

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:

Dugulin, N., 2015. Analiza obstoječe osnovne šole Dobrova z vidika energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Dovjak, M., somentor Kunič, R.): 40 str.

Datum arhiviranja: 15-03-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Dugulin, N., 2015. Analiza obstoječe osnovne šole Dobrova z vidika energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Dovjak, M., co-supervisor Kunič, R.): 40 pp.

Archiving Date: 15-03-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

NINA DUGULIN

**ANALIZA OBSTOJEČE OSNOVNE ŠOLE DOBROVA Z
VIDIKA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI IN
KAKOVOSTI NOTRANJEGA OKOLJA**

Diplomska naloga št.: 221/B-GR

**ANALYSIS OF THE EXISTING ELEMENTARY
SCHOOL DOBROVA IN TERMS OF ENERGY
PERFORMANCE AND INDOOR ENVIRONMENT
QUALITY**

Graduation thesis No.: 221/B-GR

Mentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

II

Dugulin, N. 2015. Analiza obstoječe osnovne šole Dobrovo z vidika energetske učinkovitosti stavbe in kvalitete notranjega okolja
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Gradbeništvo.

IZJAVE

Podpisana Nina Dugulin izjavljam, da sem avtorica dela z naslovom »Analiza obstoječe osnovne šole Dobrovo z vidika energetske učinkovitosti stavbe in kvalitete notranjega okolja«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 17. 9. 2015

Nina Dugulin

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEKOM

- UDK:** 699.8:727(497.4)(043.2)
- Avtor:** Nina Dugulin
- Mentorica:** doc. dr. Mateja Dovjak
- Somentor:** doc. dr. Roman Kuni
- Naslov:** Analiza obstoječe osnovne šole Dobrovo z vidika energetske uinkovitosti stavbe in kvalitete notranjega okolja
- Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 40 str., 4 sl., 9 pregl., 20 graf.
- Ključne besede:** osnovna šola, prenova, energetska uinkovitost, kakovost notranjega okolja, priporočila

Izvelek

V diplomski nalogi sem analizirala prenovo osnovne šole Dobrovo z vidika energetske uinkovitosti in kakovosti notranjega okolja. Objekt Osnovna šola Dobrovo je razgibane oblike, sestavljen iz kubusov različnih velikosti in višin. Glede na mas in konstrukcijski sistem gradnje lahko celoten šolski kompleks v grobem ločimo na dva dela. Prvi del ali "stara šola" (dograjena leta 1966) obsega dve med seboj pravokotni krili, kjer so učilnice, pisarne in knjižnica. Drugi del je novejši del (dozidava je trajala več let in se zaključila približno pred desetletjem) in obsega prostore telovadnic, jedilnice, kuhinje in petih učilnic. Na prvem delu objekta je bil leta 2014 prenovljen samo toplotni ovoj stavbe, na drugem delu objekta pa poleg tega še menjava stavbnega pohištva, montaža kolektorjev za gretje sanitarne vode in zamenjava kotla na lesno biomaso. Zadnjih dveh omenjenih izboljšav pri analizi nisem upoštevala, saj so z njuno uporabo pričeli šele januarja 2015. Poleg tega oba omenjena posega nista vključena v izračunano energetska izkaznica.

Cilj diplomske naloge je s programsko opremo TOST izračunati parametre energetske uinkovitosti in jih primerjati z obstoječo zakonodajo ter izračunano energetska izkaznica objekta. Vidik kakovosti notranjega okolja sem analizirala s pomočjo vprašalnika, s katerim sem pridobila mnenje zaposlenih o izbranih parametrih kakovosti notranjega okolja po sanaciji OŠ Dobrovo v primerjavi s stanjem pred sanacijo.

Rezultati so pokazali, da Osnovna šola Dobrovo ne izpolnjuje zahtev o energetske učinkovitosti objekta. Pri primerjavi izraženih vrednosti s programsko opremo TOST in izraženih vrednosti z energetske izkaznice dobimo različne rezultate. Najbolj odstopajo vrednosti izpustov CO₂, in sicer za več kot dvakrat. Rezultati ankete kažejo na minimalne spremembe v zaznani kakovosti notranjega okolja po sanaciji v primerjavi s stanjem pred sanacijo. Da bi pridobili rezultate, s katerimi bi z gotovostjo sklepali na vpliv sanacije na kakovost notranjega okolja, bi bile potrebne podrobne analize. Mnenja o kakovosti notranjega okolja bi bilo treba v prihodnosti nadgraditi tudi z meritvami parametrov udobja. Priporočamo, da se obstoječe okvirje oken prestavi v nivo toplotne izolacije, da se obnovi ogrevalni sistem in naprave za pripravo tople sanitarne vode ter se uredi prezračevanje z rekuperacijo toplote.

Poleg tega bi bilo dobro vgraditi termostatske ventile in zamenjati obstoječe rpalke.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.8:727(497.4)(043.2)
Author:	Nina Dugulin
Supervisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph.D.
Co-advisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D.
Title:	Analysis of the existing elementary school Dobrovo in terms of energy performance and indoor environment quality
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	40 p., 4 tab., 9 fig., 20 graph.
Key words:	primary school, renovation, energy efficiency, indoor environment quality, recommendations

Abstract

In my thesis, I analysed the renovation of Dobrovo Primary School in terms of energy efficiency and indoor air quality. The school facilities are diverse, composed of cubes of different sizes and heights. Given the time and the construction system, the whole school complex can be divided into two major parts. The first part or the "old school" (completion of building works in 1966) comprises two mutually perpendicular wings where classrooms, offices and library are situated. The second part is the newer part (the extension lasted several years and was finalised about a decade ago) which comprises gyms, dining halls, kitchens and five classrooms. On the first part, only the remediation of the thermal envelope of the building was carried out in 2014 whereas on the second part also builders' joinery was replaced, solar panels for heating domestic water and wood-fuelled biomass boiler were installed. However, the last two improvements introduced by Dobrovo Primary School were not taken into account in the analysis since they have only come into use in 2015. Moreover, both of these are also not included in the energy performance certificate.

The aim of the thesis is to present the results calculated using TOST software and compare them with the existing legislation as well as the calculated energy performance

certificate of the building. The aspect of indoor air quality had been analysed through a survey among the employees which provided their opinion on the chosen quality parameters before and after the restoration.

The results obtained with TOST software revealed that Dobrovo Primary School does not meet the requirements of the energy efficiency. When comparing the values calculated by TOST software and calculated values of the energy performance certificate, different results are obtained. The values of CO₂ deviate the most as they are more than twice as high. Based on the survey results, it can be concluded that only minimal changes are perceived in the quality of the indoor environment after the renovation. In order to obtain results that would draw to a firm conclusion on the effects of rehabilitation on the quality of the indoor environment, a detailed analysis would be required. In the future, the opinion should be upgraded also with measurements of comfort parameters.

It is recommended to move the existing window frames to the level of thermal insulation, to renew the heating system and hot domestic water preparation appliances, and to install heat recovery ventilation system. In addition, it would be worthwhile fitting thermostatic valve and replacing circulating.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici, doc. dr. Mateji Dovjak, ki mi je ves čas nastajanja naloge odgovarjala na vsa moja vprašanja in mi pomagala s smernicami za nadaljnje delo. Zahvaljujem se tudi somentorju, doc. dr. Romanu Kuniču, za vso strokovno pomoč in nasvete ter g. Rudiju Perdanu za pomoč pri programski opreči TOST.

Zahvala gre kolektivu podjetja Klima 2000 in kolektivu podjetja GOLEA, ker so mi omogočili ali vpogled v njihovo delo in pridobitev vseh zelenih podatkov.

Zahvaljujem se tudi zaposlenim na OŠ Dobrovo za čas, ki so ga namenili izpolnjevanju ankete.

Posebno zahvalo namenjam svojim staršem za vso pomoč, spodbudo in čas, ki so ga namenili meni in sinu Lovru, da sem lahko diplomsko nalogo napisala.

VIII

Dugulin, N. 2015. Analiza obstoječe osnovne šole Dobrovo z vidika energetske učinkovitosti stavbe in kvalitete notranjega okolja
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Gradbeništvo.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	NAMEN, CILJI IN HIPOTEZA	3
3	METODA DELA	5
	3.1 Opis stavbe in con.....	5
	3.2 Opis programa.....	7
	3.2.1 Splošni podatki	9
	3.2.2 Prva temperaturna cona	10
	3.2.3 Druga temperaturna cona	12
	3.3 Mnenje uporabnikov o kakovosti notranjega okolja v OŠ (pred, po prenovi).13	
	3.3.1 Anketa o kakovosti notranjega okolja v OŠ Dobrovo	14
4	REZULTATI.....	19
	4.1 Izračun energetske učinkovitosti OŠ Dobrovo z računalniškim programom TOST	19
	4.2 Rezultati mnenja o kakovosti notranjega okolja v OŠ Dobrovo (pred, po prenovi)	20
5	PRIMERJAVA REZULTATOV TOST Z OBSTOJEČO ZAKONODAJO	32
	5.1 Splošno o Pravilniku o učinkoviti rabi energije (Uradni list RS, št. 42/2002) in tehnični smernici Učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010).....	32
	5.2 Primerjava z obstoječo zakonodajo.....	33
6	PRIMERJAVA REZULTATOV TOST Z ENERGETSKO IZKAZNICO.....	34
	6.1 Splošno o energetske izkaznici.....	34
	6.2 Primerjava z energetske izkaznico	34

X

Dugulin, N. 2015. Analiza obstoječe osnovne šole Dobrovo z vidika energetske učinkovitosti stavbe in kvalitete notranjega okolja
Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Univerzitetni študijski program I. stopnje Gradbeništvo.

7	PRIPOROČILA.....	35
8	ZAKLJUČEK.....	36
	VIRI.....	38

KAZALO SLIK

Slika 1: OŠ Dobrovo.....	4
Slika 2: Meja med conama.....	6
Slika 3: Tloris kleti cone 1	7
Slika 4:Tloris kleti cone 2	7

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Splošni podatki programa TOST [29].....	9
Preglednica 2: Klimatski podatki za Dobrovo (74871, 452423)	10
Preglednica 3: Splošni podatki prve cone	11
Preglednica 4: Projektne temperature	11
Preglednica 5: Podatki o transparentnih elementih cone	12
Preglednica 6: Splošni podatki cone 2	12
Preglednica 7: Podatki o transparentnih elementih cone 2	13
Preglednica 8: Rezultati izračuna energetske bilance	20
Preglednica 9: Primerjava rezultatov energetske izkaznice in TOST-a.....	35

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Razlika v ob uteni T v asu ogrevanja pozimi po prenovi v primerjavi z ob uteno T pred prenovu.....	21
Grafikon 2: Razlika v ob uteni T v asu hlajenja poleti po prenovi v primerjavi z ob uteno T pred prenovu.....	21
Grafikon 3: Razlika v vlažnosti zraka v asu ogrevanja pozimi po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovu	22
Grafikon 4: Razlika v vlažnosti zraka v asu hlajenja poleti po prenovi v primerjavi z vlažnostjo zraka pred prenovu	22
Grafikon 5: Razlika v prepihu v asu ogrevanja pozimi po prenovi v primerjavi s prepihom pred prenovu.....	23
Grafikon 6: Razlika v prepihu v asu hlajenja poleti po prenovi v primerjavi s hlajenjem pred prenovu.....	24
Grafikon 7: Ocena toplotnega udobja v asu poleta pred prenovu.....	25
Grafikon 8: Ocena toplotnega udobja v asu poletja po prenovi.....	25
Grafikon 9: Ocena toplotnega udobja v asu zime pred prenovu.....	26
Grafikon 10: Ocena toplotnega udobja v asu zime po prenovi.....	26
Grafikon 11: Razlika v kakovosti zraka pred prenovu v primerjavi s stanjem po prenovi	27
Grafikon 12: Razlika v koli ini dnevne svetlobe pred prenovu v primerjavi s stanjem po prenovi	27
Grafikon 13: Pogostost ob utenja hladnih sten glede na stanje pred prenovu	28
Grafikon 14: Pogostost ob utenja hladnih okenskih površin pozimi glede na stanje pred prenovu	29
Grafikon 15: Pogostost ob utenja toplih okenskih površin poleti glede na stanje pred prenovu ...	29
Grafikon 16: Pogostost ob utenja toplih sen il poleti glede na stanje pred obnovo	30
Grafikon 17: Pogostost ob utenja mrzlih tal glede na stanje pred prenovu	30
Grafikon 18: Mnenje zaposlenih o tem, ali kakovost notranjega zraka v u ilnici vpliva na zbranost u encev.....	31
Grafikon 19: Mnenje zaposlenih o tem, ali boljša kakovost zraka v u ilnici vpliva na njihovo storilnost.....	31
Grafikon 20: Pogostost prezra evanja u ilnice glede na stanje pred prenovu	32

OKRAJŠAVE

ARSO = Agencija Republike Slovenije za okolje

CO₂ = ogljikov dioksid

ELKO = ekstra lahko kurilno olje

EN = Evropski standard

ISO = Mednarodna organizacija za standardizacijo (ang. *International Organization for Standardization*; kratica ISO)

MOL = Ministrstvo za okolje in prostor

OŠ = osnovna šola

PURES = Pravilnik o učinkoviti rabi energije (Uradni list RS, št. 42/2002)

RS = Republika Slovenija

SIST = Slovenski inštitut za standardizacijo

TSG = Tehnična smernica za graditev (TSG-1.004:2010).

