

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:

Kristanc, G., 2015. Energijska sanacija enodružinske hiše z meritvami parametrov notranje klime pred sanacijo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentorica Dovjak, M.): 80 str.

Datum arhiviranja: 04-01-2016

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:

Kristanc, G., 2015. Energijska sanacija enodružinske hiše z meritvami parametrov notranje klime pred sanacijo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Dovjak, M.): 80 pp.

Archiving Date: 04-01-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GRADBENIŠTVO  
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidat:

**GREGOR KRISTANC**

**ENERGIJSKA SANACIJA ENODRUŽINSKE HIŠE Z  
MERITVAMI PARAMETROV NOTRANJE KLIME  
PRED SANACIJO**

Diplomska naloga št.: 523/KS

**ENERGY REFURBISHMENT OF A SINGLE - FAMILY  
HOUSE WITH INDOOR CLIMATE PARAMETERS  
MEASUREMENTS BEFORE THE REFURBISHMENT**

Graduation thesis No.: 523/KS

**Mentor:**

doc. dr. Roman Kunič

**Somentorica:**

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 21. 12. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

## IZJAVE

Podpisani, Gregor Kristanc, izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »ENERGIJSKA SANACIJA ENODRUŽINSKE HIŠE Z MERITVAMI PARAMETROV NOTRANJE KLIME PRED SANACIJO«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Radece, 10.12.2015

Gregor Kristanc

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLE EK**

**UDK:** 699.8:728.3(497.4)(043.2)

**Avtor:** Gregor Kristanc

**Mentor:** doc.dr. Roman Kuni

**Somentorica:** doc.dr. Mateja Dovjak

**Naslov:** Energijska sanacija enodružinske hiše z meritvami parametrov notranje klime pred sanacijo

**Tip dokumenta:** diplomska naloga - visokošolski študijski program

**Obseg in oprema:** 80 str., 73 pregl., 35 sl., 16 graf.

**Ključne besede:** meritve notranje klime, TEDI, TOST, parametri rabe energije, PURES 2010, koeficient specifi nih transmisijskih toplotnih izgub, udobje bivanja

### **POVZETEK**

V diplomski nalogi obravnavam obstoječo energijsko potratno dvoetažno družinsko hišo, zgrajeno v 70. letih. Zgrajena je v skladu s takratno veljavno zakonodajo, je brez toplotne izolacije, glavna materiala konstrukcije pa sta naravni kamen in opeka.

Namen diplomskega dela je izvesti analizo v pogledu gradbene fizike, parametrov rabe energije in meritev izbranih parametrov notranje klime za obstoječe stanje. Z meritvami notranje klime sem pridobil realne iskane vrednosti parametrov obstoječega stanja, ki jih bom primerjal z izraunanimi vrednostmi iz programa TEDI. Ugotoviti želim, v kakšnem velikostnem redu realne vrednosti odstopajo od izmerjenih. Podatke bom uporabil za izraun parametrov rabe energije, ki jih bom določil s programom TOST. Pri parametrih rabe energije sem se osredotočil samo na pogoj koeficienta specifi nih transmisijskih toplotnih izgub, ki je določen v pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Koeficient specifi nih transmisijskih toplotnih izgub bo pokazatelj, za koliko obstoječi objekt odstopa od zakonske zahteve. Z namenom izboljšanja notranje klime, posledično izboljšanja udobja bivanja in z gradbeno-fizikalnega vidika bom na podlagi ugotovitev obstoječega stanja predlagal sanacijske ukrepe. Vrednosti za prenovljeno stanje bom ponovno izraunal s programoma TEDI in TOST in jih primerjal z obstoječim stanjem.

**BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

- UDK:** 699.8:728.3(497.4)(043.2)
- Author:** Gregor Kristanc
- Supervisor:** Asist. Prof. Roman Kuni , Ph. D.
- Cosupervisor:** Asist. Prof. Mateja Dovjak, Ph. D.
- Title:** Energy refurbishment of a single-family house with indoor climate parameters measurements before the refurbishment
- Document type:** Graduation Thesis – Higher professional studies
- Scope and tools:** 80 str., 73 pregl., 35 sl., 16 graf.
- Keywords:** measurement of indoor climate, TEDI, TOST, energy consumption parameters, PURES 2010, The heat transmission coefficient, comfort of living

**ABSTRACT**

In my diploma thesis I am dealing with an existing energy non-efficient two-storey family house built in the 1970's. The house was built in accordance with the established building regulations at that time, has no thermal insulation, and the main building materials of the construction are natural stone and brick.

The purpose of my diploma thesis is to perform an analysis of the constructional physics parameters, energy consumption parameters, and to measure the selected parameters of the indoor climate for the existing condition. I used the measurements of the indoor climate to get real desired values of the existing condition parameters which will be compared to the values calculated by TEDI program. I would like to find out, in what order of magnitude the computational values deviate from the measured ones. I intend to use these data to calculate the energy consumption parameters which I will determine using the TOST program.

When calculating the energy usage parameters I focused only on the coefficient's condition of the specific transmission heat losses which is defined in the Slovenian energy-efficient building act (PURES 2010). The heat transmission coefficient will indicate how an existing object deviates from the regulatory requirement. With the intention of improving the indoor climate, thus consequently improving the comfort of living, and from the constructional and physical point of view remedial measures will be proposed based on my findings. I will recalculate the values of the renewed condition using TEDI and TOST programs, and then compare them with an existing condition.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Kuni Romanu in somentorici doc.dr. Dovjak Mateji za vso strokovno pomoč, konstruktivne nasvete, pozitiven odnos in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se vsem prijateljem in sošolcem, ki so mi tekom celotnega študija pomagali, da sem dosegel svoj zastavljeni cilj.

