

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:

Rus, G., 2014. Energetska analiza in izdelava računske energetske izkaznice OŠ Antona Martina Slomška na Vrhniki. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentoroca Kristl, Ž.): 39 str.

Datum arhiviranja:13-10-2014

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:

Rus, G., 2014. Energetska analiza in izdelava računske energetske izkaznice OŠ Antona Martina Slomška na Vrhniki. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kristl, Ž.): 39 pp.

Archiving Date: 13-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

GAŠPER RUS

**ENERGETSKA ANALIZA IN IZDELAVA RAČUNSKE
ENERGETSKE IZKAZNICE OSNOVNE ŠOLE ANTONA
MARTINA SLOMŠKA NA VRHNIKI**

Diplomska naloga št.: 161/B-GR

**ENERGY ANALYSIS AND MAKING OF CALCULATED
ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF ANTON
MARTIN SLOMŠEK'S PRIMARY SCHOOL IN VRHNIKA**

Graduation thesis No.: 161/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentorica:

doc. dr. Živa Kristl

Ljubljana, 25. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Gašper Rus izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Energetska analiza in izdelava računske energetske izkaznice Osnovne šole Antona Martina Slomška na Vrhniki«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Vrhnika, 10. 9. 2014

Gašper Rus

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

- UDK:** 620.91:697(497.4Vrhnika)(043.2)
- Avtor:** Gašper Rus
- Mentor:** doc. dr. Mitja Košir
- Somentorica:** doc. dr. Živa Kristl
- Naslov:** Energetska analiza in izdelava računske energetske izkaznice
Osnovne šole Antona Martina Slomška na Vrhniki
- Tip dokumenta:** diplomska naloga – univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 39 str., 27 pregl., 12 sl., 2 graf.
- Ključne besede:** računska energetska izkaznica, PURES 2010, energetska učinkovitost stavb, potrebna letna toplota za ogrevanje, učinkovitost energetskega ukrepa, obnovljivi viri energije

Izveček

V diplomski nalogi obravnavam obstoječe energetske stanje Osnovne šole Antona Martina Slomška. Objekt, ki je bil zgrajen leta 2000, je lociran na obrobju mesta Vrhnike in je v lasti Občine Vrhnika. V prvem delu diplomske naloge obravnavam zakonodajni okvir glede energetskih izkaznic stavb po novem Energetskem zakonu, ki je bil dne 24.2.2014 potrjen v Državnem zboru. Nato po delih opisujem obravnavano osnovno šolo in podajam upoštevane podatke pri izračunu. Za izračun energetske analize osnovne šole sem uporabil računsko metodo, po »Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah«, s pomočjo programa TOST. V drugem delu diplomske naloge navajam rezultate energetske analize in učinkovitosti obravnavane osnovne šole po »Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah«. V nadaljevanju na podlagi dobljenih rezultatov še analiziram smiselne energetske ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti objekta. Poudarek ukrepov je na zmanjšanju potrebne energije za ogrevanje stavbe in na obnovljivih virih energije. Skozi nalogo tudi navajam vso potrebno vsebino računske energetske izkaznice.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 620.91:697(497.4Vrhnika)(043.2)
- Author:** Gašper Rus
- Supervisor:** Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.
- Cosupervisor:** Assist. Prof. Živa Kristl, Ph. D.
- Title:** Energy analysis and making of calculated energy performance certificate of Anton Martin Slomšek's primary school in Vrhnika
- Document type:** Graduation thesis – University studies
- Scope and tools:** 39 p., 27 tab., 12 fig., 2 graph.
- Keywords:** calculated energy performance certificate, PURES 2010, energy efficiency of buildings, annual heating requirements, efficiency of energy measures, renewable energy sources

Abstract

In my graduation thesis I deal with the existing energy condition of Anton Martin Slomšek's primary school. Facility, which was built in year 2000, is located on the outskirts of Vrhnika city and is owned by community of Vrhnika. Through the first part of my thesis I discuss the legislation in reference to energy performance certificate for buildings, based on the new Energy act that was confirmed on 24th of February 2014 by the parliament. Then I describe the previously specified primary school and introduce the considered data for calculation. For calculation of energy analysis of the primary school I used computational method based on »Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah« with the help of the TOST program. In the second part of my graduation thesis I list my results of the energy analysis and the efficiency of discussed primary school based on the »Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah«. Later on I analyze reasonable energy measures for the improvement of energy efficiency of the building, all based on my results. Emphasis of the measures is based on reduction of necessary energy for the heating of the building and on renewable energy sources. Throughout my thesis I also list all the necessary contents of calculated energy performance certificate.

ZAHVALA

Za usmeritve, pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju ter somentorici doc. dr. Živi Kristl. Zahvaljujem se tudi ravnateljici Osnovne šole Antona Martina Slomška, Darji Guzelj, za prijaznost in izročeno projektno dokumentacijo. Poleg tega se zahvaljujem tudi hišniku Osnovne šole Antona Martina Slomška, Matjažu Gromu, za zaupanje prepotrebnih podatkov, ki sem jih uporabil pri izračunu.

Zahvaljujem pa se tudi vsem družinskim članom ter puncu Tini, za strpnost in podporo tekom nastajanja diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Cilji	2
1.2	Metoda dela	2
2	ZAKONODAJNI OKVIR ENERGETSKE IZKAZNICE	5
2.1	Kaj je energetska izkaznica	6
2.2	Kdaj energetska izkaznica ni potrebna	7
2.3	Vrste energetskih izkaznic	7
2.3.1	Računska energetska izkaznica	7
2.3.2	Merjena energetska izkaznica	7
2.4	Energetski kazalniki energetskih izkaznic	8
2.4.1	Energetski kazalniki računske energetske izkaznice.....	8
2.4.2	Energetski kazalniki merjene energetske izkaznice	9
3	OPIS OBRAVNAVANEGA OBJEKTA	10
3.1	Delitev objekta na sklope.....	12
3.1.1	Sklop osnovna šola.....	13
3.1.2	Servisno-gospodarski sklop.....	13
3.1.3	Večnamenska športna dvorana.....	13
4	IZRAČUN	15
4.1	Splošni podatki	15
4.2	Klimatski podatki	15
4.3	Računska podobja	16
4.4	Nočna izolacija in senčenje	17
4.5	Podatki o conah	17
4.5.1	Osnovni podatki o conah	19
4.5.2	Podatki o prezračevanju	20
4.5.3	Podatki konstrukcijskih sklopov sten in streh	21
4.5.4	Podatki konstrukcijskih sklopov tal	22
4.5.5	Podatki konstrukcijskih sklopov med conami	23
5	REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE OBSTOJEČEGA STANJA OSNOVNE ŠOLE.....	25
5.1	Energetska bilanca obstoječega stanja	25
5.2	Energetski kazalniki računske energetske izkaznice	27

6	ANALIZA IZBOLJŠAVE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE	31
6.1	Ukrepi za zmanjšanje potrebe po energiji	31
6.1.1	Rezultati in primerjava predlaganih ukrepov	31
6.1.2	Ocena primernosti predlaganih ukrepov	36
6.2	Ukrepi za zagotovitev energije z obnovljivimi viri energije z oceno primernosti	37
7	ZAKLJUČEK.....	39
	VIRI	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Omejitev dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} stavbe	2
Preglednica 2: Razredi energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe	8
Preglednica 3: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih.....	16
Preglednica 4: Trajanje obdobij za posamezen mesec.....	17
Preglednica 5: Delitev kondicioniranih in nekondicioniranih con.....	18
Preglednica 6: Delitev posameznih con objekta po nadstropjih	18
Preglednica 7: Osnovni podatki kondicioniranih ogrevanih con	19
Preglednica 8: Osnovni podatki neogrevanih con	19
Preglednica 9: Podatki o prezračevanju con	20
Preglednica 10: Podatki o prezračevanju za tretjo kondicionirano cono z rekuperacijskim sistemom .	20
Preglednica 11: Vhodni podatki za stene in strehe	21
Preglednica 12: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope	21
Preglednica 13: Vhodni podatki za tla na terenu.....	22
Preglednica 14: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za netransparentne dele	23
Preglednica 15: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za transparentne dele	24
Preglednica 16: Rezultati energetske učinkovitosti in največje dovoljene vrednosti.....	25
Preglednica 17: Podatki o velikosti stavbe	26
Preglednica 18: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje in hlajenje	26
Preglednica 19: Prikaz klimatskih podatkov in rezultatov dovedene energije za delovanje stavbe.....	29
Preglednica 20: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi nočne izolacije	32
Preglednica 21: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi sanacije transparentnih delov	33
Preglednica 22: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi sanacije zunanjih sten	33
Preglednica 23: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi dodatka toplotne izolacije proti neogrevanemu podstrešju	34
Preglednica 24: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi dodatka toplotne izolacije proti neogrevanemu podstrešju	35
Preglednica 25: Končna vrednost letne potrebne toplote za ogrevane pri vpeljavi vseh ukrepov skupaj	35
Preglednica 26: Izjeme, ki nadomeščajo osnovni pogoj glede zagotavljanja obnovljivih virov energije	37
Preglednica 27: Potrebna energija v stavbi po energetske sanaciji	38

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe	30
Grafikon 2: Primerjava učinkovitosti predlaganih ukrepov glede na letno potrebno toploto za ogrevanje preračunano na enoto kondicionirane prostornine stavbe	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz zakonodaje v povezavi z energetske izkaznicami stavbe	5
Slika 2: Glavni vhod v objekt	10
Slika 3: Športna dvorana OŠ Antona Martina Slomška.....	10
Slika 4: Zaščita oken z zunanjimi senčili	11
Slika 5: Polstrukturalna fasada (knjižnica).....	11
Slika 6: Polstrukturalna fasada (zbornica).....	11
Slika 8: Tloris z oznakami enot stavbe	12
Slika 7: Ortofoto posnetek stavbe z vpisanimi sklopi (Geopedia.si. (b.d.). http://www.geopedia.si/lite.jsp#T105_x499072_y112072_s9_b4)	12
Slika 9: Izbrani razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje.....	28
Slika 10: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku	28
Slika 11: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku	28
Slika 12: Vrednost letnih emisij CO ₂ za delovanje stavbe na barvnem poltraku	29

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Q_{NH} (kWh)	Letna potrebna toplota za ogrevanje
V_e (m ³)	Kondicionirana prostornina stavbe
A_u (m ²)	Kondicionirana površina stavbe
T_L (°C)	Povprečna letna temperatura zunanjega zraka
A_w (m ²)	Površina transparentnega elementa
U_w (W/m ² K)	Toplotna prehodnost elementa
$g_{gl,w}$ (-)	Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela
$F_{F,W}$ (-)	Faktor okvirja
$R_{NI,W}$ (m ² K/W)	Toplotni upor nočne izolacije
$g_{g+shl,w}$ (-)	Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ob uporabi senčil
d_w (m)	Debelina zunanje stene nad nivojem terena
A_f (m ²)	Površina tal
P (m)	Izpostavljeni obseg tal (celotna dolžina KS po obodu, ki je izpostavljena vplivu zemljine)
$R_{f,t}$ (m ² K/W)	Skupni toplotni upor tal
A_h (m ²)	Površina ogrevanega elementa ovoja
R_i (m ² K/W)	Notranji toplotni upor elementa med ogrevalno ploščo in notranjostjo
ξ (-)	Del porabe energije za ogrevanje prostora, ki jo v povprečju nadomesti ogrevalni element ovoja

»ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Tekom diplomske naloge bom obravnaval energetska učinkovitost Osnovne šole Antona Martina Slomška na Vrhniki (v nadaljevanju OŠ), katero sem obiskoval šest let. Verjetno je prav ta stavba razlog, da sem izbral študij gradbeništva, saj sem kot otrok zelo rad spremljal gradnjo te šole, ki je potekala zelo blizu mojega doma. Razlog za izbiro teme diplomske naloge pa je moje osebno mnenje, da sta gradnja energetska učinkovitih stavb in prenova energetska potratnih stavb priložnost za oživitev gradbene panoge.

Energetska potratnih stavb je v območju Evropske unije (v nadaljevanju EU) zelo veliko in so razlog, da zaradi njih porabimo 40% skupne porabe energije, s tem pa tudi ogromno denarja in vedno bolj obremenjujemo okolje. [1] Ukrepi kot na primer zmanjšanje porabe energije v stavbah in raba energije iz obnovljivih virov so zato toliko bolj pomembni in so potrebni, če želimo v EU zmanjšati energetska odvisnost in emisije toplogrednih plinov. [1] »Manjša poraba energije in večja raba energije iz obnovljivih virov imata pomembno vlogo tudi pri spodbujanju zanesljive oskrbe z energijo, tehnološkega razvoja ter pri zagotavljanju možnosti za zaposlitev in regionalni razvoj, zlasti na podeželju.« [1] Zato sta Evropski parlament in Svet leta 2010 izdala prenovljeno Direktivo o energetska učinkovitosti stavb (31/2010/EU) (EPBD Prenovitev) (v nadaljevanju EPBD 2010), ki predvideva povečanje števila novih nič energijskih stavb in prenavo obstoječih. [1] EPBD opredeljuje nekaj ukrepov za zaščito podnebja, ki se imenuje strategija 20-20-20. Na podlagi te strategije naj bi do leta 2020 zmanjšali emisije toplogrednih plinov za 20%, zvišali energetska učinkovitost za 20% in povečali delež obnovljivih energetska virov na 20%. [2]

Z novim »Energetskim zakonom« (EZ-1) (v nadaljevanju EZ 2014), ki je bil z dnem 24. 2. 2014 dokončno potrjen v Državnem zboru [3] in je skladen s EPBD 2010 in drugimi direktivami, bodo morale v Republiki Sloveniji biti vse nove javne stavbe po letu 2018 obvezno skoraj nič energijske, po letu 2020 pa bodo morale biti prav vse stavbe skoraj nič energijske. Z EPBD 2010 pa bomo morali tudi letno energetska obnoviti 3% državnih stavb. [3]

Zavedati se je potrebno, da je OŠ javna ustanova. Tako mora skladno s »Pravilnikom o učinkoviti rabi energije« (v nadaljevanju PURES 2010) [4], za doseganje energetska učinkovitosti, ob morebitni energetska sanaciji, izpolnjevati strožje pogoje glede dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. Letna potrebna toplota za ogrevanje je potreba po toplotni energiji, ki jo skozi eno leto vnašamo v objekt, da s tem dosežemo projektne notranje temperature. [4] Slednji parameter pa je tudi eden izmed energetska kazalnikov računska energetska izkaznice (v nadaljevanju REI). Razlog za strožjo omejitev energetska

učinkovitosti javnih stavbah v PURES-u 2010 je ta, da morajo biti javne stavbe nekakšen vzgled vsem ostalim stavbam.

