

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:

Truden, E., 2015. Identifikacija možnih vzrokov prekomerne vlažnosti in predlog ukrepov za objekt osnovne šole. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentorica Dovjak, M.): 51 str.

Datum arhiviranja: 16-12-2016

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:

Truden, E., 2015. Identifikacija možnih vzrokov prekomerne vlažnosti in predlog ukrepov za objekt osnovne šole. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Dovjak, M.): 51 pp.

Archiving Date: 16-12-2016

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**

Kandidat:

ENEJ TRUDEN

**IDENTIFIKACIJA MOŽNIH VZROKOV PREKOMERNE
VLAŽNOSTI IN PREDLOG UKREPOV ZA OBJEKT
OSNOVNE ŠOLE**

Diplomska naloga št.: 219/B-GR

**IDENTIFICATION OF THE POTENCIAL COUSES OF
EXCESSIVE HUMIDITY AND PROPOSAL OF
MEASURES FOR PRIMARY SCHOOL BUILDING**

Graduation thesis No.: 219/B-GR

Mentor:

doc. dr. Roman Kunič

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 24. 09. 2015

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ENEJ TRUDEN** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom
»IDENTIFIKACIJA MOŽNIH VZROKOV PREKOMERNE VLAŽNOSTI IN PREDLOG
UKREPOV ZA OBJEKT OSNOVNE ŠOLE«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 15. september 2014

Podpis:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN

UDK:	699.86:727(497.4)(043.2)
Avtor:	Enej Truden
Mentor:	doc. dr. Roman Kuni
Somentor:	doc. dr. Mateja Dovjak
Naslov:	Identifikacija možnih vzrokov prekomerne vlažnosti in predlog ukrepov za objekt osnovne šole
Tip dokumenta:	Diplomsko naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	51 str., 21 sl., 17 graf., 1 pregl., 5 pril..
Ključne besede:	Toplotno udobje, relativna vlažnost, temperatura zraka, toplotni most, toplotna kamera, termogram, toplotna prehodnost, konstrukcijski sklopi.

IZVLEK

Velikokrat pozabimo na notranje okolje, ki ima velik vpliv na naše počutje in zdravje. Poleg negativnih učinkov na človeka imamo tudi negativne učinke na zdravje stavbe in stavbnega ovojja. V diplomski nalogi sem se osredotočil na parameter relativne vlažnosti zraka in parameter temperature zraka, ki močno vplivata na uporabnika in stavbo. Z identifikacijo možnih vzrokov prekomerne vlažnosti zraka sem predlagal ukrepe za sanacijo stanja na objektu osnovne šole heroja Janeza Hribarja. Za analizo podatkov so bili na objektu s toplotno kamero in digitalnim fotoaparatom posnete kritične točke (zunaj in znotraj), izvedene so bile meritve relativne vlažnosti zraka in temperature zraka v likovni učilnici, izveden pa je bil tudi anketni vprašalnik med zaposlenimi. S programsko opremo TEDI sem preveril tudi ustreznost konstrukcijskih sklopov z veljavno zakonodajo (*PURES 2010*). Po analizi in primerjavi rezultatov sem prišel do ugotovitve, da večina zaposlenih občuti neudobje v prostoru kjer se gibljejo. Stavba je slabo in pomanjkljivo izolirana, kar je razvidno tudi na termogramih z vidnimi toplotnimi mostovi. Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov ne zadošča toplotni prehodnosti, ki jo podaja *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)*. Velikokrat je presežena tudi zgornja meja relativne vlažnosti zraka (60%) v likovni učilnici. Prostori v stavbi pa se zelo malo prezračujejo. Poleg prezračevanja sem v predlogu za sanacijo predlagal še dodatno toplotno zaščito, uporabo termostatskih ventilov in ostale ukrepe predstavljene v diplomski nalogi.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 699.86:727(497.4)(043.2)
Author: Enej Truden
Supervisor: Assist. Prof. Roman Kuni , Ph.D.
Co-supervisor: Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph.D.
Title: Identification of the potential causes of excessive humidity and proposal of measures for primary school building
Document type: Graduation Thesis University studies
Notes: 51 p., 21 fig., 17 graph., 1 tab., 5 ann..
Key words: Thermal comfort, relative humidity, air temperature, thermal bridge, thermal camera, thermogram , thermal conductivity, constructional complexes.

ABSTRACT

We often forget the indoor environment that has a major impact on our well-being and health. In addition to negative effects on people we also have negative effects on building health and the building envelope. In this thesis I have focused on the parameter of relative humidity and air temperature, which strongly affect the user and the building. By identifying the possible causes of excessive humidity, I have proposed remediation measures at the site of the Heroja Janeza Hribarja Primary School in Stari trg pri Ložu. For data analysis, we record critical points of building envelope (indoor and outdoor) with thermal camera and digital camera. We also made measurements of relative air humidity and air temperature in the art classroom and distributed questionnaire among the employees at the school. With the TEDI software I have checked the appropriateness of the structural complexes with legislation (*PURES 2010*). After analysing and comparing results, I have come to the conclusion that the majority of employees feel discomfort in the area where they are located. The building insulation is poor and inadequate, which is also evident in the thermograms with visible thermal bridges. Thermal flux of the structural complexes does not meet the requirements given by *Pravilnik o u inkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)*. The upper limit of relative air humidity (60%) in the art classroom is often exceeded. Rooms in the building are also poorly ventilated. A thermal insulation is recommended and so is the use of thermostatic valves and other remediation measures presented in this thesis.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Romanu Kuni u in somentorici doc. dr. Mateji Dovjak za pomo , nasvete in usmerjanje pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se osnovni šoli heroja Janeza Hribarja in ob ini Loška Dolina za posredovano projektno dokumentacijo osnovne šole.

Hvala tudi družini, dekletu in prijateljem za spodbudo in potrpežljivost.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opredelitev problema	1
1.2	Hipoteza	2
1.3	Namen diplomske naloge	2
1.4	Cilji diplomske naloge	3
2	TEORETI NO OZADJE	4
2.1	Toplotno udobje.....	4
2.2	Relativna vlažnost	6
3	METODE DELA	7
3.1	Objekt.....	7
3.2	Sestava konstrukcijskih sklopov.....	8
3.2.1	Tla na terenu	8
3.2.2	Zunanja stena.....	9
3.2.3	Strop proti neogrevanemu prostoru	10
3.3	Termovizija	11
3.4	Meritve vlage zraka in temperature zraka	12
3.5	Vprašalnik o udobju ter pomanjkljivostih in težavah v samem objektu	12
3.6	Program TEDI	13
4	ZAKONODAJA	14
4.1	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) (Ur. L. RS, št. 52/2010).....	14
4.2	Tehnična smernica za graditev (TSG-1-004)	14
4.3	Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l. RS, št. 42/2002) + standard CR 1752:1998	14
4.4	Pravilnik o zaščitni stavbi pred vlago (Ur. l. RS, št. 29/04)	15
4.5	Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur. l. RS, št. 89/1999)	15
4.6	Uredba o gradbenih proizvodih (Uredba št. 305/2011).....	15

5	REZULTATI	16
5.1	Obdelava termogramov	16
5.1.1	Evidentiranje toplotnih mostov z zunanje strani objekta.....	16
5.1.2	Evidentiranje TM z notranje strani objekta	19
5.2	Rezultati meritev relativne vlage zraka in temperature zraka v likovni u ilnici.....	21
5.1.3	Povpre na temperatura zraka in relativna vlaga zraka.....	21
5.1.4	Graf relativne vlage zraka.....	23
5.2	Rezultati vprašalnika.....	24
5.2.1	Ogrevanje in hlajenje.....	24
5.2.2	Temperatura zraka	26
5.2.3	Neudobje.....	28
5.2.4	Vlažnost zraka.....	29
3.3.5	Prezra evanje.....	31
5.3	Rezultati v programu TEDI.....	36
5.3.1	Tla na terenu	36
5.3.2	Zunanja stena.....	37
5.3.3	Strop proti neogrevanemu prostoru	38
6	RAZPRAVA	39
6.1	Analiza in razprava rezultatov.....	39
6.2	Predlog sanacije.....	44
7	ZAKLJU EK	46
	VIRI	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Sestava KS - tla na terenu.....	8
Slika 2: Sestava KS - zunanja stena	9
Slika 3: Sestava KS - strop proti neogrevanemu prostoru (PID).....	10
Slika 4: Sestava KS - strop proti neogrevanemu prostoru (dejansko stanje)	10
Slika 5: Program TEDI	13
Slika 6: Termogram fasade južne strani.....	16
Slika 7: Termograf fasade severne strani.....	17
Slika 8: Termogram fasade severne strani (likovna u ilnica).....	17
Slika 9: Potek temperature po daljici L1	18
Slika 10: Termogram vogala v hodniku	19
Slika 11: Plesen v vogalu.....	19
Slika 12: Termogram vogala v likovni u ilnici.....	19
Slika 13: Plesen v likovni u ilnici	19
Slika 14: Termogram vogala v prvem nadstropju.....	19
Slika 15: Sledovi plesni in vlage.....	20
Slika 16: Termogram stropa (1).....	19
Slika 17: Termogram stropa (2)	20
Slika 18: Detajl križanja KS.....	40
Slika 19: Neizoliran parapet na podstrešju	41
Slika 20: Neizolirani stebri in zid na podstrešju osnovne šole heroja Janeza Hribarja	42
Slika 21: Termogram izpusta izolacijskega plina iz okna.....	43

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Potek temperature zraka (0C) v likovni u ilnici v asu od 20. 1. 2015 do 20. 2. 2015	22
Grafikon 2: Graf relativne vlage zraka (%) v likovni u ilnici v asu od 20. 1. 2015 do 20. 2. 2015	23
Grafikon 3: Ogrevanje prostorov izraženo z deležem zaposlenih v %	24
Grafikon 4: Režim ogrevanja izražen z deležem zaposlenih v %	25
Grafikon 5: Na in hlajenja v poletnem asu izražen s številom zaposlenih (n=18)	25
Grafikon 6: Ob utek temperature pozimi izražen z deležem zaposlenih v %	26
Grafikon 7: Ob utek temperature poleti izražen z deležem zaposlenih v %	27
Grafikon 8: Lokalno neudobje izraženo s številom zaposlenih (n=18)	28
Grafikon 9: Ob utek prepaha izražen z deležem zaposlenih v %	28
Grafikon 10: Vlažnost zraka pozimi izražena z deležem zaposlenih v %	29
Grafikon 11: Vlažnost zraka poleti izražena z deležem zaposlenih v %	30
Grafikon 12: Prikaz odgovorov na vprašanje ankete o sistemu prezra evanja med tednom izraženo z deležem zaposlenih v %	31
Grafikon 13: Prikaz odgovorov na vprašanje ankete o sistemu prezra evanja med vikendi/po itnicami izraženo z deležem zaposlenih v %	32
Grafikon 14: Pojav kondenza izražen z deležem zaposlenih v %	32
Grafikon 15: Rast plesni in vonj po plesni izražena z deležem zaposlenih v %	33
Grafikon 16: Javljanje pomanjkljivosti izraženo z deležem zaposlenih v %	34
Grafikon 17: Odprava napak izražena z deležem zaposlenih %	34

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Povpre na relativna vlaga zraka in temperatura zraka v likovni u ilnici	21
--	----

KRAJŠAVE

WHO – World Health Organization (Svetovna zdravstvena organizacija)

EPBD - Directive on Energy Performance of Buildings (Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2010/31/EU))

PURES 2010 – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, 2010 (Ur. l. RS, št. 52/2010)

TSG – Tehnična smernica za graditev (TSG-1-004: leto)

PZI – Projekt za izvedbo

PID – Projekt izvedenih del

PGD – Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja

IR – infra rdeča

TM – toplotni most

KS – konstrukcijski sklop

HI – hidroizolacija

PE – polietilen

AB – armiran beton

SIMBOLI

– valovna dolžina (nm)

– toplotna prevodnost materiala ($\frac{W}{mK}$)

μ - difuzijska odpornost materiala

– gostota materiala ($\frac{kg}{m^3}$)

C – specifi na toplota ($\frac{J}{kgK}$)

T – temperatura notranjega zraka ($^{\circ}C$)

U – faktor toplotne prehodnosti ($\frac{W}{m^2K}$)

$U_{izračunani}$ – izračunani faktor toplotne prehodnosti ($\frac{W}{m^2K}$)

U_{MAX} – Najve ji dovoljeni faktor toplotne prehodnosti ($\frac{W}{m^2K}$)

Al - aluminij

1 UVOD

1.1 Opredelitev problema

V današnjem času se vse bolj stremi k energetskim prenovam stavb in tako posledično k zmanjšanju porabe energije. Trenutna zakonodaja Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) predpisuje zahteve glede učinkovite rabe energije v stavbah [1]. Toplotna izolacija je vedno bolj debela, stavbe vedno bolj tesnijo, vendar pa ob vsem tem pozabimo na udobje v prostoru in zdravje. Notranje okolje v katerem bivamo in delamo ima zelo velik vpliv na počutje in zdravje. Na človeka, njegovo zdravje ter udobje vpliva več dejavnikov, ki jih delimo na fizikalne, kemične, biološke, biomehanske in psihološke dejavnike [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Najpomembnejši dejavniki toplotnega udobja so: temperatura zraka, temperatura obodnih površin, vlažnost zraka, hitrost gibanja zraka, stopnja metabolizma in izolativnost obleke [4], [5], [6], [7]. Na celovito udobje pa vpliva tudi kvaliteta zraka, toplotno udobje, ergonomija in zvočno udobje [4], [5], [6], [7]. Da je mikroklima ustrezna in je počutje v prostoru udobno, morajo biti vrednosti zgoraj navedenih dejavnikov v okviru predpisanih oziroma priporočenih vrednosti. V diplomski nalogi se bom z vidika uporabnika in stavbe osredotočil predvsem na parameter relativne vlažnosti zraka in temperature zraka, ki sta tesno povezana med seboj.

Številne raziskave so pokazale, da ima prekomerno vlažne prostore 18 % stavb v Evropi [8], [12], v Ameriki pa se ta številka giblje okrog 50% [9], [10], [12]. Vzroki prekomerne vlažnosti v notranjem okolju so gradbeno fizikalni; nepravilno prezračevanje in ogrevanje ter nepravilna uporaba prostorov [11]. Med gradbeno fizikalne vzroke uvrščamo nepravilno zasnovano ovojno stavbo, napake na konstrukcijskih sklopih, pomanjkljivo izdelana hidroizolacija, napake na vodovodnih in drugih napeljavah [12]. Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organization) je identificirala, da se vlaga lahko transportira v plinastem in tekočem agregatnem stanju z difuzijo, konvekcijo, kapilarnim dvigom, zračnim pritiskom in gravitacijo [13], [14]. Z raziskavami so ugotovili [12], [15], [16], [17], [18], da se efekti prekomerne vlažnosti v stavbah največkrat pokažejo kot vidna rast plesni ali pa vonj po plesni [12]. Daljša izpostavljenost prekomerni vlažnosti ima negativen vpliv na naše zdravje [12], [19] in s tem povezane stroške [12], [9]. Z raziskavami so dokazali, da prekomerna vlažnost močno vpliva na pojavnost bolezni dihal [12], [19].

Poleg negativnega vpliva prekomerne vlažnosti zraka v notranjem okolju na naše zdravje ima ta tudi negativen vpliv na zdravje stavbe in stavbnega ovoja [6], [7], [12]. V članku avtorji navajajo, da je prekomerna vlažnost glavni krivec za 76 % poškodb stavb [20], [14], WHO navaja, da je prekomerna vlažnost kriva za 75-80 % poškodb ovoja stavbe [13]. S primernimi ukrepi lahko preprečimo negativne učinke prekomerne vlažnosti zraka na zdravje ljudi in objektov [12]. Da do negativnih učinkov ne bi prišlo, nam zahteve za zaščitno uporabnikov, stavb in sistemov pred vlago podaja zakonodaja [12].

1.2 Hipoteza

Osnovna šola Heroja Janeza Hribarja je bila zgrajena v več fazah. Zadnja III. faza je bila zgrajena leta 2003. V projektu sta bila glede rabe energije in toplotne zaščitne uporabljena Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezraevanju objektov ter pripravi tople vode (Ur. l. SRS, št. 31/84, 35/84) in Pravilnik o jugoslovanskih standardih za toplotno energijo v gradbeništvu (Ur. l. SFRJ, št. 3/80) [21]. Predvidevam, da sestava konstrukcijskih sklopov ne ustreza veljavni zakonodaji glede učinkovite rabe energije PURES 2010 [1].

Glede na videno stanje prostorov osnovne šole sklepam, da je ponekod v objektu prekomerna vlažnost zraka. Menim, da je to posledica neustreznih gradbeno fizikalnih vzrokov. Predvidevam tudi, da zato nekatere osebe v objektu občutijo toplotno neudobje v prostoru.

1.3 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je identificirati možne vzroke prekomerne vlažnosti in predlagati ukrepe za sanacijo stanja. S pomočjo kombinacije/izvedbe posnetkov z IR kamero, meritev mikroklimatskih parametrov, izračunov parametrov gradbene fizike in ankete bom ugotovil možne vplive prekomerne vlažnosti na stavbo in posredno na uporabnika. Stanje sem preučeval na področju stavbe, stavbnega ovoja (KS), prostora in uporabnika.

1.4 Cilji diplomske naloge

Z namenom analize podatkov sem si na primeru osnovne šole heroja Janeza Hribarja zastavil naslednje cilje:

- posneti oziroma slikati kriti ne to ke stavbnega ovoja osnovne šole heroja Janeza Hribarja z IR termo kamero,
- kriti ne to ke evidentirati še z digitalnim fotoaparatom,
- s stalnimi meritvami relativne vlažnosti in temperature zraka v objektu ugotoviti, kakšno je dejansko stanje,
- ugotoviti, e mikroklimatske razmere glede temperature zraka in relativne vlažnosti zraka ustrezajo predpisanim in priporo enim vrednostim,
- izvesti anketo o po utju in morebitnih gradbenih pomanjkljivostih med zaposlenimi v osnovni šoli,
- s pomo jo programske opreme TEDI izra unati parametre gradbene fizike za posamezne konstrukcijske sklope,
- med seboj primerjati dobljene rezultate z IR kamero, meritvami, izra uni, vprašalnikom in preveriti kako dobljene vrednosti sovpadajo z zakonodajo,
- na podlagi analize rezultatov predlagati ukrepe s podro ja uporabe prostorov (prezra evanje) in gradbeno-tehni nega podro ja za sanacijo objekta.