Iskrena hvala tudi Bredi, Anki in Luki, ki so mi omogočili obravnavo njihove stavbe, izvajanje meritev in mi priskrbeli vse informacije potrebne za obdelavo.

Nazadnje se zahvaljujem tudi družini in svojemu dekletu za vso finančno in moralno podporo v času študija in pisanja diplomskega dela.

## Kazalo vsebine

1. UVOD .....	1
2. CILJI DIPLOMSKE NALOGE IN HIPOTEZA .....	2
3. OBRAVNAVAN PRIMER ENERGETSKO POTRATNE HIŠE .....	2
3.1 Opis stavbe .....	2
4. TEORETI NO OZADJE .....	4
4.1 Toplotna prehodnost $U$ [ $W/m^2K$ ] .....	4
4.1.1 Toplotni tok $P$ [ $W$ ] .....	5
4.1.2 Toplotna prevodnost $\lambda$ [ $W/mK$ ] .....	6
4.1.3 Toplotna prehodnost plasti $U$ [ $W/m^2K$ ] .....	6
4.1.4 Prestopni koeficient meje zra ne plasti $\alpha$ [ $W/m^2K$ ] .....	7
4.1.5 Toplotni upor mejne plasti $R_i$ [ $m^2K/W$ ] .....	7
4.1.6 Toplotni upor konstrukcijskega sklopa $R_k$ [ $m^2K/W$ ] .....	8
4.2 DIFUZIJA VODNE PARE .....	9
4.2.1 Pogoji za difuzijo vodne pare .....	9
4.2.2 Nastanek kondenza pri difuziji vodne pare .....	10
4.2.2.1 Primer kondenzacije v ravnini .....	11
4.2.2.2. Primer kondenzacije v plasti .....	11
4.2.3 izsuševanje v primeru nastanka kondenza .....	12
4.2.2.3. Izsuševanje v primeru nastanka kondenza v ravnini .....	12
4.2.2.4 Izsuševanje v primeru kondenza v plasti .....	13
5.0 UDOBNE BIVALNE RAZMERE .....	14
5.1 Toplotno okolje .....	16
5.2 Kakovost zraka .....	21
6.0 METODOLOGIJA .....	23
6.1 Parametri gradbene fizike .....	23
6.2 Parametri rabe energije .....	23
6.3 Meritve izbranih parametrov notranje klime .....	23
6.3.1 Opis in uporaba merilnih inštrumentov .....	25



6.3.1.1 VOLTcraft Infrarot-Thermometer IR 900-30S.....	25
6.3.1.2 VOLTcraft DT 8820 .....	26
6.4 Zakonske zahteve .....	28
6.4.1 Uporabljene ključne zahteve za primerjavo obstoječega stanja z prenovo .....	28
7.0 SESTAVA, TOPLOTNA PREHODNOST IN DIFUZIJA VODNE PARE OBSTOJEČIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV (TEDI).....	29
7.1 Zunanja stena v pritličju do kote +0.75 m .....	29
7.2 Zunanja stena v pritličju nad koto +0.75 m .....	30
7.3 Zunanja stena v nadstropju .....	30
7.4 Tla v pritličju .....	31
7.5 Plošča med pritličjem in nadstropjem .....	31
7.6 Plošča med nadstropjem in podstrešjem .....	32
7.7 Specifične transmisijske izgube $H_T$ .....	33
8.0 PRIMERJAVA MERITEV IN REZULTATI IZ PROGRAMA TEDI.....	36
8.1 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 23. 2. 2015.....	36
8.2 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 25. 2. 2015.....	39
8.3 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 27. 2. 2015.....	42
8.4 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 1. 3. 2015.....	45
8.5 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 8. 3. 2015.....	48
8.6 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 13. 3. 2015.....	51
8.7 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 19. 3. 2015.....	54
9.0 GLIVE IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE LJUDI V NJIHOVEM BIVALNEM OKOLJU ....	57
10.0 ZASNOVA PRENOVLJENIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV .....	59
10.1 Prenovljen zunanji zid v pritličju do višinske kote +0,75 m.....	59

10.2 Prenovljen zunanji zid v pritli ju nad višinsko koto +0,75 m .....	60
10.3 Prenovljen zunanji zid v nadstropju .....	61
10.4 Prenovljen tlak v pritli ju .....	62
10.5 Prenovljen strop na neogrevano podstrešje.....	62
11.0 REZULTATI .....	65
12. ZAKLJU EK .....	75