Preglednica 1: Omejitev dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje Q_{NH} stavbe

Javne stavbe:	$Q_{NH}/V_e \leq 0,29 (56 + 60 f_0 - 4,5 T_L)$ (kWh/m ³ a)
Stanovanjske stavbe:	$Q_{NH}/A_u \leq 56 + 60 f_0 - 4,5 T_L$ (kWh/m ² a)
Nestanovanjske stavbe:	$Q_{NH}/V_e \leq 0,32 (56 + 60 f_0 - 4,5 T_L)$ (kWh/m ³ a)

1.1 Cilji

Skozi to diplomsko nalogo želim izdelati REI OŠ. Cilj je opraviti analizo obstoječega energetskega stanja objekta in preveriti, v kolikšni meri stavba izpolnjuje oziroma ne izpolnjuje kriterije, za doseganje energetske učinkovitosti glede na PURES 2010. Poleg tega nameravam analizirati učinkovitost nekaterih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti izbrane stavbe, skladno s PURES-om 2010. Izbrati želim tudi primerne ukrepe za energetske sanacije obravnavane stavbe. Navsezadnje pa se nameravam bolje spoznati z zakonodajnim okvirjem glede energetske izkaznice stavbe (v nadaljevanju EI) in z metodologijo izračuna REI.

Pričakujem, da bodo rezultati energetske analize pokazali, da je obstoječe stanje OŠ energetske neučinkovito, zato bom preko izračuna energetske lastnosti OŠ poskušal dokazati, da je stavba energetske potratna in da je potrebna toplota za ogrevanje objekta izven meja določenih v PURES-u 2010. Zato je cilj diplomske naloge tudi preveritev slednje hipoteze.

1.2 Metoda dela

Dandanes je veliko stavb, ki so energetske neučinkovite zaradi neustreznega ovoja stavbe, njegovega načrtovanja, uporabe ter majhne izrabe obnovljivih virov energije. Med njimi so seveda tudi javne stavbe, kot je OŠ. Za obravnavano javno stavbo bi v splošnem morali, po »Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavb«, izdelati merjeno energetske izkaznice (v nadaljevanju MEI), vendar bi s tem presegli okvirje diplomske naloge. Tako sem izdelal REI z upoštevanjem dejanskega stanja, navad in razmer v izračunu.

Za izračun energetske analize in učinkovitosti ukrepov sem uporabil računalniška programa TOST in TEDI. Program »TEDI« je namenjen računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuziji vodne pare skozi konstrukcijske sklope (v nadaljevanju KS) po »Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah«, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. [5] S programom »TEDI« sem izračunal potrebne toplotne prehodnosti oziroma specifične toplotne izgube konstrukcijskih sklopov stavbe U (W/m^2K). Pridobljene vrednosti s programom »TEDI« sem skupaj z drugimi vhodnimi podatki vnašal v program »TOST«. Program »TOST«, s katerim sem operiral večino časa, pa je namenjen izračunu energetske bilance stavbe po PURES-u 2010 in »Tehnični smernici (TSG-1-004:2010)« (v nadaljevanju TSG4). Program izračuna podatke, potrebne za končno poročilo v skladu s SIST EN ISO 13790, in dokaže ustreznost o toplotni zaščiti stavbe v skladu s PURES-om 2010. [6]

Podatke za vnos v programa TOST in TEDI sem pridobil na podlagi pogovorov s hišnikom in projektne dokumentacije (Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja) za izgradnjo OŠ, ki mi jo je posredovala ravnateljica OŠ. Nekaj podatkov sem pridobil tudi tekom ogledovanja prostorov in zunanosti stavbe in si tako ustvarjal lastno slikovno gradivo. V veliko pomoč pa mi je bilo tudi to, da sem bil nekdanj obiskovalec OŠ.

S strani hišnika sem pridobil predvsem podatke kot so: vrsta sistema in način ogrevanja prostorov ter sanitarne vode, vrsta in lokacija grelnih teles za ogrevanje prostorov stavbe, število dni zagotavljanja tople vode glede na koledarsko leto, režim ogrevanja prostorov in nastavljena temperatura za ogrevanje le-teh. Vse geometrijske podatke za posamezne cone, namembnost prostorov, sestavo posameznih KS-jev zunanjega ovoja in notranjih predelnih elementov med conami, pa sem razbral ali izračunal na podlagi načrtov v projektni dokumentaciji. Pri delitvi računskih obdobij sem baziral na podlagi letnega šolskega koledarja za potek pouka na osnovnih šolah. Klimatske podatke program samodejno pridobi preko spleta na podlagi vnesenih koordinat lokacije objekta. Iz lastnega slikovnega gradiva pa sem pridobival podatke glede senčil in vrste zasteklitev ter velikosti in vrste transparentnih delov.

Za podatke, ki jih s strani šole nisem uspel pridobiti, sem uporabil uporabniški priročnik za program »TOST«, v katerem so za določene primere podane predlagane ustrezne vrednosti. V omenjenem priročniku so tudi jasne razlage različnih faktorjev in koeficientov, ki jih je potrebno vnesti v program. Za morebitne dodatne razlage glede metode izračuna sem uporabil TSG4. Podatke o prezračevanju pa sem smiselno ocenil.

K diplomski nalogi sem pristopil tako, da sem se najprej seznanil z veljavno zakonodajo in pravilniki glede energetskih izkaznic stavb. Nato sem zbral vse potrebne podatke

obravnawanega objekta in s pomočjo programske opreme izvedel izračun analize obstoječega energetskega stanja OŠ. Potem sem analiziral energetske ukrepe za sanacijo stavbe in jih primerjal z obstoječim stanjem. Pri tem sem se osredotočil predvsem na spremembe letne potrebne energije za ogrevanje. Z združitvijo ukrepov sem poskušal doseči čim nižjo porabo energije. Na koncu sem še predlagal vrste obnovljivih virov energije za zagotovitev potrebne energije za pripravo tople vode, ogrevanja prostorov in razsvetljavo.

Potrebno energijo za pripravo tople vode, ogrevanja prostorov in razsvetljavo sem nato predlagal zagotoviti s pomočjo obnovljivih virov energije.

2 ZAKONODAJNI OKVIR ENERGETSKE IZKAZNICE

Že »Direktiva o energetske učinkovitosti stavb« (2002/91/ES) (EPBD) iz leta 2002 je zahtevala uvedbo energetske izkaznice stavb (v nadaljevanju EI) v EU do leta 2006 (oziroma do leta 2009 ob morebitnem pomanjkanju strokovnjakov). Z uveljavitvijo EPBD 2010 pa so se pojavile zahteve po večji razširjenosti EI za stavbe v javnem sektorju, obvezni navedbi razreda energijske učinkovitosti pri trgovanju stavb ter večjem poudarku na zagotavljanju kakovosti energetskega certificiranja stavb. [7]

EI pa je v naš pravni red uvedel že »Energetski zakon« iz leta 2006, »Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona« (EZ-B) (Ur.l. RS št. 118/2006) ter nadalje v letu 2012 novela EZ-E (Ur.l. RS št. 10/2012). Tako se EI v slovenski prostor ni uvedla šele z EZ 2014, ampak novi zakon nekako le podrobneje ureja zakone iz prejšnjih let. [7]

Z dnem 4.7.2013 smo v slovenskem prostoru dokončno tudi praksi vzpostavili vse zakonsko predpisane pogoje za izdelovanje in izdajanje EI za novogradnje in obstoječe stavbe. [8] Uvedba EI stavbe predstavlja zadnji korak prenosa EPBD 2010 o energetske učinkovitosti stavb v Sloveniji in je tudi pogoj za nadaljnje črpanje evropskih sredstev. V Sloveniji je uvedba EI podprta z zakonodajo, ki je prikazana na sliki 1. [7]



Slika 1: Shematski prikaz zakonodaje v povezavi z energetskimi izkaznicami stavbe

2.1 Kaj je energetska izkaznica

»EI je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe.« [3] Vsebovati mora priporočila za povečanje energetske učinkovitosti in za stroškovno učinkovite izboljšave, razen pri novih stavbah in pri najemu. EI mora vsebovati tudi referenčne vrednosti, ki omogočajo primerjavo in oceno energetske učinkovitosti stavbe. Veljavnost EI je deset let. V primeru nove EI za posamezno stavbo ali posamezni del stavbe se starejša EI razveljavi. Vsaka EI se mora sočasno z njeno izdajo prijaviti za vpis v register EI, katerega vodi ministrstvo, pristojno za energijo. Za posamezni del stavbe v večstanovanjski stavbi se lahko izda le EI, ki velja za celotno stavbo. [3] EI mora biti nameščena na vidnem mestu v stavbah s celotno uporabno tlorisno površino nad 500 m² (od 9. julija 2015 bo ta površina 250 m² [7]), ki so v lasti države ali lokalnih skupnosti in jih uporabljajo državni organi ali organi lokalnih skupnosti oziroma organizacije. [9] EI lahko izdaja pooblaščen pravna ali fizična oseba na zahtevo stranke, medtem ko mora biti oseba, ki izdeluje EI, neodvisni strokovnjak z ustreznim dovoljenjem. [3]

Osnovni namen EI je podajanje informacije o porabi energije v stavbi. [10] Smiselno je, da se potencialnega kupca ali najemnika stavbe seznanijo o varčnosti oziroma potratnosti stavbe, kot tudi z možnimi ukrepi za povečanje energijske učinkovitosti. Ker sta strošek za oskrbo energije v stavbi kot tudi potrebna investicija v primeru energetske prenove stavbe, pomembna podatka, je EI koristen podatek pri odločanju o nakupu ali najemu stavbe ali stanovanja. EI lahko tako primerjamo z energetske nalepkami na napravah bele tehnike, kjer omenjene nalepke izražajo porabo energije za delovanje teh naprav. [7]

»Priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti je potrebno podati v obliki generičnih priporočenih ukrepov za obravnavano vrsto stavbe v skladu s pravili stroke in stanjem tehnike.« Priporočila so razdeljena na naslednja področja: ukrepi za izboljšanje kakovosti ovoja, ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov, ukrepi za povečanje učinkovitosti izrabe obnovljivih virov energije in organizacijski ukrepi. [9]

»EI morajo zagotoviti lastniki stavb ali posameznih delov stavb, za stavbe ali posamezne dele stavb, ki se zgradijo, prodajo ali oddajo najemniku, ki pred najemom v stavbi ali njenemu posameznemu delu ni imel prijavljenega stalnega ali začasnega prebivališča.« Za stavbe, ki se zgradijo na podlagi predpisov s področja graditve objektov in se ne prodajo ali oddajo v najem se šteje, da je obveznost iz prejšnjega stavka izpolnjena z izkazom o energetske lastnostih stavbe«, ki je izdelan v skladu s PURES-om 2010 in je sestavni del projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. Sicer pa je EI obvezna sestavina projekta izvedenih del. EI nove stavbe mora izkazovati izpolnjevanje zahtev predpisa, ki ureja učinkovito rabo energije v stavbah. [3]

2.2 Kdaj energetska izkaznica ni potrebna

EI ni potrebno predložiti pri: »oddaji v najem za obdobje, krajše od enega leta; pri prodaji v primeru izkazane javne koristi za razlastitev; pri prodaji v postopku izvršbe ali v stečajnem postopku; pri prodaji ali oddaji nepremičnine, ki je v last Republike Slovenije ali lokalne skupnosti prešla na podlagi sklepa o dedovanju.« EI ne potrebujejo tudi: »stavbe, ki so varovane v skladu s predpisi o varstvu kulturne dediščine; stavbe, ki se uporabljajo za obredne namene ali verske dejavnosti; industrijske stavbe in skladišča; nestanovanjske kmetijske stavbe, če se v njih ne uporablja energija za zagotavljanje notranjih klimatskih pogojev; enostavne in nezahtevne objekte ter samostojne stavbe s celotno uporabno tlorisno površino, manjšo od 50 m².« [3]

2.3 Vrste energetskih izkaznic

Glede na vrsto stavbe oziroma namen njene uporabe ločimo dve vrsti EI in sicer REI in MEI. REI se določi na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije stavbe in se v splošnem izda za novozgrajene stavbe in obstoječe stanovanjske stavbe.

2.3.1 Računska energetska izkaznica

Izdelava REI obsega analizo podatkov o stavbi in rabi energije, izračun potrebnih energijskih kazalnikov in vpis predpisanih podatkov v register EI. [9] Pri REI se upoštevajo standardni robni pogoji glede klimatskih razmer na mestu obravnavanega objekta in glede režima uporabe stavbe. Na izračun REI tako ne vplivajo življenjske navade uporabnikov, saj je prevzet standardiziran način uporabe stavbe. [7]

2.3.2 Merjena energetska izkaznica

MEI se določi na podlagi meritev rabe energije v obravnavani stavbi in se izda za nestanovanjske stavbe, ki že obstajajo. Vhodni podatki na katerih temelji izračun MEI so pridobljeni z meritvami vrednosti rabe energije v stavbi ali njenem posameznem delu. Podatke o dobavljeni energiji ter splošne podatke o stavbi posreduje naročnik, na primer v obliki računov ali drugih poročil. Če neodvisni strokovnjak presodi, da podatki o dejanski rabi energije niso zanesljivi, se lahko namesto MEI izda REI. [9]

Pri stanovanjskih stavbah se ne poslužujemo MEI, ker so lahko navade posameznih oseb glede rabe stanovanja zelo različne in bi s tem lahko dobili nerealne energetske kazalnike

objekta. Z zamenjavo stanujočih oseb se namreč lahko bistveno spremeni način uporabe stavbe, ne pa tudi njene lastnosti. [7] Torej, razlogi za odločitev za merjene indikatorje pri MEI so predvsem kompleksnost javnih stavb in dejstvo, da se uporabnik in dejavnost javne stavbe le redko spreminjata. Uporabnik takšne stavbe lahko spremlja porabo energije in izboljša energetska učinkovitost stavbe. Preko MEI bi lahko tudi vzpostavili pregled nad dejansko rabo energije v sorodnih stavbah in spodbudili zanimanje za primerjavo energijskih kazalcev stavbe med uporabniki v javnem sektorju. [11]




2.4 Energetski kazalniki energetskih izkaznic

2.4.1 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice

Energijski kazalniki stavbe za REI se določijo na podlagi računske metodologije, ki temelji na standardu SIST EN ISO 13790 z ustreznimi prilagoditvami in je navedena v PURES-u 2010 in TSG4. Energijski kazalniki za REI in so zapisani v »Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb«, so: letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_{NH}/A_u (kWh/m²a), letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q/A_u (kWh/m²a), letna primarna energija za delovanje stavbe na enote kondicionirane površine stavbe Q_p/A_u (kWh/m²a) in letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m²a). Prvi energijski kazalnik mora biti razvrščen v razred (preglednica 2), ostali kazalniki pa so prikazani na barvnem poltraku za porabo energije oziroma emisij CO₂. [9]





V REI se stavbo uvrsti v razred energetske učinkovitosti glede na letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe – Q_{NH}/A_u (kWh/m²a), prikazano v preglednici 2.