SIMBOLI

P = površina [m^2]

Q_{NC} = letni potrebni hlad za hlajenje stavbe [$kWh/(m^2a)$]

Q_{NH} = letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe [$kWh/(m^2a)$]

Q_P = letna primarna potrebna energija [$kWh/(m^2a)$]

V = prostornina [m^3]

RAZLAGA POJMOV

TEMPERATURNA CONA = je območje v stavbi, ki je ogrevano na enako temperaturo (v temperaturni coni se navadno nahajajo več prostorov, ki se med seboj stikajo). Temperaturne cone nastanejo zaradi različnih dejavnosti, pri katerih so potrebne različne temperature ($\Delta T \approx 4 \text{ K}$), npr. ogrevani – neogrevani deli stavbe, tamponske cone, zimski vrt. [1]

PRIMARNA ENERGIJA = je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni še nobeni tehnični pretvorbi – Q_P (kWh). [2]

LETNI POTREBNI HLAD ZA HLAJENJE = je potreba po hladu, ki ga je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju hlajenja, določena po standardu SIST EN ISO 13790:2005 – Q_{NC} (kWh). [2]

KOEFICIENT SPECIFIČNIH TRANSMISIJSKIH TOPLOTNIH IZGUB STAVBE = je razmerje med količnikom transmissijskih toplotnih izgub stavbe H_T in zunanjo površino stavbe A – H_T ($\text{W}/(\text{m}^2\text{a})$). [2]

LETNA POTREBNA TOPLOTA ZA OGREVANJE = je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja, določena po standardu SIST EN ISO 13790:2005 – Q_{NH} (kWh). [2]

LETNA DOVEDENA ENERGIJA = je celotna končna energija goriva in daljinske toplote, ki se dovaja sistemom v stavbi in ne vključuje elektrike, določena na podlagi meritev v skladu s standardom SIST EN 15603:2008 – $Q(f)$ (kWh/ (m^2a)). [3]

LETNA DOVEDENA ELEKTRIČNA ENERGIJA = vključuje rabo vse elektrike v stavbi, tudi za delovanje toplotnih črpalk, pripravo sanitarne tople vode, pomožne električne energije, razsvetljavo, delovanje drugih naprav itd., določena na podlagi meritev, v skladu s standardom SIST EN 15603:2008 – (kWh/ (m^2a)). [3]

KAKOVOST NOTRANJEGA OKOLJA = vključuje parametre toplotnega udobja, svetlobnega udobja, zvočnega udobja, kakovosti zraka, ergonomije. [4] V diplomski nalogi sem se osredotočila na izbrane parametre toplotnega in svetlobnega udobja ter kakovosti okolja.

TOPLOTNO UDOBJE = je stanje uma, ki izraža zadovoljstvo s termalnim okoljem. Na toplotno udobje vplivajo temperatura zraka, temperatura površin, vlažnost zraka, hitrost gibanja zraka, obleka in stopnja metabolizma ter individualne značilnosti oseb. [4], [5]

OPERATIVNA (OPERATIVNA) TEMPERATURA = je srednja temperatura med temperaturo zraka v prostoru in srednjo sevalno temperaturo. [6]

1 UVOD

Gradbeništvo je panoga, ki proizvede velike količine gradbenih odpadkov (približno 40 % vseh nastalih) in porabi ogromne količine energije (približno 40 %). Pomembno je, da v celotnem življenjskem ciklu stavbe posvečamo veliko pozornosti varovanju okolja z zmanjševanjem rabe energije, vpeljavi rabe obnovljivih virov in gospodarjenju z odpadki (minimizacija, ponovna raba, reciklaža itd.). [7]

Omenjena problematika je vključena v zahteve in cilje strateških dokumentov ter mednarodnih in nacionalnih pravnih aktov.

Cilj EU je že od leta 2007 zmanjšati porabo energije do leta 2020 za petino na leto.

Med ukrepe energetske učinkovitosti sodijo ukrepi s ciljem, da se ne krepiti zgolj trajnostna preskrba z energijo, zmanjšanje emisij toplogrednih plinov ipd., ampak se spodbuja tudi konkurenčnost evropskih gospodarstev. Tako je denimo Evropski svet marca letos med drugim poudaril pomen uspešnosti energetske učinkovitosti pri zniževanju stroškov energije, saj se s tem zmanjšuje tudi energetska odvisnost. [8]

Mednarodne zahteve EU so prenesene v pravni red Republike Slovenije. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) pravi, da je treba »stavbo zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito upravljanje z energijskimi tokovi«. [9]

Pri reševanju problematike velike rabe energije stavbe pa ima velik pomen tudi hierarhija ukrepanja, ki sledi bioklimatskemu načrtovanju (izhajamo iz lokacije, preidemo na toplotni ovoj in nato na učinkovite sisteme ogrevanja, hlajenja in prezračenja). [10]

Pogoj za energetsko učinkovitost stavbe je predvsem dobra toplotna zaščitna ovojna stavbe. Lahko imamo najbolj učinkovito grelno napravo, a če stavba ni dobro izolirana, so toplotne izgube velike. [11]

Ko je ovoj stavbe energetsko učinkovit, so pomembne energetske učinkovite naprave, ki imajo velike izkoristke. Sledi izbira obnovljivega vira energije, ki je cenovno ugoden in

okolju prijaznejši kot pa dosedanji energent. Za energetske učinkovitost pa je pomemben tudi lastnik sam, saj njegov odnos veliko doprinese k varčevanju z energijo. [12]

Pri doseganju energetske učinkovitosti pa ne smemo pozabiti na kakovost notranjega okolja, ki je pogosto zapostavljena.

Ker ljudje vedno več časa preživimo v zaprtih prostorih (80–90 %), je kakovost notranjega okolja bistvenega pomena. [13]

Energetsko učinkovite obnove obstoječih stavb so bistvenega pomena tako zaradi prihranka na energiji kot z vidika doseganja zdravih in udobnih notranjih razmer. Vlaganje v celovite prenovitve, ki so energetske učinkovite in zagotavljajo kakovostno notranje okolje, se kaže tudi v boljših in njih uspehih bodočih generacij, storilnosti zaposlenih, udobju in zdravju uporabnikov. [4]

Rezultati raziskave, ki je bila opravljena na eni izmed osnovnih šol na Danskem, so pokazali, da ustrezna temperatura zraka in prezračevanje povečata sposobnost učenec za 10 do 20 %. Kazalci raziskave so bili hitrost dela učenec in zmanjšanje števila njihovih napak. Strokovnjaki opozarjajo, da ima koncentracija CO₂ neposreden vpliv na zbranost ljudi. [14]

Do enakih zaključkov sta v svojih raziskavah prišla tudi avtorja Wyon [15] in Haverinen - Shaughnessy [16].

Veliko raziskav prikazuje, da je kakovost zraka v naših domovih, na delovnih mestih in na drugih javnih krajih slaba in odvisna od uporabljenih materialov pri gradnji, od namembnosti prostora, na njegove uporabe, zračnosti, uporabe istih ter ostalih predmetov splošne rabe itd. Slaba kakovost zraka v zaprtih prostorih je lahko še zlasti škodljiva za družbeno občutljivejše skupine, na primer za otroke, starejše osebe in ljudi z obolenji srca in ožilja ali s kroničnimi obolenji dihal, kot je astma. [17], [18]

Za potrebe diplomske naloge sem izbrala prenovljen objekt Osnovne šole Dobrovo. Opravila sem analizo prenovitve objekta z vidika energetske učinkovitosti in kvalitete notranjega okolja.

2 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZA

Namen diplomske naloge je analizirati prenovo OŠ Dobrovo z vidika energetske učinkovitosti in kvalitete notranjega okolja. Z vidika energetske učinkovitosti sem proučevala parametre, ki smo jih izražali s programsko opremo TOST in jih primerjali z obstoječo zakonodajo ter energetske izkaznice. Z vidika kakovosti notranjega okolja smo s pomočjo vprašalnika pridobili mnenja zaposlenih o izbranih parametrih kakovosti notranjega okolja po prenovi OŠ Dobrovo v primerjavi s stanjem pred prenovno.

Investitor, občina Dobrovo, je želela s tem omogočiti boljše kvaliteto energijskega procesa, prihraniti pri stroških za energijo, zmanjšati emisije CO₂ v okolje, upoštevati normative, ki jih predstavlja Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) [19], izboljšati bivalno okolje v zvezi ter prispevati k razvoju občine. [20]

Vse naštetih cilje je poskušala doseči z energetske sanacije ovojne stavbe (2014), toplotno izolacijo fasade na šoli, z zamenjavo stavbnega pohištva na šoli, sanacijo strehe (nad visokim delom telovadnice), montažo kolektorjev za gretje sanitarne vode, z zamenjavo obstoječih kotlov s kotli na lesno biomaso ter z zamenjavo obstoječih termostatskih ventilov. [21]

Na spodnji sliki je OŠ Dobrovo (Slika 1).



Slika 1: OŠ Dobrovo [22]

Glede na namen diplomske naloge sem si zastavila pet ciljev:

1. S pomočjo programske opreme TOST izračunati energetske učinkovitosti stavbe.
2. Primerjati izračunane vrednosti parametrov energetske učinkovitosti z vrednostmi, ki so določene v obstoječi zakonodaji (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS, št. 42/2000, Tehnična smernica Učinkovita raba energije TSG-1.004:2010). [19], [23]
3. Primerjati izračunane vrednosti parametrov energetske učinkovitosti z vrednostmi, ki so bile izmerjene na objektu. Izmerjene vrednosti smo pridobili iz izmerjene energetske izkaznice obstoječega objekta. [24]
4. Pridobiti mnenje o kakovosti notranjega okolja pred in po sanaciji (zimski čas, poletni čas) s pomočjo vprašalnika o kakovosti notranjega okolja v OŠ Dobrovo.
5. Izdelati poročila z vidika energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja.

Predvidevam, da objekt OŠ Dobrovo ne bo izpolnjeval zakonskih zahtev, na katerih temelji tudi programska oprema TOST. Predpostavljam, da bodo vrednosti rezultatov programske opreme TOST z izra unanimi vrednostmi rezultatov iz energetske izkaznice razli ne ter da bodo rezultati ankete pokazali, da je kakovost notranjega okolja po energetske sanaciji boljša in prijaznejša do uporabnikov v zimskem in poletnem času.

3 METODA DELA

3.1 Opis stavbe in con

Podatke za izra un energetske učinkovitosti stavbe sem zbirala pri izvajalcu, to je podjetje GOLEA, in pri izdelovalcu projektne dokumentacije, to je podjetje Klima 2000. [25], [26]

Na podlagi ogleda objekta, opravljenih izmer in izrisa obstoječega objekta je bilo pripravljenih nekaj predlogov sanacije, izbrana pa je bila varianta, opisana v nadaljevanju. Po projektu so objekt razdelili na posamezne sklope. Na prvem delu objekta, ki obsega med seboj pravokotna trakta stare šole, je potekala sanacija toplote izolacije vseh fasad in zamenjava vhodnih vrat. Drugi del objekta obsega veliko telovadnico s pripadajočimi kabineti, malo telovadnico in pripadajoče prostore – kuhinjo, jedilnico in pet učilnic.



Slika 2: Meja med temperaturnima conama [22]

Za potrebe diplomske naloge sem objekt razdelila na dve temperaturni coni (Slika 2). Prva temperaturna cona obsega objekt 1, ki obsega stari del šole (1966), to so učilnice, knjižnica in pisarne. Druga temperaturna cona obsega vse ostale objekte, to so telovadnici, kuhinja, jedilnica in pet učilnic. Na spodnjih dveh slikah (Slika 3, Slika 4) sta razvidna tlorisa posamezne cone. Cone so razdeljene tako zato, ker so prostori v posamezni coni ogrevani na enako temperaturo.

Pri izračunu sem se osredotočila na koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T , letno rabo primarne energije Q_P , letno potrebno toploto za ogrevanje Q_{NH} in letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} .