## Kazalo slik

Slika 1: Pogled na južno fasado (lasten vir), 2014.....	3
Slika 2: Pogled na vzhodno fasado (lasten vir, 2014).....	4
Slika 3: Grafi na ponazoritev toplotne prevodnosti materiala [8] .....	6
Slika 4: Grafi na ponazoritev toplotnega upora plasti [8].....	7
Slika 5: Grafi na ponazoritev zaporedne vezave toplotnih uporov v konstrukcijskem sklopu (lasten vir, 2014) .....	8
Slika 6: Toplotna prestopnost mejne zra ne plasti na zunanji in notranji strani [8].....	8
Slika 7: Grafi na ponazoritev skupnega upora konstrukcijskega sklopa [8].....	9
Slika 8: Grafi en prikaz razlike parnih tlakov in potek parnega toka [8] .....	10
Slika 9: Grafi en prikaz nastanka kondenza v ravnini [8].....	11
Slika 10: Grafi en prikaz nastanka kondeza v plasti [8].....	11
Slika 11: Grafi en prikaz izsuševanja v primeru kondenza v ravnini (poletno obdobje) [8] ...	12
Slika 12: Grafi en prikaz izsuševanja v primeru kondeza v plasti (poletno obdobje) [8] .....	13
Slika 13: Dejavniki, ki vplivajo na stopnjo udobja bivanja [14] .....	15
Slika 14: Grafi ni prikaz obmo ja notranjega okolja bivalne cone [16].....	16
Slika 15: Prikaz udobja v odvisnosti od temperature zraka in površinske temperature pri projektni zunanji temperaturi -10 °C [14] .....	18
Slika 16: Prikaz u inkovitosti razli nih tipov naravnega prezra evanja [14].....	21
Slika 17: Prikaz tipi nih koncentracij CO <sub>2</sub> in njihovega vpliva na loveka [14] .....	22
Slika 19: Merilni inštrument VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S [25].....	25
Slika 18: Razmerje oddaljenost merjenja merilna površina (D/S) [26] .....	25
Slika 20: Merilni inštrument VOLTCRAFT DT 8820 [27].....	26
Slika 21: Prikaz izmerjenih meritev 23. 2. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	36

Slika 22: Prikaz izmerjenih meritev 23. 2. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS .....	37
Slika 23: Prikaz izmerjenih meritev 25. 2. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	39
Slika 24: Prikaz izmerjenih meritev 25. 2. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS .....	40
Slika 25: Prikaz izmerjenih meritev 27. 2. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	42
Slika 26: Prikaz izmerjenih meritev 27. 2. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS .....	43
Slika 27: Prikaz izmerjenih meritev 1. 3. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	45
Slika 28: Prikaz izmerjenih meritev 1. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	46
Slika 29: Prikaz izmerjenih meritev 8. 3. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS .....	48
Slika 30: Prikaz izmerjenih meritev 8. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	49
Slika 31: Prikaz izmerjenih meritev 13. 3. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	51
Slika 32: Prikaz izmerjenih meritev 13. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	52
Slika 33: Prikaz izmerjenih meritev 19. 3. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS.....	54
Slika 34: Prikaz izmerjenih meritev 19. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS .....	55
Slika 35: Slika plesni v delu zidu z nizko površinsko temperaturo (lasten vir, 2015).....	65

## Kazalo preglednic

Preglednica 1: Ključni dejavniki, ki vplivajo na udobje [12] .....	14
Preglednica 2: Kategorizacija notranjega okolja [15] .....	15
Preglednica 3: Kategorije toplotnega okolja [17] .....	16
Preglednica 4: Kategorije notranjega toplotnega okolja, izražene z vrednostmi PMV in PPD [15] .....	17
Preglednica 5: Pri akovan odstotek nezadovoljnih v odvisnosti od vertikalnega gradienta temperature zraka [18] .....	19
Preglednica 6: Prikaz udobja v odvisnosti od temperature zraka in hitrosti gibanja zraka [14] .....	20
Preglednica 7: Prikaz udobja v odvisnosti med relativno vlažnostjo in temperaturo notranjega zraka [14] .....	20
Preglednica 8: Dopustne koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka [13] .....	22
Preglednica 9: Primer delovnega lista za pritljuje (prikazan en prostor) .....	24
Preglednica 10: Primer delovnega lista za meritve v nadstropju (prikazan en prostor) .....	24
Preglednica 11: Emisivnost materialov v merilniku VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S [26] .....	26
Preglednica 12: Tehnični podatki in merilne tolerance VOLTCRAFT DT 8820 [28] .....	27
Preglednica 13: Tabela toplotne prehodnosti [23] .....	28
Preglednica 14: Zunanji zid v pritljuje do višinske kote +0,75 m .....	29
Preglednica 15: Zunanji zid v pritljuje od višinske kote +0,75 m .....	30
Preglednica 16: Zunanji zid v nadstropju .....	30
Preglednica 17: Tla v pritljuje .....	31
Preglednica 18: Plošča med pritljuje in nadstropjem .....	32
Preglednica 19: Plošča med nadstropjem in podstrešjem .....	32
Preglednica 20: Klimatski podatki iz programa TOST [6] .....	34
Preglednica 21: Podatki o mejah obeh con iz programa TOST [6] .....	34
Preglednica 22: Seznam odprtih po posameznih conah iz programa TOST [6] .....	35
Preglednica 23: Rezultat iz programa TOST [6], koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe .....	35
Preglednica 24: Izračunane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 23. 2. 2015 .....	36
Preglednica 25: Izračunane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 23. 2. 2015 .....	36

Preglednica 26: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 23. 2. 2015.....	36
Preglednica 27: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 23. 2. 2015 .....	37
Preglednica 28: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 23. 2. 2015.....	37
Preglednica 29: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 23. 3. 2015 .....	38
Preglednica 30: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 25. 3. 2015.....	39
Preglednica 31: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 25. 3. 2015.....	39
Preglednica 32: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 25. 3. 2015.....	40
Preglednica 33: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 25. 3. 2015 .....	40
Preglednica 34: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 25. 3. 2015.....	41
Preglednica 35: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 25. 3. 2015 .....	41
Preglednica 36: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 27. 3. 2015.....	42
Preglednica 37: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 27. 3. 2015.....	42
Preglednica 38: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 27. 3. 2015.....	43
Preglednica 39: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 27. 3. 2015 .....	43
Preglednica 40: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 27. 3. 2015.....	44
Preglednica 41: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 27. 3. 2015 .....	44
Preglednica 42: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 1. 3. 2015.....	45