2 TEORETI NO OZADJE

2.1 Toplotno udobje

V Standardu ISO 7730:2005 je toplotno udobje definirano z naslednjo trditvijo:

»Toplotno udobje je tako stanje uma, ki izraža zadovoljstvo s termalnim okoljem« [22].

Na toplotno udobje vplivajo parametri, ki jih delimo na loveške in okoljske parametre.

Med parametre, ki so odvisne od loveka (uporabnika) uvrščamo:

- metabolizem (fizična aktivnost),
- obleka,
- individualne značilnosti in
- zdravstveno stanje osebe [23], [24].

S pojmom okoljski parametri zajamemo zunanje oziroma notranje okolje in bivalno oziroma delovno okolje. V to skupino spadajo sledeči parametri:

- temperatura zraka,
- srednja sevalna temperatura,
- hitrost zraka in
- absolutna vlažnost zraka [23], [24].

Toplotno udobje je doseženo takrat, ko so energijski tokovi med telesom in okolico v ravnovesju. Avtor Bilban v knjigi Medicina dela (1999) navaja, da je toplotno udobje:

»...stanje, v katerem ne utimo ne hladu ne vročine in je gibanje zraka prijetno oziroma ga ne utimo, ko se zrak ne zdi suh ne vlažen in ko nošenja obleke ne utimo kot nadloge« [25].

Za določevanje zahtevanih in/ali priporočenih temperatur zraka, površin, RH in ostalih parametrov udobja v bivalnem in delovnem okolju se uporabljajo pravilniki in standarde.

Priporočena temperatura v prostoru je odvisna od namembnosti prostora, pogostosti uporabe, značilnosti ljudi in pa od letnega obdobja (ogrevalna, neogrevalna sezona) [26].

Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur. l. RS, št. 89/199) pravi: »Delodajalec mora zagotoviti, da temperatura zraka v delovnih prostorih med delovnim obdobjem ustreza fiziološkim potrebam delavcev glede na naravo dela in fizično obremenitve delavcev pri delu« [27].

Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji (Ur. l. RS, št. 42/2002) v svojem štirinajstem členu priporoča temperaturo v bivalnem okolju za sedečo osebo v času ogrevanja med 19 in 24 °C, v času brez ogrevanja pa temperaturo zraka med 22 in 26 °C [28]. Priporočene temperature zraka za posamezne prostore najdemo v standardu CR 1752:1998. Tako standard CR 1752:1998 priporoča za učilnice kategorije B (normalna raven pri akovanju) temperaturo v poletnem času med 23⁰C in 26⁰C, v zimskem času pa med 20⁰C in 24⁰C [29].

Za toplotno neudobje pa je večkrat vzrok lokalno neudobje, ki ga občutimo s posameznimi deli telesa. Vzroki za to so lahko prepih, vertikalna temperaturna razlika zraka, pretopla ali prehladna tla in asimetrija sevanja [29]. Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji (Ur. l. RS, št. 42/2002) določa tudi največjo vertikalno temperaturno razliko zraka med gležnji in glavo, ki znaša 3 K. Temperatura tal se najgiblje med 17 in 26 °C, pri talnem gretju pa do 29 °C [28]. Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur. l. RS, št. 89/199) podaja zahteve glede minimalne in maksimalne temperature tal. Najmanjša dovoljena temperatura tal na delovnih mestih znaša 19 °C, najvišja pa ne sme preseči 29 °C [27]. Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji (Ur. l. RS, št. 42/2002) določa največjo sevalno temperaturno asimetrijo (hladna stena < 13 °C, topla stena < 35 °C, hladen strop < 18 °C in topel strop < 7 °C) in največjo dovoljeno srednjo hitrost gibanja zraka, ki znaša 0,15 m/s v času ogrevanja in ohlajanja ter 0,2 m/s v ostalem času [28].

Kljub vsem parametrom, ki jih podaja zakonodaja, se bom v diplomski nalogi osredotočil le na temperaturo zraka in vlažnost zraka.

2.2 Relativna vlažnost

Relativna vlažnost je razmerje med absolutno vlažnostjo zraka in maksimalno količino vlage, ki jo zrak lahko sprejme pri določeni temperaturi [47]. Tako lahko hladnejši zrak sprejme manj vode kot pa toplejši. Relativna vlažnost je pomemben dejavnik pri polnjenju. Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l. RS, št. 42/2002) podaja zahteve glede primerne relativne vlažnosti zraka. Vlažnost zraka v prostoru mora biti takšna, da s svojimi učinkami ne vpliva na udobje, zdravje ljudi in stavbe, sisteme, konstrukcijske sklope [12]. Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji (Ur. l. RS, št. 42/2002) v dvanajstem členu navaja: »Pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti med 30 % in 70 %« [28]. Idealna vlažnost zraka v prostoru naj bi se gibala nekje vmes. Če je relativna vlažnost zraka manjša od 40 % je zrak presuh, kar lahko povzroči različne alergije in prehlade [30]. Zrak z relativno vlago nad 60 % pa je prevlažen za običajne prostore. Tak zrak poveča možnost rasti alergenih in patogenih organizmov [12]. Povečanje vlažnosti v prostoru so posledica nepravilnega prezraevanja in ogrevanja (uporaba), konstrukcijskih napak stavbnega ovoja, toplotnih mostov, uporabnikov itd. [12].

3 METODE DELA

3.1 Objekt

Vpliv vlažnosti zraka, temperature zraka na uporabnika in stavbo ter vse posledice, ki nastanejo zaradi teh parametrov, sem preveril na dejanskem objektu. Izbral sem si objekt osnovne šole heroja Janeza Hribarja v Starem trgu pri Ložu. Ker je to javna ustanova in se v prostorih vsakodnevno nahaja veliko ljudi, so dejavniki, ki vplivajo na počutje, zdravje in konstrukcijo še toliko bolj pomembni. Šola je bila grajena v treh ločenih fazah, tako da se je del stare šole porušil in na tem mestu dogradil nov del. V ta namen so začeli pripravljati projektno dokumentacijo že leta 1996, ki je bila dopolnjena v glavni projekt (PGD in PZI). Gradnjo I. faze se je začela leta 1998 [21].

Za analizo sem si izbral del objekta, ki je bil grajen v III. fazi, PZI dokumentacija je bila dopolnjena leta 2001. Rušenje starega dela je potekalo poleti. Z gradnjo so pričeli jeseni, tako je bil objekt dokončan naslednje poletje 2002. V tej fazi so bile v pritličju urejene sanitarije, prostor za shranjevanje čistil, učilnici za glasbeni in likovni pouk s pripadajočimi kabinetoma, ter specializirana učilnica za tehnični pouk. V nadstropju se nahajajo prostori namenjeni upravi šole in zbornica.

Temelji so pasovni iz armiranega betona širine 60 cm. Zunanji temelji so globoki 133 cm, notranji 90 cm. Vse nosilne in zunanje stene so sezidane z modularno opeko 290x190 mm. Zunanje stene so izolirane s 5 cm debelo izolacijo (novoterm) in obložene z zidakom debeline 12 cm. Predelne stene sanitarij so zidane z dvojnimi zidakom debeline 12 cm, ostale predelne stene so narejene iz porolita debeline 8 cm. Medetažne plošče so iz armiranega betona debeline 20 cm. Vse vezi in preklade so prav tako iz armiranega betona. Medetažna plošča nad nadstropjem je izolirana z 10 cm debelo stekleno volno. Nad njo se dviga lesena nosilna konstrukcija ostrešja, ki je na nekaterih delih podprta z armirano betonskimi stebri. Objekt se ogreva na kurilno olje in sicer je ogrevanje izmenično [21].

3.2 Sestava konstrukcijskih sklopov

3.2.1 Tla na terenu

KS je sestavljen iz (od toplejše strani proti hladnejši):

- hrastov parket,
- cementni estrih,
- armiran beton,
- polietilenska folija,
- Novoterm PIP/T,
- Izotekt V4 (HI),
- podložni beton,
- tamponsko nasutje.

Podrobnosti posameznih slojev KS glede debeline, gostote (ρ), specifične toplote (C), toplotne prevodnosti (λ) in difuzijske odpornosti (μ) prikazuje spodnja slika:

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
			m	ρ kg/m ³	C J/kg K	λ W/m K	μ -		
1	63.1	les - hrast	0.0220	700	2,090	0.210	40.0		1
2	19.2	cementni estrih	0.0400	2,200	1,050	1.400	30.0		1
3	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.0450	2,200	960	1.510	30.0		1
4	81.0	polietilenske folije	0.0002	1,000	1,250	0.190	80000.0		1
5	113.0	mineralna in steklena volna	0.0400	200	840	0.041	1.0		1
6	87.2	FRAGMAT IZOTEM V4	0.0050	1,300	1,460	0.190	14000.0	*	3
7	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.1000	2,200	960	1.510	30.0		1
8	29.0	pesek in droban prodec	0.2500	1,500	840	1.400	15.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

* - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanjim okoljem se pri računu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

Slika 1: Sestava KS - tla na terenu (material in fizikalne količine)

3.2.2 Zunanja stena

Sestava KS (od toplejše strani proti hladnejši) je slede a:

- notranji omet,
- ope ni modularec,
- Novoterm LIP/S,
- ope ni trojni zidak,
- predhodni obrizg,
- zaribani finalni omet.

Podrobnosti posameznih slojev KS glede debeline, gostote (ρ), specifične toplote (C), toplotne prevodnosti (λ) in difuzijske odpornosti (μ) prikazuje spodnja slika:

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	22.1	mavčna in apneno mavčna malta	0.0050	1,500	920	0.700	9.0		1
2	2.1	mrežasti opečni votlak (gostota opeke z votlinami)	0.1900	1,400	920	0.610	6.0		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0.0500	200	840	0.041	1.0		1
4	2.1	mrežasti opečni votlak (gostota opeke z votlinami)	0.1200	1,400	920	0.610	6.0		1
5	19.1	cementna malta	0.0150	2,100	1,050	1.400	30.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Slika 2: Sestava KS - zunanja stena (material in fizikalne količine)

3.2.3 Strop proti neogrevanemu prostoru

Sestava KS (od toplejše strani proti hladnejši) je slede a:

- fini omet,
- AB ploš a,
- Al folija,
- Novoterm PIP/10,
- PE folija,
- armirani cementni estrih.

Podrobnosti posameznih slojev KS glede debeline, gostote (ρ), specifi ne toplote (C), toplotne prevodnosti (λ) in difuzijske odpornosti (μ) prikazujeta spodnji sliki:

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ					
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	22.1	mavčna in apneno mavčna malta	0.0050	1,500	920	0.700	9.0		1
2	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,200	960	1.510	30.0		1
3	109.3	aluminij (0.20mm)	0.0002	2,700	940	203.000	800000.0		1
4	113.0	mineralna in steklena volna	0.1000	200	840	0.041	1.0		1
5	81.0	polietilenske folije	0.0002	1,000	1,250	0.190	80000.0		1
6	19.2	cementni estrih	0.0600	2,200	1,050	1.400	30.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Slika 3: Sestava KS - strop proti neogrevanemu prostoru - PID (material in fizikalne koli ine)

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ					
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	22.1	mavčna in apneno mavčna malta	0.0050	1,500	920	0.700	9.0		1
2	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,200	960	1.510	30.0		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0.1000	200	840	0.041	1.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Slika 4: Sestava KS - strop proti neogrevanemu prostoru - dejansko stanje (material in fizikalne koli ine)

3.3 Termovizija

Infrarde a tehnologija se uporablja v različnih panogah kot so medicina, telekomunikacije, strojništvo, gradbeništvo ipd. Vsako telo, ki ima višjo temperaturo kot absolutna ničla (0 °K), oddaja zvezni spekter elektromagnetnega valovanja [31]. Že ime infrarde a tehnologija nam pove, da uporabljamo infrarde i spekter elektromagnetnega valovanja, ki ga opišemo z valovno dolžino . Tega valovanja s prostim o esom ne moremo videti. Lahko pa ga vidimo z infrarde o tehnologijo, s katero pridobivamo podatke nekontaktno [31]. V te namene uporabljamo infrarde e kamere, oziroma termo (toplotne) kamere, ki nam infrarde e spektre pokažejo na sliki v barvni lestvici glede na intenziteto sevanja [32]. Iz dane slike termograma preberemo navidezno temperaturo v to ki, ki nas zanima [31], [33]. V gradbeništvo to metodo uporabljamo za odkrivanje toplotnih mostov v stavbnem ovoju, vlažnih mest, merjenje toplotnih izgub, slabega tesnjenja in ugotavljanja kvalitete izolacijskih materialov [32], [31]. Tako lahko hitro ugotovimo, kje so napake v konstrukciji, ki so lahko posledica slabe izvedbe ali pa pomanjkljivosti projektov.

Za izdelavo diplomske naloge sem uporabil termo kamero Trotec IC-V. Pred za etkom uporabe je potrebno vnesti nekaj parametrov. Ti parametri so emisivnost merjene površine, zunanja temperatura zraka, oddaljenost od merjenca in relativna vlažnost zraka. Najpomembnejša je emisivnost površin in za ve ino gradbenih materialov znaša 0,9. Možna je kasnejša korektura parametrov v posebni programski opremi namenjeni za obdelavo termogramov [34].

Termogrami so bili posneti 27. januarja 2015, ob 23.00. Zunanja temperatura zraka je bila -6°C . Objekt sem posnel tako z zunanje strani, kot tudi z notranje. V asu slikanja se je stavba ogrevala. Temperatura v samem objektu, kjer sem slikal s termo kamero je kazala 22°C . Termograme sem nato obdelal s programsko opremo Trotec IR Wizard V 2.3.5 [35], ki jo podaja proizvajalec termo kamer Trotec. V programu sem najprej naredil korekture glede oddaljenosti od merjenca, morebitne popravke temperature in relativne vlažnosti. Prilagodil sem svetlost in kontrast ter narisal daljico med dvema izbranimi to kama na termogramu, katera mi pokaže spremembo temperature v posamezni to ki te daljice.

Vsak del objekta, ki sem ga posnel s termo kamero, sem posnel tudi z digitalnim fotoaparatom. Tako sem imel boljšo predstavbo, kje v prostoru se termogram nahaja. Digitalne slike pa pokažejo tudi morebitno vidno rast plesni na nekaterih delih.

3.4 Meritve vlage zraka in temperature zraka

V sklopu diplomske naloge sem v učilnici likovne umetnosti opravljal meritve temperature zraka in relativne vlage zraka. Prostor sem izbral zato, ker je tu največ težav z vlago. Meritve sem opravljal dvakrat dnevno in sicer ob 8.00 pred pričetkom pouka, ter ob 14.00 po končanem pouku. Za merjenje temperature zraka sem uporabljal digitalni termometer z natančnostjo na desetinko stopinje celzija. Pri odčitavanju relativne vlažnosti zraka sem si pomagal z analognim higrometrom na sintetično vlakno. Tako termometer kot higrometer sta bila kalibrirana.

3.5 Vprašalnik o udobju ter pomanjkljivostih in težavah v samem objektu

Da bi izvedel kaj več o pomanjkljivostih in težavah v samem objektu, sem med zaposlenimi izvedel anketni vprašalnik. Vprašalnik sem zastavil tako, da jim nisem direktno izpostavil in omenil težav na samem objektu. Razumljivost vprašanj sem predhodno preveril na naključnih osebah. Vsak anketiranec je odgovarjal za prostor, v katerem se nahaja večino delovnega časa. Vprašalnik o udobju ter pomanjkljivostih in težavah v objektu sem izvedel preko spleta v sredo, 1. julija 2015. Sodelovalo je 18 zaposlenih, ki se pretežno zadržujejo na določenem delu objekta. Vprašanja sem razdelil na več sklopov. Spraševal sem o ogrevanju in prezraevanju stavbe, vlažnosti prostorov v različnih letnih časih, občutku temperature in neudobju. Ker se anketirane osebe zadržujejo v različnih prostorih, sem dobil splošen pogled stanja na objekt, ki je bil zgrajen v III. fazi.

3.6 Program TEDI

Raunalniški program TEDI [44] je bil razvit na fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v sodelovanju s podjetjem Fragmat d.o.o.. Program se uporablja za računalniško analizo toplotne prehodnosti, analizo prehoda toplote in difuzije vodne pare skozi konstrukcijski sklop. Program temelji na Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah [36], SIST EN ISO 6946 [37], SIST EN ISO 10211-1 [38] in SIST 1025:2002 [39]. Program je izdelan v okolju Microsoft Excel. Je uporabniku prijazen, saj je v samem programu in navodilih lepo razloženo, katere parametre vstavljati v določena okna [40].



Slika 5: Program TEDI

(Vir: Slikano iz programa TEDI)

V program je potrebno vnesti klimatske pogoje. Podatke o temperaturi zraka lahko vnesemo sami, lahko pa enostavno vpišemo koordinate našega objekta in program izbere klimatske pogoje sam na podlagi spletnega portala <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja> oziroma <http://www.geodetska-uprava.si/> [40].

Sledi izbira konstrukcijskega sklopa in vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, ter izbira stavbe po 19. členu Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (Stari Pravilnik) (Ur. l. RS, št. 39/2008)

V naslednjem koraku sestavimo konstrukcijski sklop. Upoštevamo debelino posameznih materialov in njihovo toplotno prehodnost - U faktor. Ker je program narejen v sodelovanju s podjetjem Fragmat d.o.o., je v samem programu že vgrajena knjižnica materialov iz podjetja. Lahko izbiramo med podanimi materiali, lahko pa vstavimo parametre za poljuben material. Plasti konstrukcijskega sklopa moramo podajati od toplejše proti hladnejši strani. Program nam poda analizo rezultatov in pove, ali konstrukcijski sklop odgovarja zahtevam po pravilniku. Rezultate prikaže tudi grafično.

4 ZAKONODAJA

4.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) (Ur. L. RS, št. 52/2010)

PURES 2010 je novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Pravilnik je nadomestek oziroma izboljšava starega pravilnika (PURES 2008). Pravilnik je veljaven od 1. 7. 2010. Uporablja se pri gradnji novih stavb ali njihovi rekonstrukciji, kjer se naredi poseg na najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo.

V nasprotnem primeru ali v primeru bruto tlorisne površine manjše od 50 m², morajo biti izpolnjene zahteve tehnične smernice za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije, 2010. Pravilniki določajo tehnične zahteve za učinkovito rabo energije glede toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezraevanja in kombinacije le teh. Obsega tudi zahteve na področju priprave tople vode, razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije in metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU [1].