Preglednica 2: Razredi energetskih učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe

Razred energetske učinkovitosti		Letna potrebna toplota za ogrevanje
	A1	od 0 do vključno 10 kWh/m ² a
	A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m ² a
	B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m ² a
	B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m ² a
	C	nad 35 do vključno 60 kWh/m ² a

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje preglednice 2«

	D	od 60 do vključno 105 kWh/m ² a
	E	od 105 do vključno 150 kWh/m ² a
	F	od 150 do vključno 210 kWh/m ² a
	G	od 210 do 300 in več kWh/m ² a

2.4.2 Energetski kazalniki merjene energetske izkaznice

Energijski kazalniki za MEI se določijo na podlagi izmerjenih vrednosti porabe energije, za obdobje zadnjih treh zaključenih koledarskih let pred letom izdelave EI, v skladu s standardom SIST EN 15603 in pravilnikom, ki predpisuje metodologijo učinkovite rabe energije v stavbah. Energijski kazalniki za MEI so: letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m²a), letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m²a), letna primarna energija za delovanje stavbe na enote kondicionirane površine stavbe (kWh/m²a) in letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m²a). [9]

3 OPIS OBRAVNAVANEGA OBJEKTA

Obraavnava stavba je torej OŠ na lokaciji z naslovom Pod Hruševco 33 in je lociran na obrobju mesta Vrhnika. Objekt z ene strani obdaja lokalna cesta, ki je meja z bližnjo obrtno cono. Na drugi strani objekta pa je pešpot, ki ločuje OŠ z okoliškimi travniki. OŠ je v lasti Občine Vrhnika.

Elementi nosilne konstrukcije OŠ so armirano betonske stene (redko opečne stene) debeline 20cm in armirano betonske stropne plošče. Predelne stene so zidane iz opeke. Nosilna konstrukcija večnamenske športne dvorane (slika 3) je sestavljena iz armiranobetonskih stebrov, gred in sten debeline 30 cm. Nosilna strešna konstrukcije je lesena. V enoti E je ostrešje sestavljeno iz lesenih lepljenih nosilcev. V območju enot A, B in C ima streha obliko dvokapnice, v območju enote D in E pa je streha ravna z rahlo valovito obliko (slika 3). Stolp, ki je drugo nadstropje enote A in je nad glavnim vhodom stavbe (slika 2) je pokrit s štirikapnico. Objekt ni podkleten in je temeljen na armiranobetonskih pilotih, ki so med seboj povezani z gredami. Etaže so povezane z dvoramnimi armirano betonskimi stopnišči. Na straneh območij B in C pa so nameščene evakuacijske požarne stopnice.



Slika 2: Glavni vhod v objekt



Slika 3: Športna dvorana OŠ Antona Martina Slomška

Ves netransparentni fasadni ovoj stavbe vsebuje toplotno izolacijo debeline 10 cm iz kamene volne. OŠ nima posebnih elementov, ki sestavljajo zunanji ovoj kot so: steklenjaki, prezračevalni in ogrevalni elementi ovoja, netransparentni elementi s transparentno izolacijo ter zbiralno shranjevalne stene. Vsa okna so zastekljena z dvojno termopan zasteklitvijo dimenzij 4-12-16 mm z vmesnim polnjenjem z argonom ter enim nizkoemisijemskim premazom. Okna so sestavljena s profili iz aluminija ali plastične mase PVC. Večino oken (vse učilnice in kabineti) je senčenih s kovinskimi zunanjimi žaluzijami (slika 4).



Slika 4: Zaščita oken z zunanjimi senčili

Nekateri posamezni deli fasade (zbornica, knjižnica, pisarna ravnatelj, športna dvorana) so izdelani kot polstrukturna fasada iz aluminijastih profilov (slika 5 in slika 6). Zasteklitev je termopan, podobna kot pri oknih, vendar je zunanje steklo refleksno in ima kovinski odsev. Parapeti polstrukturne fasade pa so sestavljeni iz termo panela in zunanjega refleksnega stekla. Tudi vsa vhodna vrata so iz aluminijastih profilov in zastekljena enako kot polstrukturna fasada.



Slika 5: Polstrukturna fasada (knjižnica)



Slika 6: Polstrukturna fasada (zbornica)

Razsvetljava v objektu je relativno nova in izvedena predvsem s fluorescentnimi sijalkami moči 36 W in 58 W, ponekod pa z varčnimi sijalkami. Povprečna gostota moči svetilk je 10,2 W/m² uporabne površine. Zasilna razsvetljava je prisotna. Število dni zagotavljanja tople vode je 335. Topla voda je na voljo v učilnicah, kabinetih, garderobah za športno vzgojo, v katerih so tudi tuši, v kuhinji ter sanitarijah. V kotlovnici sta nameščena dva plinska kondenzacijska kotla. Končna ogrevala v kondicioniranih prostorih so večinoma radiatorji, ki so v večini nameščeni ob zunanjih stenah pod okni. V športni dvorani so nad igriščem stropna sevala. Talno ogrevanje pa je nameščeno v avli pritličja enote A. V nekaterih prostorih so radiatorji nameščeni vendar so običajno zaprti. Takšne prostore sem umestil pod neogrevano cono. Temperatura ogrevanja je nastavljena na 23 °C, v telovadnici pa na 20 °C.

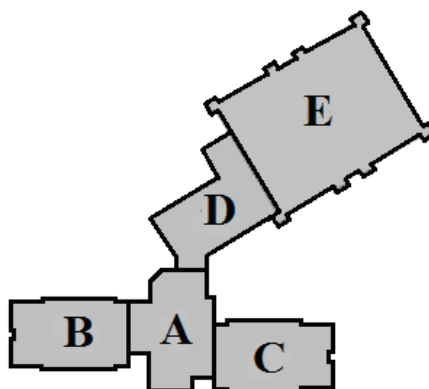
Ogrevanje od 19.00 pa do 5.00 deluje v zmanjšanem režimu nastavljeno na 18 °C. Zmanjšan režim ogrevanja je tudi preko vikendov in v času nezasedenosti šole preko počitnic. Vsi prostori se ogrevajo enako. Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto je »težka«. Mehansko prezračevanje prostorov je prisotno v telovadnici, prostorih kuhinje, garderobah, sanitarnih prostorih in učilnici kemije. V telovadnici je prisoten sistem z rekuperacijo zraka. Hlajenje v OŠ ni prisotno. Konstrukcijski sklopi so z vrednostmi debelin in toplotnih prevodnosti v ustreznem zaporedju prikazani v prilogi B.

3.1 Delitev objekta na sklope

Prostorsko in funkcionalno se OŠ deli na tri sklope: osnovna šola, servisno gospodarski del in večnamenska športna dvorana. Vsi prostori šole s površinami so prikazani v prilogi A.



Slika 8: Ortofoto posnetek stavbe z vpisanimi sklopi (Vir: [16])



Slika 7: Tloris z oznakami enot stavbe

3.1.1 Sklop osnovna šola

Sklop osnovna šola obsega 18 oddelkov (normativnih 504 učencev). Prostorsko in funkcionalno je v projektni dokumentaciji ta sklop razdeljen na tri dele, ki so poimenovani s oznakami A, B in C. Vhodno-centralna enota je poimenovana z A, levi in desni trakt, ki se na vhodno-centralno enoto priključujeta s strani, pa sta B in C. Vhodno-centralna enota ima tri etaže, stranski enoti pa sta dvoetažni. Tretja etaža vhodno-centralne enote je v stolpu nad glavnim vhodom, ki je prikazan na sliki 2. [12]

V enoti A so v pritličju tri garderobe, večnamenski prostor, knjižnica in čitalnica, medioteka, vratarnica in dva vetrolova. V prvem nadstropju pa so: zbornica, soba za računovodstvo, soba za arhiv, prostor za kopiranje, tajništvo, pisarna za ravnatelja, prostor za razgovore, pisarna za psihologa, čajna kuhinja ter sanitarije. V drugem nadstropju enote A, ki je nekakšen stolp, pa je zobna ambulanta s čakalnico. Enota B je namenjena specialnim učilnicam. V pritličju so: hodnik, predprostor, trije kabineti, delavnica in shramba za tehnični pouk, šest učilnic sanitarije in prostor za čistila. V prvem nadstropju pa so: hodnik, šest učilnic, trije kabineti, sanitarije in prostor za čistila. Enota C pa je namenjena matičnim učilnicam prve triade v pritličju oziroma druge in tretje triade v nadstropju. V pritličju so: hodnik, šest učilnic, dva kabineta, sanitarije in prostor za čistila. Razporeditev prvega nadstropja enote C je enaka razporeditvi pritličja. [12]

3.1.2 Servisno-gospodarski sklop

Servisno-gospodarski del, poimenovan s črko D, prostorsko služi kot povezovalni element med šolo in športno dvorano. Objekt je večinoma pritličen in obsega: tri vetrolove, umivalnico, jedilnico, kuhinjo, štiri prostore za shrambo kruha in pripravo zelenjave, štiri hodnike, dve strojnici, tri garderobe namenjene športni vzgoji, dva kabineta, sanitarije, delavnico za hišnika, prostor za inventar in prostor za prodajo kart. V prvem nadstropju pa je garderoba za učitelje. [12]

3.1.3 Večnamenska športna dvorana

Večnamenska športna dvorana, z oznako E, je namenjena športni vzgoji učencev, kot tudi souporabi krajanov in športnih društev. Centralni del dvorane je telovadnica, ki je namenjena športni dejavnosti kot so rokomet, košarka in odbojka. Dvorano je s pomičnimi zavesami možno pregraditi v tri samostojne enote. Sama velikost dvorane omogoča tudi izvedbo mednarodnih tekmovanj. Vsebuje tudi premične tribune po vzdolžni strani igrišča s

kapaciteto tisoč gledalcev. Enota E ima v pritličju vetrolov, sanitarije, pisarno, dve shrambi za spravilo orodje in telovadnico, v prvem nadstropju pa je prostor za reporterje. [12]

4 IZRAČUN

4.1 Splošni podatki

S programom »TOST« sem skladno s PURES 2010 za mejne vrednosti učinkovite rabe energije upošteval v izračunu milejše vrednosti, ki se jih sme posluževati do konca leta 2014. [6]

Pri izračunu sem upošteval vpliv zmanjšane režima ogrevanja, ki je omenjen v poglavju *Opis obravnavanega objekta*, in ostale časovno odvisne karakteristike kot so količine pretoka zraka, toplotne prehodnosti oken, dobitkov notranjih virov posameznih toplotnih con. Račun sem izvedel za štiri časovna podobdobja: dan, noč, vikend in za obdobje nezasedenosti. V računu s programom »TOST« sem upošteval pet medsebojno različnih con, ki sestavljajo obravnavano stavbo. Pri tem program v celoti zanemari točkovne toplotne mostove in izmenjavo zraka med posameznimi conami. [6] Zaradi razgibanosti, velikosti stavbe in velikega števila različnih KS-jev sem se srečeval z večjim številom vhodnih vrednosti, kot jih je v programu moč upoštevati. Tako sem pri večini vhodnih podatkov za toplotne upornosti upošteval uravnoteženo povprečje. Pri tem sem se posluževal izraza zapisanega z enačbo (1).

$$U = \frac{U_1 * A_1 + U_2 * A_2 + \dots + U_n * A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

Toplotne mostove sem v izračunu upošteval na poenostavljen način. To pomeni, da sem za vse toplotne mostove, ki se pojavijo na stavbi predpostavil linijsko toplotno prehodnost $\psi_e < 0.2 \text{ W/(mK)}$. S tem pa se v izračunu poveča toplotna prehodnost celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. [13] Za toplotno prevodnost zemljine λ_G sem upošteval vrednost $2,0 \text{ (W/mK)}$.

Energent za ogrevanje stavbe in ogrevanje tople vode je zemeljski plin, medtem ko hlajenje v šoli ni prisotno. Šola ima dva plinska kondenzacijska kotla. Podatka o učinkovitosti kotla s strani OŠ nisem uspel pridobiti, zato sem po priporočilih uporabniškega priročnika za program »TOST« izbral vrednost 1,04. V OŠ ni prisotnega sistema za hlajenje prostorov zato končni rezultati hlajenja ne bodo reprezentativni.

4.2 Klimatski podatki

Klimatski podatki območja, ki jih program uporabi pri računu, so pogojeni z vnesenimi koordinatami. Koordinate, ki ustrezajo lokaciji osnovne šole so GKX: 92339 in GKY: 445737.

Projektna temperatura za to območje je -16°C , povprečna letna temperatura je 9.7°C , letna prejeta energija sončnega sevanja je 1111 kWh/m^2 , ogrevalna sezona traja 235 dni, temperaturni primanjkljaj DD pa znaša 3300 danK. [14]

Preglednica 3: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih

Mesec/ Vhodni podatki	Povprečna tem. ($^{\circ}\text{C}$)	Globalno sončno sevanje po orientacijah ($\text{MJ/m}^2, 90^{\circ}$)					Ogreva- nje (dnevi)
		Hor.	S	J	V	Z	
Januar	-1,0	119	33	60	183	90	31
Februar	1,0	187	44	89	232	135	28
Marec	5,0	303	69	142	257	187	31
April	9,0	426	108	202	245	221	30
Maj	14,0	524	128	243	227	245	15
Junij	18,0	547	146	237	210	257	0
Julij	20,0	583	136	249	229	276	0
Avgust	19,0	512	112	229	260	256	0
September	15,0	359	84	163	256	188	8
Oktober	10,0	221	61	106	211	123	31
November	5,0	121	40	66	139	67	30
December	1,0	92	30	52	134	61	31
Ogrevalna sezona	5,3	1822	472	882	1581	1056	235

4.3 Računska podobdobja

TOST omogoča izračun z upoštevanjem štirih različnih časovnih podobdobj. Upošteval sem vsa štiri možna podobdobja, ki jih program ponuja in sicer: dan, noč, vikend in nezasedeno (preglednica 4).