Preglednica 43: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 1. 3. 2015.....	45
Preglednica 44: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 1. 3. 2015.....	46
Preglednica 45: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 1. 3. 2015 .....	46
Preglednica 46: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 1. 3. 2015.....	47
Preglednica 47: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 1. 3. 2015 .....	47
Preglednica 48: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto 48	
Preglednica 49: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 8. 3. 2015.....	48
Preglednica 50: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 8. 3. 2015.....	49
Preglednica 51: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 8. 3. 2015 .....	49
Preglednica 52: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 8. 3. 2015.....	50
Preglednica 53: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju ) 8. 3. 2015 .....	50
Preglednica 54: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 13. 3. 2015.....	51
Preglednica 55: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 13. 3. 2015.....	51
Preglednica 56: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 13. 3. 2015.....	52
Preglednica 57: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 13. 3. 2015 .....	52
Preglednica 58: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 13. 3. 2015.....	53
Preglednica 59: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 13. 3. 2015 .....	53
Preglednica 60: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 19. 3. 2015.....	54

Preglednica 61: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 19. 3. 2015.....	54
Preglednica 62: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 19. 3. 2015.....	55
Preglednica 63: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 19. 3. 2015 .....	55
Preglednica 64: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 19. 3. 2015.....	56
Preglednica 65: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 19. 3. 2015 .....	56
Preglednica 66: Vpliv gliv (plesni) na zdravje ljudi pri različnih študijah [29].....	57
Preglednica 67: Prenovljen zunanji zid v pritli ju do višinske kote +0,75 m.....	60
Preglednica 68: Prenovljen zunanji zid v pritli ju nad višinsko koto +0,75 m.....	60
Preglednica 69: Prenovljen zunanji zid nadstropju.....	61
Preglednica 70: Prenovljen tlak v pritli ju.....	62
Preglednica 71: Prenovljen strop na neogrevanem podstrešju.....	63
Preglednica 72: Rezultat iz programa TOST, koeficient specifi nih transmisijskih toplotnih izgub stavbe s prenovljenimi konstrukcijskimi sklopi .....	64
Preglednica 73: Primerjava H <sub>T</sub> obstoje ega in prenovljenega stanja z maksimalnim dovoljenim [6] .....	71

## Kazalo grafov

Grafikon 1: Potek temperature skozi sloje obstoje ega zidu v pritli ju do kote +0,75 m [6] ..	66
Grafikon 2: Potek temperature skozi sloje prenovljenega zidu v pritli ju do kote +0,75 m [6]	66
Grafikon 3: Potek temperature skozi sloje obstoje ega zidu v pritli ju nad koto +0,75 m [6]	67
Grafikon 4: Potek temperature skozi sloje prenovljenega zidu v pritli ju nad koto +0,75 m [6] .....	67
Grafikon 5: Potek temperature skozi sloje obstoje ega tlaka v pritli ju [6].....	68
Grafikon 6: Potek temperature skozi sloje prenovljenega tlaka v pritli ju [6] .....	68
Grafikon 7: Potek temperature skozi sloje obstoje ega zidu v nadstropju [6] .....	69
Grafikon 8: Potek temperature skozi sloje prenovljenega zidu v nadstropju [6] .....	69
Grafikon 9: Potek temperature skozi sloje obstoje e stropne ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6] .....	70

---

Grafikon 10: Potek temperature skozi sloje prenovljene stropne ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6] .....	70
Grafikon 11: Graf parnih tlakov obstoje ega zidu v pritli ju do kote +0,75 m [6].....	72
Grafikon 12: Graf parnih tlakov prenovljenega zidu v pritli ju do kote +0,75 m [6].....	72
Grafikon 13: Graf parnih tlakov obstoje e zgornje ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6] .....	73
Grafikon 14: Graf parnih tlakov prenovljene ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6].....	73
Grafikon 15: Graf parnih tlakov obstoje ega zunanjega zidu v nadstropju [6].....	74
Grafikon 16: Graf parnih tlakov obnovljenega zunanjega zidu v nadstropju [6].....	74



## 1. UVOD

Analiza Gospodarsko interesnega združenja (GIZ) proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij in Gradbenega inštituta ZRMK, izvedena v letu 2011, je pokazala, da v Sloveniji kar 81 odstotkov stavbnega fonda potrebuje obnovo. To predstavlja okoli 14 milijonov kvadratnih metrov fasad, za njihovo obnovo pa bi bilo potrebnih 600 milijonov evrov. Obnova predstavlja torej veliko priložnost za spodbujanje rasti gospodarstva in nova delovna mesta, rešitev energetskega, konstrukcijskega in tudi okoljskega problema [1]. Obnova naj bo celovita, da se doseže energetska varnost in hkrati tudi udobne in zdrave bivalne ter delovne razmere [2].