Program omogoča izračun energetske bilance stavbe oziroma izdelavo poročila o ustreznosti toplotne zaščitne stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) in Tehnični smernici Učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010). [19], [23]

Program omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje stanovanjskih in nestanovanjskih stavb po mesečni ali sezonski metodi, pri čemer se lahko za vsak mesec upošteva tudi poenotno obdobje nezasedenosti. Program omogoča tudi izračun različnih časovnih obdobij (dan, noč, vikend in obdobje nezasedenosti), ki se jih lahko poljubno definira. Program je kompatibilno povezan s programom TEDI, ki omogoča izračun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope. [29]

Pri izračunu energetske bilance stavbe z računalniškim programom TOST sem se osredotočila na naslednje parametre: koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T , letna raba primarne energije Q_P , letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} , letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} .

Objekt smo najprej razdelili na temperaturne cone.

Temperaturna cona je območje v stavbi, ki je ogrevano na enako temperaturo (v temperaturni coni se navadno nahaja več prostorov, ki se med seboj stikajo), temperaturne cone pa nastanejo zaradi različnih dejavnosti, pri katerih so potrebne različne temperature ($\Delta T \geq 4 \text{ K}$), npr. ogrevani – neogrevani deli stavbe, tamponske cone, zimski vrt. [1]

Poznati moramo dimenzije posamezne temperaturne cone, njeno uporabno površino in volumen, dimenzije transparentnih delov in prehodnosti (U-faktor) ter ostale vhodne podatke v skladu z navodili za program. [29]

Preveriti je treba, če so rezultati v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) in TSG (1.004:2010), saj nam podajo diagnozo o ustreznosti objekta. [19], [23]

3.2.1 Splošni podatki

Splošni podatki v prvem delu delovnih listov, ki jih program zahteva, so podatki o načinu ogrevanja in hlajenja ter načinu ogrevanja tople vode. V času izdelave energetske izkaznice so za ogrevanje na stavbi uporabljali ELKO, zato sem enak energent uporabila pri računu energetske bilance s programsko opremo TOST. [24]

Za obravnavano osnovno šolo sem vnesla podatke, ki jih prikazuje spodnja preglednica. Želene podatke sem pridobila iz podatkov iz investicijskega programa [30] in ustne navedbe hišnika, ostale pa sem predpostavila iz uporabniškega priročnika TOST. [29]

Obravnavana osnovna šola je ogrevana z lahkim kurilnim oljem prek centralnega ogrevanja, na isti način pa se ogreva tudi voda. Za podatke o učinkovitosti sistema sem izbrala standardni kotel razreda A. Za potrebe hlajenja osnovna šola uporablja električno energijo. Za podatke o učinkovitosti sem izbrala toplotno črpalko razreda B. Podatki so podani v Preglednici 1.

Preglednica 1: Splošni podatki programa TOST [29]

OGREVANJE			
Energent	U inaktivnost sistema		
	<i>Generacija (standardni kotel, razred A)</i>	<i>Distribucija (izolirane cevi znotraj ogrevanih prostorov)</i>	<i>Emisija (radiatorji, ploskovno ogrevanje, razred A)</i>
ELKO	0,9	0,95	0,96
HLAJENJE			
Energent	U inaktivnost sistema		
	<i>Generacija (toplotna črpalka, razred B)</i>	<i>Distribucija (izolirane cevi znotraj ohlajevalnih prostorov)</i>	<i>Emisija (ventilatorski konvektorji, razred A)</i>
Električna energija	2,5	0,95	0,92
TOPLA VODA			
Energent	U inaktivnost sistema		
	<i>Generacija (standardni kotel, razred A)</i>	<i>Distribucija (izolirane cevi znotraj ogrevanih prostorov)</i>	<i>Emisija (pipe)</i>
ELKO	0,9	0,95	1

Naslednji korak je določitev lokacije OŠ Dobrovo, na podlagi katere TOST pridobi podatke o klimatskih pogojih, značilnih za območje, kjer se objekt nahaja. Na podlagi katastrske občine in parcelne številke program določi koordinate za objekt osnovne šole. Vsi podatki so razvidni v spodnji preglednici (Preglednica 2).

Preglednica 2: Klimatski podatki za Dobrovo (74871, 452423)

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3900
Projektna temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0,16
Povprečna letna temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	7,8
Letna sončna energija (kWh/m^2)	1084
Trajanje ogrevalne cone (dnevi)	280
Začetek ogrevalne cone (dan)	245
Konec ogrevalne cone (dan)	160

V osnovnih šolah pouk v času vikendov, poletnih in praznikov ne poteka, zato sem to upoštevala pri določitvi števila dnevnih in nočnih ur. Pri obravnavanem objektu sene nisem upoštevala.

Izračun energetske bilance temelji na podatkih o conah, na katere sem razdelila obravnavan objekt. Kot sem že predstavila v poglavju Opis stavbe in cone (3.1), je OŠ Dobrovo razdeljena na dve temperaturni cone. Cone so podrobno opisane v nadaljevanju.

3.2.2 Prva temperaturna cona

Prva temperaturna cona predstavlja objekt 1, to je stari del šole, kjer so prostori pisarn, učilnice in knjižnica. Podatke o prostornini in površini cone sem pridobila iz načrtov, ki mi jih je posredovalo podjetje Klima 2000. Zunanji zid obravnavane cone je iz armiranobetonske konstrukcije.

Podatki o coni so predstavljeni v spodnji preglednici (Preglednica 3).

Preglednica 3: Splošni podatki prve cone

Prva ogrevalna cone	
Neto prostornina cone (m ³)	9962,58
Uporabna površina cone (m ²)	2608
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	težka
Višina (m)	15,28
Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,54
Obseg tal na terenu (m)	136,91

Projektno notranjo temperaturo poleti in projektno notranjo temperaturo za obdobje dan sem predpostavila na podlagi Pravilnika o prezraevanju in klimatizaciji (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002). [19]

Vse ostale podatke pa sem pridobila iz ustnih virov zaposlenih na OŠ Dobrovo.

Ogrevanje se namreč po doloeni uri izključi. V spodnji preglednici (Preglednica 4) so prikazane vrednosti, s katerimi sem operirala.

Preglednica 4: Projektne temperature

	Dan	No	Vikend	Nezasedeno
Projektna notranja temperatura pozimi (C)	21	15	15	15
Projektna notranja temperatura poleti (C)	25	25	25	25

Šola ima urejen sistem naravnega prezraevanja. Predpostavila sem, da je urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem enaka 4, kar ustreza priporoeni stopnji izmenjave zraka za zagotovitev zadostne kvalitete notranjega zraka. [31]

V naslednji preglednici (Preglednica 5) so predstavljeni podatki o površini netransparentnih in transparentnih delov objekta. Vrednost toplotne prehodnosti fasade sem vzela iz prijavnega obrazca. [32]

Preglednica 5: Podatki o transparentnih elementih cone

Prva ogrevalna cona	
Površina zunanjih sten (m ²)	1431
Površina transparentnih konstrukcijskih sklopov (m ²)	665,73
Orientacija: južna stran (m ²)	187,12
Orientacija: severna stran (m ²)	215,85
Orientacija: vzhodna stran (m ²)	126,26
Orientacija: zahodna stran (m ²)	137,5

3.2.3 Druga temperaturna cona

Druga temperaturna cona obsega veliko in malo telovadnico, jedilnico, kuhinjo in pet u ilnic.

Podatke o prostornini in površini cone sem tako kot za cono 1 pridobila iz na rtov, ki mi jih je posredovalo podjetje Klima 2000. Predpostavila sem, da je objekt enako visok po celotni višini. Uporabno površino sem določila iz na rtov. Zunanji zid obravnavane cone je iz armiranobetonske konstrukcije.

Podatki o coni so razvidni v spodnji preglednici (Preglednica 6).

Preglednica 6: Splošni podatki cone 2

Druga ogrevalna cona	
Neto prostornina cone (m ³)	7462,5
Uporabna površina cone (m ²)	1419,45
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	težka
Višina (m)	7,48
Debelina zunanje stene nad terenom (m)	0,5
Obseg tal okoli objekta (m)	118,4

Podatki o prezračevanju in projektnih temperaturah pozimi in poleti so enaki kot pri prvi coni. Razlikujejo pa se podatki netransparentnih in transparentnih delov konstrukcije. Vidni so v spodnji preglednici (Preglednica 7).

Preglednica 7: Podatki o transparentnih elementih cone 2

Druga ogrevalna cona	
Površina zunanjih sten (m ²)	1890
Površina transparentnih konstrukcijskih sklopov (m ²)	228,42
Orientacija: južna stran (m ²)	56,43
Orientacija: severna stran (m ²)	92,23
Orientacija: vzhodna stran (m ²)	22,08
Orientacija: zahodna stran (m ²)	58,18

3.3 Mnenje uporabnikov o kakovosti notranjega okolja v OŠ (pred, po prenovi)

Mnenje uporabnikov o kakovosti notranjega okolja v OŠ (pred, po prenovi) je zelo pomembno, saj preživijo veliko časa v notranjem okolju, z njihovim mnenjem pa lahko razmere izboljšamo oziroma spremenimo.

Vpliv kakovosti notranjega okolja na udobje in zdravje uporabnikov je lahko zelo velik, v šolah pa se pogosto dogaja, da so parametri kakovosti notranjega okolja neustrezni. [33], [34]

Za pridobitev mnenj o kakovosti notranjega okolja sem anketirala učiteljice in učitelje OŠ Dobrovo. Vprašalnik z naslovom Anketa o kakovosti notranjega zraka je sestavljen iz 25 vprašanj. Na anketo je odgovorilo 18 anketiranih oseb. Na anketo so odgovarjali 1. 9. 2015. Z anketo sem želela ugotoviti, kakšno je njihovo mnenje o kakovosti notranjega okolja pred in po obnovi objekta. Večina anketiranih oseb je ženskega spola, starih povprečno 39 let. Na podlagi odgovorov sem izoblikovala mnenje o kakovosti notranjega okolja pred in po prenovi, navezovala sem se na zimski in poletni čas.

3.3.1 Anketa o kakovosti notranjega okolja v OŠ Dobrovo

Sem Nina Dugulin in letos zaklju ujem študij gradbeništva na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Pripravljam diplomsko nalogo, katere namen je analizirati obstoje o OŠ Dobrovo z vidika energetske u inkovitosti in kakovosti notranjega okolja. Za ta namen sem pripravila krajšo anketo, s katero želim podati subjektivno oceno kakovosti okolja v OŠ Dobrovo.

Anketa je anonimna, za izpolnjevanje pa boste potrebovali približno 5 minut. Zbrani podatki bodo obravnavani strogo zaupno in analizirani na splošno (in nikakor na ravni odgovorov posameznika).

Za vaše izpolnjevanje se vam iskreno zahvaljujem!

Nina Dugulin

1. Spol: • M • Ž

2. Starost: _____ let

3. Delovno mesto: _____

4. Trenuten prostor izpolnjevanja ankete: _____

Spodnja vprašanja se nanašajo na prostor, v katerem preživite ve ino svojega delovnega asa (npr. u ilnica, telovadnica, knjižnica, kabinet, pisarna itd.). Prosim, navedite, za kateri prostor gre.