Ogrevanje šole je od 19.00 pa do 5.00 nastavljeno na zmanjšan režim, prav tako pa to velja za podobdobje vikend in za podobdobje nezasedenosti v času šolskih počitnic in praznikov. Noči in nezasedenost sem torej upošteval v dnevih od ponedeljka do petka. Za noč sem smatral obdobje znižanega ogrevalnega režima v delavnem dnevu, obdobje nezasedenosti pa celoten dan v času šolskih počitnic in praznikov. V podobdobju nezasedenosti ni upoštevanih vikendov, katerim pripada svoje podobdobje. Upošteval sem zimske počitnice, prvomajske počitnice, poletne počitnice jesenske počitnice, novoletne počitnice. Pri tem sem upošteval nekakšno povprečno vrednost glede trajanja počitnic in število praznikov, ki so v času delovnikov. Za trajanje vikenda sem upošteval 8 dni v mesecu. Sicer pa bi lahko podobdobja noč, vikend in nezasedeno združil v eno podobdobje, saj je režim ogrevanja v omenjenih podobdobjih enak.

Preglednica 4: Trajanje obdobij za posamezen mesec

Meseci/Podobdobja	Dan (h)	Noč (h)	Vikend (h)	Nezasedeno (dni)
Januar	308	220	192	1
Februar	238	170	144	5
Marec	322	230	192	0
April	266	190	192	3
Maj	308	220	192	1
Junij	308	220	192	0
Julij	110	110	192	12
Avgust	60	60	192	17
September	220	220	192	0
Oktober	200	200	192	3
November	210	210	192	1
December	180	180	192	5

4.4 Nočna izolacija in senčenje

Nočne izolacije transparentnih konstrukcijskih sklopov na obravnavani stavbi ni. Uporabo senčil na oknih, katera so opremljena s senčili sem upošteval od maja do septembra. Faktorjev osenčenosti objekta zaradi zunanjih ovir nisem upošteval, saj je šola locirana na območju kjer jo noben objekt ne senči. Samo senčenje zaradi razgibanosti stavbe pa sem zaradi omejenega obsega diplomske naloge predpostavil kot idealno. Kar pomeni, da program »TOST« smatra, da so vse površine maksimalno osončene.

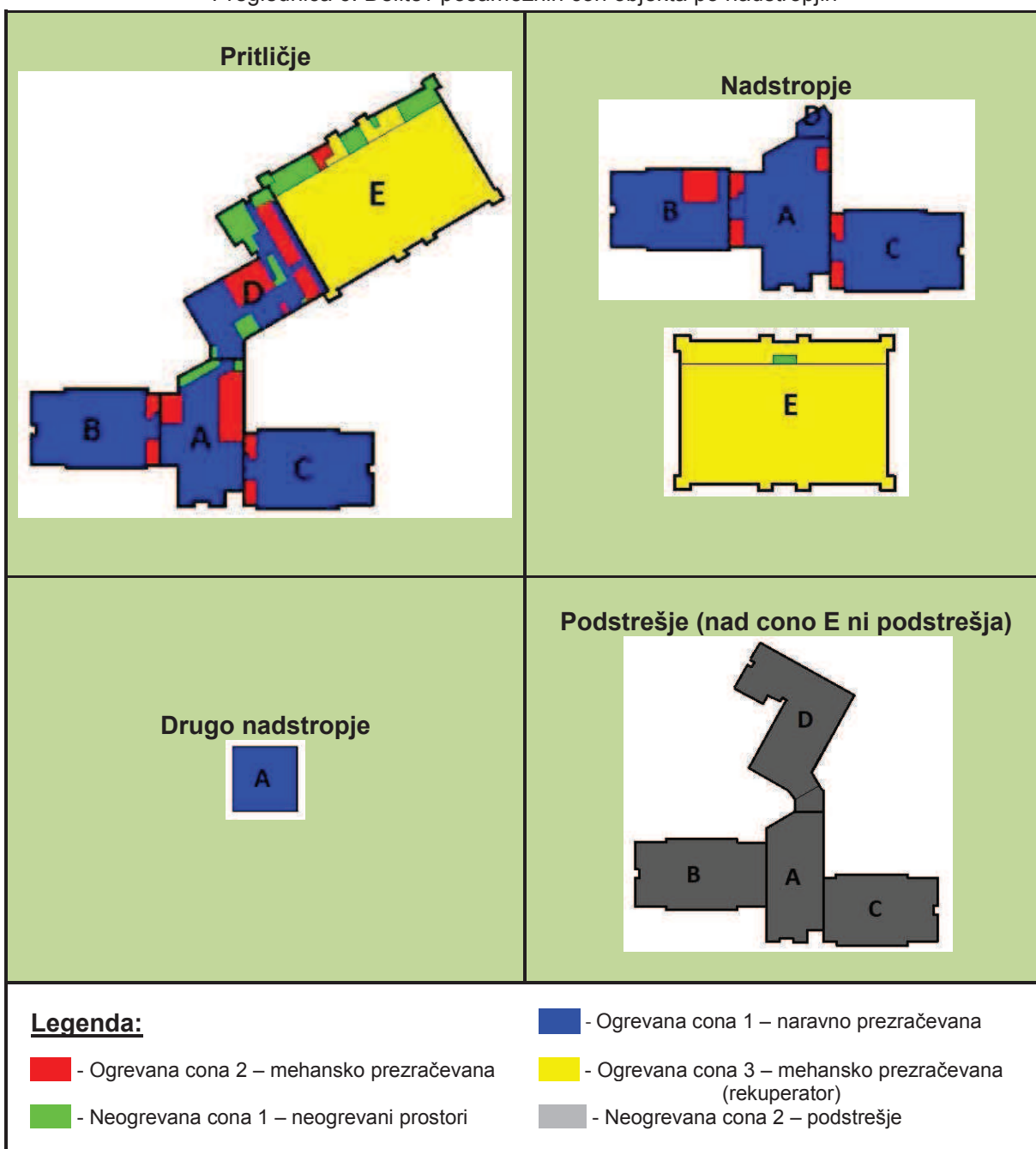
4.5 Podatki o conah

Celoten prostor obravnavanega objekta sem razdelil na dele oziroma cone, kot je prikazano v preglednici 5 in preglednici 6. Vsaka cona ima svoje določene pogoje. V izračunu se vsi deli prostora, ki pripadajo eni kondicionirani ali nekondicionirani coni, upoštevajo kot seštevke, ki tvorijo skupni prostor – cono. »Kondicionirana cona je del prostora z uravnavanimi pogoji z dano nastavljenostjo vrednostjo temperature ali temperatur, v kateri se predpostavljajo enotne bivalne navade, razlike notranje temperature po prostoru so zanemarljive in temperaturo uravnava enoten sistem ogrevanja, hlajenja in/ali prezračevanja in klimatizacije ali različni sistemi z enakimi energijskimi karakteristikami«. [13] Štiri prostore namenjene hrambi čistil, velikosti 2,41 m², ki v dejanskem stanju niso ogrevani, sem prištel k ogrevani coni z naravno prezračevanimi prostori.

Preglednica 5: Delitev kondicioniranih in nekondicioniranih con

Kondicionirane cone	
1. Kondicionirana cona	Ogrevana cona – naravno prezračevana
2. Kondicionirana cona	Ogrevana cona – mehansko prezračevana
3. Kondicionirana cona	Ogrevana cona – mehansko prezračevana (rekuperator)
Nekondicionirane cone	
1. Nekondicionirana cona	Neogrevani prostori
2. Nekondicionirana cona	Neogrevano podstrešje

Preglednica 6: Delitev posameznih con objekta po nadstropjih



4.5.1 Osnovni podatki o conah

Preglednica 7: Osnovni podatki kondicioniranih ogrevanih con

Vhodni podatki/ Vrsta cone		Naravno prezrač.		Mehansko prezrče.		Mehansko prezrač. (rekuperator)	
Bruto prostornina cone V_e (m ³)		12219,0		2108,9		17551,9	
Neto uporabna površina A_u (m ²)		2967,50		513,80		1626,89	
Efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)		771,55		133,59		422,99	
Projektna notranja temperatura (°C)		Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi	Poleti	Pozimi
	Dan	26,0	23,0	26,0	23,0	26,0	20,0
	Noč	26,0	18,0	26,0	18,0	26,0	18,0
	Vikend	26,0	18,0	26,0	18,0	26,0	18,0
	Nezasedeno	26,0	18,0	26,0	18,0	26,0	18,0
Povprečna moč dobitkov notranjih virov (W)	Dan	26703,0		4617,0		10575,0	
	Noč	1484,0		257,0		814,0	
	Vikend	1484,0		257,0		5285,0	
	Nezasedeno	1484,0		257,0		814,0	

Preglednica 8: Osnovni podatki neogrevanih con

Vhodni podatki/ Vrsta cone	Neogrevana cona	Neogrevano podstrešje
Bruto prostornina cone V_e (m ³)	1286,9	3811,3

Pri tem je bruto prostornina cone tista prostornina cone, ki jo izračunamo z upoštevanjem zunanjih dimenzij. Obdaja jo zunanja površina stavbe, skozi katero toplota prehaja v okolico. Neto uporabna površina cone je tlorska površina kondicioniranih prostorov upoštevajoč notranjih dimenzij. Pri izračunu neto uporabne površine sem upošteval enačbo (2).

$$A_U = A_{bruto} * 0,85 \quad (2)$$

Povprečno moč notranjih dobitkov pa sem določil glede na standard »SIST EN ISO 13790« na podlagi tabele »G. 10« in »G.11« ter izraza »G.7«.

Efektivno toplotno kapaciteto cone program poda samostojno, na podlagi izbrane vrste konstrukcije glede na toplotno kapaciteto. V našem primeru je konstrukcija glede na toplotno kapaciteto težka. Projektne notranje temperature v posameznih conah sem določil na podlagi vsako letne prakse OŠ po pogovoru s hišnikom.

4.5.2 Podatki o prezračevanju

Podatki, ki se nanašajo na naravno prezračevanje so predstavljeni v preglednici 9. V drugi kondicionirani coni je prezračevanje mehansko (preglednica 10). Zrak se iz teh prostorov le odvaja (enostransko mehansko prezračevanje).

Preglednica 9: Podatki o prezračevanju con

Vhodni podatki/Oznaka cone		1.Kondic. cona	2.Kondic. cona	1.Nekondic. cona	2.Nekondic. cona
Vrsta prezračevanja		Naravno	Mehansko (odvajanje)	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})	Dan	0,70	1,0	0,70	1,5
	Noč	0,70	0,70	0,70	1,5
	Vikend	0,70	0,70	0,70	1,5
	Nezasedeno	0,70	0,70	0,70	1,5
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (h^{-1})	Dan	0,50	0,50	0,5	5,0
	Noč	0,30	0,30	0,30	5,0
	Vikend	0,30	0,30	0,30	5,0
	Nezasedeno	0,30	0,30	0,30	5,0

V tretji kondicionirani coni, ki je prisotna v športni dvorani (preglednica 6) pa je nameščeno mehansko prezračevanje z rekuperacijo zraka. Vhodni podatki za tovrstno prezračevanje so prikazani v preglednici 10.

Preglednica 10: Podatki o prezračevanju za tretjo kondicionirano cono z rekuperacijskim sistemom

Količina odtoka zraka V_{ex} (m^3/s)	3,41
Količina dotoka zraka V_{su} (m^3/s)	3,41
Količina pretoka zraka pri naravnem prezračevanju V_o (m^3/s)	0,00
Projektna vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema $V_{t,d}$ (m^3/s)	3,41
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni β (-)	0,7
Učinkovitost rekuperacijskega sistema η_v (-)	0,7
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa n_{50} (h^{-1})	4,00
Koeficient zaščite proti vetru e (-)	0,1
Koeficient izpostavljenosti vetru f (-)	15,00

Podatki glede prezračevanja niso bili na voljo, zato sem jih inženirsko ocenili na podlagi oglada stavbe in nekaterih informacij hišnika šole.

4.5.3 Podatki konstrukcijskih sklopov sten in streh

Vrednosti toplotne prehodnosti U (W/m^2K) za zunanjo steno in streho, ki sem jih prikazal v preglednici 11, sem torej pridobil na podlagi izračuna s programom »TED1« vseh konstrukcijskih sklopov prikazanih v prilogi B in z upoštevanjem enačbe (1).

Preglednica 11: Vhodni podatki za stene in strehe

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Kondic. cona	2.Kondic. cona	3.Kondic. cona	1.Nekondic. cona	2.Nekondic. cona
Zunanja stena					
Površina netransparentnega dela (m^2)	1202,90	276,55	945,27	254,18	121,84
Toplotna prehodnost U (W/m^2K)	0,426	0,429	0,350	0,426	0,429
Streha					
Površina netransparentnega dela (m^2)	-	65,00	1584,70	-	2202,60
Toplotna prehodnost U (W/m^2K)	-	0,292	0,171	-	2,230

Preglednica 12: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope

Orientacija/ Vhodni podatki	A_w (m^2)	U_w (W/m^2K)	$g_{gl,w}$ (-)	$F_{F,W}$ (-)	$R_{NI,W}$ (m^2K/W)	$g_{q+shl,w}$ (-)				
						Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno	
1. Kondicionirana cona										
J	219,36	1,400	0,58	0,20	-	0,12	-	0,12	0,12	
J	35,11	1,400	0,20	0,30	-	-	-	-	-	
J	27,88	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
S	183,12	1,400	0,58	0,20	-	0,12	-	0,12	0,12	
S	21,00	1,400	0,20	0,30	-	-	-	-	-	
S	9,50	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
V	27,30	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
V	17,67	1,550	0,20	0,30	-	-	-	-	-	
Z	18,06	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
Z	22,94	1,550	0,20	0,30	-	-	-	-	-	
2. Kondicionirana cona										
J	5,04	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
S	8,00	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
S	15,12	1,400	0,58	0,20	-	0,12	-	0,12	0,12	
V	8,40	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
Z	7,00	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
3. Kondicionirana cona										
J	108,90	1,550	0,58	0,20	-	-	-	-	-	
S	63,36	1,550	0,58	0,20	-	-	-	-	-	

»se nadaljuje ...«

»...nadaljevanje preglednice 12«

V	133,90	1,550	0,58	0,20	-	-	-	-	-
Z	115,81	1,550	0,58	0,20	-	-	-	-	-
Z	2,80	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-
1. Nekondicionirana cona									
J	8,89	1,550	0,20	0,30	-	-	-	-	-
J	0,60	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-
J	9,60	2,000	0,00	0,00	-	-	-	-	-
S	18,60	1,550	0,20	0,30	-	-	-	-	-
V	15,81	1,550	0,20	0,30	-	-	-	-	-
V	2,00	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-
Z	18,16	1,550	0,20	0,30	-	-	-	-	-
Z	27,20	1,400	0,58	0,20	-	-	-	-	-
Z	3,00	2,000	0,00	0,00	-	-	-	-	-
2. Nekondicionirana cona									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Vrednost koeficienta $g_{g+shl,w}$ (-) v preglednici 12 predstavlja prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ob uporabi senčil in je uporabljen v izračunu samo pri oknih, ki so zasenčena z zunanjimi kovinskimi žaluzijami prikazanimi na sliki 4. Vrednost upošteva naklon senčil in predstavlja produkt vrednosti zasteklitve g , senčil g_w in eventualnih zaves (jih nisem upošteval). Pri izračunu koeficienta $g_{g+shl,w}$ sem upošteval naklon senčil 0° , kar nam poda vrednost 0,8 za faktor g_w . [6] Nekondicionirana cona 2, ki predstavlja neogrevano podstrešje ne vsebuje transparentnih delov.