V diplomskem delu bom obravnaval energijsko potratno hišo, zgrajeno v 70. letih preteklega stoletja. Gradnja hiš do sredine sedemdesetih let je po kvaliteti gradnje z vidika porabe energije celo nazadovala od stavb, grajenih do leta 1940. V tem obdobju projektiranja in izgradnje stavbe ni bilo posebnih predpisov o obvezni namestitvi toplotno izolativnih slojev v posamezne konstrukcijske sklope niti glede varovanja z energijo v stavbah. Večina zgradb je grajena iz naravnega kamna, prevodnega armiranega betona, modularne opeke, zidakov iz žlindre in elektrolitskega pepela. Posledice so se zmanjšale debeline zidov. Ker niso uporabljali izolacijskih materialov, so potrebne energetske sanacije. Toplotne izgube skozi ovoj stavbe predstavljajo več kot polovico vseh toplotnih izgub, kjer je delež izgub skozi fasado do 35 % [3]. Že samo z izolacijo fasade torej bistveno zmanjšamo stroške za ogrevanje in hlajenje, zmanjšamo vplive na okolje in odvisnost od energetskih virov. Pri izbiri fasade je potrebno imeti v mislih, da obnavljamo objekt, zato se je potrebno prilagoditi dani situaciji. Ko se odločimo za izolacijo, je potrebno premisliti, kje jo bomo namestili, kakšna bo njena debelina in katere materiale bomo uporabili. Dobro se moramo zavedati dejstva, da z neustreznimi tesnitvijo objektov pogosto ustvarimo problem slabše kakovosti zraka. Bistvenega pomena je, da načrtujemo po postopku bioklimatskega načrtovanja, upoštevajo značilnosti lokacije, optimalno orientacijo stavbe, organizacijo prostorov, optimalno zasnovo ovoja stavbe in konstrukcijskih sklopov, vgradnjo ustrezne sisteme ogrevanja, hlajenja in prezračenja, pa vse do osveženja uporabnikov v smeri varne rabe energije [4]. Na nivoju ovoja izberemo primerno izolacijo za našo stavbo in sestavimo konstrukcijski sklop (v nadaljevanju KS) tako, da starih zidov difuzijsko ne zapremo. Stavba se gradi ali prenavlja z namenom zagotavljanja udobnih, zdravih, bivalnih ter delovnih razmer in ne samo z namenom varovanja z energijo [2].

## 2. CILJI DIPLOMSKE NALOGE IN HIPOTEZA

Z namenom diplomske naloge sem si zastavil naslednje cilje:

1. izračunati parametre gradbene fizike s programom TEDI [5] (površinska temperatura, toplotna prevodnost, difuzijo vodne pare),
2. izračunati parametre rabe energije s programom TOST [6] (specifične toplotne izgube).
3. izmeriti izbrane parametre notranje klime (površinska temperatura konstrukcijskih sklopov, temperatura in vlažnost zraka),
4. izračunati in izmerjene parametre primerjati z zakonskimi zahtevami,
5. na podlagi ugotovitev predlagati sanacijske ukrepe z vidika notranje klime in gradbeno-fizikalnih parametrov.

Predvidevam, da toplotna prehodnost obstoječih KS močno odstopa od dovoljenih zakonskih zahtev. KS brez toplotne izolacije bodo v času kurilne sezone verjetno imeli nizko površinsko temperaturo. Nevarnost nizke površinske temperature sten je kondenziranje notranje vlage in posledično nastanek ter rast plesni, zato predvidevam, da bom našel mesta, kjer prihaja do nastanka in razvoja gliv. Predvidevam, da zaradi neizoliranosti KS prihaja do velikih specifičnih izgub. Menim, da bodo meritve pokazale podobne rezultate parametrov gradbene fizike, kot jih bom dobil z uporabo programa TEDI [5]. Po sanacijskih ukrepih pa prikažem dokaz izboljšav gradbeno-fizikalnih parametrov in posledično notranje klime. Z izračunom specifičnih toplotnih izgub s programom TOST [6], obstoječega stanja in prenovljenega stanja pa prikažem, da dokažem slabo stanje obstoječega objekta in nujno potrebo po sanaciji.

## 3. OBRAVNAVAN PRIMER ENERGETSKO POTRATNE HIŠE

### 3.1 Opis stavbe

V diplomskem delu sem obravnaval dvoetažno družinsko hišo. Pritli je delno vkopano v teren in je bilo prvotno projektirano kot ne-bivalno (klet, kurilnica, shramba, garaža). Kasneje so pritli delno preuredili za bivalne prostore z minimalnimi gradbenimi posegi. Obstojna tla iz zemlje so izkopal, nasuli 20 cm drenažnega peska, na katerega so naredili betonski estrih in finalne obloge. Sedaj v pritliju, velikem 96,5 m<sup>2</sup>, biva mlad par. Celotna pritlija, razen kurilnice, ogrevata na 22 °C. Ovoj pritlija je v treh fasadah do višine 75 cm pozidan s kamnom, višje pa ometano s plemenitim fasadnim ometom debeline 6 cm. Zadnja fasada je do višine 90 cm vkopana v teren. Etaža je v celoti nad terenom in je ločena od pritlija z montažno ope. V njej prebiva lastnica, ki se večinoma zadržuje v