5. Ste v asu ogrevanja pozimi ob utili kakšno razliko v ob uteni temperaturi po prenovi v primerjavi z ob uteno temperaturo pred prenovno?

bolj hladno temperaturo	bolj toplo temperaturo	ne ob utim razlike

6. Ste v asu hlajenja poleti ob utili kakšno razliko v ob uteni temperaturi po prenovi v primerjavi z ob uteno temperaturo pred prenovno?

bolj hladno temperaturo	bolj toplo temperaturo	ne opazim razlike

7. Ste v času ogrevanja pozimi opazili kakšno razliko v vlažnosti zraka po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovno?

bolj suho	bolj vlažno	ne opazim razlike

8. Ste v času hlajenja poleti opazili kakšno razliko v vlažnosti zraka po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovno?

bolj suho	bolj vlažno	ne opazim razlike

9. Ste v času ogrevanja pozimi opazili kakšno razliko v preprihu po prenovi v primerjavi s preprihom pred prenovno?

ve prepriha	manj prepriha	ne opazim razlike

10. Ste v času hlajenja poleti opazili kakšno razliko v preprihu po prenovi v primerjavi s preprihom pred prenovno?

ve prepriha	manj prepriha	ne opazim razlike

11. Kako bi ocenili svoje toplotno ugodje pred prenovno v času poletja?

Veino časa mi je:

zelo toplo	toplo	nevtravno	hladno	zelo hladno

12. Kako bi ocenili svoje toplotno ugodje po prenovi v času poletja?

Veino časa mi je:

zelo toplo	toplo	nevtrarno	hladno	zelo hladno

13. Kako bi ocenili svoje toplotno udobje pred prenovo v času zime?

Ve ino časa mi je:

zelo toplo	toplo	nevtrarno	hladno	zelo hladno

14. Kako bi ocenili svoje toplotno udobje po prenovi v času zime?

Ve ino časa mi je:

zelo toplo	toplo	nevtrarno	hladno	zelo hladno

15. Se vam zdi, da je bila kakovost zraka v učilnici pred prenovo več ino časa:

slabša	boljša	ne opazim razlike

16. Se vam zdi, da je bilo dnevne svetlobe pred prenovo v učilnicah:

več	manj	enako

17. Se vam zdi, da boljša kakovost zraka v učilnicah vpliva na zbratnost uencev?

da	ne	ne vem

18. Se vam zdi, da boljša kakovost zraka v učilnicah vpliva na vašo storilnost?

da	ne	ne vem

19. Kako pogosto, glede na stanje pred prenovo, uilnico prezraite?

ve krat	manjkrat	enako

20. Kako pogosto, glede na stanje pred obnovo, obutite preprih?

ve krat	manjkrat	ni razlike

21. Kako pogosto, glede na stanje pred prenovo, obutite hladne stene?

ve krat	manjkrat	vedno enako

22. Kako pogosto, glede na stanje pred prenovo, obutite hladne okenske površine pozimi?

ve krat	manjkrat	vedno enako

23. Kako pogosto, glede na stanje pred prenovo, obutite tople okenske površine poleti?

ve krat	manjkrat	vedno enako

24. Kako pogosto, glede na stanje pred prenovo, obutite topla senila poleti?

ve krat	manjkrat	vedno enako

25. Kako pogosto, glede na stanje pred prenovo, obutite mrzla tla?

ve krat	manjkrat	vedno enako

Anketirance sem spraševala, ali so v času ogrevanja pozimi občutili kakšno razliko v občutilni temperaturi po prenovi v primerjavi z občutilno temperaturo pred prenovno, ali so v času hlajenja poleti občutili kakšno razliko v občutilni temperaturi po prenovi v primerjavi z občutilno temperaturo pred prenovno, ali so v času ogrevanja pozimi občutili kakšno razliko v vlažnosti zraka po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovno, ali so v času hlajenja poleti občutili kakšno razliko v vlažnosti zraka po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovno, ali so v času ogrevanja pozimi občutili kakšno razliko v preprihu po prenovi v primerjavi s preprihom pred prenovno, ali so v času hlajenja poleti občutili kakšno razliko v preprihu po prenovi v primerjavi s preprihom pred prenovno, kako bi ocenili svoje toplotno ugodje po prenovi v času poletja, kako bi ocenili svoje toplotno ugodje pred prenovno v času poletja, kako bi ocenili svoje toplotno udobje pred prenovno v času zime, kako bi ocenili svoje toplotno udobje po prenovi v času zime, kakšna je bila po njihovem mnenju kakovost okolja v učilnici pred prenovno, koliko je bilo dnevne svetlobe pred prenovno v učilnicah, ali boljše kakovost zraka v učilnicah vpliva na zbranost učencev in njihovo storilnost, kako pogosto, glede na stanje pred prenovno, učilnico prezračijo, ali občutijo prepih, hladne stene, hladne okenske površine pozimi, tople okenske površine poleti, topla senčila poleti in mrzla tla.

4 REZULTATI

4.1 Izračun energetske učinkovitosti OŠ Dobrovo z računalniškim programom

TOST

Glavni rezultati, ki mi jih poda računalniški program TOST, so koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T , letna raba primarne energije Q_P , letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} in letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} .

Preglednica 8 prikazuje, katere vrednosti so v skladu s Pravilnikom o učinkovitosti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) in Tehnično smernico U učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010) [19], [23] in katere vrednosti niso (obarvane so z rdečo barvo). Iz rezultatov lahko povzamem, da OŠ Dobrovo ne izpolnjuje zakonskih zahtev. Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} znaša 609,601 kWh/(m³a) in je skoraj trikrat presežena od prepisane Q_{NH} , ki znaša 220,194 kWh/(m³a). Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T znaša 0,36 W/(m²K) in tako predpisano vrednost presega 1,2-krat. Največji dovoljen koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe po Pravilniku o učinkovitosti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) in Tehnični smernici U učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010) [19], [23] je 0,42 W/(m²K). Razlogi za to so bili v sami gradnji in prenovi obstoječega objekta. Variant prenov je bilo več, vendar so izbrali tisto, ki je bila finančno najbolj sprejemljiva. Vsa okna na objektu 1 so montirana tako, da so zavijana v gradbeno odprtino – po vertikali na betonske stebre, zgoraj na betonsko preklado in spodaj v opeki parapet. Locirana so približno v sredino gradbene odprtine, ki je tako z zunanje kot tudi notranje strani le ometana, toplotne izolacije ni. Tako na in vgradnje pomeni velike toplotne izgube po obodu okna, hkrati pa je tudi zid okoli okna zelo ohlajen. [35]

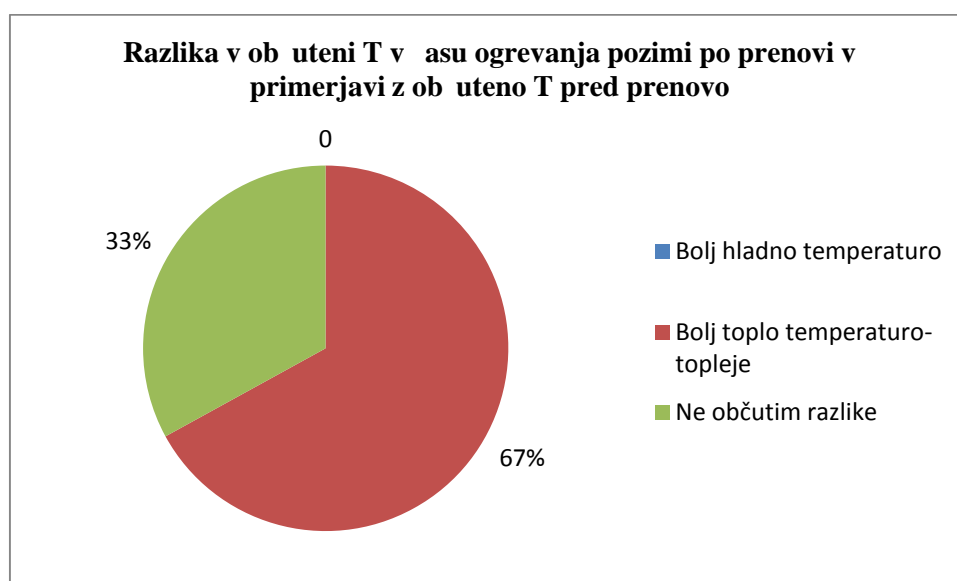
Preglednica 8: Rezultati izračuna energetske bilance

REZULTATI		Izračunane vrednosti	Izmerjene vrednosti
Koefficient specifičnih transmisivskih toplotnih izgub stavbe H^*T (W/m ² K)		0,36	0,42
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)		1.579.455	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		609.601	220.194
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} (kWh)		591	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	151,36	
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	34,98	12,04

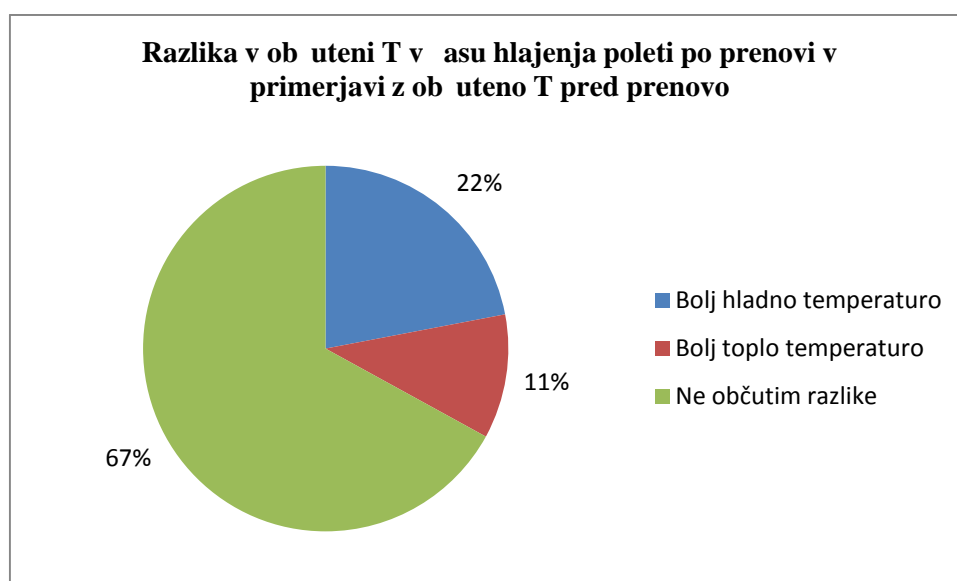
4.2 Rezultati mnenja o kakovosti notranjega okolja v OŠ Dobrovo (pred, po prenovi)

Z vprašanjem »Ste v času ogrevanja pozimi občutili kakšno razliko v občuteni temperaturi po prenovi v primerjavi z občuteno temperaturo pred prenovo?« sem pridobila mnenje o občuteni T po prenovi glede na stanje pred prenovo (čas ogrevanja, hlajenja). Rezultati za čas ogrevanja so pokazali, da je kar 67 % anketirancev (12 od 18) odgovorilo, da občuti bolj toploto (tj. občutena, operativna temperatura), ostalih 33 % anketirancev pa ni občutilo razlike. V nasprotju s časom ogrevanja pa v času hlajenja kar 67 % anketirancev ni občutilo razlik v občuteni temperaturi, 11 % anketirancev občuti bolj toploto, 22 % pa bolj hladno temperaturo.

V spodnjih grafikonih (Grafikon 1 in Grafikon 2) so prikazani dejanski rezultati, pridobljeni s pomočjo vprašalnika.



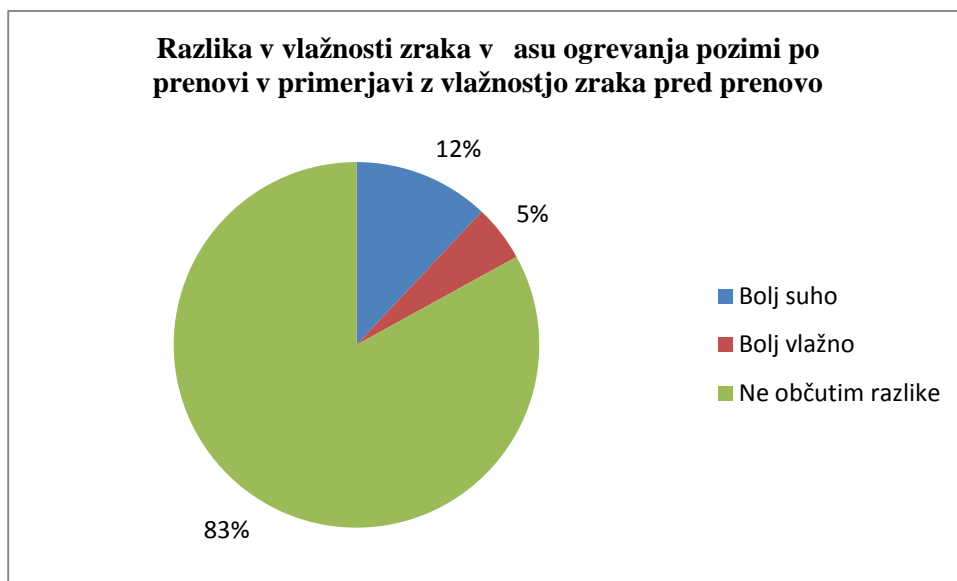
Grafikon 1: Razlika v občuteni T v času ogrevanja pozimi po prenovi v primerjavi z občuteno T pred prenovno



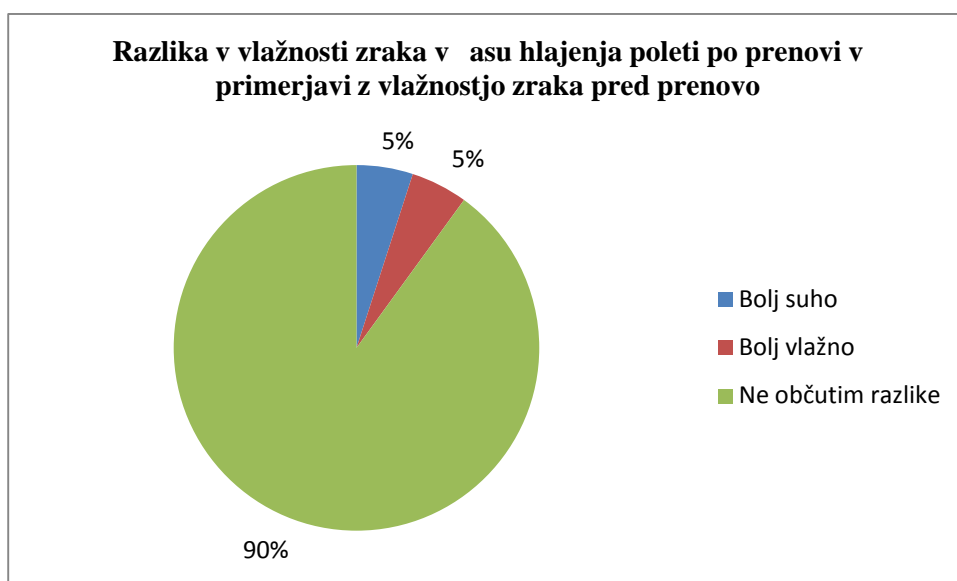
Grafikon 2: Razlika v občuteni T v času hlajenja poleti po prenovi v primerjavi z občuteno T pred prenovno

V spodnjih grafikonih so rezultati vprašalnika, izraženi z deležem anketiranih.