4.2 Tehnična smernica za graditev (TSG-1-004)

Tehnična smernica za graditev je vključena v pravilnik PURES 2010. To je dokument, v katerem se natančno določijo zahteve za določene vrste objektov glede projektiranja, uporabe materialov in njihove vgradnje ter nadaljnja gradnje, da se zagotovi zanesljivost in življenjska doba objekta. Uporaba te tehnične smernice je obvezna [41].

4.3 Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji stavb (Ur. L. RS, št. 42/2002) + standard CR 1752:1998

Ustrezno ugodje v prostoru dosežemo le s pravilnim prezraevanjem in klimatizacijo. Kakovost notranjega okolja obravnava Pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji stavb, ki je narejen na podlagi več standardov, med drugim tudi na standardu CR 1752:1998 [42]. Standard je namenjen zagotavljanju sprejemljivega notranjega okolja za ljudi v prezraevanih stavbah. Notranje okolje po navedbah standarda obsega toplotno okolje v prostoru, kvaliteto zraka in zvok. Dobro prezraevanje privede do udobnega počutja v prostoru z nizkim tveganjem za razvoj bolezni in majhne porabe energije [28]. Kvaliteto zraka izraža z odstotkom oseb, katere označijo parametre udobja za nesprejemljive. Če je nekaj nezadovoljnih oseb, je kvaliteta udobja visoka, če pa je nezadovoljnih več, je kvaliteta udobja nizka. Glede števila nezadovoljnih poročil poda zahteve glede maksimalnih in minimalnih parametrov udobja za določeno vrsto, namen in uporabo objekta [29].

4.4 Pravilnik o zašiti stavb pred vlago (Ur. l. RS, št. 29/04)

Pravilnik podaja zahteve glede zašite objektov pred vlago. Pravilnik se ne ukvarja z vlago, ki nastane zaradi kondenzacije in prehoda vodne pare. Zajema področja nastanka vlage zaradi talne vode, atmosferskih padavin in voda iz napeljav stavb. Zahteva, da so projektiranje, izvedba in vzdrževanje taki, da šiti objekt pred vdorom vlage in navlaževanjem materialov, ki bi povzročili razvoj plesni ter poškodbami objekta [43].

4.5 Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur. l. RS, št. 89/1999)

V tem pravilniku so določene zahteve glede varstva in zdravja delavcev na delovnih mestih. Te zahteve mora delodajalec upoštevati pri načrtovanju, oblikovanju, opremljanju in vzdrževanju delovnih mest. Pravilnik podaja zahteve glede osvetljevanja prostorov, dovoljenega hrupa, primerne zračne temperature in vlažnosti v prostoru, požarne varnosti, prezračevanja prostorov, električnih instalacij in še bi lahko naštevali [27].

4.6 Uredba o gradbenih proizvodih (Uredba št. 305/2011)

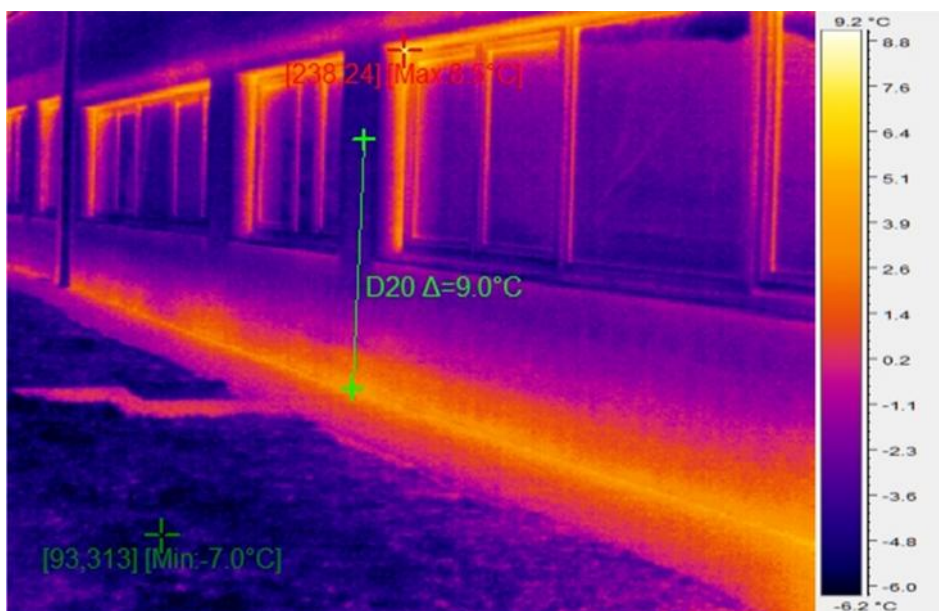
Uredba št. 305/2011 je uredba Evropskega parlamenta in Sveta prenesena v slovensko zakonodajo o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGP [45]. Uredba uvaja usklajena pravila za navajanje značilnosti in lastnosti gradbenih proizvodov, ter uporabo znaka CE [45]. Med drugim upošteva tudi pravila glede okolja in varnosti. »Pravila državljanic zahtevajo, da so gradbeni objekti načrtovani in zgrajeni tako, da ne ogrožajo varnosti ljudi, domačih živali ali imetja ter ne škodujejo okolju« [45]. Upošteva tudi vplive na zdravje in higieno. »Uredba ne bi smela vplivati na pravico državljanic, da določijo zahteve, ki jih smatrajo za potrebne za zagotovitev zašite zdravja, okolja in delavcev pri uporabi gradbenih proizvodov« [45].

5 REZULTATI

5.1 Obdelava termogramov

5.1.1 Evidentiranje toplotnih mostov z zunanje strani objekta

Najprej sem se sprehodil okrog objekta in posnel termograme z zunanje strani. Evidentiral sem kritične točke v stavbnem ovoju, tako imenovane toplotne mostove oziroma kot jih s kratico označimo TM. Bolj svetla kot je barva na termogramu, večji je toplotni tok in z njim povezane izgube.



Slika 6: Termogram fasade južne strani
(Vir: Lasten)

Zgornja slika prikazuje južno stran objekta, ki je bil grajen v III. fazi. Na spodnji strani objekta lahko opazimo velik linijski TM v območju podzidka in temeljev. Ta TM je bil pri akovan, saj je že v projektu razvidno, da temelji niso izolirani. Današnja zakonodaja (PURES 2010) tega ne bi dovoljevala.

Opazen je linijski TM na višini medetažne plošče. Ta toplotni most je posledica slabo izolirane preklade nad okenskimi odprtinami, oziroma slaba rešitev in izvedba detajla. V območju okenskih špalet se pojavlja tako imenovani geometrijski TM, ki se pojavlja v vogalih in na robovih zaradi tega, ker je zunanja površina ovoja večja kot pa je površina v notranjem delu ovoja. Na tem mestu se pojavi tudi najvišja izmerjena temperatura in sicer 8,5°C.

Prav ni druga e pa termogrami ne pokažejo za ostale strani objekta. Izpostavil bom še severno stran, kjer se nahaja tudi likovna u ilnica, v kateri je najve težav z vlago.



Slika 7: Termograf fasade severne strani
(Vir: Lasten)



Slika 8: Termogram fasade severne strani (likovna u ilnica)
(Vir: Lasten)

Tudi tu vidimo linijske TM zaradi neizoliranih temeljev ter slabo rešenih detajlov na obmoju preklad. Prav tako se pojavijo težave na obmoju špalet in vogalov. Termogram pokaže celo vertikalne in horizontalne rege med zidaki.



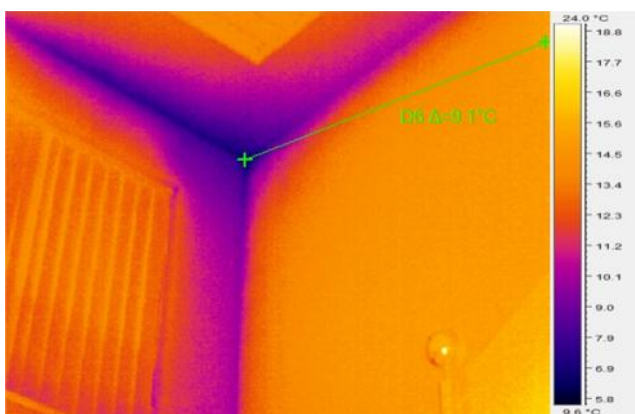
Slika 9: Potek temperature po daljici L1, na severni fasadi (izpis iz termograma posnetega 27. Januarja ob 23.00)

Zgornji graf prikazuje, kako se spremeni temperatura površine po daljici L1 na severni strani objekta (likovna u ilnica). Temperatura površine se nam na razdalji 1,5 m v smeri od vrha navzdol spremeni za približno 5 °C.

5.1.2 Evidentiranje TM z notranje strani objekta

Z notranje strani je barvna lestvica na termogramu ravno obratna. Bolj kot je barva temna, veji toplinski tok te skozi steno in obratno.

Že takoj v vstopu v objekt sem v vogalu zunanje stene opazil vidno rast plesni. Razlika med temperaturo površine v vogalu in temperaturo na površini notranje stene znaša približno 9 °C.

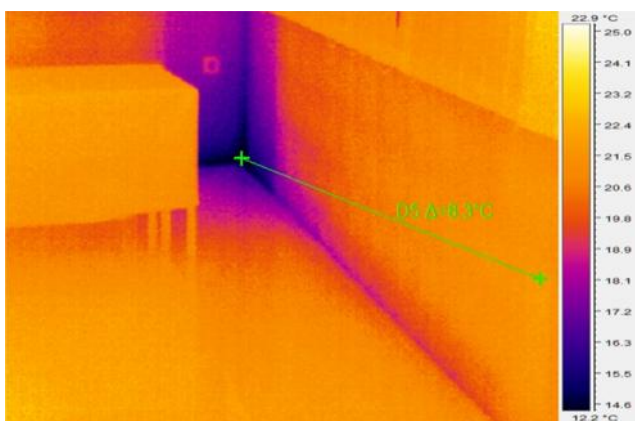


Slika 10: Termogram vogala v hodniku
(Vir: Lasten)



Slika 11: Plesen v vogalu
(Vir: Lasten)

V likovni učilnici, ki je po prievanju zaposlenih najbolj kritičen del objekta se prav tako pokažejo kritične točke ter sledovi vlage in plesni.

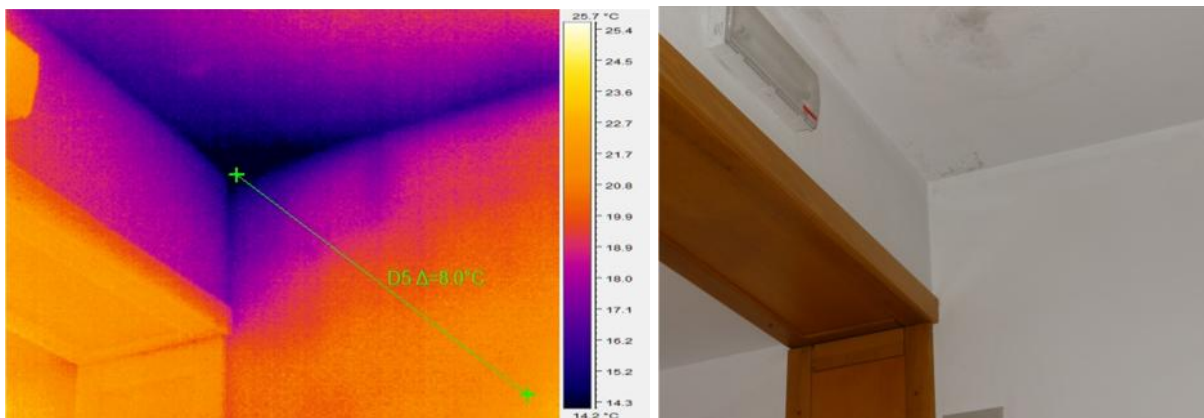


Slika 12: Termogram vogala v likovni učilnici
(Vir: Lasten)



Slika 13: Plesen v likovni učilnici
(Vir: Lasten)

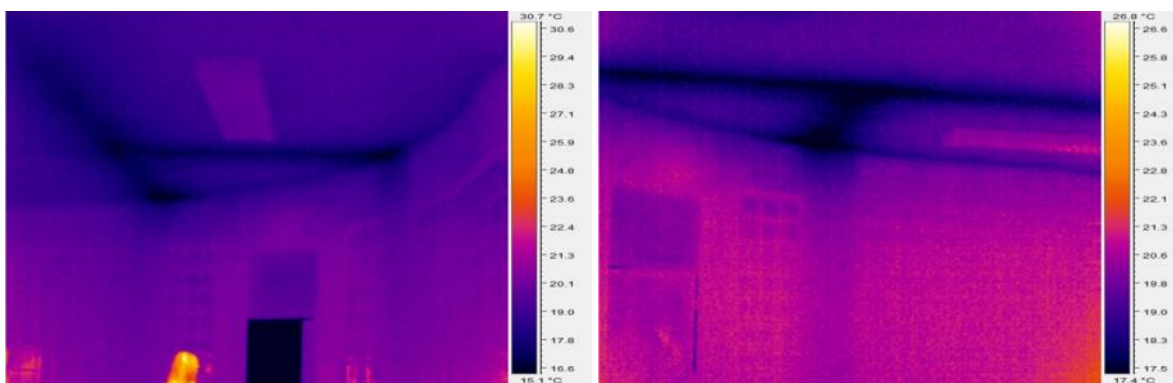
V nadstropju se v vogalih pod ploščo pojavijo geometrijski in linijski TM. Nad ploščo je neogrevan prostor pokrit z lesenim ostrešjem. Na ploščo naj bi bila položena 10 cm debela plast steklene volne.



Slika 14: Termogram vogala v prvem nadstropju
(Vir: Lasten)

Slika 15: Sledovi plesni in vlage
(Vir: Lasten)

Naprej po hodniku je termokamera na stropu pokazala izrazite pasove z nižjo temperaturo površine. Po pregledu podstrešja, sem ugotovil, da te toplotne mostove povzročajo zidovi višine cca. 150 cm, katerih funkcija mi ni znana. Ti zidovi delujejo kot velika hladilna rebra in hladijo prostore pod ploščo.



Slika 16: Termogram stropa (1)
(Vir: Lasten)

Slika 17: Termogram stropa (2)
(Vir: Lasten)

Praktično se povsod po objektu pojavljajo podobni TM v okolici vogalov, špalet in odprtín. Nekje se ti problemi pokažejo tudi z vidno rastjo plesni na zidovih in vonju po zatohlosti.

5.2 Rezultati meritev relativne vlage zraka in temperature zraka v likovni učilnici

Meritve sem izvajal v likovni učilnici, ki se nahaja v objektu zgrajenem v III. fazi in sicer na severni strani. Meritve so bile opravljene v časovnem obdobju med 20.1. 2015 in 20. 2. 2015. Merilne aparate sem imel postavljene na katedru, na višini 75 cm od tal, stran od zunanjih sten. Učitelj, ki poučuje v tej učilnici, je na mojo prošnjo odčitaval temperaturo zraka in relativno vlago zraka vsak dan v tem časovnem obdobju ob 8.00 uri zjutraj ter ob 14.00 po končanem delu, z izjemo vikendov. Izmerjeni parametri so prikazani v prilogi.

5.1.3 Povprečna temperatura zraka in relativna vlaga zraka

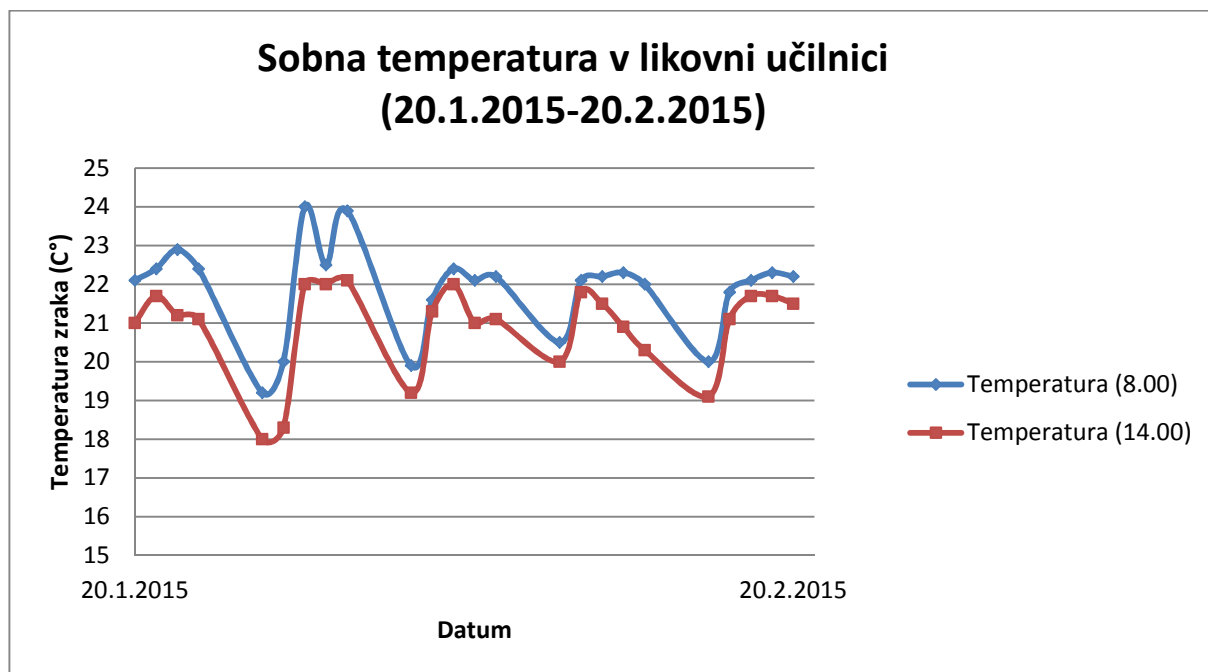
Iz rezultatov sem povprečno temperaturo zraka in relativno vlago zraka za vsak del dneva posebej. Iz meritev sem ugotovil, da je bila ob 8.00 uri zjutraj relativna vlaga zraka nekoliko nižja kot pa ob 14.00 uri. Zjutraj je povprečna relativna vlaga zraka znašala 54,3 %, popoldan pa 59,3 %. Ravno obratno je s temperaturo zraka. Ta je bila zjutraj nekoliko višja (21,9 °C) kot pa v popoldanskem času (20,9°C).