4.5.4 Podatki konstrukcijskih sklopov tal

Vrednosti toplotne prehodnosti U (W/m^2K) tal na terenu, ki sem jih prikazal v preglednici 13, sem torej pridobil na podlagi izračuna s programom »TED1« vseh ustreznih konstrukcijskih sklopov prikazanih v prilogi B in z upoštevanjem enačbe (1).

Preglednica 13: Vhodni podatki za tla na terenu

Vrsta tal/ Vhodni podatki	d_w (m)	A_f (m^2)	P (m)	$R_{f,t}$ (m^2K/W)	A_h (m^2)	R_i (m^2K/W)	ξ (-)
1. Kondicionirana cona							
Tla na terenu	0,36	1610,32	231,45	1,828	226,37	0,163	0,14
2. Kondicionirana cona							
Tla na terenu	0,36	355,27	60,01	1,821	-	-	-
3. Kondicionirana cona							
Tla na terenu	0,46	1345,39	151,90	2,010	-	-	-

»se nadaljuje...«

»nadaljevanje preglednice 13«

1. Nekondicionirana cona							
Tla na terenu	0,41	318,87	99,65	0,647	-	-	-
2. Nekondicionirana cona							
Tla na terenu	-	-	-	-	-	-	-

4.5.5 Podatki konstrukcijskih sklopov med conami

Vrednosti toplotne prehodnosti U (W/m^2K) za konstrukcijske sklope med posameznimi conami, ki sem jih prikazal v preglednici 14, sem torej pridobil na podlagi izračuna s programom »TEDI« vseh ustreznih konstrukcijskih sklopov prikazanih v prilogi B in z upoštevanjem enačbe (1).

Preglednica 14: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za netransparentne dele

Cone (m^2)	1.Kon. cona	2.Kon. cona	3.Kon. cona	1.Nekondic. cona	2.Neondic. cona
Površina (m^2)					
1.Kon. cona	-	722,60	93,65	137,77	2967,41
2.Kon. cona	722,60	-	56,94	43,85	499,14
3.Kon. cona	93,65	56,94	-	248,42	-
1.Nekon. cona	137,77	43,85	248,42	-	-
2.Nekon. cona	2967,41	499,14	-	-	-
Toplotna prehodnost (W/m^2K)					
1.Kon. cona	-	2,420	2,169	3,030	0,227
2.Kon. cona	2,420	-	2,525	3,185	0,227
3.Kon. cona	2,169	2,525	-	1,679	-
1.Nekon. cona	3,030	3,185	1,679	-	-
2.Nekon. cona	0,227	0,227	-	-	-

Preglednica 15: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za transparentne dele

Cone (m ²)	1.Kon. cona	2.Kon. cona	3.Kon. cona	1.Nekon. cona	2.Kon. cona
Površina (m²)					
1.Kon. cona	-	145,01	4,40	79,11	-
2.Kon. cona	145,01	-	4,18	-	-
3.Kon. cona	4,40	4,18	-	18,70	-
1.Nekon. cona	79,11	-	18,70	-	-
2.Nekon. cona	-	-	-	-	-
Toplotna prehodnost (W/m²K)					
1.Kon. cona	-	1,60	1,60	1,60	-
2.Kon. cona	1,60	-	1,60	-	-
3.Kon. cona	1,60	1,60	-	1,60	-
1.Nekon. cona	1,60	-	1,60	-	-
2.Nekon. cona	-	-	-	-	-

5 REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE OBSTOJEČEGA STANJA OSNOVNE ŠOLE

5.1 Energetska bilanca obstoječega stanja

Energetska bilanca stavbe je sestavljena iz toplotnih izgub in toplotnih dobitkov. Ločimo transmisijske in prezračevalne toplotne izgube, medtem ko toplotne dobitke delimo na dobitke sončnega obsevanja ter na dobitke notranjih virov, ki so posledica delovanja raznih naprav v stavbi in oddajanje človeške toplote.

Transmisijske toplotne izgube so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi gradbeni element oziroma konstrukcijski sklop. Vzrok za prehod toplote skozi elemente je toplotna prevodnost materialov (W/mK), katera nam pove kolikšen toplotni tok steče pravokotno skozi neko snov. Prezračevalne toplotne izgube pa so izgube, ki nastanejo zaradi izmenjave zraka med zgradbo in okolico. Te izgube lahko nastajajo pri namenskem (mehanskem) ali nenamenskem (naravnem) prezračevanju. Dobitki toplote zaradi sončnega obsevanja pa se dovajajo preko ovoja stavbe in so običajno največji na južnih straneh stavbe. Dobitki s strani notranjih virov so posledica sproščanja toplote pri delovanju električnih naprav in strojev v stavbi. Toploto oddajajo tudi ljudje, ki uporabljajo stavbo. V našem primeru so to učenci, pedagogi, vzdrževalci in upravljavci šole, pa tudi obiskovalci telovadnice. [15]

Programom »TOST« nam na koncu izračuna poda rezultate skladno s PURES-om 2010 in energetska diagnozo o ustreznosti objekta. Izpiše nam podrobnosti letnih specifičnih izgub, dobitkov in potrebne toplote za ogrevanje po conah in po sezonah ter podrobno razčleni porabe vseh vrst energije po conah.

Na podlagi PURES-a 2010 se energetska učinkovitost javne stavbe meri s pogoji prikazanimi v preglednici 16.

Preglednica 16: Rezultati energetske učinkovitosti in največje dovoljene vrednosti

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe H_T'	0,35 W/m^2K	0,44 W/m^2K
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m^3a	10,37 kWh/m^3a

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje preglednice 16«

Dovoljen letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC} stavbe, preračunan na enoto hlajene površine stavbe A_u,	0,819 kWh/m ² a	-
Letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi Q_p, preračunana na enoto kondicionirane prostornine stavbe	38,13 kWh/m ³ a	-

Program nam poda tudi rezultate, ki se nanašajo na geometrijo in obliko stavbe, ki so prikazani v preglednici 17 ter končne vrednosti izgub in dobitkov, ki so prikazane v preglednici 18.

Preglednica 17: Podatki o velikosti stavbe

Kondicionirana površina stavbe A_u	5108,19 m ²
Kondicionirana prostornina stavbe V_e	31879,80 m ³
Površina toplotnega ovoja stavbe A	12430,13 m ²
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$	0,39 m ⁻¹

Pri tem kondicionirana površina stavbe pomeni ogrevano zaprto neto površino [9], kondicionirana prostornina stavbe je neto prostornina stavbe, ki jo obdaja površina toplotnega ovoja stavbe [4], površina toplotnega ovoja stavbe je zunanja površina dela stavbe s kontroliranim notranjim okoljem, skozi katero prehaja toplota ali hlad v okolje [4], faktor oblike pa je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino.

Preglednica 18: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje in hlajenje

(kWh/m²)	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube stavbe	95,67	3,20
Ventilacijske izgube stavbe	45,64	1,29
Skupne izgube stavbe	141,31	4,49
Notranji dobitki stavbe	27,03	2,84
Solarni dobitki stavbe	32,66	1,39
Skupni dobitki stavbe	59,6	4,23

Kot lahko razberemo iz preglednice 16 koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja ne presega največje dovoljene vrednosti. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub je sicer razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub stavbe in celotno zunanjo površino stavbe. [4] Vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe je presežena za polovico dovoljene vrednosti. Tukaj se kaže posledica relativno visoke nastavljene temperature zraka v prostorih tekom ogrevalne sezone v obratovalnem času (23 °C). Na rezultate hlajenja se ne bomo ozirali (hlajenje v stavbi ni prisotno). Za letno primarno energijo v stavbi pa PURES 2010 za javne stavbe ne podaja zgornjih omejitev oziroma dovoljenih mej.

Po »Energetskem zakonu« termin »energetska učinkovitost« pomeni izračunano oziroma izmerjeno količino energije, ki je potrebna za zadovoljevanje potreb po energiji, povezanih z običajno uporabo stavbe. Med drugim vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljava. Energijska učinkovitost stavbe je dosežena, če poleg ostalih zahtev PURES-a 2010 najmanj 25 odstotkov celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije v stavbi.

Torej obravnavana stavba energetskega **NI UČINKOVITA**, saj letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe presega dovoljene vrednosti, poleg tega pa stavba ne pridobiva končno potrebno energijo z obnovljivimi viri energije. Uvodna hipoteza je s to ugotovitvijo potrjena!

5.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice

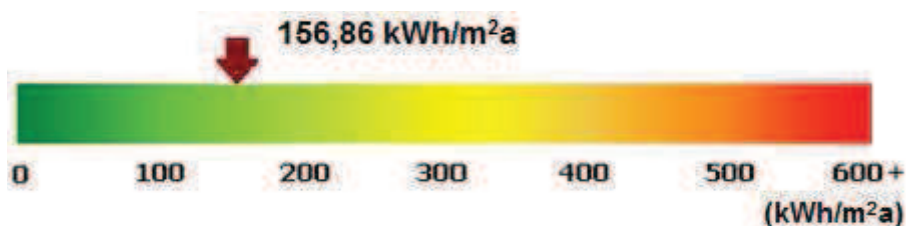
Skladno z ustreznimi energetskimi kazalniki navedenimi v poglavju *Energetski kazalniki računske energetske izkaznice* sem v nadaljevanju prikazal rezultate energetske bilance OŠ, ki jih je potrebno navesti na EI v skladu s »Pravilnikom o metodologiji o izdelavi in izdaji energetskih izkaznic stavb«.

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_{NH}/A_u zanaša 90,98 kWh/m²a. Izračunamo jo kot toplotno potrebo stavbe zaradi transmisijskih in ventilacijskih toplotnih izgub, zmanjšana za izkoristljive pritoke sončnega sevanja in notranjih toplotnih virov. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja. [4] Ta vrednost OŠ uvršča, na podlagi preglednice 2 v poglavju *Energetski kazalniki računske energetske izkaznice*, v razred z visoko porabo tj. razred D.



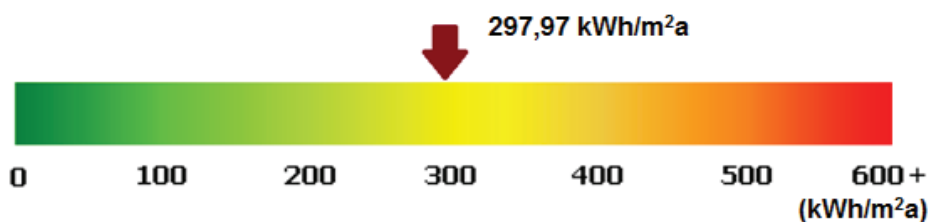
Slika 9: Izbrani razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje

Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q/A_u znaša 156,86 kWh/m²a (slika 10). Letna dovedena energija za delovanje stavbe je celotna energija, ki jo stavba potrebuje za pokrivanje potreb za ogrevanje, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljavo. [9] Ta podatek nam pove koliko energije bo potrebno za delovanje v stavbi vgrajenih sistemov pri standardni potrebi bivanja. V dovedeni energiji v splošnem ni vsebovana energija aktivnih solarnih sistemov in energija okolja.



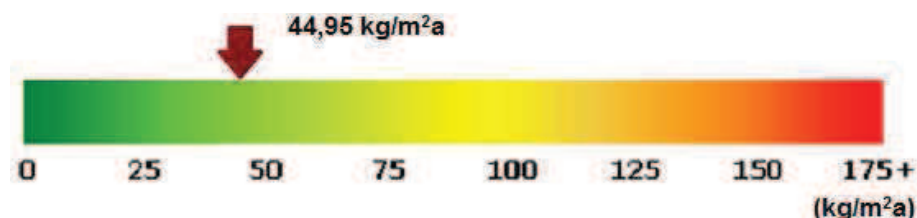
Slika 10: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku

Letna primarna energija za delovanje stavbe na enote kondicionirane površine stavbe Q_p/A_u znaša 297,97 kWh/m²a in je prikazana na spodnjem barvnem poltraku (slika 11). Letna primarna energija za delovanje sistemov je celotna primarna energija, ki zajema letno primarno energijo sistema za ogrevanje in hlajenje, letno primarno energijo za delovanje sistema mehanskega prezračevanja v skladu s predpisom ki ureja prezračevanje in klimatizacijo stavb, letno primarno energijo sistema za pripravo tople vode in letno primarno energijo sistema za razsvetljavo. [4] Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov. [4]



Slika 11: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku

Letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe znašajo 44,95 kg/m²a. Letne emisije CO₂ pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe. Določijo se v skladu s predpisi, ki urejajo učinkovito rabo energije v stavbah. [9] Vrednost je prikazana na barvnem poltraku (slika 12).



Slika 12: Vrednost letnih emisij CO₂ za delovanje stavbe na barvnem poltraku

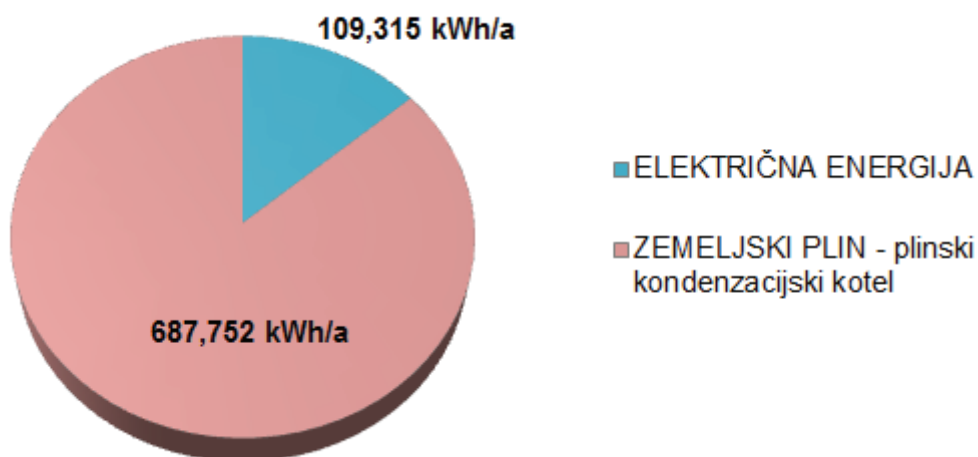
Vsi štirje energetske kazalniki morajo biti skladno s prilogo B »Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb« predstavljeni na prvi strani REI kjer so tudi navedeni osnovni podatki o stavbi, fotografije stavbe, podatki o izdajatelju ter izdelovalcu EI in datum izdaje EI. Na drugi strani REI morajo biti prikazani tudi rezultati o velikosti stavbe, ki so podani v preglednici 17 in tudi rezultirajoči podatki, ki so podani v preglednici 19 ter grafikon 1. Na tretji strani EI pa so navedeni ustrezni energetske ukrepi kot so: ukrepi za izboljšanje kakovosti ovoja stavbe, ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov, ukrepi za povečanje izrabe obnovljivih virov in organizacijski ukrepi. Nekateri od teh ukrepov bom predstavil v poglavju *Analiza izboljšave energetske učinkovitosti stavbe*. Četrta stran EI pa je namenjena komentarjem in predstavitvi posebnih robnih pogojev izračuna.