Z vprašanjem »Ste v času ogrevanja občutili kakšno razliko v vlažnosti zraka po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovno« smo pridobili mnenje o vlažnosti po prenovi glede na stanje pred prenovno (čas ogrevanja, hlajenja). V času ogrevanja kar 83 % anketirancev ne občuti razlike, 5 % občuti bolj vlažen zrak, 12 % pa bolj suh zrak. V času hlajenja dobimo podobne rezultate, in sicer 90 % anketirancev ne občuti razlike, 5 % občuti bolj vlažen zrak, 5 % pa bolj suh zrak. V spodnjih grafikonih (Grafikon 3 in Grafikon 4) so prikazani rezultati.



Grafikon 3: Razlika v vlažnosti zraka v času ogrevanja pozimi po prenovi v primerjavi z vlažnostjo pred prenovno

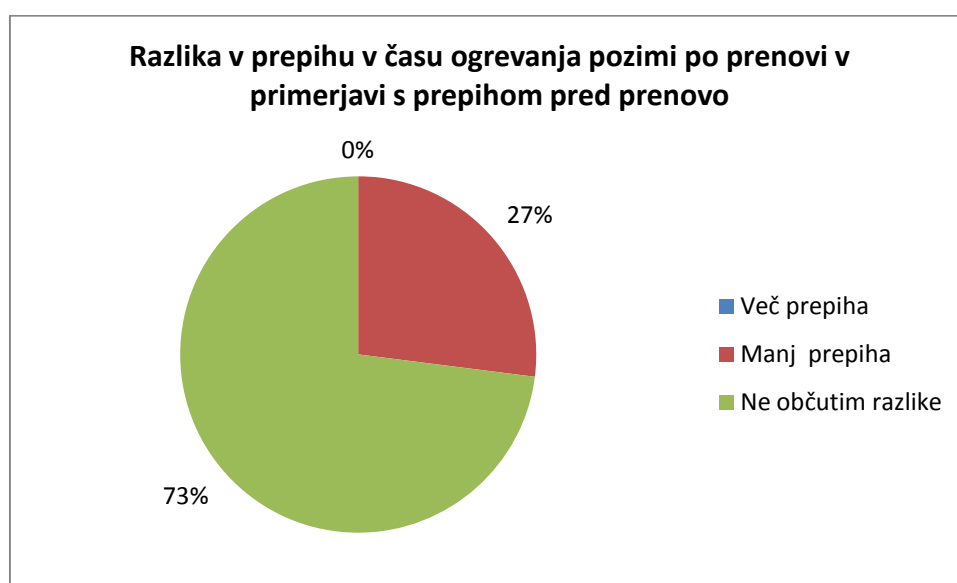


Grafikon 4: Razlika v vlažnosti zraka v času hlajenja poleti po prenovi v primerjavi z vlažnostjo zraka pred prenovno

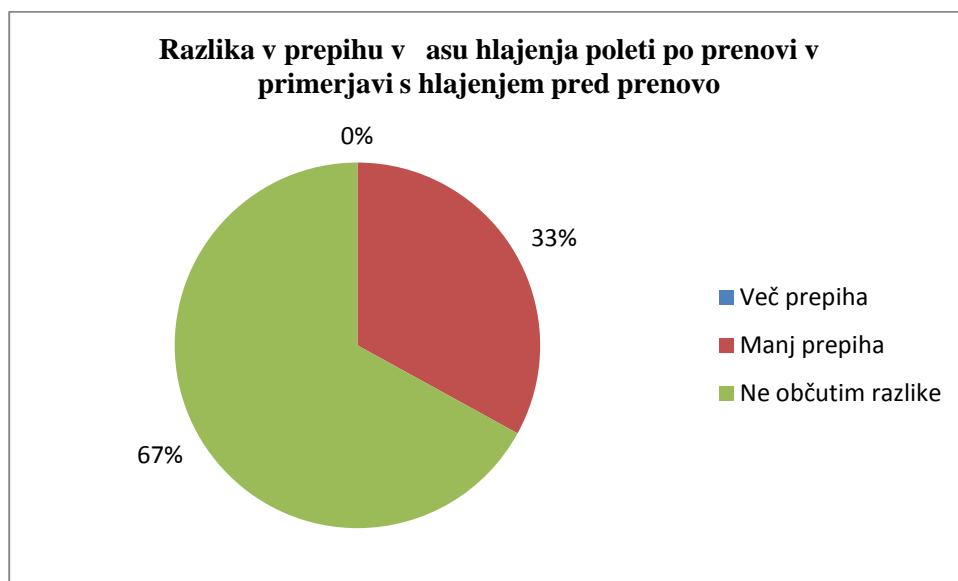
Z vprašanjem » Ste v času ogrevanja pozimi občutili kakšno razliko v preprihu po prenovi v primerjavi s preprihom pred prenovno« smo pridobili mnenje o preprihu pred in po prenovi (čas ogrevanja, hlajenja). Preprih predstavlja neželjeno lokalno ohlajanje loveka zaradi gibanja zraka. Je eden izmed najpogostejših vzrokov nezadovoljstva v ogrevanih in

hlajenih stavbah ter vozilih. Najizrazitejši občutek razlike je v primeru lahke sede in aktivnosti pri nevtralnem toplotnem udobju. [36]

V času ogrevanja 73 % anketirancev ne občuti razlike, 27 % anketirancev pa občuti manj preprihanja. V času hlajenja 67 % anketirancev ne občuti razlike, 33 % pa občuti manj preprihanja. Nezanemarljiv pa je tudi odstotek anketirancev, ki občutijo po prenovi manj preprihanja (27 % v času ogrevanja, 33 % v času hlajenja). V spodnjih grafikonih (Grafikon 5 in Grafikon 6) so prikazani rezultati.



Grafikon 5: Razlika v preprihanju v času ogrevanja pozimi po prenovi v primerjavi s preprihanjem pred prenovi

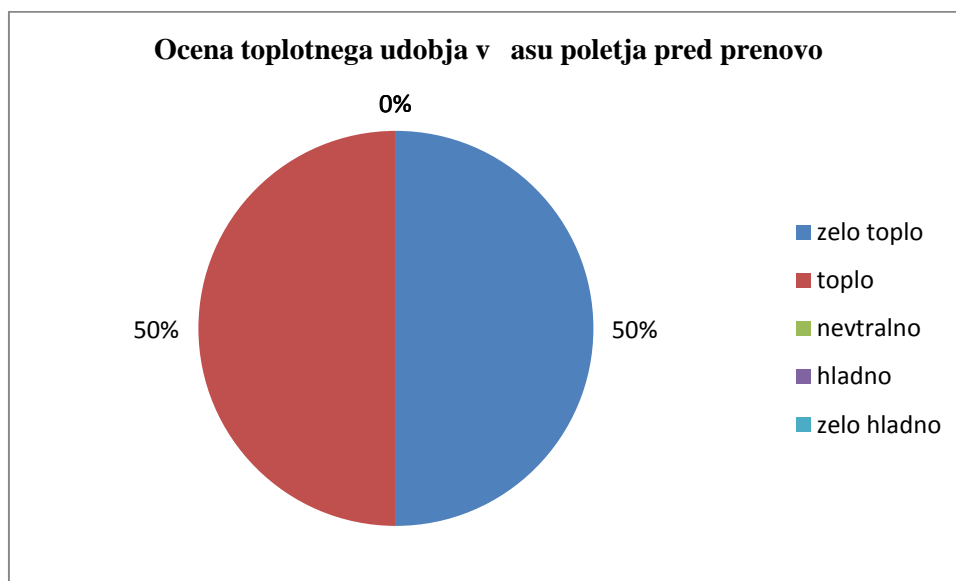


Grafikon 6: Razlika v prepihu v času hlajenja poleti po prenovi v primerjavi s hlajenjem pred prenovo

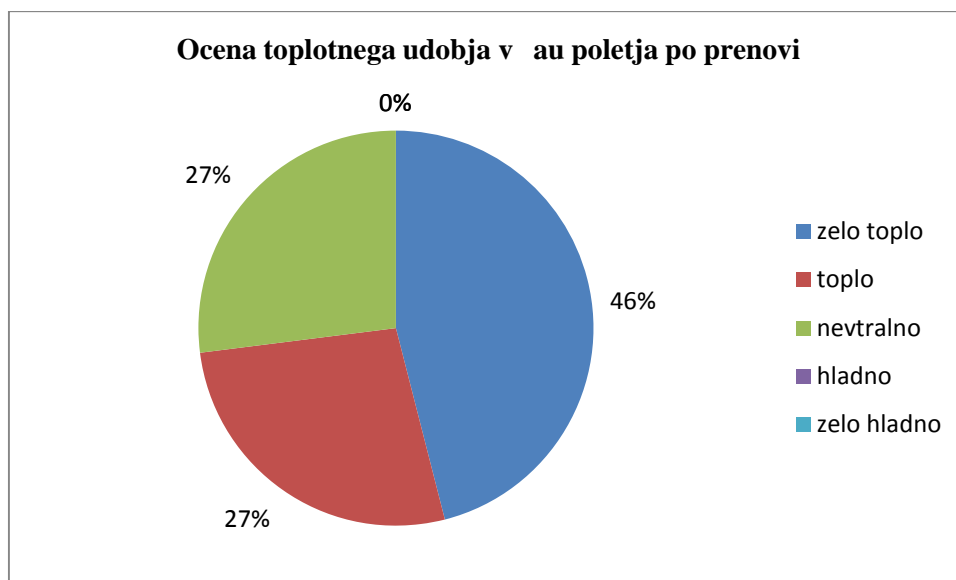
Na podlagi odgovorov o toplotnem udobju pred prenovo v času ogrevanja sem ugotovila, da je 40 % anketirancev ocenilo toplotno udobje kot nevtralno, 27 % kot toplo, 23 % kot hladno, 5 % kot zelo hladno in 5 % kot zelo toplo. To pomeni, da 60 % anketirancev ne ocenjuje toplotnega udobja kot nevtralnega. Na podlagi odgovorov o toplotnem udobju po prenovi v času ogrevanja sem ugotovila, da je 27 % anketirancev ocenilo toplotno udobje kot nevtralno, 27 % kot toploto in 46 % kot zelo toplo.

Na podlagi odgovorov o toplotnem udobju pred prenovo v času hlajenja sem ugotovila, da je 5 % anketirancev ocenilo toplotno udobje kot zelo hladno, 23 % kot hladno, 40 % kot nevtralno, 27 % kot toplo in 5 % kot zelo toplo. Na podlagi odgovorov o toplotnem udobju po prenovi v času hlajenja sem ugotovila, da je 5 % anketirancev ocenilo toplotno udobje kot hladno, 40 % kot toplo in 5 % kot zelo toplo.

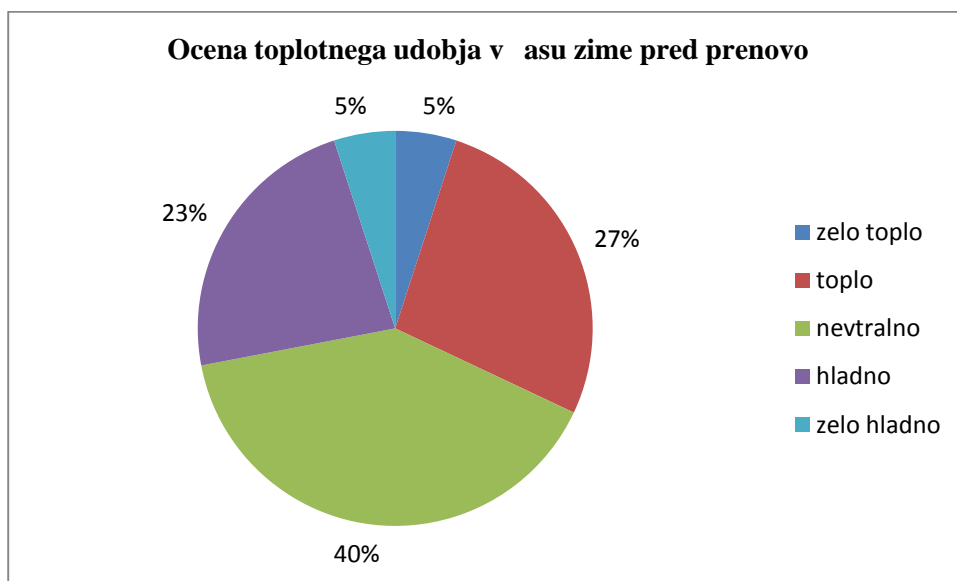
V spodnjih grafikonih (Grafikon 7–10) so prikazani rezultati, dobljeni s pomojo vprašalnika.