Preglednica 1: Povprečna relativna vlaga zraka in temperatura zraka v likovni učilnici

LIKOVNA UČILNICA		
Ura	Povprečna relativna vlaga zraka (%)	Povprečna temperatura zraka (C°)
8.00	54,3	21,9
14.00	59,3	20,9

Menim, da padec temperature povzroči nestalno ogrevanje tekom pouka, odpiranje vrat in oken. Relativna vlaga je razmerje med dejansko vlago v zraku in maksimalno možno vlago, ki jo zrak lahko sprejme. Toplejši zrak lahko sprejme več vlage kot hladnejši, zato se pri znižanju temperature zraka relativna vlaga poveča. Vlaga se poveča tudi zaradi velike količine izdihanega zraka med poukom.

Naredil sem graf temperature zraka v odvisnosti od časa od itavanja skozi časovno obdobje od 20.1. 2015 do 20. 2. 2015. Na grafu sta prikazana poteka meritev temperature zraka ob 8.00 in 14.00.



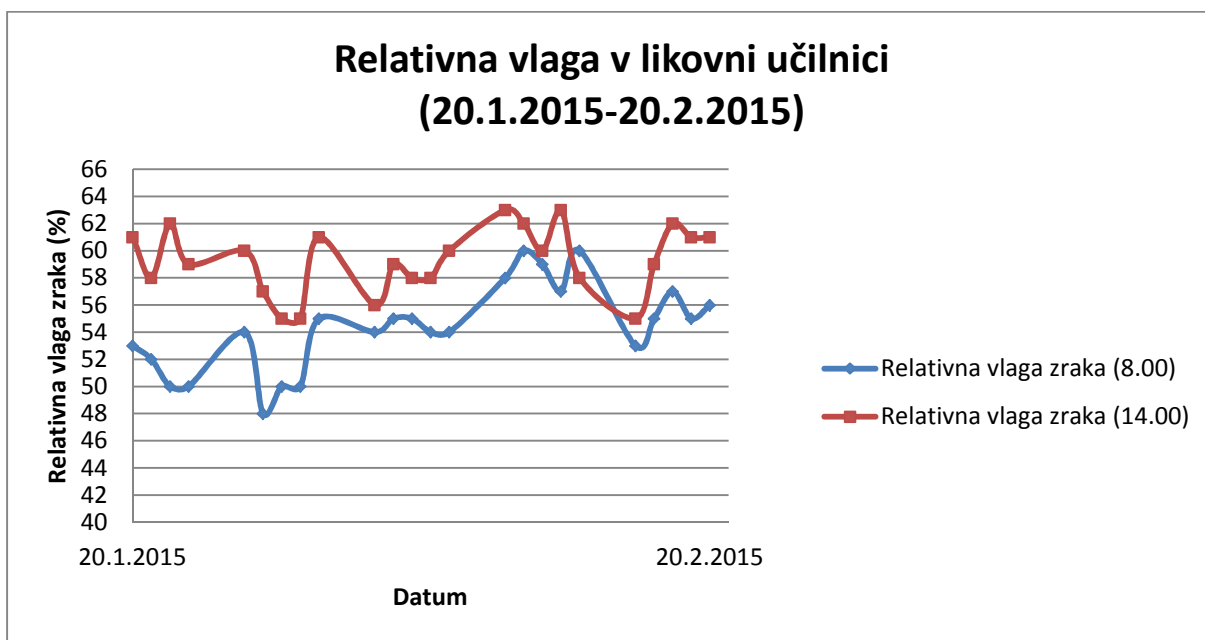
Grafikon 1: Potek temperature zraka (0C) v likovni učilnici v času od 20. 1. 2015 do 20. 2. 2015

Povprečna jutranja temperatura zraka v učilnici znaša $21,9^{\circ}\text{C}$, popoldanske pa $20,9^{\circ}\text{C}$. Na grafu opazimo padce temperature na istih intervalih. Ti padci temperature se pojavijo na začetku tedna v ponedeljek. To se pojavi, ker se objekt med vikendi ne ogreva. Temperatura v objektu v tem času izrazito pade. Ogrevanje se ponovno začne v noči na ponedeljek. Potrebno je nekaj časa, da se spet vzpostavi višja temperatura v objektu. Na nihanje temperature močno vpliva tudi zunanja temperatura zraka. V obdobju izvajanja meritev se je zunanja temperatura gibala med -10°C in 5°C . Večji del je bila temperatura pod 0°C .

Na grafu opazimo tudi dve temperaturi, ki še posebej izstopata. To sta posledici popoldanskih oziroma večernih dejavnosti v objektu. Zaradi tega se je objekt dlje časa ogreval in je temperatura čez noč toliko manj padla.

5.1.4 Graf relativne vlage zraka

Spodnji graf prikazuje potek relativne vlage zraka v času med 20.1. 2015 in 20. 2. 2015. Povprečna relativna vlaga zraka je bila v jutranjih urah nekoliko nižja (54,3%) kot v popoldanskem času (59,3%). Nekatere dneve sta bili relativni vlagi zraka dopoldan in popoldan dokaj enaki, en dan pa je bila relativna vlaga v dopoldanskem času celo večja kot v popoldanskem. V splošnem je bila relativna vlaga ob 14.00 višja in je velikokrat celo preseгла 60%. Meja 60% nam ponazarja mejo relativne vlažnosti, do katere je po utje glede vlažnosti in temperature zraka še sprejemljivo. Relativna vlažnost naj bi se gibala med 40% in 60% po Pravilniku o prezraevanju in klimatizaciji stavb ter Pravilniku o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih [27], [28]. Glede na dane meritve, ugotovimo, da dopoldan še ustrezamo pogojem predpisanega območja vlažnosti, v popoldanskem času pa smo že na zgornji meji, oziroma jo tudi presežemo.



Grafikon 2: Graf relativne vlage zraka (%) v likovni učilnici v času od 20. 1. 2015 do 20. 2. 2015

5.2 Rezultati vprašalnika

Glavni cilj vprašalnika je bil pridobiti podatke o udobju zaposlenih v njihovem delovnem okolju, ugotoviti pomanjkljivosti in vzroke, ki privedejo do težav prekomerne vlažnosti v prostoru in vseh težav povezanih z njo.

K sodelovanju so bili povabljeni vsi zaposleni, ki preživijo svoj delovni čas v objektu, ki je bil zgrajen v III. fazi. Za sodelovanje se je odločilo 18 anketirancev, 16 žensk in 2 moška. Anketiranci so stari od 29 do 60 let.

Vprašalnik sem opravljal preko spleta. Razdeljen je na šest sklopov vprašanj (glej prilogo):

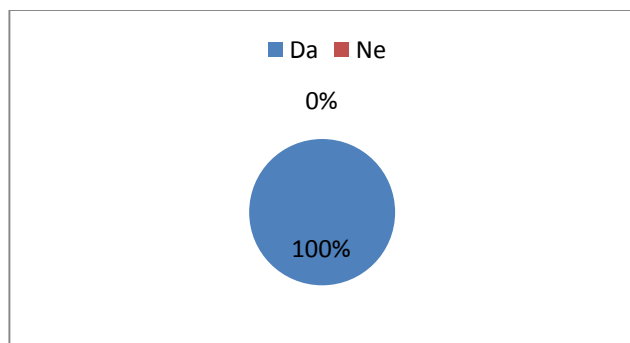
- ogrevanje in hlajenje,
- temperature zraka v prostoru pozimi in poleti,
- neudobje,
- vlažnost,
- prezraevanje,
- posledice in pomanjkljivosti.

Vprašalnik vsebuje 24 vprašanj. Nekatera vprašanja se navezujejo na predhodna. Anketiranec je moral odgovoriti na vsako vprašanje (z izjemo nekaterih), saj v nasprotnem primeru ni mogel odgovarjati na naslednje vprašanje.

5.2.1 Ogrevanje in hlajenje

Se prostori, kjer preživite večino delovnega časa ogrevani?

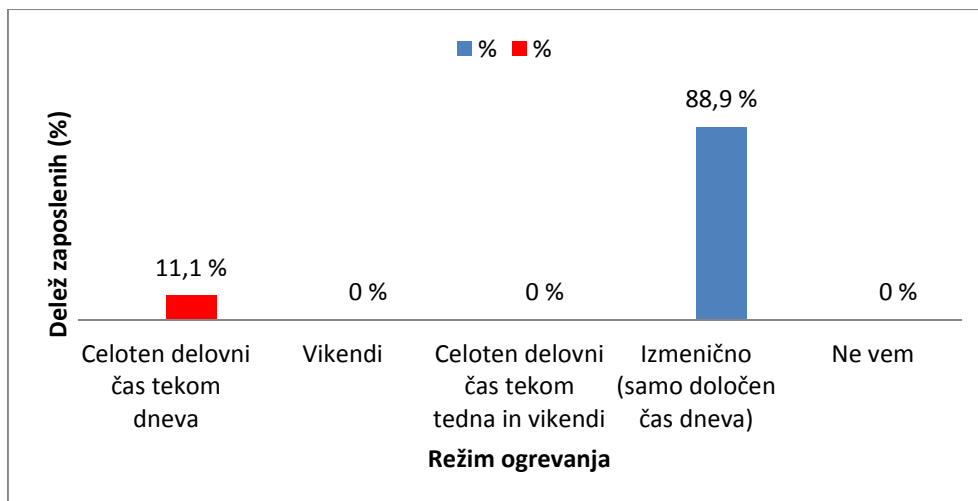
Vsi anketiranci so pritrdili, da so prostori ogrevani.



Grafikon 3: Ogrevanje prostorov izraženo z deležem zaposlenih v %

Kakšen je režim ogrevanja?

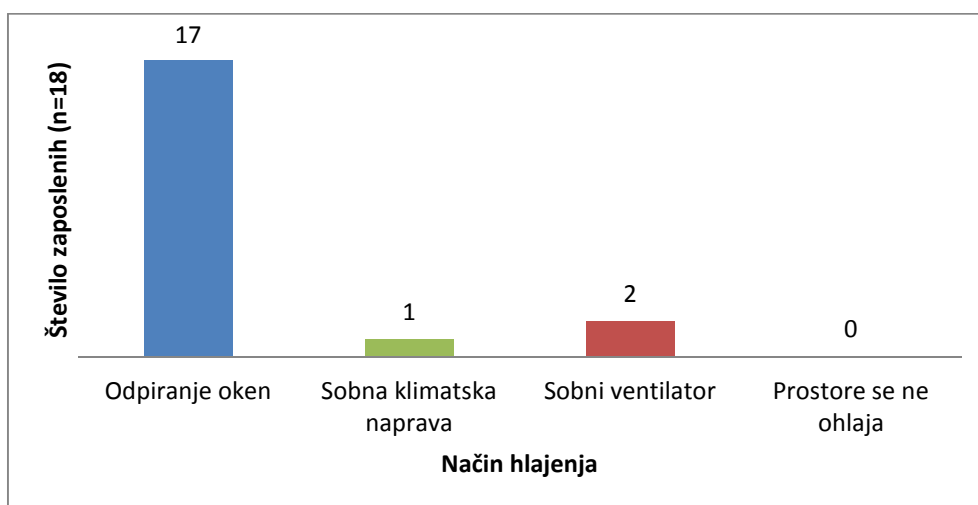
88,9 % anketirancev pravi, da se objekt ogreva le določen čas dneva, torej izmenično. Ostali anketiranci trdijo, da se ogreva celoten delovni čas tekom tedna. Nihče izmed anketirancev ne meni, da se objekt ogreva tudi med vikendi.



Grafikon 4: Režim ogrevanja izražen z deležem zaposlenih v %

Na kakšen način in ohlajate prostore v poletnem času?

Pri tem vprašanju so anketiranci lahko izbrali več možnih odgovorov. Ohlajanje prostorov z odpiranjem oken prakticira 17 zaposlenih. Med njimi eden poleg odpiranja oken uporablja še sobni ventilator, drugi pa sobno klimatsko napravo. En anketiranec za hlajenje uporablja le ventilator, ker nima možnosti odpiranja oken.

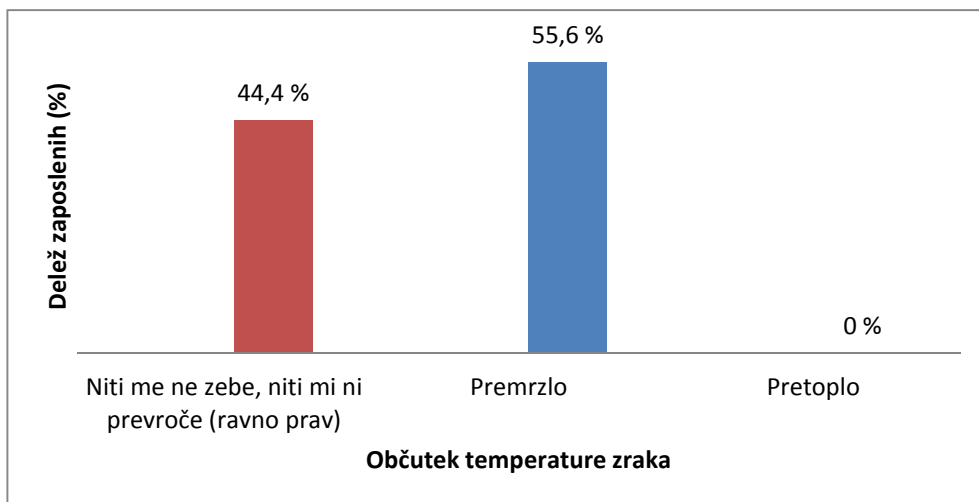


Grafikon 5: Način in hlajenja v poletnem času izražen s številom zaposlenih (n=18)

5.2.2 Temperatura zraka

Kako ob utite temperaturo zraka v prostoru pozimi?

Ve kot polovica zaposlenih (55,6 %) meni, da je temperatura zraka v prostorih v zimskem obdobju prehladna. Ostalim (44,4 %) se zdi temperatura ravno pravšnja. Na podlagi teh rezultatov in glede na izjave zaposlenih lahko ocenim, da se tista polovica, ki ob uti temperaturo premrzlo, ve ino svojega delovnega asa nahaja na severni strani objekta. Na južni strani je objekt ves as obsijan s soncem, ki dodatno seva toploto in pripomore k ob utku prijetnejše temperature. Na zaznavo pa lahko vplivajo tudi ostali faktorji in individualne zna ilnosti; spol, starost in zdravstveno stanje [23]. Vendar pa to ni predmet teme moje diplomske naloge, zato se v to nisem poglobljajal.



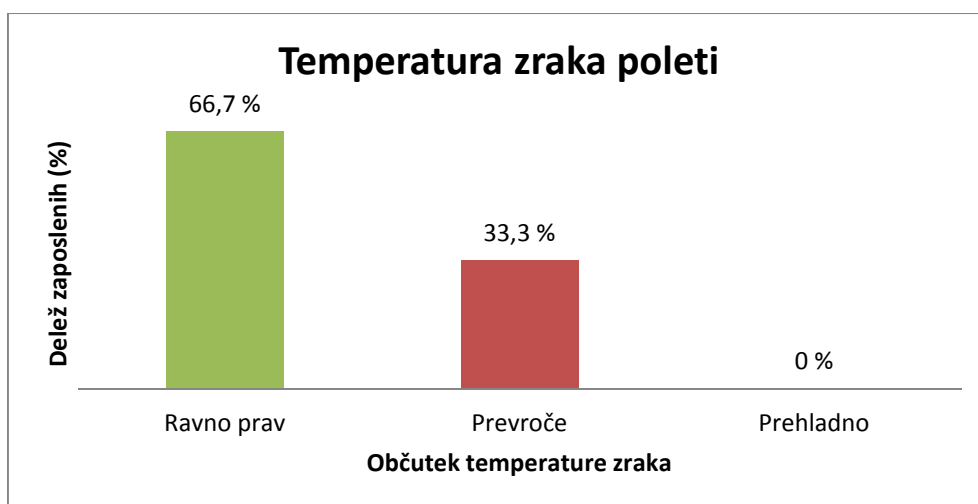
Grafikon 6: Ob utek temperature pozimi izražen z deležem zaposlenih v %

Na to vprašanje se je navezovalo še vprašanje o ukrepih v primeru neudobja. Ve ina zaposlenih v primeru hladnejše temperature oble e dodatna topla obla ila. Nekateri izmed njih uporabijo še ogrevanje z elektri no napravo (radiator). Ena oseba sporo i hišniku, da je mrzlo, dve osebi pa v primeru previsoke temperature odpreta okna.

Kako ob utite temperaturo zraka poleti?

Nikomur izmed zaposlenih ni v poletnem času v prostoru prehladno. Dve tretjini (66,7 %) zaposlenih ob uti temperaturo ravno pravšnje, ostali tretjini (33,3 %) pa je v prostoru prevroče.

Tudi tu lahko sklepamo glede na rezultate tega in prejšnjega vprašanja, da je prevroče tistim, ki se večinoma zadržujejo na južni strani in pozimi ob utijo ravno pravšnjo temperaturo. Ravno pravšnjo temperaturo poleti pa ob utijo tisti, katerim je pozimi premrzlo. Seveda pa lahko tudi tukaj na zaznavo vplivajo ostali faktorji, ki se jih v diplomski nalogi ne bom dotaknil.



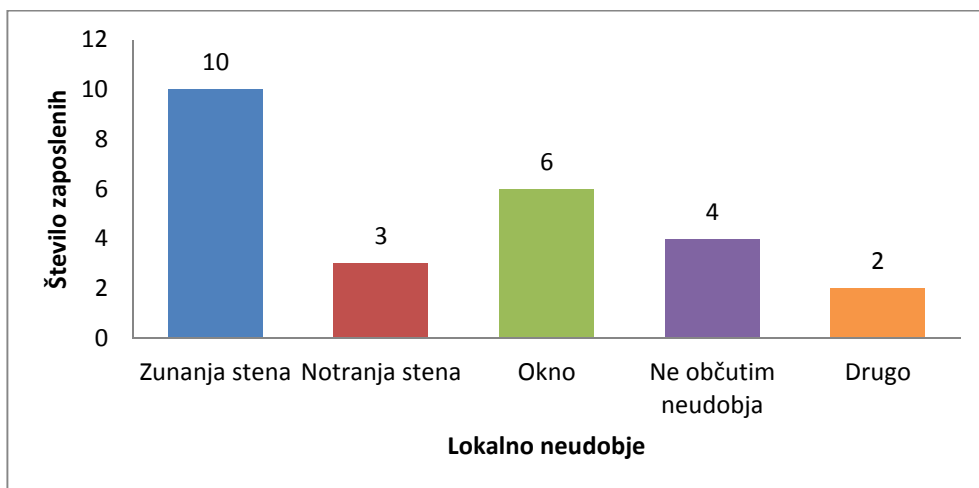
Grafikon 7: Obutek temperature poleti izražen z deležem zaposlenih v %

V primeru neudobja, osem zaposlenih odpira okna in hladijo prostor v zgodnjem dopoldanskem času, dokler je zrak še hladen in svež. Izmed teh le trije zaposleni okna dodatno zastrejo še s senili in zavesami. Dva zaposlena v kabinetu uporabljata sobni ventilator. Osem zaposlenih pa ne ukrepa na noben način.

