosega energetska učinkovitost in izpolnjuje zahteve PURES-a 2010, ampak ne izpolnjuje vseh treh pogojev, ki definirajo sNES. Problem je v tem, da PURES 2010 za javne stavbe predpisuje samo največjo potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto kondicionirane prostornine. Ne določa pa največje dovoljene letne primarne energije za delovanje sistemov v stavbi Q_p in največjega dovoljenega potrebnega hlada za hlajenje Q_{NC} .

V prihodnosti bo potrebno razmisliti o večjemu vključevanju OVE v stavbe, saj so z vidika trajnostne gradnje nujno potrebni. Samo energetska prenova stavbe ne zadošča v smislu izboljševanja materialov in sistemov. AN sNES ima dobro zastavljen cilj, vendar kako se bo prenesel v prakso in kakšni bodo stroški takšne gradnje, pa bomo videli v prihodnjih letih.

VIRI

- [1] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES). 2015. Ministrstvo za infrastrukturo: 6-12, 14-16, 24-26.
- [2] Akcijski načrt za energetska učinkovitost za obdobje 2014–2020 (AN URE 2020). 2015. Ministrstvo za infrastrukturo: 84 str.
- [3] MacKay, D. J. C. 2013. Trajnostna energija – brez razgretga ozračja. Ljubljana, Energetika.NET: 5-6.
- [4] Novak, P., Medved, S. 2000. Energija in okolje: izbira virov in tehnologij za manjše obremenjevanje okolja. Ljubljana, Svet za varstvo okolja Republike Slovenije: 29, 38 str.
- [5] Preveč toplogrednih plinov. 2015.
<http://www.deloindom.si/ogrevanje/prevec-toplogrednih-plinov> (Pridobljeno 1. 10. 2015.)
- [6] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS, št. 52/2010.
- [7] Tehnična smernica TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije. 2010. Ministrstvo za okolje in prostor.
- [8] Agencija RS za okolje. 2015.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 24.2.2016.)
- [9] Direktiva EPBD. 2013.
<http://0energijskehise.si/direktiva-epbd> (Pridobljeno 12. 10. 2015.)
- [10] Direktiva 2002/91/ES evropskega parlamenta in sveta o energetska učinkovitosti stavb. Uradni list Evropske unije.
- [11] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union.
- [12] Delegirana uredba komisije (EU) št. 244/2012 o dopolnitvi Direktive 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetska učinkovitosti stavb. Uradni list Evropske unije.
- [13] Nemanič, K. 2010. Intervju: PURES - eno leto po tem. Bioklimatske zgradbe 16: 20-27.
- [14] Praznik, M., Tomšič, M., Malovrh, idr. 2015. Učinkovita raba energije in obnovljivi viri energije v stanovanjskih stavbah. Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK: 26 str.
<http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-1F3QN1GT> (Pridobljeno 31.5.2016.)

- [15] SIST EN ISO 13790: 2008. Energijske lastnosti stavb – račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.
- [16] Energetski zakon (EZ-1). Uradni list RS, št. 17/2014: 313. člen, 330. člen, 331. člen.
- [17] Medved, S., Arkar, C. 2009. Energija in okolje: obnovljivi viri in okolje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 44, 49-53, 61-68.
- [18] Zakšek, K., Oštir K., Podobnikar, T. 2003. Osončenost površja Slovenije. Geodetski vestnik 47, 1-2: 56 str.
http://www.geodetski-vestnik.com/47/12/gv47-1_055-063.pdf (Pridobljeno 30. 5. 2016.)
- [19] Director, M. 2008. Novi ogrevalni sistemi: gradnja z lahkoto. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije d. d.: 33-35, 38 str.
- [20] Slovenski portal za fotovoltaike. 2007.
<http://pv.fe.uni-lj.si/ObsSLO.aspx> (Pridobljeno 31. 5. 2016.)
- [21] Spletna stran Energija nove dobe. 2008.
<http://www.ennd.net/slo/produkti/crpalka.html> (Pridobljeno 31. 5. 2016.)
- [22] Papler, D. 2013. Osnovne uporabe lesne biomase. Ljubljana, Energetika marketing: 51-52, 55-58, 364, 374 str.
- [23] PGD za prizidek k Osnovni šoli Loka.1998. Projektivni biro Arha, št. projekta: 98026, št. lista: ARH4.
- [24] Spletna stran OŠ Loka Črnomelj. 2016.
http://www.os-loka-crnomelj.si/?page_id=63 (Pridobljeno 5. 3. 2016.)
- [25] Spletna stran NEP – Nacionalna energetska pot Slovenija. 2013.
<http://nep.vitra.si/ukrep.php?id=496&fid=2950> (Pridobljeno 26. 2. 2016.)
- [26] Krainer, A., Perdan, R. 2010. Računalniški program TEDI, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 3. str.
- [27] Krainer, A., Perdan, R. 2010. Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 8-10, 19-26, 29-31.