Preglednica 19: Prikaz klimatskih podatkov in rezultatov dovedene energije za delovanje stavbe

Klimatski podatki		
Temperaturni primanjkljaj	3300 K dni	
Projektna zunanja temperatura	-16 °C	
Dovedena energija za delovanje stavbe		
Dovedena energija za delovanje stavbe	kWh/a	kWh/m ² a
Ogrevanje	464,756	90,98
Hlajenje	4,182	0,82
Priprava tople vode	222,996	43,65
Razsvetljava	109,315	21,40
Skupna dovedena energija za delovanje stavbe	801,249	156,86

Rabo celotne energije za delovanje stavbe po virih in energentih je potrebno na REI prikazati v grafični obliki. V splošnem mora grafikon prikazovati poleg energentov zajetih v dovedeni energiji tudi energijo okolja, energijo toplotnih sončnih sistemov in fotonapetostnih sistemov namenjeno le za potrebe delovanja stavbe pri standardnih potrebah bivanja. V našem obravnavanem primeru obstoječega stanja OŠ se stavba ne oskrbuje z zadnjimi tremi navedenimi viri energije.

Pri vrednosti električne energije prikazane v grafikonu 1 nisem upošteval energije potrebne za hlajenje na podlagi rezultatov pridobljenih s programom »TOST«.



Grafikon 1: Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe

6 ANALIZA IZBOLJŠAVE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE

Prenova stavbe v energetske učinkovito stavbo po PURES-u 2010 temelji na zmanjšanju potrebe po energiji v stavbi z razpoložljivimi, izvedljivimi in učinkovitimi ukrepi, poleg tega pa moramo potrebno energijo zagotavljati z obnovljivimi viri energije in tako rekonstruirati sistem za energetske oskrbo stavbe. Prav tako moramo zadostiti kriterijem toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov stavbe podanih v TSG4, da se stavba po PURES-u 2010 smatra za energetske učinkovito. Stavba, katera je zelo visoko energetske učinkovita je opredeljena kot »skoraj nič energijska hiša« [2]

6.1 Ukrepi za zmanjšanje potrebe po energiji

V nadaljevanju bom predlagal ukrepe za ustrezno energetske prenovo stavbe s poudarkom na zmanjšanju potrebne energije za ogrevanje prostorov, saj ta vrednost presega dovoljeno mejo po PURES-u 2010. Predloge bom navedel na podlagi smiselnosti in izvedljivosti.

Podal bom ukrepe glede uporabe nočne izolacije transparentnih delov in spremembe toplotne prehodnosti transparentnih delov. Uporabil bom tudi ukrep, ki predvideva spremembo toplotne prehodnosti netransparentnih delov ovoja stavbe in medetažne konstrukcije, ki meji na ogrevano cono in neogrevano podstrešje. Predlagal bom tudi znižanje projektne notranje temperature ogrevanih con v času delovanja šole.

6.1.1 Rezultati in primerjava predlaganih ukrepov

Nočna izolacija stavbe:

Stavbe lahko v zimskem času s pravilno orientacijo oken glede na smeri neba sprejmejo veliko toplotne energije zaradi sončnega obsevanja. Po drugi strani pa jo lahko ponoči, predvsem zaradi običajne visoke toplotne prehodnosti transparentnih delov, tudi veliko izgubijo. Torej je smiselno na okna in druge transparentne površine, kot je polstrukturalna fasada (prikazana na sliki 5 in sliki 6), namestiti nočno izolacijo v obliki zunanjih rolet in tako v čim večji meri preprečiti toplotne izgube skozi transparentne dele. Nočna izolacija se uporablja ponoči v času ogrevalne sezone s spustitvijo toplotno izolativnih rolet.

Za toplotni upor nočne izolacije sem privzel vrednost $R_{Ni}=1,67 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($U_{Ni}=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) [17] in tako dobil nove rezultate potrebne letne toplote za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunane na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe prikazane v preglednici 20.

Preglednica 20: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi nočne izolacije

	OBSTOJEČE STANJE	<u>UKREP</u>	SPREMEMBA
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m ³ a	13,72 kWh/m ³ a	5,90 %

Na podlagi preglednice 20 lahko vidimo, da se vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje pri uporabi nočne izolacije transparentnih delov zmanjša za 5,90 % glede na izračunano vrednost obstoječega stanja.

Sprememba toplotne prehodnosti transparentnih delov:

Zastekljene površine stavbe so pomemben sestavni del vsakega objekta, saj med drugim zagotavljajo ugoden psiho-fiziološki vpliv na uporabnike stavbe. [18] Še posebno je to pomembno pri tipih stavb kot je osnovna šola. Poleg vidnega stika z okolico in naravne osvetlitve prostorov pa zastekljena površina omogoča tudi koriščenje sončne energije. Ovoj obravnavane stavbe OŠ sestavlja 1154 m² zastekljenih transparentnih delov. K tej površini spadajo zasteklitve vseh oken, polstrukturnih fasad in vhodnih vrat v objekt.

Smiselno bi bilo torej, da bi v sklopu ukrepa sprememb toplotnih prehodnosti transparentnih delov ovoja stavbe zamenjali zasteklitve in pripadajoče nosilne elemente z energetske učinkovitejšimi. Tako bi zmanjšali toplotno prehodnost skozi transparentne dele. Nižjo toplotno prehodnost imajo v splošnem okna s trojno zasteklitvijo, kar pa posledično doprinese k zmanjšanju prehoda sončnega sevanja in manjšem izkoristku sončne sevalne energije v času ogrevanja. Po drugi strani pa bi na transparentnih delih obravnavanega objekta, ki imajo refleksno zasteklitev, z umestitvijo nove zasteklitve povečali prehod sončnega sevanja. Bistveno je, da je prehod celotnega sončnega sevanja $g_{gl,w}$ čim večji pri transparentnih na južni strani stavbe, kjer je vpliv sončnega sevanja največji.

Pri izračunu omenjenega ukrepa sem uporabil toplotno prehodnost elementa U_w vrednosti 0,87 W/m²K in prepustnost za sončno sevanje $g_{gl,w}$ vrednosti 0,53. [6] Dobljeni rezultati ukrepa so prikazani v preglednici 21.

Preglednica 21: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi sanacije transparentnih delov

	OBSTOJEČE STANJE	<u>UKREP</u>	SPREMEMBA
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m ³ a	12,86 kWh/m ³ a	11,80 %

Kot lahko razberemo iz preglednice 21, se učinkovitost ukrepa kaže v 11,80 % spremembi letne potrebne toplote za ogrevanje. Na letni ravni bi tako z zamenjavo vseh transparentnih delov znižali potrebo po toploti za ogrevanje prostorov za 1,72 kWh/m³a.

Sprememba toplotne prehodnosti netransparentnih delov ovoja stavbe:

Ukrep s katerim spremenimo toplotno prehodnost netransparentnih delov stavbe predstavlja povečanje debeline toplotne izolacije ovoja stavbe. V primeru OŠ je smiselno povečati debelino toplotne izolacije pri vseh zunanjih stenah. Streha stavbe v sklopih A, B, C in D ni toplotno izolirana, medtem ko je toplotna izolacija (kamena volna) strehe športne dvorane debela 20cm in zadošča kriteriju največje dopustne toplotne prehodnosti po TSG4. Spremembe debeline ovoja pri tleh na terenu verjetno ne bi bilo smiselno izvajati, zaradi finančnih in izvedbenih razlogov.

Toplotna prehodnost skozi tipični konstrukcijski sklop stene ima vrednost toplotne prehodnosti U enako 0,429 W/m²K, kar je izven meja po TSG4. Obstoječa fasada vsebuje 10 cm kamene volne s toplotno prevodnostjo $\lambda=0,053$ W/mK. Vrednost toplotne prehodnosti sten bi morala biti po TSG4 pod mejo 0,28 W/m²K. Da bi zadostili temu pogoju bi morali konstrukcijskemu sklopu stene dodati še 7 cm toplotne izolacije enake toplotne prevodnosti. Rezultati ukrepa glede znižanja toplotne prehodnosti vseh zunanjih sten pod dovoljeno mejo so prikazani v razpredelnici 22.

Preglednica 22: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi sanacije zunanjih sten

	OBSTOJEČE STANJE	<u>UKREP</u>	SPREMEMBA
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m ³ a	13,74 kWh/m ³ a	5,76 %

Z dodatkom toplotne izolacije oziroma z namestitvijo novega fasadnega ovoja s toplotno prehodnostjo, ki bi bila v okvirih zahtev po TSG4, bi za 5,76 % porabili manj letne toplote za ogrevanje prostorov glede na obstoječe stanje.

Sprememba toplotnih prehodnosti medetažne konstrukcije proti neogrevanem podstrešju:

Medetažna konstrukcija med ogrevanimi prostori in neogrevanem podstrešjem po večini vsebuje 15 cm toplotne izolacije iz kamene volne s toplotno prevodnostjo $\lambda=0,037$ W/mK, kar nanese toplotno prehodnost konstrukcijskega sklopa U vrednosti $0,227$ W/m²K. Da bi prešli znotraj okvirja toplotne prehodnosti po TSG4 in tako izpolnili enega izmed pogojev energetske učinkovitosti, bi morali dodati 3 cm enake toplotne izolacije k obstoječi situaciji.

Da bi bila izvedba takšne energetske sanacije upravičena, pa bi bilo smiselno namesto 3 cm dodati večjo debelino izolacijskega materiala. V analizi ukrepa sem uporabil toplotno izolacijo debeline 25 cm z enako toplotno prevodnostjo kot pri obstoječi izolaciji. V izračunu sem tako uporabil konstrukcijski sklop s toplotno prehodnostjo $0,141$ W/m²K. Rezultati izračuna analize ukrepa so podani v preglednici 23.

Preglednica 23: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi dodatka toplotne izolacije proti neogrevanem podstrešju

	OBSTOJEČE STANJE	<u>UKREP</u>	SPREMEMBA
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m ³ a	13,83 kWh/m ³ a	5,14 %

Če upoštevamo omenjeni ukrep, bi letno potrebno toploto za ogrevanje prostorov OŠ znižali na vrednost 13,83 kWh/m³a. Tako bi se obstoječa energetska bilanca glede letne toplote za ogrevanje izboljšala za 5,14 %.

Znižanje notranje temperature ogrevanih con:

Kot je navedeno v poglavju *Opis obravnavanega objekta* je notranja temperatura ogrevanih prostorov nastavljena na vrednost 23 °C (razen v telovadnici). To vrednost temperature se lahko za malenkost še zniža, saj se za temperaturno ugodje pozimi smatra vrednost 20 °C. V izogib občutku hladu učencev v prostorih šole, predlagam, da ne posežemo po spodnji meji temperaturnega ugodja. Tako sem za projektno notranjo temperaturo pozimi v ogrevanih

prostorih pri izračunu učinkovitosti ukrepa izbral vrednost 21,5 °C. Izbrana vrednost temperature je še vedno znotraj meja temperatur, ki so določena v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 24: Nova vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje zaradi dodatka toplotne izolacije proti neogrevanem podstrešju

	OBSTOJEČE STANJE	UKREP	SPREMEMBA
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m ³ a	13,51 kWh/m ³ a	7,34 %

Znižanje projektne temperature ogrevanih prostorov OŠ za 1,5 °C, nas vodi k zmanjšanju toplotne energije za ogrevanje stavbe za 7,34% glede na letno raven. Poudariti je potrebno, da ukrep ne predvideva znižanja projektne temperature v telovadnici, kjer je že v obstoječem stanju projektna temperatura nastavljena na 20 °C.

Vsi ukrepi skupaj:

Kot lahko opazimo s primerjavo preglednic 20 do preglednice 24 sem največjo energetsko učinkovitost dosegel z vpeljavo racionalnejših transparentnih delov ovoja stavbe. Najmanj učinkovit pa je ukrep z vpeljavo nočne izolacije. Na podlagi rezultatov analiz posameznih ukrepov lahko opazimo, da nobena izmed predlaganih sanacij ne bi samostojno odpravila problem previsoke letne potrebne toplote za ogrevanje preračunane na enoto kondicionirane prostornine po PURES-u 2010. Rešitev je le v kombinaciji vseh navedenih ukrepov.