kuhinji, v večernem času pa v dnevnem prostoru. Spalnice in sobe za goste pozimi ne ogreva, ostale prostore pa ogreva na 21 °C. V poletnem času za zaščito pred sonnim sevanjem uporablja zunanje rolete, ki so navite v leseni škatli in pritrjene na zunanji okvir lesenega okna. Ovoj nadstropja je zgrajen iz polne opeke in ometan s plemeniti fasadnim ometom debeline 6 cm. Nad pritličjem je ne-bivalno in neogrevano podstrešje, ki je ločeno od nadstropja s podobno montažno montažno ploščo, kateri so kasneje dodali še 5 cm toplotne izolacije (stiropor) in pohodni estrih 5 cm. Ostrešje je neizolirano in pokrito z betonskimi strešniki. Okna so v celotnem objektu narejena iz dveh slojev. Med enim in drugim krilom je zrak, celotno okno pa je zastekljeno z enojnim steklom. Nad oknom je lesena škatla za rolete, ki je znotraj pomaknjena brez rob okvirja, zunaj pa je obdelana v fasadni omet. Celotna hiša se ogreva s peko na kurilno olje preko centralnega ogrevanja z radiatorji v posameznih prostorih. Za ogrevanje sanitarne vode uporabljajo solarne kolektorje, ki jih v primeru slabega vremena nadomestijo z ogrevanjem vode z električno energijo.



Slika 1: Pogled na južno fasado (lasten vir), 2014



Slika 2: Pogled na vzhodno fasado (lasten vir, 2014)

## 4. TEORETI NO OZADJE

### 4.1 Toplotna prehodnost $U$ [W/m<sup>2</sup>K]

Prehod toplote skozi stavbni ovoj kontroliramo zaradi zagotavljanja im manjših toplotnih izgub na ravni standardov in zagotavljanja prijetnih bivalnih razmer v prostorih. Za toplotno izolativnost konstrukcijskega sklopa uporabimo toplotno prehodnost ali U faktor [W/(m<sup>2</sup>K)], ki nam predstavlja toplotni tok skozi 1 m<sup>2</sup> sklopa pri temperaturni razliki 1 K na obeh straneh sklopa. Iz tega lahko ugotovimo, da je toplotna prehodnost enaka inverzni vrednosti toplotnega upora  $R$  [m<sup>2</sup>K/W].

Osnovne fizikalne koli ine za ra un prehoda toplote skozi konstrukcijske sklope [7]:

- toplotni tok ( $P$ ) [W],
- toplotna prevodnost ( $\lambda$ ) [W/mK],
- toplotna prehodnost celotnega KS ( $U$ ) [W/m<sup>2</sup>K],
- prestopni koeficient meje zra ne plasti ( $\alpha$ ) [W/m<sup>2</sup>K],
- toplotni upor mejne plasti ( $R_i$ ) [m<sup>2</sup>K/W],
- toplotni upor konstrukcijskega sklopa ( $R_k$ ) [m<sup>2</sup>K/W].

#### 4.1.1 Toplotni tok $P$ [W]

»Toplotni tok je premo sorazmeren s temperaturno razliko in s pre nim prerezom ter obratno sorazmeren z dolžino, na kateri je temperaturna razlika.« Toplotni tok vedno odteka s toplejših mest na hladnejša mesta in zmanjšuje toplotne razlike v snovi, torej je pogoj za njegov pretok temperaturna razlika. Za izračun toplotne prehodnosti predpostavimo stacionarno temperaturno stanje, kar pomeni, da so v snovi stalne temperaturne razlike. Iz tega lahko predpostavimo, da skozi vsak prečni prerez snovi teče določen toplotni tok. Kolikršen toplotni tok priteka v snov na eni strani, takšen na drugi iz nje odteka [7].

$$P = Q/t \quad [\text{J/s} = \text{W}].$$

Toplotni tok skozi površino konstrukcijskega sklopa določimo na sledeči način: [9]

- gostota toplotnega toka je količnik toplotnega toka in površine ploskve skozi katero tok teče

$$q = U \cdot (T_N - T_Z) \quad [\text{W/m}^2],$$

$U$  ... toplotna prehodnost ali U faktor  $[\text{W/m}^2\text{K}]$ ,

$(T_N - T_Z)$  ... temperaturna razlika med notranjim in zunanjim zrakom  $[\text{K}]$

- koeficient toplotnih transmisij izgov celotnega konstrukcijskega sklopa

$$H_t = A \cdot U \quad [\text{W/K}],$$

$U$  ... toplotna prehodnost ali U faktor  $[\text{W/m}^2\text{K}]$ ,

$A$  ... površina konstrukcijskega sklopa  $[\text{m}^2]$ .

- Celotni toplotni tok skozi konstrukcijski sklop

$$Q_t = A \cdot U \cdot (T_N - T_Z) \cdot t \quad [\text{Wh}],$$

$U$  ... toplotna prehodnost ali U faktor  $[\text{W/m}^2\text{K}]$ ,

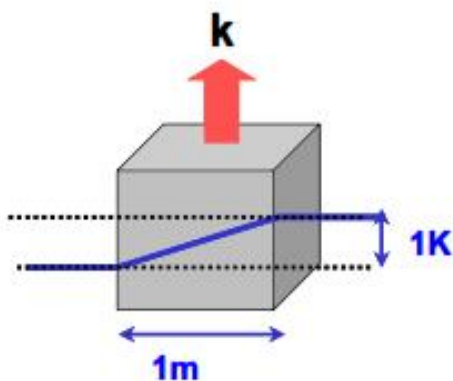
$A$  ... površina konstrukcijskega sklopa  $[\text{m}^2]$ ,

$(T_N - T_Z)$  ... temperaturna razlika med notranjim in zunanjim zrakom  $[\text{K}]$ ,

$t$  ... trajanje temperaturne razlike  $[\text{h}]$ .