5.2.3 Neudobje

Kje izmed naštetih možnosti ob utite lokalno neudobje?

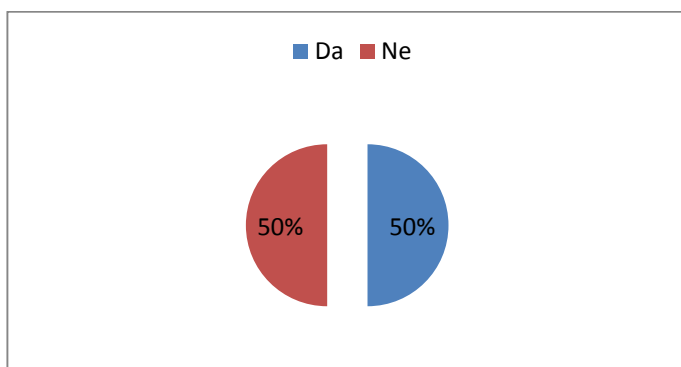
Pri tem vprašanju so lahko anketiranci izbrali več odgovorov hkrati. Spraševal sem po lokalnem neudobju. Izmed osemnajstih zaposlenih lokalno neudobje ob zunanji steni objekta ob uti deset zaposlenih, šest izmed njih poleg zunanje stene ob uti neudobje še ob oknu. Tri osebe ob utijo neudobje ob notranji steni, ena izmed teh ob uti neudobje še ob zunanji strani, druga pa ob oknu. Samo štirje zaposleni ne občutijo nobenega lokalnega neudobja, dva zaposlena pa sta izbrala odgovor drugo in zraven zapisala, da ob utita neudobje po celotnem prostoru.



Grafikon 8: Lokalno neudobje izraženo s številom zaposlenih (n=18)

Ob utite v prostoru prepih?

Na vprašanje o prepihu se je 50 % zaposlenih opredelilo, da prepih ob utijo. Ostalih 50 % prepaha ne občutijo.

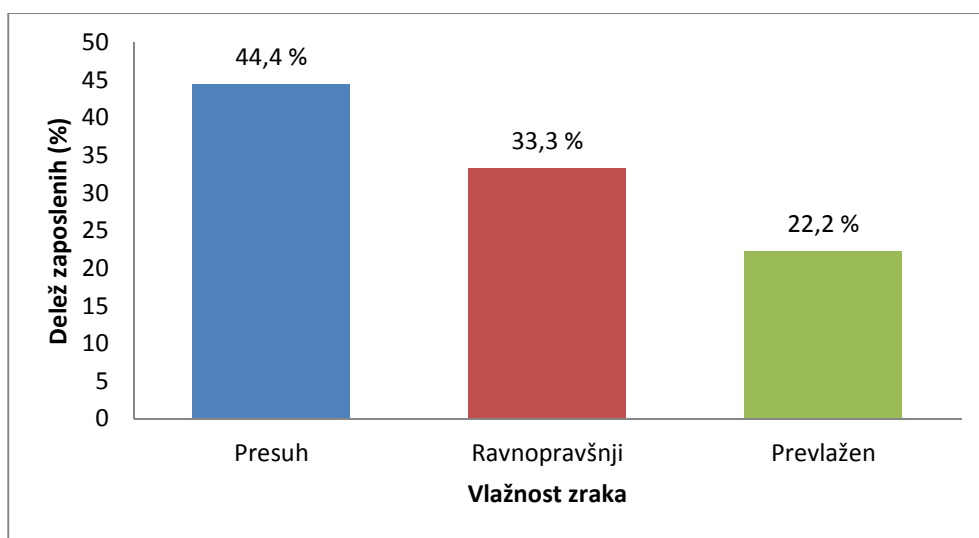


Grafikon 9: Ob utek prepaha izražen z deležem zaposlenih v %

5.2.4 Vlažnost zraka

Kakšen se vam zdi zrak pozimi?

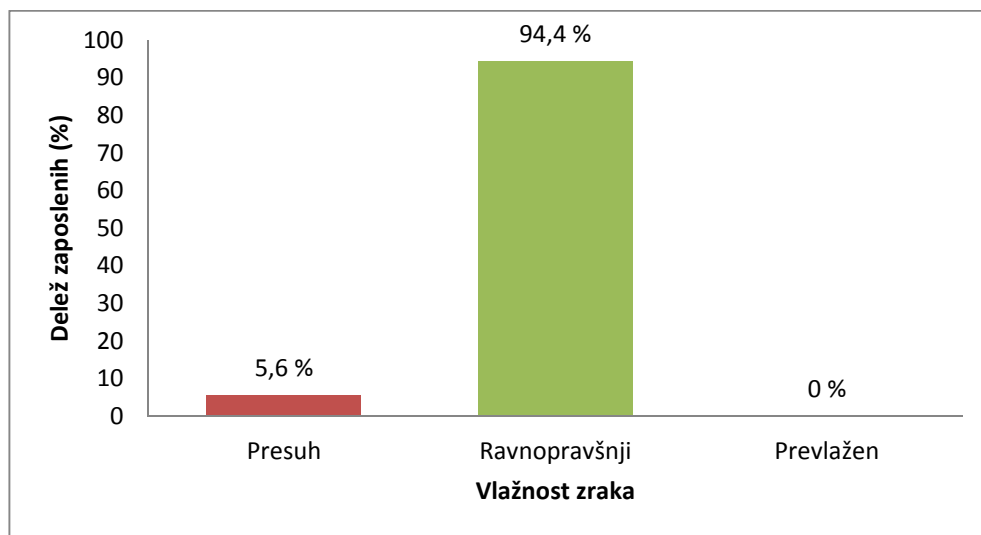
Dobra tretjina zaposlenih (33,3 %) meni, da je zrak pozimi ravno prav vlažen. 44,4 % zaposlenih pravi, da je zrak presuh in le 22,2 %, da je zrak prevlažen. V primeru neugodja nekateri izmed zaposlenih, ki menijo, da je zrak prevlažen, odpirajo okna. Na drugi strani pa zaposleni s problematiko suhega zraka ukrepajo tako, da postavijo posodo z vodo na radiator. Ena oseba pa uporablja celo eteri ni osvežilec.



Grafikon 10: Vlažnost zraka pozimi izražena z deležem zaposlenih v %

Kakšen se vam zdi zrak poleti?

Veina anketirancev (94,6 %) se strinja, da je poleti zrak v prostorih ravno pravšnje vlažnosti. Le 5,6 % zaposlenih meni, da je zrak presuh. Ker neudobja ne občutijo, ne izvajajo nikakršnih ukrepov.

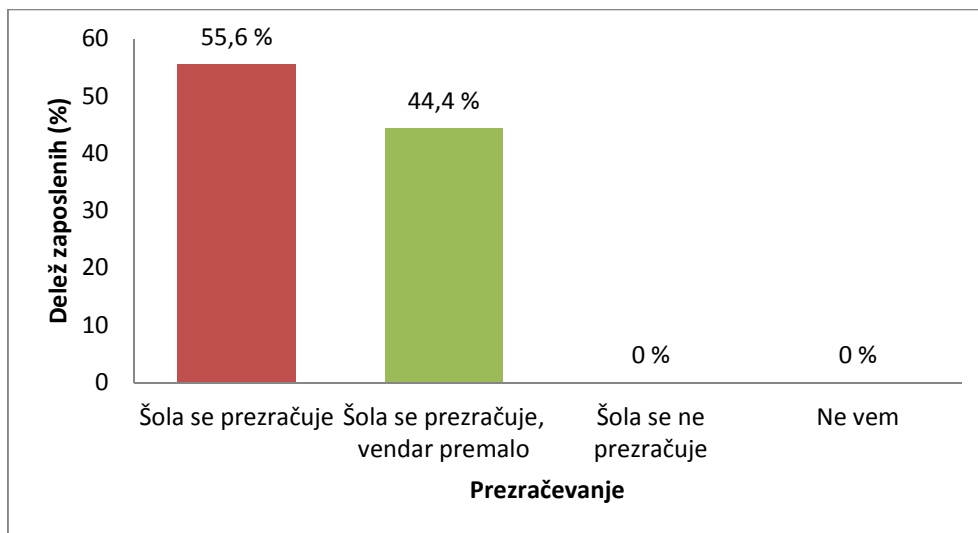


Grafikon 11: Vlažnost zraka poleti izražena z deležem zaposlenih v %

3.3.5 Prezra evanje

Kakšen je sistem prezra evanja med tednom?

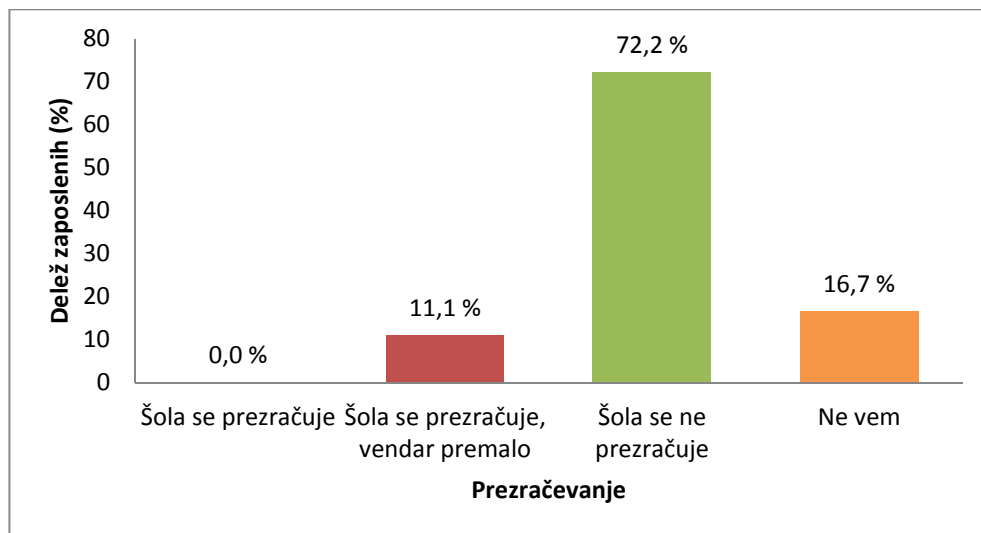
Vsi anketiranci se strinjajo, da se šola med tednom prezra uje. Vendar pa 44,4 % zaposlenih meni, da se prezra uje premalo.



Grafikon 12: Prikaz odgovorov na vprašanje ankete o sistemu prezra evanja med tednom izraženo z deležem zaposlenih v %

Kakšen je sistem prezra evanja med vikendi/po itnicami?

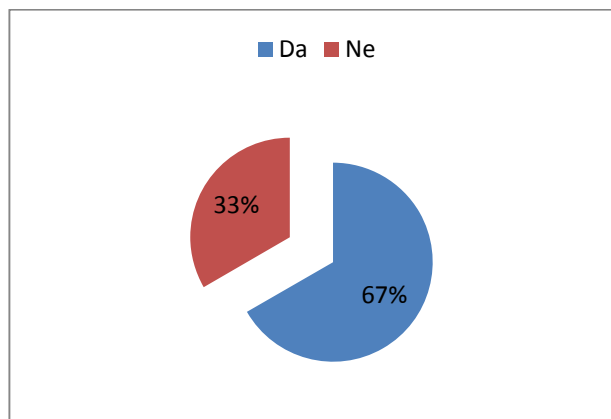
Po rezultatih ankete se šola med vikendi in po itnicami ne prezra uje. Tako meni 72,2 % zaposlenih. Da se šola prezra uje, vendar premalo, pravi 11,1 % zaposlenih. Ostali anketiranci (16,7 %) ne vedo, kakšen je sistem prezra evanja šole v asu med vikendi in po itnicami.



Grafikon 13: Prikaz odgovorov na vprašanje ankete o sistemu prezra evanja med vikendi/po itnicami izraženo z deležem zaposlenih v %

Ste na oknih opazili pojav kondenza?

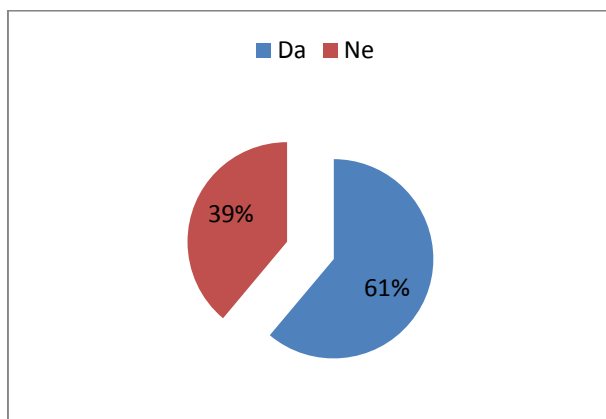
Dobri dve tretjini zaposlenih (67 %) je na oknih opazilo pojav kondenza.



Grafikon 14: Pojav kondenza izražen z deležem zaposlenih v %

Ste opazili vidno rast plesni oziroma vonj po plesni?

Na vprašanje o vidni rasti plesni in njenem vonju je kar 61 % zaposlenih odgovorilo pritrdilno.



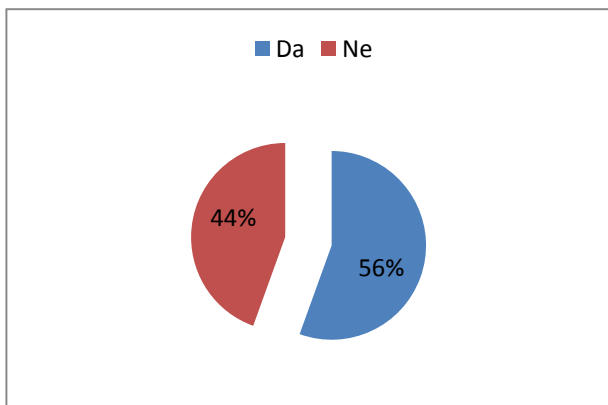
Grafikon 15: Rast plesni in vonj po plesni izražena z deležem zaposlenih v %

Ste opazili kakšne gradbene pomanjkljivosti? Katere?

Anketiranci so na to vprašanje lahko svobodno odgovorili. Sedem izmed anketirancev ni opazilo nobenih gradbenih pomanjkljivosti. Največ pripomb je bilo glede slabih oken. Okna ne tesnijo, spuščajo izolacijski plin ali pride do zamakanja (strešna okna). Opozorili so na razpokane stene, zamakanje, prekomerne vlažnosti in rast plesni, ki se znova in znova pojavlja kljub odstranjevanju. Poleg vsega naštetega anketirance motijo še slabo urejeni odtoki v sanitarijah in slaba izolacija samega objekta.

Ste te pomanjkljivosti javili nadrejenim?

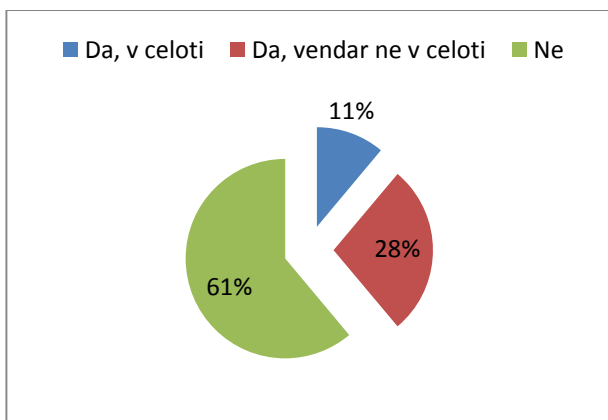
Le dobra polovica (56 %) je gradbene pomanjkljivosti, ki so jih anketiranci našli v prejšnjem vprašanju javila nadrejenim.



Grafikon 16: Javljanje pomanjkljivosti izraženo z deležem zaposlenih v %

So bile napake odpravljene?

Kljub temu, da je dobra polovica javila pomanjkljivosti in napake nadrejenim jih v 61 % niso odpravili. V 28 % so napake sicer odpravili, vendar pa ne v celotnem obsegu. Le slabih 11 % napak je bilo odpravljenih v celoti.



Grafikon 17: Odprava napak izražena z deležem zaposlenih %

Bi nas želeli opozoriti še na katere druge posebnosti?

Tudi pri tem vprašanju so imeli anketiranci odprt tip vprašanja. Ponovno so opozorili na težave, ki jih navaja vprašalnik. Omenjali so vlago, hladno temperaturo v prostorih, vidne sledove zamakanja, slabo in pomanjkljivo gradnjo, onemogočeno odpiranje oken in slabo prezraevanje. Glede na vso to problematiko, ki so jo anketiranci podali, je stanje v objektu dokaj resno.

5.3 Rezultati v programu TEDI

S programom TEDI sem analiziral naslednje KS objekta osnovne šole:

- strop proti neogrevanemu prostoru,
- tla na terenu,
- zunanja stena.

Zunanjo temperaturo zraka je določil program s pomočjo koordinat objekta, ki sem mu jih podal in spletnega portala. Po pogovoru s hišnikom osnovne šole naj bi se prostori ogrevali maksimalno od 21 °C do 22 °C, odvisno od potrebe. Za projektno temperaturo zraka znotraj prostorov sem zato izbral 21,5 °C. Program je določil zunanjo računsko temperaturo na -10 °C. Stavba po 9. členu Pravilnika sodi med stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19 °C ali poleti hlajene pod 26 °C. Poleg tega je stavba ne klimatizirana brez procesov zvejim nastajanjem vodne pare.

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati in sestave vseh treh KS sklopov, katere je izračunal program TEDI. Podrobnejši izračuni, grafi in rezultati pa so podani v prilogah.