Preglednica 25: Končna vrednost letne potrebne toplote za ogrevane pri vpeljavi vseh ukrepov skupaj

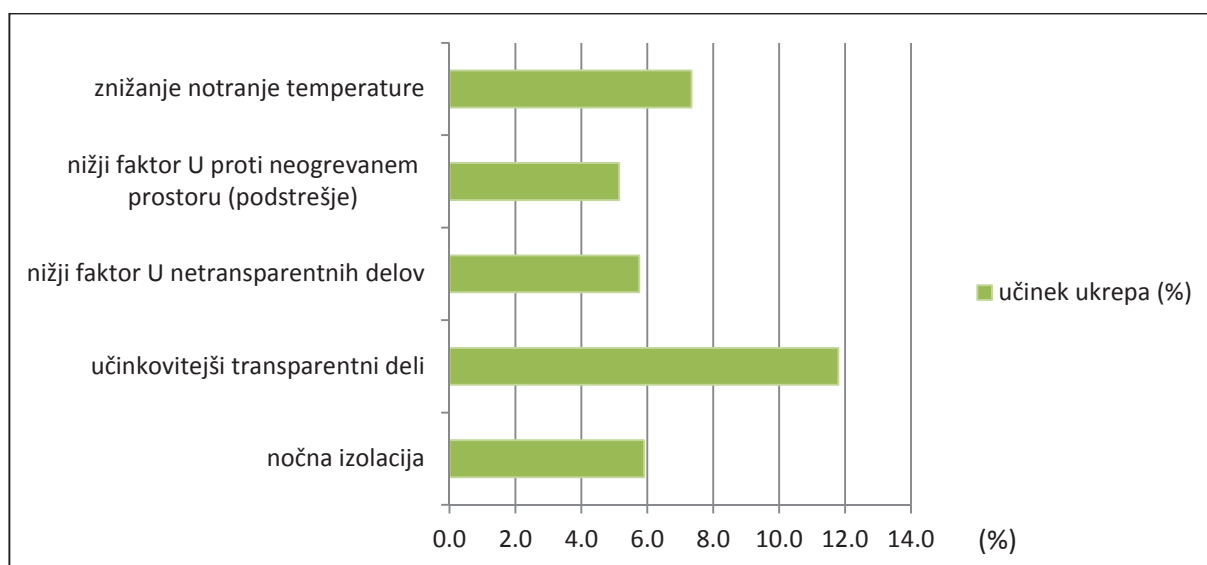
	OBSTOJEČE STANJE	VSI UKREPI SKUPAJ	DOVOLJENO
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e stavbe	14,58 kWh/m ³ a	10,01 kWh/m³a	10,37 kWh/m ³ a
		SPREMEMBA: 31,34 %	

Glede na preglednico 25 je razvidno, da sem s kombinacijo vseh ukrepov zmanjšal letno potrebno toploto za ogrevanje preračunano na enoto kondicionirane prostornine stavbe za vrednost 4,57 kWh/m³a, kar pomeni 31,34 % zmanjšanje glede na obstoječe energetsko stanje obravnavanega objekta. S tem pa sem tudi prišel v dopustne meje po PURES-u 2010.

6.1.2 Ocena primernosti predlaganih ukrepov

Pri energetske sanaciji stavbe smo omejeni s količino ukrepov zaradi izvedljivosti, energetske smiselnosti ter finančne omejenosti. Zato moramo v splošnem izbrati take ukrepe, ki so primerni tako iz stališča učinkovitosti kot tudi iz finančne plati.

Če primerjamo predlagane ukrepe za OŠ glede letne potrebne toplotne energije za ogrevanje stavbe (grafikon 2) lahko ugotovimo, da nam najučinkovitejše rezultate poda ukrep glede zamenjave transparentnih delov, vendar pa se moramo zavedati, da je ta ukrep eden izmed stroškovno najvišjih. Tudi ukrep za znižanje toplotne prehodnosti fasade je v splošnem cenovno neugoden, je pa res, da solidno zmanjša potrebno toploto za ogrevanje stavbe. Najprimernejši ukrep je znižanje notranje temperature ogrevanih prostorov, saj ga lahko izvedemo brez dodatnih stroškov in potrebnega časa, hkrati pa sodi med najučinkovitejše energetske ukrepe. Tudi zmanjšanje toplotne prehodnosti iz ogrevanih prostorov proti neogrevanem podstrešju in vgradnja nočne izolacije sta med lažje izvedljivimi na primeru OŠ in stroškovno ugodnimi. Za končno oceno primernosti ukrepov bi bilo potrebno torej celovito preveriti razmerje dosežene učinkovitosti s stroški izvedbe posameznih ukrepov ter izračunati stroškovno upravičenost ukrepov na dolgi rok, vendar bi s tem presegli obseg diplomske naloge.



Grafikon 2: Primerjava učinkovitosti predlaganih ukrepov glede na letno potrebno toploto za ogrevanje preračunano na enoto kondicionirane prostornine stavbe

Kljub vsemu pa bi potrebovali izvedbo vseh ukrepov za izpolnitev, mejnih vrednosti PURES-a 2010. V kombinaciji z vsemi navedenimi ukrepi bi zmanjšali letno potrebno toploto za ogrevanje skupno za 31,34 % (preglednica 25).

Načeloma so vsi navedeni ukrepi smiselni in izvedljivi. Poleg teh ukrepov pa bi lahko analizirali tudi vrsto drugih ukrepov kot so povečanje toplotne izolacije tal in drugih konstrukcijskih sklopov med ogrevanimi in neogrevanimi conami, vpeljava mehanskega prezračevanja z rekuperacijo zraka, itd.

6.2 Ukrepi za zagotovitev energije z obnovljivimi viri energije z oceno primernosti

Obnovljivi viri energije (v nadaljevanju OVE) so v splošnem določeni kot energija iz obnovljivih nefosilnih virov. Med nefosilne vire energije spadajo energije vetra, sonca, aerotermalne, geotermalne, hidrotermalne energije, energije oceanov, vodne energije, biomase, deponijskega plina, plina iz komunalnih čistilnih naprav in bioplinov. [7]

Kot sem že omenil v poglavju *Energetska bilanca obstoječega stanja* je energetska učinkovitost stavbe, ne glede na ostale kriterije, dosežena šele potem ko stavba z uporabo OVE zagotavlja najmanj 25 odstotkov celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi. To je osnovni pogoj, vendar pa PURES 2010 glede energetske učinkovitosti dovoljuje tudi izjeme, ki lahko nadomeščajo osnovni pogoj. [4] Šteje se namreč, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena tudi, če je delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode pridobljen na enega od načinov prikazanih v preglednici 26.

Preglednica 26: Izjeme, ki nadomeščajo osnovni pogoj glede zagotavljanja obnovljivih virov energije

IZJEME KI NADOMEŠČAJO OSNOVNI POGOJ
- Najmanj 25 % potrebne energije je iz sončnega obsevanja
- Najmanj 30 % potrebne energije je iz plinaste biomase
- Najmanj 50 % potrebne energije je iz trdne biomase
- Najmanj 70 % potrebne energije je iz geotermalne energije
- Najmanj 50 % potrebne energije je iz toplote okolja
- Najmanj 50 % potrebne energije je iz naprav z visokim izkoristkom, ki saporizvajajo toploto in električno energijo
- Stavba je najmanj 50 % oskrbovana iz energetske učinkovitega sistema daljinskega ogrevanja/hlajenja
- Letna končna energija je najmanj za 30 % manjša od mejne vrednosti

Potem, ko energetske saniramo stavbo z ukrepi navedenimi v poglavju *Ukrepi za zmanjšanje potrebe po energiji* bi morali stavbo oskrbeti z napravami, ki bi omogočale izrabo OVE.

Kriterije glede OVE po PURES-u 2010 bo tako lažje izpolniti, saj ima stavba po energetski sanaciji in upoštevanju vseh navedenih ukrepov ugodnejšo energetsko bilanco. Nova potrebna energija v stavbi je prikazana v preglednici 27.

Preglednica 27: Potrebna energija v stavbi po energetski sanaciji

(kWh/m ² a)	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda	Razsvetljava	Skupaj
Obstoječe stanje	90,98	0,82	43,65	21,40	156,86
Stanje po sanaciji	61,80	1,25	43,65	21,40	128,11

Na lokaciji obravnavnega objekta smo omejeni na energijo sonca in na okoliško toploto stavbe. Ukrepi, ki bi uvedli uporabo OVE v OŠ bi tako lahko bili namestitev sprejemnikov sončne energije (v nadaljevanju SSE), toplotne črpalke (v nadaljevanju TČ) in fotovoltaičnega sistema (v nadaljevanju PV).

Topla sanitarna voda se v obstoječi situaciji ogreva z zemeljskim plinom preko plinskega kondenzacijskega kotla. Smiselna bi bila izraba sončne energije z vgradnjo SSE. Vgradili bi ustrezno površino panelnih kolektorjev na strehi objekta in tako v sončnih dnevih pokrili potrebe po topli sanitarni vodi. Poleg tega bi namestili tudi TČ, ki bi zagotavljala ogrevanje tople vode, kadar s SSE ne bi dosegli zadostne temperature tople vode, in delno tudi toploto za ogrevanje. Šola je dobro obsijana s soncem, saj v njeni okolici ni nobenega objekta, ki bi šolo zasenčeval. Smeri in nakloni strehe (dvokapnica ima 20 ° naklon) so ugodni. Torej je tudi namestitev PV primeren ukrep za zagotovitev energije z OVE. S tem bi lahko pridobivali električno energijo za potrebe po razsvetljavi. V primeru večje elektrarne pa bi lahko zagotavljali električno energijo tudi za potrebe TČ in drugih naprav v stavbi.

7 ZAKLJUČEK

Kljub temu, da sem si zadal s to diplomsko nalogo relativno zahtevno nalogo, saj je šola zelo razgibana in ima veliko različnih konstrukcijskih sklopov ter prostorov, mi je bilo v veliko pomoč dejstvo, da sem bil tudi sam učenec obravnavane osnovne šole. Z razporeditvijo ter rabo prostorov sem dobro seznanjen in sem tako lažje pridobival potrebne podatke iz načrtov projektne dokumentacije.

Glavna ugotovitev tega diplomskega dela je torej, da je stavba OŠ energetske neučinkovita oziroma energetske potratna, saj v obravnavani obstoječi energetske situaciji stavba na leto porabi 14,58 kWh/m³a toplote na enoto kondicionirane prostornine stavbe kar je za 28,88 % preveč kot je to določeno v PURES-u 2010. S to ugotovitvijo tudi potrjujem začetno hipotezo in izpolnjujem zastavljen cilj v smislu preverjanja v kolikšni meri stavba izpolnjuje oziroma ne izpolnjuje kriterije, za doseganje energetske učinkovitosti glede na PURES 2010. Hkrati pa sem tekom diplomskega dela uspel tudi izdelati REI OŠ ter se tako spoznati z veljavno zakonodajo glede EI in metodologijo računa REI. Na podlagi kazalnika REI, ki uvršča stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine v razrede učinkovitosti, pa OŠ spada v razred D. Omenjen kazalnik REI ima razpon vrednosti od 60 do vključno 105 kWh/m²a, stavba pa dosega vrednost 90,98 kWh/m²a. Dobljeni rezultati so v skladu z mojimi pričakovanji. Energetska bilanca OŠ pa bi bila zagotovo še slabša, če ne bi vodstvo osnovne šole v preteklosti že sprejelo nekaterih energetske ukrepov, kot je na primer uvedba znižanega režima ogrevanja v času, ko šola ni zasedena. Na zadnje sem še izpolnil cilj glede predlaganih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti izbrane stavbe in glede izbora primernih ukrepov za energetske sanacije obravnavane stavbe.

Veliko je stvari, ki sem jih v računskih postopkih in analizah obšel, zaradi omejenega obsega diplomske naloge. Ena izmed pomembnejših stvari je prav gotovo analiza stroškovne učinkovitosti energetske sanacije, kar bi zagotovo pritegnilo zanimanje upravnika šole. Tudi glede možnih ukrepov bi lahko še razpravljali (zrakotesnost objekta, mehansko prezračevanje učilnic, toplotni mostovi, organizacijski ukrepi, energetska učinkovitost sistemov...). Tudi izbor OVE bi bilo smiselno analizirati glede na višino investicije in njeno povratno dobo ter življenjsko dobo samih naprav.

Slabše energetske stanje obravnavane osnovne šole je na nek način odraz problema neučinkovitosti stavb na energetske področju, predvsem stavb, ki so v lasti javnega sektorja. Kljub temu pa menim, da je veliko javnih stavb, predvsem starejših, energetske potratnejših kot je OŠ.

VIRI

- [1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, 18. 6. 2010.
- [2] Lojen, T. 2013. Kako do znanj in veščin za izvajalce skoraj nič energijskih hiš. Gradbenik 1: 60-61.
- [3] Energetski zakon (EZ). Ur.l. RS, št. 003-02-1/2014-7: 1787-1893.
- [4] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52/2010.
- [5] Krainer A. Predan R. 2012, Računalniški program TEDI, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 47 str.
- [6] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 45 str.
- [7] Energetske izkaznice stavb. (b.d.). Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS – informacijski portal energetika.
<http://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/energetske-izkaznice-stavb/> (Pridobljeno 17. 7. 2014).
- [8] Šijanec Zavrl, M. 2013. Izdelane so prve energetske izkaznice. Gradbenik 9: 29-31.
- [9] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetske izkaznic. Ur.l. RS, št. 77/09: 10310-10312.
- [10] Energetska izkaznica stavbe. 2014. Gradbeni inštitut ZRMK.
<http://energetskaizkaznica.si/> (Pridobljeno 17. 7. 2014).
- [11] Energetska izkaznica - kako se nanjo pripravimo. 2014.
<http://www.gi-zrmk.si/EUprojekti/budi/WP5/WP5%20D15b%20infopackage%20supplement%20public%20buildings%20Slovenia.pdf> (Pridobljeno 18. 7. 2014).

... se nadaljuje.

[12] Tehnična dokumentacija – PGD, objekt: osnovna šola Vrhnika. 1997. Primis Vrhnika d.d.

[13] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.

[14] Atlas okolja. 2014. Agencija RS za okolje. <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja> (Pridobljeno 23. 7. 2014).

[15] Zabašnik-Senegačnik, M. 2013. Zasteklitve in toplotna bilanca stavbe. Gradbenik 4: 14-15.

[16] Geopedia.si. 2014. http://www.geopedia.si/lite.jsp#T105_x499072_y112072_s9_b4 (Pridobljeno 25. 7. 2014).