#### 4.1.2 Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/mK]

»Toplotna prevodnost je specifična lastnost materiala. Pove, kolikšen toplotni tok  $P$  [W] preteče pri stacionarnih pogojih skozi material z debelino 1 m in površino 1 m<sup>2</sup> pri temperaturni razliki 1 K v smeri pravokotno na mejno ploskev.« Podatek o toplotni prevodnosti materiala nam pove, kako hitro snov pri danih pogojih prevaja toploto. Med najboljšimi izolatorji je suh mirujoč zrak, kateremu je onemogočeno cirkuliranje, ki ima okoli 0,025 [W/mK]. Tako lahko ugotovimo, da so dobri izolacijski materiali tisti, ki lahko v strukturi zadržujejo čim več suhega zraka. Za izolacije torej uporabljamo materiale s čim manjšo toplotno prevodnostjo, ki se določi laboratorijsko z meritvami. Pri izražanju unih upoštevamo podatke proizvajalca, ki ima certifikat za izdelavo materiala, ali pa uporabimo standardizirane vrednosti (npr. PURES) [7].



Slika 3: Grafični prikaz na ponazoritev toplotne prevodnosti materiala [8]

#### 4.1.3 Toplotna prehodnost plasti $U$ [W/m<sup>2</sup>K]

»Nam pove, kolikšen toplotni tok  $P$  [W] preteče pri stacionarnih pogojih skozi plast KS debeline  $d$  [m] in površine 1 m<sup>2</sup> pri temperaturni razliki 1 K na obeh straneh zidu« [9].

$$U = \lambda / d$$

$\lambda$  ... toplotna prevodnost [W/mK],

$d$  ... debelina plasti [m].

#### 4.1.4 Prestopni koeficient meje zra ne plasti $\alpha$ [W/m<sup>2</sup>K]

Površinska temperatura materiala ima običajno za nekaj stopinj druga no temperaturo kot zrak, ki ga obdaja. Tanka plast zraka tik ob steni, izvrši prehod od temperature zraka do površinske temperature pasti. »Gostota toplotnega toka, ki s konstrukcijskega sklopa prestopa v zrak (ali obratno, če je zrak toplejši), je premo-sorazmerna z razliko temperature konstrukcijskega sklopa in obdajajočega zraka. Sorazmernostni faktor se imenuje prestopni koeficient  $\alpha$ .« [8]

#### 4.1.5 Toplotni upor mejne plasti $R_i$ [m<sup>2</sup>K/W]

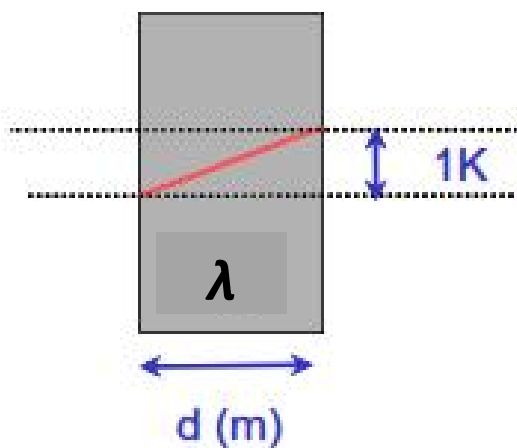
»Toplotni upor plasti nam pove, koliko K temperaturne razlike mora biti med obema stranema plasti, da skozenj steče 1 W toplotnega toka P [W]«. Kadar imamo plast, ki ima velik toplotni upor, pomeni, da se skozi plast pri dani temperaturi pretoka majhen toplotni tok. [7]

$$R = 1/U \quad R_i = d_i/\lambda_i$$

$U$  ... toplotna prehodnost plasti [W/m<sup>2</sup>K],

$\lambda_i$  ... toplotna prevodnost materiala plasti [W/mK],

$d_i$  ... debelina plasti [m],

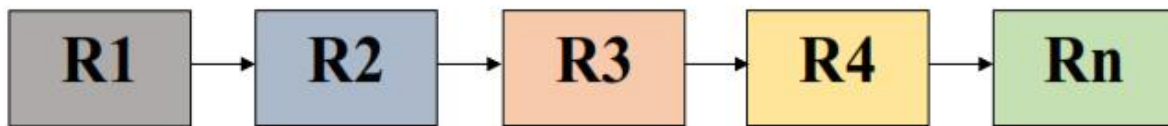


Slika 4: Grafi na ponazoritev toplotnega upora plasti [8]

#### 4.1.6 Toplotni upor konstrukcijskega sklopa $R_k$ [ $m^2K/W$ ]

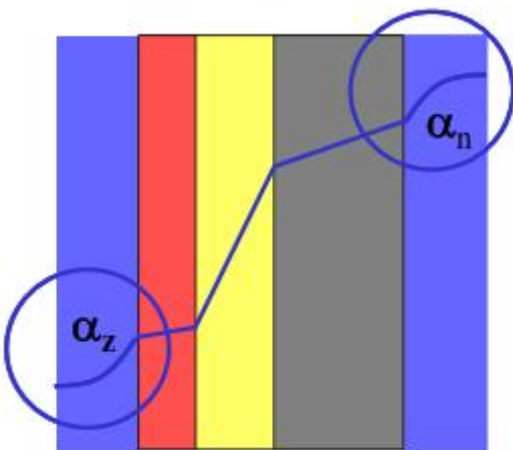
V praksi so konstrukcijski sklopi sestavljeni iz več plasti, zato te plasti obravnavamo kot zaporedno vezane toplotne upornike. Toplotni upor konstrukcijskega sklopa je torej vsota posameznih toplotnih uporov plasti, kar pomeni, da se celotna temperaturna razlika porazdeli med posamezne plasti. Tako skozi vsako plast teče isti toplotni tok, največji del temperature razlike pa prejme plast z največjim toplotnim uporom [8].