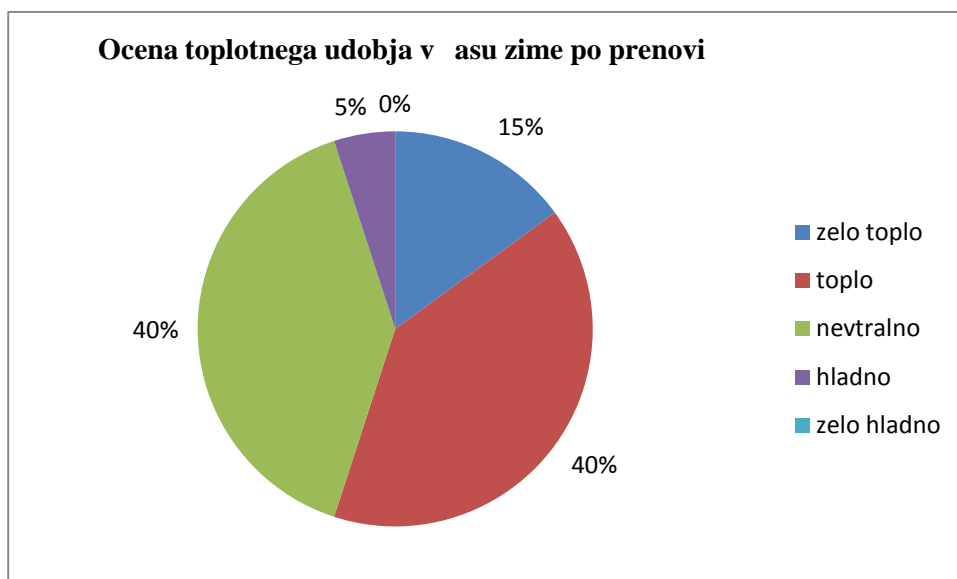
Grafikon 7: Ocena toplotnega udobja v času poletja pred prenovo



Grafikon 8: Ocena toplotnega udobja v času poletja po prenovi

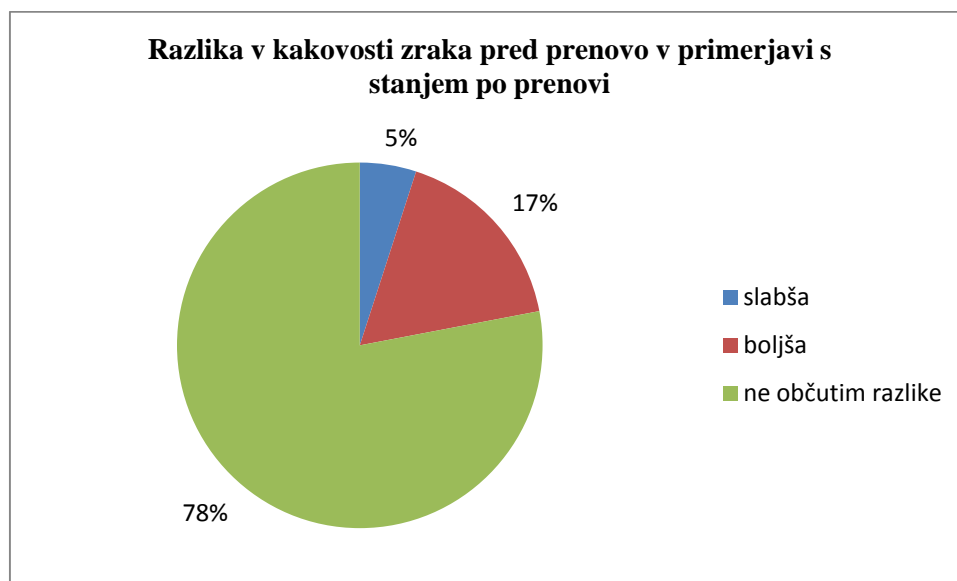


Grafikon 9: Ocena toplotnega udobja v času zime pred prenovo



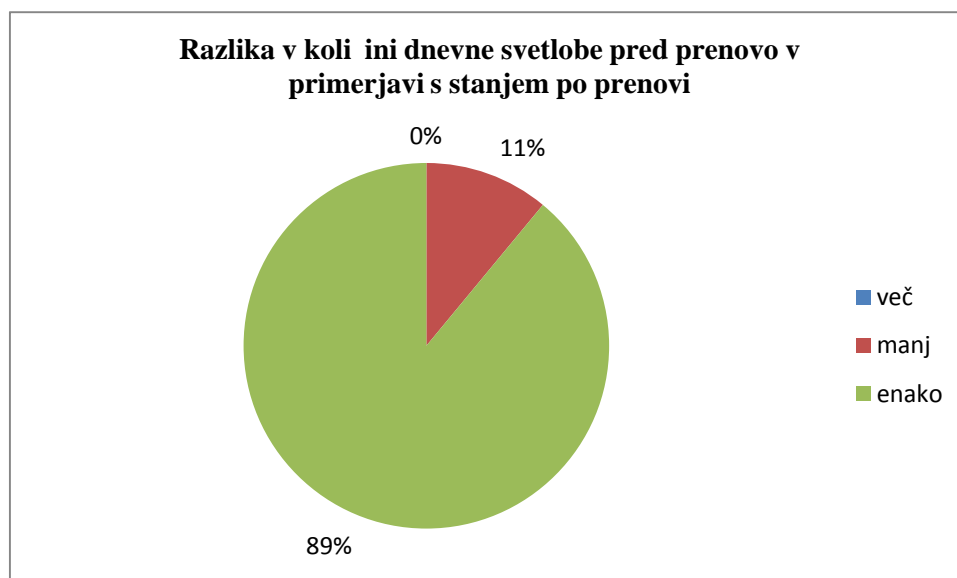
Grafikon 10: Ocena toplotnega udobja v času zime po prenovi

Na vprašanje »Se vam zdi, da je bila kakovost zraka v učilnici pred prenovo večino ali slabša/boljša/ne ob utirnih razlikah« je kar 78 % anketirancev odgovorilo, da ne ob utirnih razlikah, 17 % anketirancev meni, da je kakovost zraka v učilnici boljša, 5 % pa meni, da je kakovost zraka v učilnici slabša. Rezultati so vidni v spodnjem grafikonu (Grafikon 11).



Grafikon 11: Razlika v kakovosti zraka pred prenovno v primerjavi s stanjem po prenovi

Na vprašanje »Se vam zdi, da je bilo dnevne svetlobe v učilnici pred prenovno več ali manj« je 89 % anketirancev odgovorilo, da je bilo dnevne svetlobe v učilnici enako, 11 % je izbralo odgovor manj, nihče od anketirancev pa ni odgovoril, da je bilo dnevne svetlobe v učilnici pred prenovno več. V spodnjem grafikonu (Grafikon 12) so prikazani rezultati.

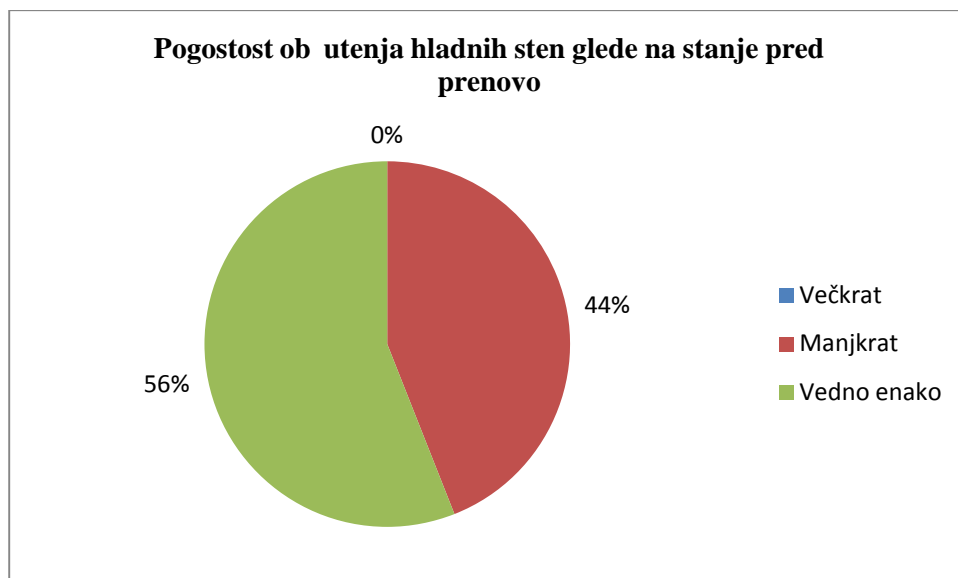


Grafikon 12: Razlika v količini dnevne svetlobe pred prenovno v primerjavi s stanjem po prenovi

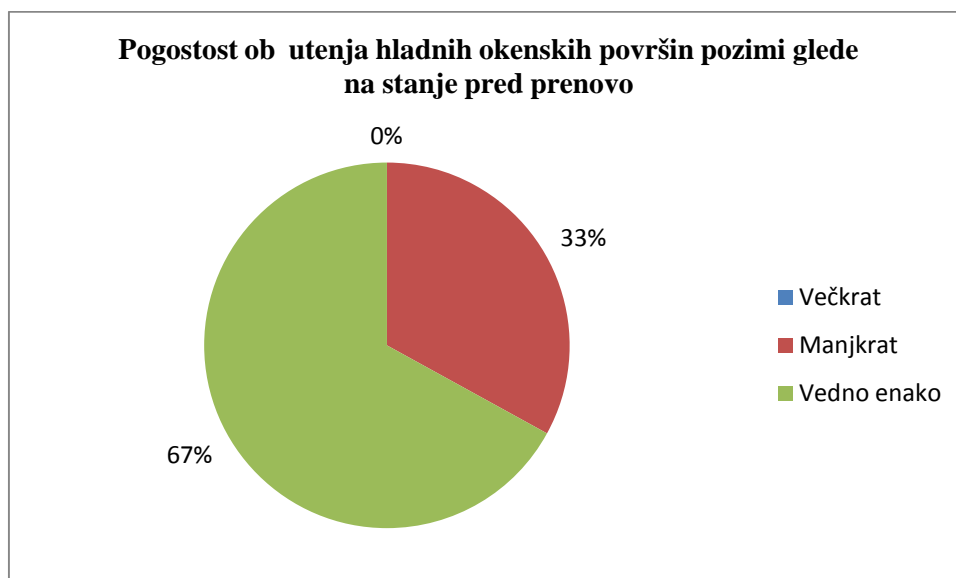
Z anketo sem želela preveriti tudi lokalno neugodje zaposlenih. Parametri, ki imajo vpliv na lokalno neugodje, so preprih, topel strop, hladne stene, tople stene, temperatura tal. Velika večina anketiranih (78 %) meni, da ni razlike v občutju prepriha v primerjavi s stanjem pred prenovo. V času ogrevanja 67 % anketiranih ne občuti razlike v hladnih okenskih površinah po prenovi, 33 % anketiranih jo občuti manjkrat.

Glede na stanje pred prenovo 61 % anketirancev občuti tople okenske površine vedno enako, 27 % manjkrat, 12 % pa večkrat. 55 % anketirancev občuti topla senčila poleti vedno enako, 33 % manjkrat, 12 % pa večkrat. Mrzla tla 50 % anketirancev občuti vedno enako, 50 % manjkrat, nihče od anketirancev pa mrzlih tal ne občuti večkrat.