5.3.1 Tla na terenu

Po 9. členu Pravilnika ta KS uvrščamo v kategorijo tla na terenu.

Izotek V4 (bitumenski trak) predstavlja primarno hidroizolacijo (HI) KS. Novoterm PIP/T je toplotna izolacija iz steklene volne, ki se ne proizvaja več. Ekvivalenta je toplotni izolaciji oznake URSA TSP, zato sem v programu uporabil karakteristike te toplotne izolacije.

Raun difuzije vodne pare po 21. členu Pravilnika ni potreben, saj do kondenziranja vodne pare ne pride. KS temu pogoju zadostuje.

Izračunana toplotna prehodnost omenjenega KS znaša:

$$U_{izračunani} = 0,772 \frac{W}{(m^2K)}.$$

Izračunana vrednost dvakrat presega dovoljeno toplotno prehodnost:

$$U_{MAX} = 0,300 \frac{W}{(m^2K)}.$$

Toplotna prehodnost torej ne ustreza pravilniku PURES 2010.

5.3.2 Zunanja stena

Obravnavani KS po 9. lenu Pravilnika uvrščamo v kategorijo zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom.

Zaradi materialov, ki niso več v uporabi, oziroma jih knjižnica programa ne vsebuje, sem namesto notranjega ometa upošteval mavno in apneno mavno malto. Namesto openega modularca in openega trojnega zidaka sem v program vnesel lastnosti, ki jih ima mrežasti ope ni votlak. Izolacija Novoterm LIP/S je ekvivalentna današnji izolaciji z oznako URSA LIP/S. Predhodni obrizg in zaribani finalni omet sem nadomestil s cementno malto.

V tretjem sloju v mrežastem ope nem votlaku prihaja do nastanka kondenza. Račun difuzije vodne pare po 21. lenu Pravilnika je potreben. Čas potreben za izsušitev kondenza traja 30 dni, obdobje izsuševanja 60 dni. Kljub nastanku kondenza KS odgovarja Pravilniku.

Izračunana toplotna prehodnost KS znaša:

$$U_{\text{izračunani}} = 0,522 \frac{W}{(m^2K)}$$

Izračunana vrednost dvakrat presega dovoljeno toplotno prehodnost:

$$U_{MAX} = 0,280 \frac{W}{(m^2K)}$$

Toplotna prehodnost ne ustreza pravilniku PURES 2010.

5.3.3 Strop proti neogrevanemu prostoru

Po 9. lenu Pravilnika uvrščamo ta KS v kategorijo strop proti neogrevanemu prostoru, ravne in poševne strehe nad ogrevanim prostorom.

Tako sestavo KS (Slika 3) sem našel v PID. Dejansko stanje ne vsebuje sloja Al folije, PE folije in armiranega cementnega estriha. Analiziral sem sestavi dejanskega KS in KS po PID.

Toplotni prehodnosti obeh KS ne ustrezata toplotni prehodnosti po sedanjem pravilniku PURES 2010. Izračunana toplotna prehodnost KS po PID znaša:

$$U_{\text{izračunani}} = 0,358 \frac{W}{(m^2K)},$$

toplotna prehodnost dejanskega KS:

$$U_{\text{izračunani}} = 0,358 \frac{W}{(m^2K)}.$$

Med njima ni bistvene razlike, oba ne zadostujeta pogoju:

$$U_{MAX} = 0,200 \frac{W}{(m^2K)}.$$

Nekaj razlik se pojavi pri difuziji vodne pare. Če upoštevamo KS po PID, potem nam nastane kondenz v zračnem sloju (izolacija). Račun difuzije vodne pare je potreben. Čas potreben za izsušitev je 8 dni, čas izsuševanja traja 60 dni. Kljub temu KS ustreza 21. lenu Pravilnika. Pri dejanskem stanju do kondenzacije ne pride in račun difuzije vodne pare ni potreben.

6 RAZPRAVA

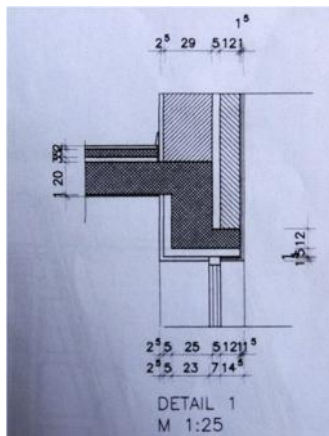
6.1 Analiza in razprava rezultatov

Prvi pravilnik, ki določa zahteve glede toplotne zaščitne in učinkovite rabe energije v stavbah je Pravilnik o toplotni zaščitni in učinkoviti rabi energije v stavbah, ki je stopil v veljavo leta 2002. Objekt je bil sicer zgrajen leta 2002, vendar pa je bila vsa projektna dokumentacija narejena pred veljavo tega zakona. Glede rabe energije in toplotne zaščitne sta bila v projektu upoštevana dva pravilnika, katera že dolgo nista več v uporabi. Prvi je Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezraevanju objektov ter pripravi tople vode (Ur. l. SRS, št. 31/84, 35/84) in Pravilnik o jugoslovanskih standardih za toplotno energijo v gradbeništvo (Ur. l. SFRJ, št. 3/80) [21]. Zaradi negativnih vplivov porabe fosilnih goriv (toplogredni plini in odpadki) in njihove odvisnosti od uvoza, Evropska unija stremi k nizko energetske in pasivnim stavbam. Zato je sprejela direktivo o energetske učinkovitosti stavb EPBD (Directive on Energy Performance of Buildings), ki vse države obvezuje, da zmanjšajo emisije toplogrednih plinov. Na podlagi te direktive je Slovenija pripravila pravilnike o energetske učinkovitosti. Najnovejši posodobljeni pravilnik je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010), ki je stopil v veljavo 1. 7. 2010 [1], [46].

Že na začetku sem predvideval, da rezultati analize KS objekta osnovne šole ne bodo zadostovala najnovejšemu Pravilniku (PURES 2010). Ker pa zakonodaja zahteva izdelavo energetskih izkaznic za vse javne stavbe s površino večjo od 250 m² in stremi k 20 % znižanju emisij do leta 2020, sem dobljene rezultate primerjal s sedanjimi pravilniki in direktivami.

Pri preverjanju projektov sem opazil, da podzidek in temelji niso izolirani. Med preverjanjem stavbnega ovoja s termo kamero sem te ugotovitve potrdil. Termogrami so pokazali velik toplotni tok na mestu toplotnih mostov.

Opazil sem pomanjkljivo rešitev KS na območju križanja med zunanjo steno in medetažno ploščo. Plošča se stika s preklado, vendar pa toplotni ovoj preklade ne pokrije v celoti. Prav tako nam to slabo rešitev in izvedbo križanja potrjuje termokamera.



Slika 18: Detajl križanja KS
(Vir: Slikano iz PID)

Stavbni ovoj vsebuje le 5 cm toplotne izolacije. Praktično toplotne izolacije skoraj ni. Pomanjkanje toplotne izolacije in veliki toplotni mostovi na območju preklad, podzidka in temeljev povzročajo velike toplotne izgube in hlajenje prostorov v zimskem času. Posledice gradbeno fizikalnih pomanjkljivosti občutijo tudi zaposleni v osnovni šoli. Zaposleni, ki se nahajajo na južni strani objekta, ki je ves dan obsijana s soncem, v zimskih dneh ne občutijo hladu, v zimskih dneh ravno nasprotno. Zaradi že tako hladnejših prostorov na severni strani in izgub zaradi velikih toplotnih mostov, je treba objekt na tem delu stavbe bolj ogrevati. Centralna napeljava ni ločena, temveč je vezana zaporedno, poleg tega so v ogrevalnih napravah na severnem delu objekta na napeljavo priključene zadnje. Preden se temperatura v ogrevalnih napravah v severnem delu objekta dvigne na 21 °C - 22 °C, se prostori na južni strani v zimskem času že veliko bolj segrejejo. Poleg tega dobijo dodatno toploto skozi velike zasteklitve zaradi sončnega sevanja. Zato nemalokrat zaposleni v zimskem času odpirajo okna, da znižajo temperaturo v prostoru. S tem se pojavijo veliki stroški zaradi nespametnega ogrevanja prostorov na južni strani. Da se zmanjša strošek in je temperatura primerna tudi na južni strani, se znižuje temperatura ogrevanja. S tem pridobijo primerno temperaturo prostorov na južni strani objekta. Vendar pa so prostori na severni strani prehladni, zato zaposleni nosijo dodatna topla oblačila, nekateri v kabinetih uporabljajo celo električne grelnike (radiatorje). V poletnem času se situacija obrne. Temperatura v severnih prostorih je ravno pravšnja, medtem ko je temperatura v prostorih na južni strani objekta previsoka. Probleme rešujejo z odpiranjem oken v zgodnjih jutranjih urah in zagrinjanjem zaves.

Iz meritev temperature v likovni učilnici na severni strani je razvidno, da so na začetku tedna temperature v prostoru nižje kot tekom tedna. Sklepal sem, da objekt med vikendom ni ogrevan. Zaposleni so se v anketi večinsko opredelili za izmenično ogrevanje tekom dneva. Moje sklepe in rezultat ankete je potrdil tudi hišnik, ki pravi, da se objekt med vikendi in po itnicami ne ogreva. Ogrevanje je urejeno izmenično in sicer so po potrebi določene ure ogrevanja v dopoldanskem času. V primeru popoldanskih aktivnosti (konference, prireditve) pa tudi popoldan. To dokazujeta tudi izstopajoča vrhova na grafu temperature zraka, ki prikazujeta višjo temperaturo v jutranjih urah, ki je posledica (zaradi) daljšega segrevanja objekta v popoldanskem času.

Vzrok hladnih prostorov in neudobje zaposlenih (sode po anketi) je poleg pretanke toplotne izolacije zunanjih zidov, tudi pomanjkljiva izolacija ravne strehe pokrite z ostrešjem. V neogrevanem podstrešju se pojavljajo neizolirani podporni zidovi ostrešja in jašek za dvigalo. Prav tako ni izoliran robni parapet med ploščo in kapnim predelom ostrešja.



Slika 19: Neizoliran robni parapet na podstrešju
(Vir: Lasten)



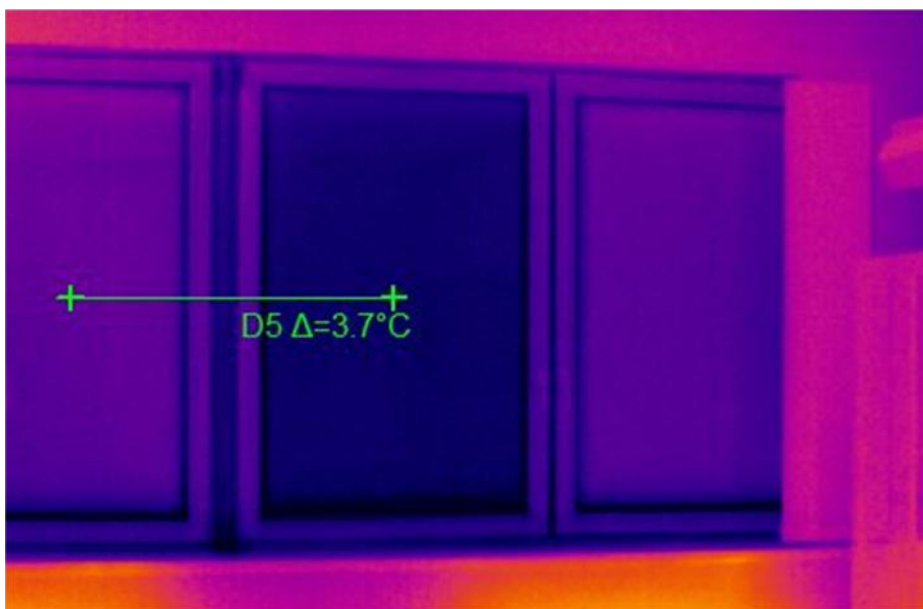
Slika 20: Neizolirani stebri in zid na podstrešju osnovne šole Heroja Janeza Hribarja
(Vir: Lasten)

Vsi ti neizolirani elementi so velik toplotni most in povzročajo ohlajanje prostorov v zimskem času in pojav kondenza. Da je toplotne izolacije premalo in sevanje toplote veliko, sem dokazal tudi s programom TEDI. Toplotni tok je pri vsakem KS presežen za približno dvakratnik dovoljene vrednosti po obstoječem pravilniku (PURES 2010) [1], tako da KS ne ustrezajo današnjim zahtevam glede toplotne izolacije.

V vogalih so ponekod opazne vidne sledi vlage in rasti plesni. To so potrdili tudi zaposleni v anketi. 61 % anketirancev je že opazilo rast plesni v objektu oziroma vonj po plesni. Kritične točke idealne za nastanek vlage in plesni sem identificiral tudi s termo kamero. Zanimivo je, da KS-ji v programu TEDI odgovarjajo pogojem glede difuzije vodne pare kljub temu, da se v objektu pojavlja plesen. Kondenz nastaja na zunanji steni. Na zunanji steni pride do kondenza, vendar je obdobje izsuševanja večje od časa potrebnega za izsušitev. Tudi sestava tega KS-ja odgovarja pogojem glede difuzije vodne pare. Ti rezultati se ne ujemajo z rezultati analize ankete, saj več kot polovica zaposlenih pravi, da so videli sledove zamakanja in plesni po vogalih in tudi stenah. Vzrok je verjetno v tem, da v programu TEDI obravnavamo KS kot enodimenzijski model. Do pojava kondenza in plesni prihaja na mestu križanja KS, zaradi slabe rešitve letnih teh. Tega ta program ne upošteva. Verjetno bi s kakšnim drugim programom, ki model analizira dvodimenzionalno dobili bolj natančne rezultate (npr. THERM).

Po pri evanju zaposlenih je bilo in je še vedno v objektu veliko težav z vlago, kondenzom in zamakanjem. Ve kot polovica zaposlenih je napake javila nadrejenim, vendar so bile napake odpravljene le v 11 %, v 28 % pa so bile odpravljene le delno. Kar se ti e zamakanja odtokov in zamakanja strešnih oken, so težave rešili. Rešili so tudi zamakanje zaradi površne montaže son nih celic in prezra evalnih jaškov, ki se jih ne uporablja ve . Vsako leto ez poletne po itnice uporabljajo elektri ne izsuševalnike ter premaze proti rasto i plesni. Stanje se je ponekod popolnoma izboljšalo in sta prekomerna vlaga in plesen izginila iz zidov, ponekod pa se težave ponovno pojavljajo. Še vedno se tako s termo kamero kot tudi s prostim o esom vidi sledove vlage.

S termo kamero sem odkril nekaj oken, iz katerih je izpuš al izolacijski plin. Na teh oknih se je v mrzlih dneh vedno pojavljal kondenz.



Slika 21: Termogram izpusta izolacijskega plina iz okna
(Vir: Lasten)

Kondenz pa se ob asno nabira tudi na nepoškodovanih oknih. To je posledica velike relativne vlažnosti, saj sode po meritvah v likovni u ilnici velikokrat preseže 60 %. Na to vpliva še slabo prezra evanje prostorov. Prostori se med samim delovnim asom prezra ujejo slabo. V popoldanskem asu, vikendi in med po itnicami pa se po analizi ankete in pogovoru s istilkami, objekt sploh ne prezra uje.

Po primerjavi vseh metod dela vidimo, da se rezultati kar dobro ujemajo in dopolnjujejo med seboj. Za še boljšo analizo bi bilo dobro narediti fizi no analizo KS-jev in ostalih detajlov.

6.2 Predlog sanacije

Glede na stanje po analizi bi predlagal fizi en pregled KS-jev, da bi dobili dejansko stanje. Lahko, da zaradi prekomerne vlage in zamakanja ponekod izolacija nima ve svoje funkcije, ali pa le te sploh niso vgradili. Primer je KS stropa proti neogrevanemu prostoru, ki je izveden popolnoma druga e, kot je navedeno v projektu.

Ker stavbni ovoj vsebuje le 5 cm toplotne izolacije je potrebno narediti nov stavbni ovoj z vsaj še 15 cm dodatne izolacije, da bi dosegli pogoje, ki jih postavlja novi Pravilnik (PURES 2010). Toplotna prehodnost skozi zunanjo steno ne sme biti ve ja od $0,280 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Hkrati s tem bi rešili tudi velik toplotni most na obmo ju križanja med zunanjo steno in medetažno ploš o. Na novo je potrebno namestiti manjkajo o toplotno in hidro izolacijo temeljev, da se prepre i izgubo toplote in nastanek vlage ter raznih plesni.

Potrebna je izolacija parapetov, stebrov in zidov na podstrešju, ki predstavljajo intenzivni toplotni most. Ta povzro a v kurilni sezoni velike toplotne izgube in lahko tudi pojav kondenzacije, kot tudi velike dotoke toplotne energije v notranjost objekta v poletnem asu. Potrebna je tudi dodatna izolacija na že obstoje ih 10 cm steklene volne in izolacija vseh prezra evalnih jaškov, ki niso ve v uporabi.

Glede na slabo na rtovano napeljavo za ogrevanje, bi predlagal rekonstrukcijo napeljave. Zaradi razli ne son ne obsevanosti objekta so ogrevalne potrebe prostorov razli ne. Potrebna bi bila boljša delitev ogrevanja prostorov in mogo e mo nejše rpalke, saj je centralna naprava na drugi strani šole. Da bi se izognili težavam z ogrevanjem, lahko pomaga zelo enostavna in tudi cenena rešitev, namestitve termostatskih ventilov na grelna telesa. Ob tem je nujno, da jih uporabniki uporabljajo pravilno. Poleg tega bi predlagal ogrevanje na sekance, saj ima ta del države najve lesnega bogastva. Tako bi zmanjšali stroške ogrevanja in podpirali lokalno lesno predelovalno industrijo. Da bi se na južni strani objekta poleti ubranili pred mo nim son nim sevanjem in posledi no segrevanjem prostorov, je potrebno namestiti zunanje žaluzije na obmo ju vseh odprtih.

Nujno so potrebni nekateri ukrepi, ki bodo izboljšali dejavnike udobja v prostorih osnovne šole in zmanjšali materialne poškodbe objekta, ter s tem povezane stroške. Med pomembne ukrepe ter takoj in zastonj izvedljive sodi prezraevanje. Prostori v šoli bi se morali bolj prezraevati. Prezraevati bi se moralo po končanem pouku, med odmori, vikendi in tudi po itnicami in sicer z odpiranjem oken in vrat. Tako bi zmanjšali vlago v prostoru in vonj po plesnobi. Ker odpiranje oken izven pouka ni varno zaradi možnosti vloma (možnost namestitve video nadzora), bi lahko vrata učilnic in kabinetov na stežaj odprli, ter preko podstrešja ustvarili prepih, ki bi izboljšal kvaliteto zraka.