[17] Okna in vrata Stabil. 2014. <http://www.stabil.si/ostali-program> (Pridobljeno 14.9.2014)

[18] Košir M., Krainer A., Kristl Ž. 2012. Integral control sistem of indoor environment in continuously occupied spaces. Automation in construction 1: 199-209.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: PODATKI O VRSTI IN POVRŠINAH PROSTOROV

A.1 Prostor ogrevane naravno prezračevane cone	A1
A.2 Prostor ogrevane mehansko prezračevane cone	A2
A.3 Prostor ogrevane mehansko prezračevane cone z rekuperacijskim sistemom	A2
A.4 Prostor neogrevane cone	A3
A.5 Neogrevano podstrešje	A3

PRILOGA B: KONSTRUKCIJSKI SKLOPI OBJEKTA

B.1 Konstrukcijski sklopi v enotah A, B in C	B1
B.2 Konstrukcijski sklopi v enotah D in E	B7

»ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA A: PODATKI O VRSTI IN POVRŠINAH PROSTOROV

A.1 Prostori ogrevane naravno prezračevane cone

Preglednica A 1: Prikaz vrst prostorov s površinami v naravno prezračevani coni

OGREVANA CONA – naravno prezračevana					
vrsta prostora	površina prostora (m ²)	vrsta prostora	površina prostora (m ²)	vrsta prostora	površina prostora (m ²)
Enota A					
avla	226,37	računovodstvo	19,64	pisarna za psihologa	15,12
knjižnica	68,39	arhiv	8,93	čajna kuhinja	6,25
čitalnica	21,56	kopirnica	7,2	čakalnica stopnišče	18,24
medioteka	15,12	tajništvo	19,60	zobozdravstvena ordinacija	22,95
stopnišče in hodnik	180,71	pisarna ravnatelj	27,03	preventivna soba	13,21
zbornica	64,58	prostor za razgovore	19,60		
Enota B					
hodnik	74,76	učilnica	62,40	kabinet	16,80
predprostor	9,91	učilnica	62,40	kabinet	18,72
delavnica	11,70	učilnica	56,00	kabinet	18,72
shramba	5,71	učilnica	56,00	učilnica	42,12
kabinet	7,43	učilnica	56,00	učilnica	56,00
kabinet	18,72	prostor za čistila	2,41	učilnica	56,00
kabinet	16,80	hodnik	92,76	učilnica	56,00
prostor za čistila	2,41	učilnica	56,00		
Enota C					
hodnik	107,96	učilnica	56,00	učilnica	56,00
kabinet	16,80	prostor za čistila	2,41	učilnica	56,00
kabinet	16,80	hodnik	107,96	učilnica	56,00
učilnica	56,00	kabinet	16,80	prostor za čistila	2,41
učilnica	56,00	kabinet	16,80	učilnica	56,00
učilnica	56,00	učilnica	56,00	učilnica	56,00
učilnica	56,00	učilnica	56,00		
Enota D					
garderoba za učitelje	12,86	jedilnica	80,00	sanitarije in garderoba	7,85
hodnik in stopnišče	25,73	hodnik	6,82	hodnik	43,32
hodnik in stopnišče	55,23	vhod (dostava)	6,07	hodnik	30,24
umivalnica	13,36	jedilnica za osebje	6,63	hodnik	30,23
pisarna specialnega pedagoga	13,20	kabinet	13,20	delavnica za hišnika	14,52

A.2 Prostori ogrevane mehansko prezračevane cone

Preglednica A 2: Prikaz vrst prostorov s površinami v mehansko prezračevani coni

OGREVANA CONA – mehansko prezračevana					
vrsta prostora	površina prostora (m²)	vrsta prostora	površina prostora (m²)	vrsta prostora	površina prostora (m²)
Enota A					
garderoba	37,80	WC	6,41		
garderoba	37,87	WC	6,74		
Enota B					
WC	16,69	WC	16,69	učilnica kemije	62,40
WC	14,24	WC	14,24		
WC za invalide	3,23	WC za invalide	3,23		
Enota C					
WC	16,69	WC za invalide	3,23	WC	14,24
WC	14,24	WC	16,69	WC za invalide	3,23
Enota D					
kuhinja	78,81	WC	1,44	WC	1,44
garderoba	29,04	garderoba	29,04	garderoba	29,04
WC	1,44	WC	4,31		
Enota E					
WC	11,73	WC za invalide	2,89		

A.3 Prostori ogrevane mehansko prezračevane cone z rekuperacijskim sistemom

Preglednica A 3: Prikaz vrst prostorov s površinami v mehansko prezračevani coni z rekuperacijskim sistemom prezračevanja

OGREVANA CONA – mehansko prezračevana (rekuperator)					
vrsta prostora	površina prostora (m²)	vrsta prostora	površina prostora (m²)	vrsta prostora	površina prostora (m²)
Enota E					
stopnišče in hodnik	19,82	telovadnica	1280,14	stopnišče	16,12
stopnišče in hodnik	23,08	stopnišče	16,12	galerija	22,37
kabinet	14,34	kabinet	20,34	galerija	22,37
tribune	92,09	tribune	92,09		

A.4 Prostori neogrevane cone

Preglednica A 4: Prikaz vrst prostorov s površinami v neogrevani coni z neogrevanimi prostori

NEOGREVANA CONA – neogrevani prostori					
vrsta prostora	površina prostora (m²)	vrsta prostora	površina prostora (m²)	vrsta prostora	površina prostora (m²)
Enota A					
vetrolov	20,57	vetrolov	5,09		
Enota D					
vetrolov	3,67	prostor za odpadke	4,28	vetrolov	10,02
shramba	7,66	prostor za čistila	3,40	prostor za prodajo kart	15,04
shramba	4,62	strojnica	27,54	vetrolov	2,10
shramba	6,53	strojnica	35,20	prostor za inventar	22,44
Enota E					
vetrolov	28,71	prostor za čistila	3,81	prostor za reporterje	10,60
shramba za športne rekvizite	59,82	shramba za športne rekvizite	53,13		

A.5 Neogrevano podstrešje

Podstrešje je neizkoriščeno. Podstrešni prostor je v enoti B in C zaradi dvokapnega ostrešja trikotne prizmatične oblike s povprečno višino na sredini 3,5m. Površina podstrešja v obeh enotah skupaj je 1114 m². V enoti A je podstrešje bolj razgibano s povprečno višino 2,4 m in površino 467 m². V enoti D, kjer je streha ravna z rahlo valovito obliko pa je podstrešje povprečno visoko 2 m in ima površino 643 m². Enota E podstrešja nima.

»ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA B: KONSTRUKCIJSKI SKLOPI OBJEKTA

Sloji med hidroizolacijo in zunanjim zrakom se pri računu toplotne prehodnosti U (W/m^2K) ne upoštevajo!

B.1 Konstrukcijski sklopi v enotah A, B in C

ZUNANJA STENA ($U_{MAX}=0.28 W/m^2K$)

NEPREZRAČEVANA FASADA $U=0.429 W/m^2K > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
armiran beton s kamnitim materialom	0.2	2.04
kamena volna	0.1	0.053
osnovni omet	0.03	0.107
praskan mineralni omet	0.01	0.45

NEPREZRAČEVANA FASADA $U=0.391 W/m^2K > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
opečni modularec	0.2	0.61
kamena volna	0.1	0.053
osnovni omet	0.03	0.107
praskan mineralni omet	0.01	0.45

PREDELNA STENA MED RAZLIČNIMA CONAMA ($U_{MAX}=0.70 W/m^2K$)

PREDELNA STENA $U=3.242 W/m^2K > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
armiran beton s kamnitim materialom	0.2	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.99

PREDELNA STENA $U=1.858 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
opečni modularec	0.2	0.61
podaljšana apnena malta	0.02	0.99

PREDELNA STENA $U=2.456 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
opečni modularec	0.12	0.61
podaljšana apnena malta	0.02	0.99

Steklene prizme 20/20/8 cm **$U=2.842 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$**

TLA NA TERENU ($U_{\max}=0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$)

TLA NA TERENU $U=0.550 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
keramične ploščice	0.01	0.87
armirano cementni estrih	0.07	1.4
polietilenska folija	0.001	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2/0.25 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.548 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.002	0.16
armirano cementni estrih	0.078	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2/0.25 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.545 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.0035	0.16
armirano cementni estrih	0.0765	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2/0.25 0.05	/

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED PROSTORI ISTE CONE ($U_{\max}=0.90 \text{ W/m}^2\text{K}$)

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=0.655 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.87
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
kamena volna	0.04	0.037
polietilenska folija	0.0005	0.19
armirano cementni estrih	0.07	1.4
keramične ploščice (stenske, glazirane)	0.01	0.87

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=0.652 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.02	0.16
armirano cementni estrih	0.078	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.04	0.037
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=0.653 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.02	0.16
armirano cementni estrih	0.078	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.04	0.037
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=0.628 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
laminat	0.02	0.16
armirano cementni estrih	0.07	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.04	0.037
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=2.633 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.0035	0.16
izravnalna masa	0.015	1.4
armiran beton s kamnitim agregatom	0.15	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=2.26 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
keramične ploščice	0.01	0.87
armirano cementni estrih	0.09	1.4
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

STROP PROTI NEOGRAVANEM PODSTREŠJU ($U_{MAX}=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$)

STROP (proti podstrešju) $U=0.227 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.87
armiran beton s kamenim agregatom	0.2	2.04
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.15	0.037
PVC folija, mehka	0.0005	0.19
armirano cementni estrih	0.07	1.4

STROP (proti podstrešju) $U=0.209 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
mavčne plošče	0.0125	0.7
letve (zračna plast)	0.05	0.135
slepi opaž	0.025	0.14
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.15	0.037

STREHA ($U_{MAX}=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$)

STREHA (poševna) $U=2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ocena) $> U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
špirovec	0.16	ni podatka
vodoneprepustna, paroprepustna folija	0.001	
vzdolžne letve (zračna plast)	0.05	
prečne letve (zračna plast)	0.05	
strešna kritina DECRA	0.01	

RAVNA STREHA $U= 0.166 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
NOVOLIT 50	0.05	0.09
HOR. GOR	0.1	0.714
les-smreka, bor	0.025	0.14
SIKAVAP folija	0.00035	0.2
kamena volna	0.2	0.04
sintetični PVC ojačen s poliestrsko armaturo	0.0015	0.2

RAVNA STREHA (pohodna terasa) $U=0.166 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.87
armiran beton s kamenim agregatom	0.25	2.04
naklonski beton	0.05	0.93
bitumenski trakovi - dvoslojni	0.01	0.19
kamena volna	0.12	0.04
filc	0.00013	0.19
pesek in drobni gramoz (prodec)	0.05	1.4
pohodni betonske plošče	0.05	2.04

B.2 Konstrukcijski sklopi v enotah D in E

ZUNANJA STENA ($U_{MAX}=0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$)

NEPREZRAČEVANA FASADA $U=0.429 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
beton s kamnitim materialom	0.2	2.04
kamena volna	0.1	0.053
osnovni omet	0.03	0.107
praskan mineralni omet	0.01	0.45

NEPREZRAČEVANA FASADA $U=0.421 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
beton s kamnitim materialom	0.3	2.04
kamena volna	0.1	0.053
osnovni omet	0.03	0.107
praskan mineralni omet	0.01	0.45

STENA $U=0.303 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
mavčna plošča (perforacija 20%)	0.012	0.35
stekleni voal	0.001	ni podatka
kamena volna med letvami	0.05	0.053
AB stena	0.3	2.04
kamena volna	0.1	0.053
osnovni omet	0.03	0.107
praskan mineralni omet	0.01	0.45

PREDELNA STENA MED RAZLIČNIMA CONAMA ($U_{MAX}=0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$)

PREDELNA STENA $U=3.242 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
armiran beton s kamnitim materialom	0.2	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.99

PREDELNA STENA $U=1.858 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
opečni modularec	0.2	0.61
podaljšana apnena malta	0.02	0.99

PREDELNA STENA $U=2.456 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.99
opečni modularec	0.12	0.61
podaljšana apnena malta	0.02	0.99

Steklene prizme 20/20/8 cm **$U=2.842 > U_{max}$**

TLA NA TERENU ($U_{MAX}=0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$)

TLA NA TERENU $U=0.548 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.002	0.16
armirano cementni estrih	0.078	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2/0.25 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.545 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.0035	0.16
armirano cementni estrih	0.0765	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2/0.25 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.550 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
keramične ploščice/keramika	0.01	0.87
armirano cementni estrih	0.07	1.4
polietilenska folija	0.001	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.552 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
keramične ploščice	0.01	0.87
armirano cementni estrih	0.06	1.4
polietilenska folija	0.001	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.25 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.554 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
keramične ploščice	0.01	0.87
armirano cementni estrih	0.05	1.4
polietilenska folija	0.001	0.19
kamena volna	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.15 0.05	/

TLA NA TERENU $U=5.73 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
epoksi premaz	0.002	1.2
armirano cementni estrih	0.06	1.4
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.2 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.643 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.0035	0.16
armirano cementni estrih	0.0665	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.05	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.15 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.491 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
športni pod s hrastovim parketom	0.12	0.21
kamena volna v športnem podu	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.15 0.05	/

TLA NA TERENU $U=0.491 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
športni pod s PVC finalnim slojem	0.12	0.21
kamena volna v športnem podu	0.06	0.037
(hidroizolacija armiran beton podložni beton utrjeno nasutje)	0.005 0.15 0.05	/

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED PROSTORI ISTE CONE ($U_{MAX}=0.90 \text{ W/m}^2\text{K}$)

MEDETAŽNA KONST. $U=1.04 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.0035	0.16
armirano cementni estrih	0.0565	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.02	0.037
armiran beton s kamnitim materialom	0.15	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

MEDETAŽNA KONST. $U=1.049 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.002	0.16
armirano cementni estrih	0.058	1.4
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.02	0.037
armiran beton s kamnitim materialom	0.15	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA $U=0.614 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
športni pod s PVC finalnim slojem	0.08	0.21
kamena volna	0.04	0.037
armiran beton s kamnitim materialom	0.15	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

PODEST $U=2.57 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
talna obloga iz gume	0.0035	0.16
izravnalna masa	0.0015	1.4
armiran beton s kamnitim materialom	0.15	2.04
podaljšana apnena malta	0.02	0.87

STROP PROTI NEOGRAVANEM PODSTREŠJU ($U_{MAX}=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$)

STROP (proti podstrešju) $U=0.227 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.87
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.15	0.037
PVC folija, mehka	0.0005	0.19
armirano cementni estrih	0.07	1.4

STROP (proti podstrešju) $U=0.328 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
podaljšana apnena malta	0.02	0.87
armiran beton s kamnitim agregatom	0.2	2.04
polietilenska folija	0.0005	0.19
kamena volna	0.1	0.037
PVC folija, mehka	0.0005	0.19
armirano cementni estrih	0.07	1.4

STREHA ($U_{MAX}=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$)

RAVNA STREHA $U=1.804 \text{ W/m}^2\text{K}$ (<u>ocena</u>) $> U_{max}$	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
črna kritina – sistem SIPLAST	ni podatka	ni podatka
elastomerni bitumenski trakovi - PARAFOR SOLO	0.035	
SCR ALLIANCE	ni podatka	
deščični opaž preko špirovcev	0.025	

RAVNA STREHA $U=0.168 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ocena) > U_{\max}	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
črna kritina - SIPLAST	ni podatka	ni podatka
elastomerni bitumenski trakovi - PARAFOR SOLO	0.035	
SCR ALLIANCE	ni podatka	
kamena volna med špirovci	0.2	
parna zapora - VERETANCHE 40	0.0005	
opaž iz desk	0.025	

STREHA $U=0.268 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ocena) > U_{\max}	debelina KS d [m]	toplotna prevodnost λ [W/mK]
prodec	0.08	ni podatka
filtrska polst	0.005	
ekstrudiran polistiren	0.12	
dvoslojni bitumenski trakovi	0.01	
naklonski beton	0.1	
AB plošča	0.15	
stropni omet	0.02	