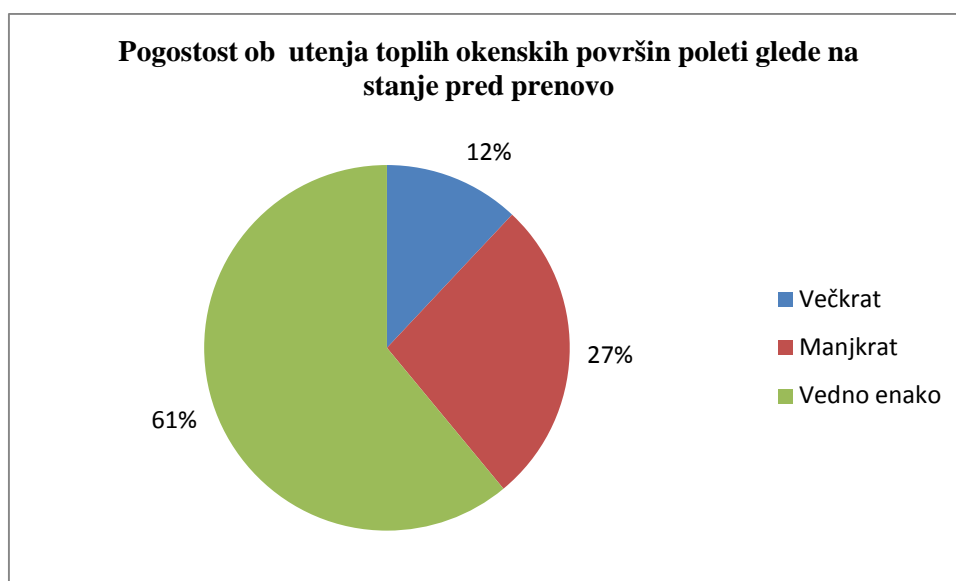
Vsi rezultati o toplotnem neugodju so vidni na spodnjih grafikonih (Grafikon 14–18).



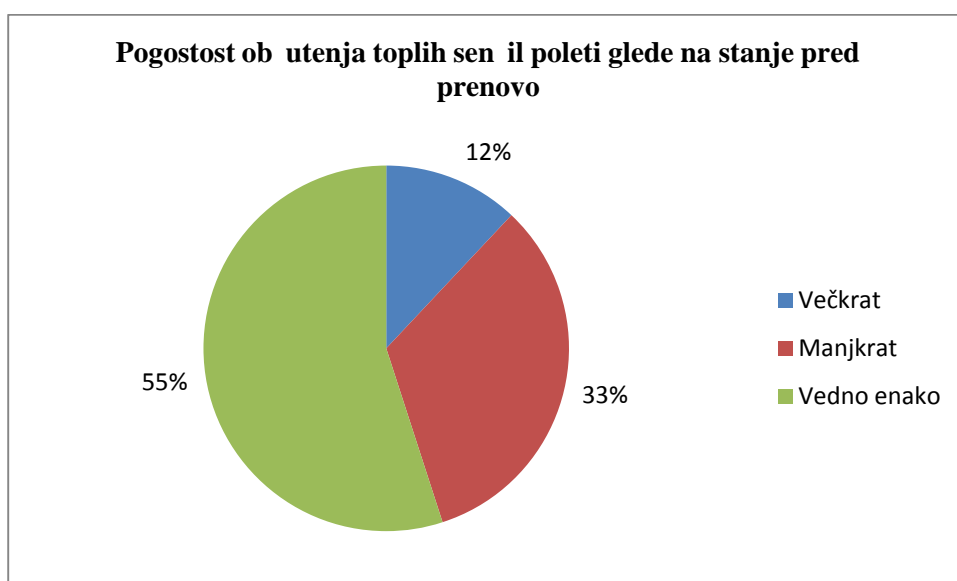
Grafikon 13: Pogostost občutja hladnih sten glede na stanje pred prenovo



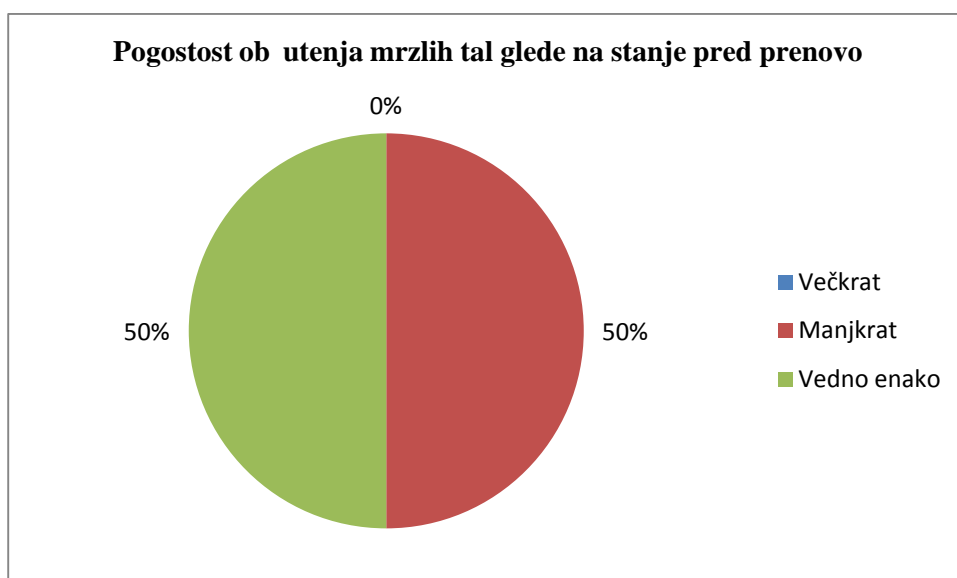
Grafikon 13: Pogostost ob utenja hladnih okenskih površin pozimi glede na stanje pred prenovo



Grafikon 14: Pogostost ob utenja toplih okenskih površin poleti glede na stanje pred prenovo



Grafikon 15: Pogostost obutenja toplih senil poleti glede na stanje pred obnovno



Grafikon 16: Pogostost obutenja mrzlih tal glede na stanje pred prenovno

V anketi me je zanimalo tudi mnenje zaposlenih o vplivu kakovosti notranjega zraka na zbranost uencev in storilnost uiteljev. Kar 78 % anketirancev meni, da kakovost zraka vpliva na zbranost uencev, 22 % anketirancev tega ne ve. Še višji je odstotek pritrdilnih odgovorov pri vprašanju o storilnosti, saj 89 % anketirancev meni, da kakovost zraka v učilnici vpliva na storilnost uiteljev, 11 % anketirancev tega ne ve.

V spodnjih dveh grafikonih (Grafikon 19 in Grafikon 20) so prikazani odgovori učiteljev na vprašanja glede zbranosti učencev in storilnosti učiteljev.



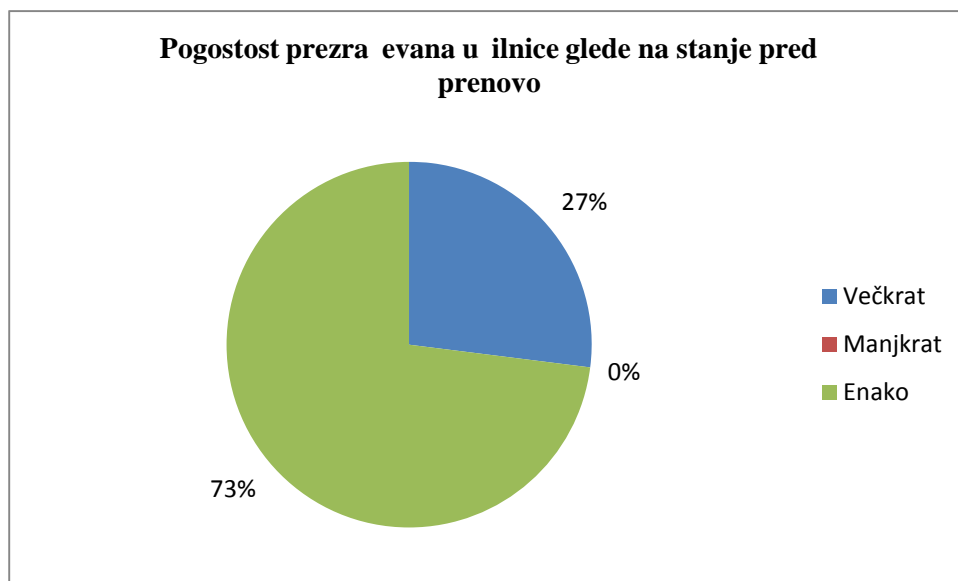
Grafikon 17: Mnenje zaposlenih o tem, ali kakovost notranjega zraka v učilnici vpliva na zbranost učencev



Grafikon 19: Mnenje zaposlenih o tem, ali boljša kakovost zraka v učilnici vpliva na njihovo storilnost

Glede na rezultate v anketi je zelo pomembno, da je zrak v učilnicah kakovosten, torej svež. Na to lahko vplivamo tudi s prezraevanjem. Glede na to, da je v objektu naravno prezraevanje, me je zanimalo, kolikokrat učitelji učilnice prezrajujejo po sanaciji v

primerjavi s prezraevanjem pred sanacijo. S tem sem želela ugotoviti, ali se glede na kakovost zraka pojavi večja potreba po prezraevanju po prenovi v primerjavi s stanjem pred prenovo. 73 % anketirancev prezraevanje uilnice ravno tolikokrat kot pred prenovo, 27 % večkrat, nihče pa manjkrat. V spodnjem grafikonu so prikazani rezultati (Grafikon 21).



Grafikon 18: Pogostost prezraevanja uilnice glede na stanje pred prenovo

5 PRIMERJAVA REZULTATOV TESTA Z OBSTOJEČO ZAKONODAJO

5.1 Splošno o Pravilniku o učinkoviti rabi energije (Uradni list RS, št. 42/2002) in tehnični smernici Učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) [19] predpisuje želene lastnosti stavbe, medtem ko tehnične ukrepe določa obvezna tehnična smernica. Podajane največje dovoljene vrednosti za [23]:

- povprečna toplotna prehodnost ovoja stavbe (H_T);
- letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe (Q_{NH});
- letni potrebni hlad za hlajenje stanovanjske stavbe (Q_{CH});
- letna primarna energija za delovanje sistemov v stanovanjski stavbi (Q_P);
- toplotna prehodnost elementov toplotnega ovoja stavbe (U).

Tehnična smernica Učinkovita raba energije (TSG-1-004:2010) [23] določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) [19] in natančneje določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe (natančneje je predstavljena v poglavju 3 – Računska metodologija in programi). [37]

Pravilnik tudi določa, da je uporaba tehnične smernice obvezna.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah upošteva metodo izračuna po SIST EN ISO 13790 in evropsko direktivo o energetski učinkovitosti stavb – prenovitev (EPBD- r). [19]

5.2 Primerjava z obstoječo zakonodajo

Dobljene rezultate je treba preveriti v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) [19] in tehnično smernico Učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010) [23].

Pravilnik določa, da je najvišja energijska učinkovitost stavbe dosežena, če objekt izpolnjuje določene pogoje. Ko primerjamo rezultate, vidimo, da je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine, Q_{NH}/Au (kWh/(m²a)) presežena skoraj trikrat. Najvišja dovoljena vrednost je 12,04 kWh/(m²a), medtem ko je naša izračunana 34,89 kWh/(m²a). Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe H_T je v predpisanih mejah. Za OŠ Dobrovo znaša 0,36 W/m², najvišja dovoljena vrednost pa je 0,42 W/m². Predvidevamo, da je eden od razlogov za veliko rabo energije tudi veliko število izmenjav zraka, s katerim je zagotovljena kakovost notranjega zraka.

Povzamem torej lahko, da je obravnavana OŠ neustrezno toplotno zaščitena in ni v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije (PURES 2010, Uradni list RS, št. 42/2002) [19] ter tehnično smernico Učinkovita raba energije (TSG-1.004:2010) [23].

6 PRIMERJAVA REZULTATOV TOST Z ENERGETSKO IZKAZNICO

6.1 Splošno o energetske izkaznici

Energetska izkaznica je dokument o energetske učinkovitosti vsake posamezne stavbe. V njej so izraženi kazalci energetske učinkovitosti (letna potrebna energija za ogrevanje, letna dovedena energija za delovanje stavbe, letna potreba po primarni porabi in kazalec o CO_2), koeficient transmisijskih toplotnih izgub in mnogi drugi izraženi parametri, ki govorijo o energijski porabi oz. potrebi posamezne stavbe. Njen osnovni namen je podajanje informacije o porabi energije v stavbi. [38]

6.2 Primerjava z energetske izkaznico

Energetska izkaznica osnovne šole Dobrovo je bila izdelana, ko na osnovni šoli še niso končali s sanacijo. Sicer so že zaključili s sanacijo toplotne izolacije in so že dodali sonne kolektorje za izkoriščanje sonne energije za pripravo tople vode, vendar zamenjave energenta za potrebe ogrevanja in pripravo tople vode še niso izvedli. Torej je energetska izkaznica izdelana na podlagi nove toplotne izolacije šole, brez uporabe sonnih kolektorjev in lesne biomase za potrebe ogrevanja in pripravo tople vode. Poleg šole so izraženi izvedeni še za potrebe ogrevanja sosednjega objekta, vrtca OŠ Dobrovo.

V času izdelave so za ogrevanje na stavbi uporabljali ELKO, zato sem enako energent uporabila pri računanju energetske bilance s programsko opremo TOST. Prav tako sem iz energetske izkaznice vzela podatke o vrsti nosilne konstrukcije objekta, na inu prezraevanja, vrsti oken na prvem delu objekta in na inu hlajenja.

Na podlagi vseh teh informacij sem svoj izraženi s programsko opremo TOST izvedla podobno. Nisem upoštevala kotla, ki za ogrevanje deluje na lesno biomaso, ampak kotel na ELKO. Prav tako nisem vključila v izraženi izkoriščanje sonne energije. Pri zaključem, da bodo rezultati s programsko opremo TOST zato bolj kritični, kot so rezultati energetske izkaznice.

Rezultati energetske izkaznice in programske opreme so različni.

Primerjam vrednosti dovedene energije, namenjene pretvorbi v toploto, sta si dokaj podobni, vendar ravno dovolj različni, da padeta vsaka v svoj energijski razred. Tako bi

na podlagi energetske izkaznice obravnavan objekt uvrstila v energetske razred E, na podlagi rezultatov računalniškega programa TOST pa v energetske razred F.

Izpusti CO₂, ki nastanejo pri delovanju sistemov v stavbi, so v energetske izkaznici izraženi skoraj dvakrat višji kot s programsko opremo TOST.

Z letošnjim letom so na šoli zaželeno uporabljati naravni prijaznejši energent, in sicer lesno biomaso.

Preglednica 9: Primerjava rezultatov energetske izkaznice in TOST-a

	Energetska izkaznica	TOST
Primarna energija	240 kWh/(m ² a)	90,64 kWh/(m ² a)
Emisije CO ₂	55 kg/(m ² a)	21,38 kg/(m ² a)
Dovedena E, namenjena pretvorbi v toploto	143 kWh/(m ² a)	151,36 kWh/(m ² a)

7 PRIPOROČILA

Vsa obstoječa okna bi bilo treba premakniti v pas toplotne izolacije (torej proti zunanosti), pri čemer bi se znebili velikih izgub energije zaradi toplotnih mostov na področju okenskih špalet, ki so zaradi velikega števila okenskih odprtin ogromni. Poleg same sanacije ovojne stavbe bi bilo treba obnoviti tudi ogrevalni sistem in naprave za pripravo tople sanitarne vode, urediti bi bilo treba prezračevanje z rekuperacijo toplote. Treba bi bilo zamenjati obstoječe radiatorje in vgraditi termostatske ventile. Vse to je bilo predstavljeno v investicijskem programu. V izračunu sem kot energent za ogrevanje in pripravo tople vode upoštevala ELKO, vendar se šola od januarja 2015 dalje greje na lesno biomaso, ki jo uporablja tudi za gretje sanitarne vode. Prehod na drugi energent pa ne more spremeniti (zmanjša) vrednosti okoljskih vplivov, izraženih v ekvivalentu CO₂. Poleg tega za pripravo sanitarne tople vode šola uporablja še solarni sistem.

V prihodnosti bi bilo treba natančneje analizirati kakovost notranjega okolja in poleg ankete opraviti še dejanske meritve parametrov udobja (npr. temperature zraka, površin,

relativne vlažnosti, hitrosti gibanja zraka, meritve CO₂ v uilnicah in ostalih prostorih OŠ Dobrovo).

8 ZAKLJUČEK

Rezultati, dobljeni s programsko opremo TOST, so pokazali, da OŠ Dobrovo ne izpolnjuje zahtev o energetske učinkovitosti objekta, saj je letna dovoljena potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} skoraj trikrat presežena. Največja dovoljena Q_{NH} je tako 220,194 kWh/(m³a), na OŠ Dobrovo pa je njena vrednost kar 609,601 kWh/(m³a). Pri primerjavi izračunanih vrednosti s programsko opremo TOST in izračunanih vrednosti z energetske izkaznice dobimo različne rezultate. Vrednosti dovedene energije, namenjene pretvorbi v toploto, sta si dokaj podobni, vendar ravno dovolj različni, da padeta vsaka v svoj energijski razred. Tako bi na podlagi energetske izkaznice obravnavan objekt uvrstili v energetski razred E, na podlagi rezultatov računalniškega programa TOST pa v energetski razred F.

Rezultati ankete za čas ogrevanja so pokazali, da 67 % vseh anketiranih oseb ob uti ob uteno (operativno) temperaturo po prenovi bolj toplo v primerjavi s stanjem pred prenovno. V zimskem času tako za stanje pred prenovno in stanje po prenovi kar 60 % vseh anketiranih oseb toplotnega udobja ni ocenilo kot toplotno nevtralnno. Tako v času ogrevanja kot hlajenja več kot polovica anketiranih oseb ne obuti razlik v prepihu in vlažnosti zraka po obnovi v primerjavi s stanjem pred obnovno. Kljub temu pa ni zanemarljiv podatek, da približno tretjina vseh anketiranih oseb obuti manj prepiha po prenovi tako v času ogrevanja kot hlajenja.

V času hlajenja pred prenovno nihče izmed anketirancev toplotnega udobja ni ocenil kot nevtralnega, po prenovi pa je le 27 % anketirancev ocenilo toplotno udobje kot nevtralnno. Pri oceni kakovosti zraka 78 % anketiranih oseb ne obuti razlik po prenovi v primerjavi s stanjem pred prenovno, pri dnevni svetlobi pa različne obuti 89 % anketirancev. Pri parametrih lokalnega udobja ni zanemarljiv podatek, da 33 % anketirancev obuti po prenovi manj hladne okenske površine, 44 % anketirancev pa obuti po prenovi manj hladne stene.

Rezultati ankete kažejo na spremembe v zaznani kakovosti notranjega okolja po prenovi v primerjavi s stanjem pred prenovno. Kljub temu da sem pri mnogih vprašanih dobila velik delež oseb, ki so navedle, da v parametrih kakovosti okolja ni razlik med stanjem pred in po prenovi, ne smem zanemariti deleža anketiranih oseb, ki so razlike zaznale. Kar 67 % anketirancev je zaznalo notranje okolje kot manj toplo po prenovi v odnosu s pogoji pred samo prenovno. Najverjetneje gre za subjektivni vpliv anketirancev. Presenetil me je tudi rezultat ankete, da je delež oseb, ki niso ocenile toplotnega okolja kot nevtralnega, velik, kar velja za stanje pred in po sanaciji. Da bi pridobili rezultate, s katerimi bi z gotovostjo sklepali o vplivu sanacije na kakovost notranjega okolja, bi bile potrebne podrobne analize, ki bi bile v prihodnosti nadgrajene tudi z meritvam parametrov udobja.

VIRI

- [1] Bioklimatsko načrtovanje. Vaja 5. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 2 str.
- [2] Košir, M. 2015. Toplotna zaščitna in učinkovita raba energije v stavbah. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str.8.
- [3] Praunseis, Z., Strojko, R. 2014. Energetska oskrba objektov. Krško, Fakulteta za energetiko: 7 str.
http://fe-labemi.si/wp-content/uploads/2014/09/knjiga_EOO.pdf
- [4] Dovjak, M., Krainer, A., Shukuya, M. 2014. Individualisation of personal space in hospital environment. International journal of exergy, ISSN 1742-8297. [Print ed.].letn. 14, št. 2, str. 125–155.
- [5] ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005)
- [6] Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji. Uradni list RS, št. 42/2002.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 1.8.2015)
- [7] Kunič, R. 2007. Načrtovanje vrednotenja vpliva pospešenega staranja bitumenskih trakov na konstrukcijske sklope. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1 str.
doi: <file:///C:/Users/Nina/Downloads/URN-NBN-SI-doc-289NN7SP.pdf> (Pridobljeno 9.9.2015)
- [8] Čeh, S. 2014. S sanacijo tudi za desetino manjša poraba energije. Delo.
doi: <http://www.delo.si/gospodarstvo/infrastruktura/s-sanacija-tudi-za-desetino-manjsa-poraba-energije.html> (Pridobljeno 9.9.2015)
- [9] Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji. Uradni list RS, št. 42/2002.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 1.8.2015)
- [10] Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši = Passive house versus bioclimatic house. *Gradbeni vestnik*, ISSN 0017-2774, letn. 57, št. 3, str. 58–68.

- [11] Dovjak, M. Shukuya, M. Olesen, B. Krainer, A. 2010. Analysis on exergy consumption patterns for space heating in Slovenian buildings. *Energypolicy*. 6 str.
- [12] Praunseis, Z., Strojko, R. 2014. Energetska oskrba objektov. Krško, Fakulteta za energetiko: 1 str.
http://fe-labemi.si/wp-content/uploads/2014/09/knjiga_EOO.pdf
- [13] Revija Obrtnik podjetnik. 2013. U inkoviti prihranki energije – prihajajo pametna okna nove generacije. *Znanost in tehnologija*.
doi:
<http://www.ozs.si/obrnik/Aktualna%20A1tevilka/Znanostintehnologija/Podrobnost%204%20Dlanka/tabid/955/ArticleId/1834/Default.aspx>
- [14] Pajek, L. 2015. Integralna ocena udobja igralnic v vrtcih. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Pajek): 10 f.
- [15] Wyon, D. P. 2004. The effects of indoor air quality on performance and productivity
doi: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15330777>
- [16] Haverinen - Shaughnessy, U. etc. 2015. An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance.
doi: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315001092>
- [17] Evropska agencija za okolje. Kakovost zraka v zaprtih prostorih. 2013.
doi: www.eea.europa.eu/sl/eea-signal/signali-2013/clanki/kakovost-zraka-v-zaprtih-prostorih (Pridobljeno 27.7.2015)
- [18] Kukec, A., Dovjak, M. 2014. Prevention and control of sick building syndrome (SBS). Part 1, Identification of risk factors. *Sanitarno inženirstvo*, ISSN 1854-0678, no. 1, vol. 8, str. 16–40, ilustr.
- [19] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 42/2002.
doi: <https://www.uradni-list.si/1/content?id=98727>
- [20] GOLEA. 2012. Energetska učinkovita sanacija OŠ Dobrovo. Investicijski program. Dobrovo. Občina Brda: 25 f.
- [21] GOLEA. 2012. Energetska učinkovita sanacija OŠ Dobrovo. Investicijski program. Dobrovo. Občina Brda: 22 f.

- [22] Klima 2000. Osnovna šola Dobrovo. Reference. Arhitektura.
doi: <http://www.klima2000.si/reference/category/15-osnovna-sola-dobrovo>
- [23] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije.
Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.
doi:
www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 27.7.2015)
- [24] GOLEA. 2013. Energetska izkaznica stavbe.
- [25] GOLEA. 2012. Energetsko učinkovita sanacija OŠ Dobrovo.
doi: <http://www.golea.si/>
- [26] KLIMA 2000. 2012. Energetsko učinkovita sanacija OŠ Dobrovo.
doi: <http://www.klima2000.si/>
- [27] KLIMA 2000. 2015. Osebna komunikacija. Za: ninadugulin@gmail.com.
(Pridobljeno 27.7.2015).
- [28] Krainer, A., Perdan, R. Računalniški program TOST. Uporabniški priročnik.
- [29] Ahin, M. 2013. Primerjava merjene in računske porabe toplote za ogrevanje v večstanovanjskih stavbah na Jesenicah. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Ahin): 7 str.
- [30] GOLEA. 2012. Energetsko učinkovita sanacija OŠ Dobrovo. Investicijski program. Dobrovo. Občina Brda: 29 f.
- [31] Zakonjšek, N. Knez, P. 2000. Prispevka k razumevanju področja prezračevanja in toplote.
- [32] Energetska sanacija Osnovne šole Dobrovo. Prijavni obrazec. Ministrstvo za infrastrukturo in prostor. Priloga 1.1. k prijavnemu obrazcu: 1 str.
- [33] Haverinen - Shaughnessy, U. et al. 2015. An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance.
doi: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315001092>
- [34] Evropska agencija za okolje. Kakovost zraka v zaprtih prostorih. 2013.

doi: www.eea.europa.eu/sl/eea-signali/signali-2013/clanki/kakovost-zraka-v-zaprlih-prostorih (Pridobljeno 27.7.2015)

[35] GOLEA. 2012. Energetsko učinkovita sanacija OŠ Dobrovo. Investicijski program. Dobrovo. Občina Brda: 29 f.

[36] Toplotno okolje in ugodje v prostoru. Lokalno neugodje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: str. 4

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

doi:

www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 27. 7. 2015)

[38] ELCOND inženiring d.o.o. Energetska izkaznica stavbe.

doi: <http://www.energetska-izkaznica.eu/osnovne-informacije/>