7 ZAKLJU EK

Glede na rezultate, ki sem jih pridobil s programsko opremo TEDI, meritvami, vprašalnikom in termogrami, so obravnavana področja udobja pogosto neustrezna. Ker vrednosti ne ustrezajo priporočenim vrednostim, je povečano tveganje za neugodne vplive na zdravje ljudi, stavbo ter stavbni ovoj. V objektu se pojavljajo vidni sledovi zamakanja, pojav kondenza in rast plesni. Nekje je zaznati tudi vonj po plesnobi. Kljub večkratnim poizkusom odstranjevanja vlage iz prostorov, ta zaradi napačnega pristopa povsod še ni povsem odpravljena. Vzroke najdemo v nepravilnem uporabljanju prostorov (prezračevanje, ogrevanje), površnosti naknadnih montaž, vzdrževanj, slabi izvedbi in rešitvi konstrukcijskih sklopov. Izračuni toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov so pokazali, da toplotne prehodnosti ne ustrezajo najvišjim dovoljenim vrednostim, ki jih podaja Pravilnik o učinkovitosti energije (PURES 2010). Glede na vidne probleme z vlago, prenizko oziroma previsoko temperaturo zraka v stropnih in stenskih konstrukcijah, je vprašljiva učinkovitost 5 cm debele izolacije v zunanji steni in dejanska izvedba vseh konstrukcijskih sklopov in detajlov.

Ali je res vse narejeno po projektu? Ali se bo osnovna šola kdaj v celoti znebila preostalih problemov predstavljenih v diplomski nalogi?

Odgovora verjetno ne bomo dobili. Za celovito sanacijo so potrebni ukrepi povezani z visokimi stroški, veliko pa bi pripomogli že z nekaterimi predstavljenimi ukrepi v diplomski nalogi.

VIRI

- [1] Pravilnik o u inkoviti rabi energije v stavbah. Ur. l. RS, št. 52-2856/2010: 7840.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 15. 6. 2015.)
- [2] Yassi, A., Kjellström, T., de Kok, T., Guidotti, T.L., Basic Environmental Health, Oxford: Oxford University Press, 2001.
- [3] Eržen, I., Gajšek, P., Hlastan-Ribi , C., Kučec, A., Poljšak, B., Zaletel-Kragelj, L., Zdravje in okolje: izbrana poglavja, Maribor, Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta, 2010.
- [4] Kučec, A., Krainer, A., Dovjak, M. 2015. Možni negativni vplivi prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah na zdravje uporabnikov - Possible adverse effects of building dampness on occupants' health. Gradb. vestn. 64, 2: 37-47.
- [5] Dovjak, M., Krainer, A., Shukuya, M. 2014. Individualisation of personal space in hospital environment. International journal of exergy 14, 2: 125-155.
- [6] Kučec, A., Dovjak, M. 2014. Prevention and control of sick building syndrome (SBS). Part 1, Identification of risk factors. Sanitarno inženirstvo 8, 1: 16-40.
- [7] Dovjak, M., Kučec, A. 2014. Prevention and control of sick building syndrome (SBS). Part 2, Design of a preventive and control strategy to lower the occurrence of SBS. Sanitarno inženirstvo 8, 1: 41- 55.
- [8] Gunnbjornsdottir, M. I., Franklin, K. A., Norback, D., Bjornsson, E., Gislason, D., Lindberg, E., Svanes, C., Omenaas, E., Norrman, E., Jogi, R., Jensen, E. J., Dahlman-Hoglund, A., Janson, C. 2006. Prevalence and incidence of respiratory symptoms in relationship to indoor dampness. The RHINE study, Thorax 61, 13: 221-225.
- [9] Mudarri, D., Fisk, W. J. 2007. Public health and economic impact of dampness and mold. Indoor Air 17, 3: 226-235.
- [10] Mendell, M. J., Mirer, A. G., Cheung, K., Tong, M., Douwes, J. 2011. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents. A review of the epidemiologic evidence, Environmental health perspectives 119, 6: 748-756.

- [11] Grobovšek, B. 2014. Vlaga in plesen v stavbi.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT93.htm> (Pridobljeno 16. 8. 2015.)
- [12] Kučec, A., Krainer, A., Dovjak, M. 2015. Možni negativni vplivi prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah na zdravje uporabnikov. *Gradbeni vestnik* 64, 2: 37-47.
- [13] World.Health.Organization. 2009. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould.
- [14] Nur Liyana, O., Wan Mariah, W. H., Fuziah, I. 2015. A Case Study on Moisture Problems and Building Defects. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 170, 27-36.
- [15] Wang, I. J., Tsai, C.H., Kuo, N. W., Chiang, B. L., Tung, K. Y., Lee, Y. L. 2012. Home dampness, beta-2 adrenergic receptor genetic polymorphisms, and asthma a phenotypes in children. *Environmental Research* 118, 9: 72-78.
- [16] Jaakkola, M. S., Quansah, R., Hugg, T. T., Heikkinen, S. A., Jaakkola, J. J. 2013. Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: a systematic review and meta-analysis. *Journal of allergy and clinical immunology* 132, 5: 1099-1110.
- [17] Choi, J., Chun, C., Sun, Y., Choi, Y., Kwon, S., Bornehag, C. G., Sundell, J. 2014. Associations between building characteristics and children's allergic symptoms: A cross-sectional study on child's health and home in Seoul, South Korea. *Building and Environment* 75, 1: 176-181.
- [18] Zhang, X., Sahlberg, B., Wieslander, G., Janson, C., Gislason, T., Norback, D. 2012. Dampness and moulds in work place buildings: Associations with incidence and remission of sick building syndrome (SBS) and biomarkers of inflammation in a 10 year follow-up study. *Science of the total environment* 15, 430: 75-81.
- [19] IM, Institute of Medicine Damp indoor spaces and health, Washington, National Academies Press, 2004.
- [20] Almas, A.-J., Liso, K. R., Hygen, H. O., Oyen, C. F., & Thue, J. V. 2011. An Approach to Impact Assessment of Building in a Changing Climate. *Building Research & Information*. 39, 3: 227-238.

[21] Ob ina Loška dolina. 2002. Nadomestna gradnja – izgradnja III. faze OŠ. heroja Janeza Hribarja v Starem trgu – PID.

[22] 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).

[23] Dovjak, M. 2012. Individualization of personal space in hospital environment. Doctoral dissertation. Nova Gorica, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Dovjak): 183 f.

[24] Fanger P. O. 1970. Thermal Comfort. Copenhagen: Danish Technical Press: 244 str.

[25] Bilban M. 1999. Medicina dela : za študente tehniške varnosti. Ljubljana : ZVD – Zavod za varstvo pri delu: 605 str.

[26] Grobovšek, B. 2014. Toplotno udobje

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT89.htm> (Pridobljeno 10. 5. 2015.)

[28] Pravilnik o prezra evanju in klimatizaciji. Uradni list RS, št. 42-2013/2002: 4139.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 18. 8. 2015.)

[29] CR 1752:1998. Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment. Brussels, European Committee for Standardization.

[30] Gyurica, M. 2011. Vlažimo zrak v ogrevanih prostorih. Naša lekarna 5, 57: 20-25.

[31] Durini, P. 2012. Toplotni mostovi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Durini): 87 f.

[32] Kuhar, B. 2014. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Kuhar): 32 f.

[33] Klavžar, B. 2011. Uporaba infrarde e termografije v energetiki. Diplomaska naloga. Krško, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko (samozaložba B. Klavžar): 61 f.

[34] Kuhar, B. 2015. Uporaba termo kamere. Osebna komunikacija.
(20. 1. 2015).

[35] Trotec. 2014. Aplikacija: Trotec IR Wizzard V 2.3.5.

[36] Pravilnik o toplotni zašiti in uinkoviti rabi energije v stavbah

Uradni list RS, št. 42-2012/2002: 4114.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2012> (Pridobljeno 8. 9. 2015).

[37] SIST EN ISO 6946:2008. Gradbene komponente in gradbeni elementi – Toplotna upornost in prehodnost – Raunska metoda (ISO 10211:2007) – Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations (ISO 10211:2007).

[38] SIST EN ISO 10211:2008. Toplotni mostovi v stavbah – Toplotni tokovi in površinske temperature – Podrobni izračuni (ISO 10211:2007) – Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations (ISO 10211:2007).

[39] SIST 1025:2002. Toplotna tehnika v gradbeništvu – Metoda izračuna difuzije vodne pare v stavbah (ISO 13790:2008).

[40] Perdan, R., Krainer, A. 2009. Raunalniški program TEDI: Uporabniški priročnik, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 42 str.

[41] Ministrstvo za okolje in prostor. 2010. Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

[42] Grobovšek, B. 2014. Izpodrivno prezraevanje prostorov.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT153.htm> (Pridobljeno 18. 8. 2015.)

[43] Pravilnik o zašiti stavb pred vlago. Uradni list RS, št. 29-1259/2004: 3386.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2004-01-1259> (Pridobljeno 18. 8. 2015.)

[44] Perdan, R., Krainer, A. 2014. Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zašiti in uinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211- 1 in SIST 1025:2002. Aplikacija: TEDI. Ljubljana, UL FGG.

[45] UREDBA (EU) št. 305/2011 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 9. marca 2011 o dolo itvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske unije, št 88/2011: 5-9.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>
(Pridobljeno 8. 9. 2015.)

[46] Jordan, S. 2011. Zakonodaja za u inkovito rabo energije.

<http://www.dgit-celje.si/dogodkinovice/dg19/05%20-%20Zakonodaja%20PURES2010.pdf>
(Pridobljeno 13. 8. 2015.)

[47] Kladnik, R. 1999. Energija, toplota, zvok, svetloba. Ljubljana, DZS: 240 str.

PRILOGE

- A) Anketni vprašalnik
- B) Meritve temperature zraka in relativne vlage zraka
- C) TEDI – Tla na terenu
- D) TEDI – Zunanja stena
- E) TEDI – Strop proti neogrevanemu prostoru (PID)
- F) TEDI – Strop proti neogrevanemu prostoru (dejansko stanje)

22. 8. 2015

ANKETA

ANKETA

Pozdravljeni!

Sem Enej Truden, študent 3. letnika univerzitetnega študija gradbeništva in izvajam anketo o razmerah in počutju v prostorih vaše osnovne šole. Rezultati bodo uporabljeni pri izdelavi diplomske naloge, zato vas prosim, da preberete vprašanja in nanja natančno odgovorite. Anketa je anonimna. Za sodelovanje se vam že v naprej zahvaljujem.

* Required

1. **Spol ***

Mark only one oval.

Moški

Ženska

2. **Starost ***

.....

3. **Delovno mesto ***

(prostor v katerem se zadržujete največ časa)

.....

4. **Se prostori, kjer preživite večino delovnega časa ogrevani? ***

Mark only one oval.

Da

Ne

Ne vem

5. **Kakšen je režim ogrevanja? ***

Mark only one oval.

Celoten delovni čas tekom tedna

Vikendi

Celoten delovni čas tekom tedna in vikendi

Izmenično (samo določen čas dneva)

Ne vem

22. 8. 2015

ANKETA

6. **Na kakšen način ohlajate prostore v poletnem času? ***

(možnih več odgovorov)

Check all that apply.

- Odpiranje oken
- Sobna klimatska naprava
- Sobni ventilator
- Prostore se ne ohlaja

7. **Kako občutite temperaturo zraka v prostoru pozimi? ***

Mark only one oval.

- Niti me ne zebe, niti mi ni prevroče (ravno prav)
- Premrzlo
- Pretoplo

8. **Kako ukrepate v primeru neudobja?**

(navezuje se na prejšnje vprašanje)

.....

.....

.....

.....

.....

9. **Kako občutite temperaturo zraka v prostoru poleti? ***

Mark only one oval.

- Ravno prav
- Prevroče
- Prehladno

10. **Kako ukrepate v primeru neudobja?**

(navezuje se na prejšnje vprašanje)

.....

.....

.....

.....

.....

22. 8. 2015

ANKETA

11. **Kje izmed naštetih možnosti občutite lokalno neudobje? ***

(možnih več odgovorov)

Check all that apply.

- Zunanja stena
- Notranja stena
- Okno
- Ne občutim neudobja
- Other:

12. **Občutite v prostoru prepih? ***

Mark only one oval.

- Da
- Ne

13. **Kakšen se vam zdi zrak pozimi? ***

Mark only one oval.

- Presuh
- Ravnopravšnji
- Prevlažen

14. **Kako ukrepate v primeru neudobja?**

(navezuje se na prejšnje vprašanje)

.....

.....

.....

.....

.....

15. **Kakšen se vam zdi zrak poleti? ***

Mark only one oval.

- Presuh
- Ravnopravšnji
- Prevlažen

16. **Kako ukrepate v primeru neudobja?**

(navezuje se na prejšnje vprašanje)

.....

.....

.....

.....

.....

22. 8. 2015

ANKETA

17. **Kakšen je sistem prezračevanja med tednom? ***

Mark only one oval.

- Šola se prezračuje
- Šola se prezračuje, vendar premalo
- Šola se ne prezračuje
- Ne vem

18. **Kakšen je sistem prezračevanja med vikendi počitnicami? ***

Mark only one oval.

- Šola se prezračuje
- Šola se prezračuje, vendar premalo
- Šola se ne prezračuje
- Ne vem

19. **Ste na oknih kdaj opazili pojav kondenza? ***

Mark only one oval.

- Da
- Ne

20. **Ste opazili vidno rast plesni oziroma vonj po plesni? ***

Mark only one oval.

- Da
- Ne

21. **Ste opazili kakšne gradbene pomankljivosti? Katere? ***

.....

.....

.....

.....

.....

22. **Ste te pomankljivosti javili nadrejenim? ***

Mark only one oval.

- Da
- Ne

23. **So bile napake odpravljene? ***

Mark only one oval.

- Da, v celoti
- Da, vendar ne v celoti
- Ne

22. 8. 2015

ANKETA

24. Bi nas želeli opozoriti še na katere druge posebnosti?



Powered by
 Google Forms

OSNOVNA ŠOLA HEROJA JANEZA HRIBARJA-Stari trg pri Ložu				
Likovna učilnica				
	Datum	Ura	vlaga(%)	temperatura(C°)
Tor	20.1.2015	8.00	53	22,1
Tor	20.1.2015	14.00	61	21
Sre	21.1.2015	8.00	52	22,4
Sre	21.1.2015	14.00	58	21,7
Čet	22.1.2015	8.00	50	22,9
Čet	22.1.2015	14.00	62	21,2
Pet	23.1.2015	8.00	50	22,4
Pet	23.1.2015	14.00	59	21,1
So	24.1.2015	8.00		
So	24.1.2015	14.00		
Ne	25.1.2015	8.00		
Ne	25.1.2015	14.00		
Pon	26.1.2015	8.00	54	19,2
Pon	26.1.2015	14.00	60	18
Tor	27.1.2015	8.00	48	20
Tor	27.1.2015	14.00	57	18,3
Sre	28.1.2015	8.00	50	24
Sre	28.1.2015	14.00	55	22
Čet	29.1.2015	8.00	50	22,5
Čet	29.1.2015	14.00	55	22
Pet	30.1.2015	8.00	55	23,9
Pet	30.1.2015	14.00	61	22,1
So	31.1.2015	8.00		
So	31.1.2015	14.00		
Ne	1.2.2015	8.00		
Ne	1.2.2015	14.00		

OSNOVNA ŠOLA HEROJA JANEŽA HRIBARJA-Stari trg pri Ložu				
Likovna učilnica				
	Datum	Ura	vlaga(%)	temperatura(C°)
Pon	2.2.2015	8.00	54	19,9
Pon	2.2.2015	14.00	56	19,2
Tor	3.2.2015	8.00	55	21,6
Tor	3.2.2015	14.00	59	21,3
Sre	4.2.2015	8.00	55	22,4
Sre	4.2.2015	14.00	58	22,0
Čet	5.2.2015	8.00	54	22,1
Čet	5.2.2015	14.00	58	21,0
Pet	6.2.2015	8.00	54	22,2
Pet	6.2.2015	14.00	60	21,1
So	7.2.2015	8.00		
So	7.2.2015	14.00		
Ne	8.2.2015	8.00		
Ne	8.2.2015	14.00		
Pon	9.2.2015	8.00	58	20,5
Pon	9.2.2015	14.00	63	20,0
Tor	10.2.2015	8.00	60	22,1
Tor	10.2.2015	14.00	62	21,8
Sre	11.2.2015	8.00	59	22,2
Sre	11.2.2015	14.00	60	21,5
Čet	12.2.2015	8.00	57	22,3
Čet	12.2.2015	14.00	63	20,9
Pet	13.2.2015	8.00	60	22,00
Pet	13.2.2015	14.00	58	20,30
So	14.2.2015	8.00		
So	14.2.2015	14.00		
Ne	15.2.2015	8.00		
Ne	15.2.2015	14.00		

OSNOVNA ŠOLA HEROJA JANEZA HRIBARJA-Stari trg pri Ložu				
Likovna učilnica				
	Datum	Ura	vlaga(%)	temperatura(C°)
Pon	16.2.2015	8.00	53	20,00
Pon	16.2.2015	14.00	55	19,10
Tor	17.2.2015	8.00	55	21,80
Tor	17.2.2015	14.00	59	21,10
Sre	18.2.2015	8.00	57	22,10
Sre	18.2.2015	14.00	62	21,70
Čet	19.2.2015	8.00	55	22,30
Čet	19.2.2015	14.00	61	21,70
Pet	20.2.2015	8.00	56	22,20
Pet	20.2.2015	14.00	61	21,50

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne 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	
---	---

Tla na terenu

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	7. - Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	-16.0	Računska temperatura zunaj (°C)	10.0
Temperatura notri (°C)	21.5		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.00

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
					C	λ	μ		
			m	ρ kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	63.1	les - hrast	0.0220	700	2,090	0.210	40.0		1
2	19.2	cementni estrih	0.0400	2,200	1,050	1.400	30.0		1
3	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.0450	2,200	960	1.510	30.0		1
4	81.0	polietilenske folije	0.0002	1,000	1,250	0.190	80000.0		1
5	113.0	mineralna in steklena volna	0.0400	200	840	0.041	1.0		1
6	87.2	FRAGMAT IZOTEM V4	0.0050	1,300	1,460	0.190	14000.0	*	3
7	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.1000	2,200	960	1.510	30.0		1
8	29.0	pesek in droban prodec	0.2500	1,500	840	1.400	15.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

* - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanjim okoljem se pri računu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

Slojev med hidroizolacijo in terenom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

Račun difuzije vodne pare ni potreben, 21. člen Pravilnika.

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo
Program za računalniško pomoč pri načrtovanju in analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevalniko in ogrevalni sistem in zbiranje odpadne energije v skladu s SIST EN ISO 10292, SIST EN ISO 10291 in SIST 10290

FRAGMAT

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, 21. člen Pravilnika.

X_v	%
X_{vmax}	%
X_{v1}	%
X_{v2}	%

Izsuševanje KS

Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	dan

KS ODGOVARJA

REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	307,50
Temperaturna zakasnitev	13,51

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo
Program za računalniško pomoč pri načrtovanju in analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevalniko in ogrevalni sistem in zbiranje odpadne energije v skladu s SIST EN ISO 10292, SIST EN ISO 10291 in SIST 10290

FRAGMAT

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stekih plastih v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	20,3	19,4
2	19,4	19,2
3	19,2	18,9
4	18,9	18,9
5	18,9	10,2
6	10,2	10,0

$U_{zgradbene} = 0,772$ (W/m²K) > $U_{min} = 0,350$ (W/m²K)

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE



Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak		Zunaj	
Na stekih plastih			
Številka plasti	Notri	Zunaj	
1	2.387,7	2.253,8	
2	2.263,8	2.218,5	
3	2.218,5	2.182,3	
4	2.182,3	2.181,0	
5	2.181,0	1.246,4	
Zunanji zrak	1.227,0	1.227,0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1.538,1
Zunanji zrak	1.104,3

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI <small>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente</small> <small>Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščoti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002</small>	
---	---

zunanja stena

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	-16.0	Računska temperatura zunaj (°C)	-10.0
Temperatura notri (°C)	21.5		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
					C	λ	μ		
				ρ	J/kg K	W/m K	-		
				m	kg/m ³				
1	22.1	mavčna in apneno mavčna malta	0.0050	1,500	920	0.700	9.0		1
2	2.1	mežasti opečni votlak (gostota opeke z votlinami)	0.1900	1,400	920	0.610	6.0		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0.0500	200	840	0.041	1.0		1
4	2.1	mežasti opečni votlak (gostota opeke z votlinami)	0.1200	1,400	920	0.610	6.0		1
5	19.1	cementna malta	0.0150	2,100	1,050	1.400	30.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Racun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno, katero je skladno in karizmatična znamka
Program za računalniško pomoč pri toplotni prehodnosti, analizi toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevaliko in Spigalec
izdelano v okviru projekta: Energetski inženiring v slovenski, SOST (R130) (opis), SOST (R130) (IZO) (2011) 1 in SOST (2012) 2002

FRAGMAT

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	5.885446E-04	kg/m ² h
q_{m2}	1.364193E-04	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q_{m1}	4.521253E-04	kg/m ² h
q_{m2}	6.510605E-01	kg/m ² h

Kondenz nastaja v 4. sloju, material mrežasti opečni votlak (gostota opeke z votlinami)

X_v	2.20	%
X_{max}	5.00	%

X_{rel}	0.39	%
X_{rel}	2.59	%

Izsuševanje KS

Čas potreben za izsušitev KS	15	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	60	dan

KS ODGOVARJA

REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	129.60
Temperaturna zakasnitev	12.33
	ura

Racun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno, katero je skladno in karizmatična znamka
Program za računalniško pomoč pri toplotni prehodnosti, analizi toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevaliko in Spigalec
izdelano v okviru projekta: Energetski inženiring v slovenski, SOST (R130) (opis), SOST (R130) (IZO) (2011) 1 in SOST (2012) 2002

FRAGMAT

REZULTATI : TOPLNOTNA PREHODNOST

Temperature na stekih plastih v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19.4	19.3
2	19.3	14.2
3	14.2	-5.8
4	-5.8	-9.0
5	-9.0	-9.3

$U_{zobornata} = 0.519$ (W/m²K) \rightarrow $U_{fina} = 0.280$ (W/m²K)

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Na stekih plastih	
Številka plasti	Zunaj
1	2.247.8
2	2.231.5
3	1.615.0
4	375.1
5	283.1
Zunanji zrak	260.0

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, P_{rel})

Na stekih plastih	
Številka plasti	Zunaj
1	2.231.5
2	2.231.5
3	1.615.0
4	375.1
5	283.1
Zunanji zrak	234.0

Racun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

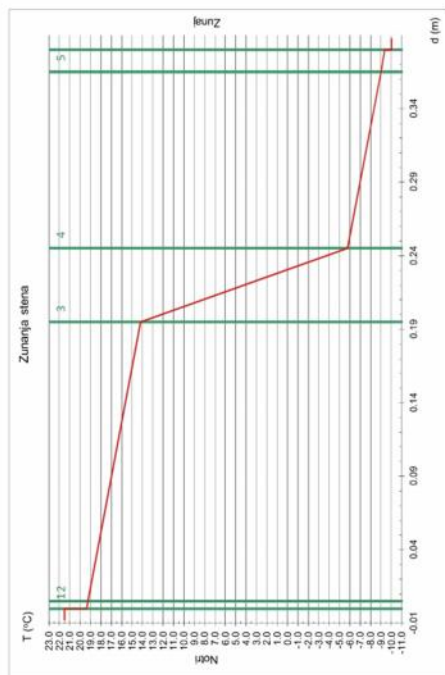


TEDI Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjeringo
Program za računalniško pomoč pri analizi toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevalniko in Spigalnik
2008 in 2009, 2010 in 2011, 2012 in 2013, 2014 in 2015, 2016 in 2017, 2018 in 2019

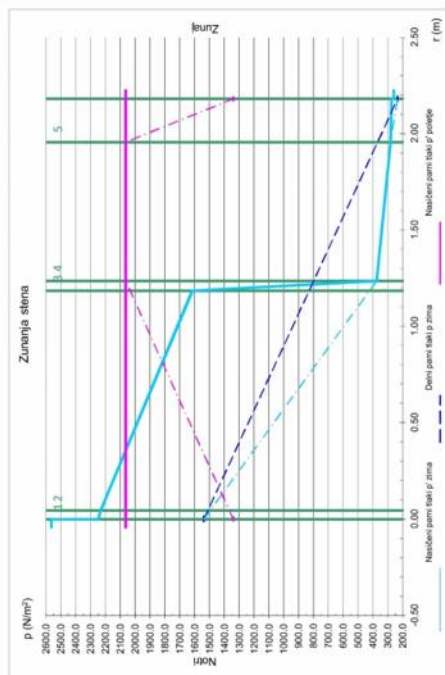


FRAGMAT Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjeringo
Program za računalniško pomoč pri analizi toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevalniko in Spigalnik
2008 in 2009, 2010 in 2011, 2012 in 2013, 2014 in 2015, 2016 in 2017, 2018 in 2019

REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram (vlaženje in sušenje)



Racun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

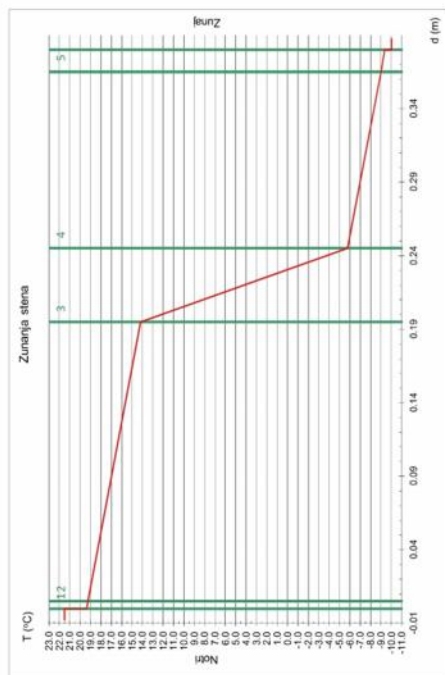


TEDI Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjeringo
Program za računalniško pomoč pri analizi toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevalniko in Spigalnik
2008 in 2009, 2010 in 2011, 2012 in 2013, 2014 in 2015, 2016 in 2017, 2018 in 2019

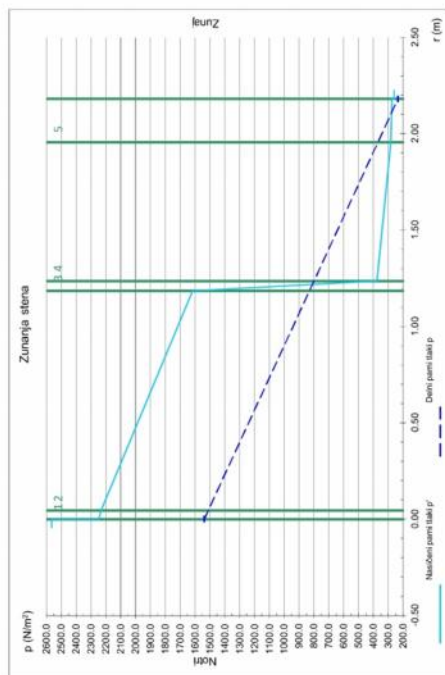


FRAGMAT Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjeringo
Program za računalniško pomoč pri analizi toplotnega preboda in difuzije vodne pare skozi večplastno KS za Prevalniko in Spigalnik
2008 in 2009, 2010 in 2011, 2012 in 2013, 2014 in 2015, 2016 in 2017, 2018 in 2019



REZULTATI : p - r diagram



REZULTATI : p - r diagram



Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI <small>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščoti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002</small>	
---	---

Strop proti neogrevanemu prostoru

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	6. - Strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	-16.0	Računska temperatura zunaj (°C)	-10.0
Temperatura notri (°C)	21.5		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
					C	λ	μ		
				ρ	J/kg K	W/m K	-		
				m	kg/m ³				
1	22.1	mavčna in apneno mavčna malta	0.0050	1,500	920	0.700	9.0	1	
2	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,200	960	1.510	30.0	1	
3	109.3	aluminij (0.20mm)	0.0002	2,700	940	203.000	800000.0	1	
4	113.0	mineralna in steklena volna	0.1000	200	840	0.041	1.0	1	
5	81.0	polietilenske folije	0.0002	1,000	1,250	0.190	80000.0	1	
6	19.2	cementni estrih	0.0600	2,200	1,050	1.400	30.0	1	

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Slojev med hidroizolacijo in zunanjim zrakom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prenoša in difuzije vodne pare skozi reščitvene KS

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjersko arhitekturo
Program in računalniška priprava, analiza toplotnega prenoša in difuzije vodne pare skozi reščitvene KS pri toplotni in vlagni zaledi in zračnosti: doc. mag. ing. E. Truden, 2011, 11. 10. 2014, 2011, 2011, 11. 10. 2014, 2011, 10. 2014

FRAGMAT

REZULTATI : TOplotNA PREHODNOST

Temperature na stikih plastí v °C

Številka plastí	Notri	Zunaj
1	20.0	20.0
2	20.0	18.5
3	18.5	18.5
4	18.5	-9.1
5	-9.1	-9.1
6	-9.1	-9.5

$U_{\text{računski}} = 0.358 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ $U_{\text{max}} = 0.200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Številka plastí	Notri	Zunaj
1	2,341.9	2,330.2
2	2,330.2	2,123.2
3	2,123.2	2,123.2
4	2,123.2	281.8
5	281.8	281.5
6	281.5	270.4

Notranji zrak: 2,563.5

Zunanji zrak: 234.0

KS NE ODGOVARJA

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prenoša in difuzije vodne pare skozi reščitvene KS

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjersko arhitekturo
Program in računalniška priprava, analiza toplotnega prenoša in difuzije vodne pare skozi reščitvene KS pri toplotni in vlagni zaledi in zračnosti: doc. mag. ing. E. Truden, 2011, 11. 10. 2014, 2011, 11. 10. 2014, 2011, 10. 2014

FRAGMAT

REZULTATI : TOplotNA STABILNOST

Češčica difuzijskega toka vodne pare

$q_{\text{v,1}}$	$q_{\text{v,2}}$
4.726031E-06	kg/m ² h
1.677308E-06	kg/m ² h

Izračun koeficiente kondenzirane vodne pare

$q_{\text{v,1}}$	$q_{\text{v,2}}$
3.048722E-06	kg/m ² h
4.390160E-03	kg/m ² h

Kondenz nastaja v 4. sloju, material mineralna in steklena volna

X_i	X_{max}
5.00	%
10.00	%

$X_{\text{v,i}}$	$X_{\text{v,e}}$
0.03	%
5.03	%

Izsuševanje KS

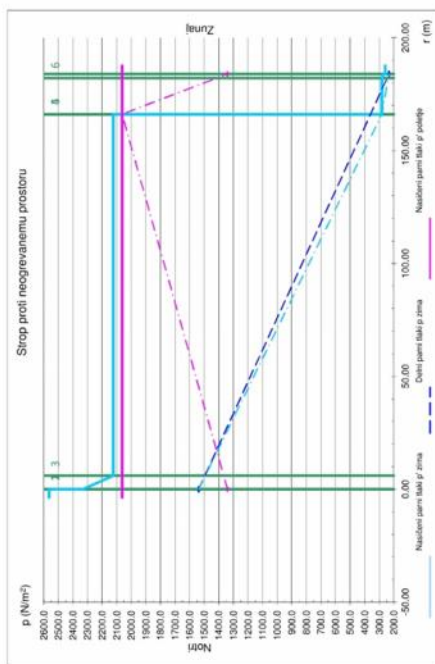
Čas potreben za izsušitev KS	8	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	60	dan

KS ODGOVARJA

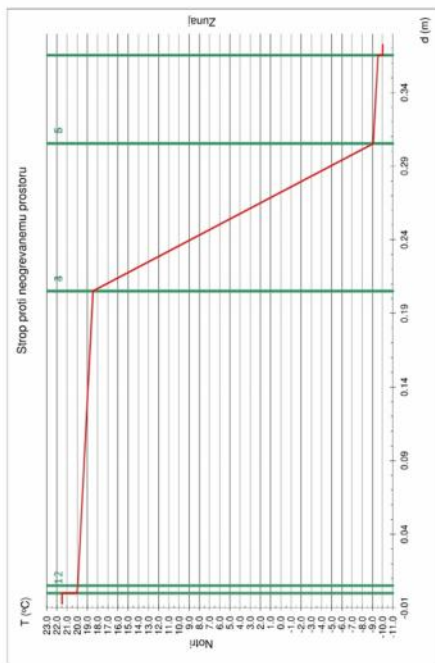
REZULTATI : TOplotNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	206.13	ura
Temperaturna zakasnitev	12.30	ura

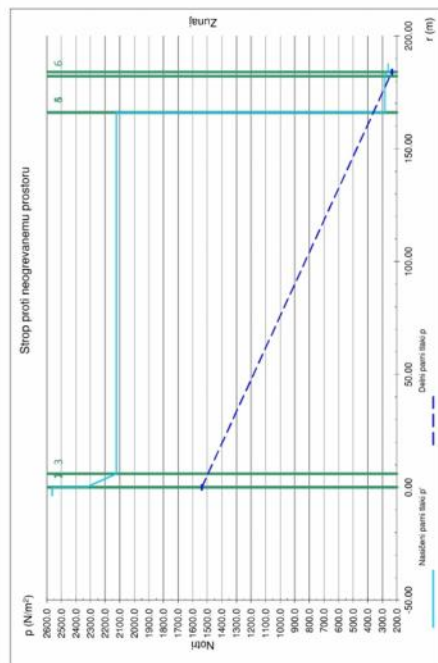
REZULTATI : p - r diagram (vlaženje in sušenje)





REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram



Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI <small>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščoti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002</small>	
---	---

Strop proti neogrevanemu prostoru

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	6. - Strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	-16.0	Računska temperatura zunaj (°C)	-10.0
Temperatura notri (°C)	21.5		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
					C	λ	μ		
				ρ	J/kg K	W/m K	-		
				m	kg/m ³				
1	22.1	mavčna in apneno mavčna malta	0.0050	1,500	920	0.700	9.0		1
2	40.3	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,200	960	1.510	30.0		1
3	113.0	mineralna in steklena volna	0.1000	200	840	0.041	1.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Slojev med hidroizolacijo in zunanjim zrakom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stičnih plasteh v °C

Stevilka plasti	Notri	Zunaj
1	20.0	19.9
2	19.9	18.4
3	18.4	-9.5

$U_{\text{izračunati}} = 0.364 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ > $U_{\text{max}} = 0.200 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak		Ne stičnih plasti		Zunaj	
2.563.5					
Stevilka plasti	Notri			Notri	Zunaj
1	2.338.5			2.326.6	
2	2.326.6			2.116.7	
3	2.116.7			270.5	
Zunanji zrak		260.0			

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, P_{a})

Notranji zrak	1.536.1
Zunanji zrak	234.0

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{net}	kg/m ² h
q_{ext}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q_{in}	kg/m ² h
q_{out}	kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenzat

X_{v}	%
X_{max}	%
X_{sp}	%
X_{sa}	%

Izsuševanje KS

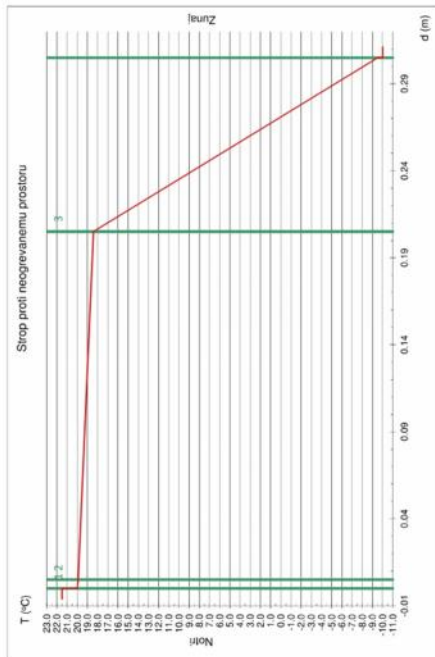
Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dožna obdobja izsuševanja	dan

KS ODGOVARJA

REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	115.75
Temperaturna zakasnitev	9.26 ura

REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram