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 \dots = \sum (d_i / \lambda_i)$$



Slika 5: Grafično ponazoritev zaporedne vezave toplotnih uporov v konstrukcijskem sklopu (lasten vir, 2014)

Pri izračunu celotnega toplotnega upora konstrukcijskega sklopa pa ne smemo zanemariti upora mejne zračne plasti, ki ga izrazimo z  $1/\alpha$  [ $m^2K/W$ ], torej toplotnega upora mejne zračne plasti za  $1 m^2$  konstrukcijskega sklopa.

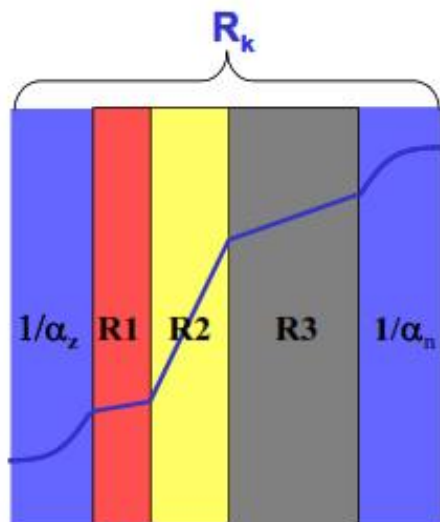


Slika 6: Toplotna prestopnost mejne zračne plasti na zunanji in notranji strani [8]



Skupni upor konstrukcijskega sklopa  $R_k$  torej določimo tako, da seštejemo upore vseh plasti, ki ga sestavljajo, in upore mejnih zračnih plasti.

$$R_k = 1/\alpha_z + \sum (d_i/\lambda_i) + 1/\alpha_n \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$



Slika 7: Grafični prikaz ponazoritev skupnega upora konstrukcijskega sklopa [8]

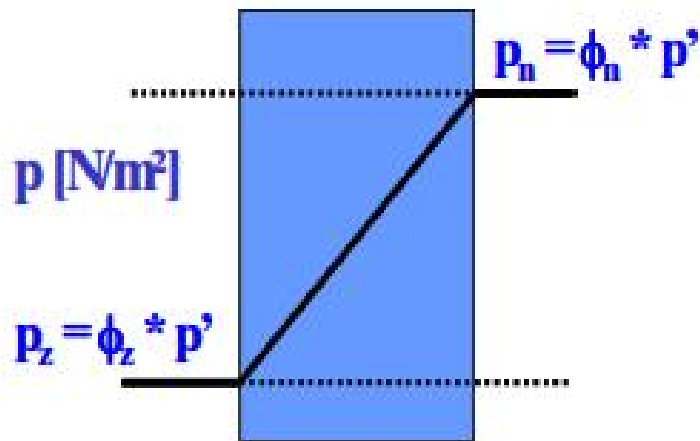
## 4.2 DIFUZIJA VODNE PARE

### 4.2.1 Pogoji za difuzijo vodne pare

»Difuzija vodne pare je pojav, ko v gradbeni konstrukciji vodna para prehaja iz plasti z večjo nasičenostjo k plastem z manjšo nasičenostjo z vodno paro. Difuzni tok spremlja toplotni tok (od toplega k hladnemu)« [7]. Pogoj, da pride do pojava difuzije vodne pare, je razlika parnih tlakov na eni in drugi strani konstrukcije.

Ločimo dva primera prehoda vodne pare [9]:

- Vodna para prehaja skozi vse plasti konstrukcijskega sklopa, torej do kondenzacije oziroma izločenja ne pride v nobeni plasti.
- Vodna para se kondenzira, torej se izloča v enem sloju ali več slojih konstrukcijskega sklopa.



Slika 8: Grafi en prikaz razlike parnih tlakov in potek parnega toka [8]

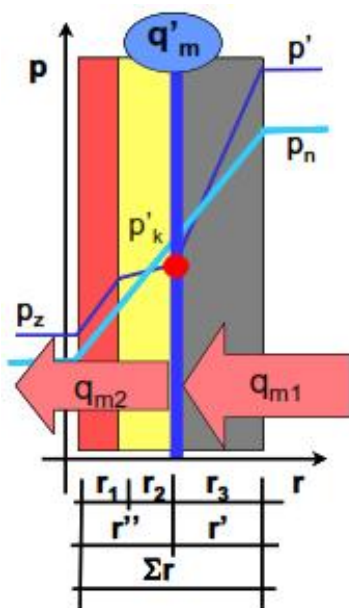
Pomen oznak na grafu:

- $p$  ... delni (parcialni) tlak vodne pare; definira trenutno koli ino vlage v zraku [N/m<sup>2</sup>=Pa],
- $p'$  ... nasi en tlak vodne pare; je odvisen od temperature (višja je temperatura zraka, ve pare lahko vsebuje) [N/m<sup>2</sup>=Pa],
- $\phi = p/p'$  ... relativna vlažnost; je razmerje med delnim in nasi enim parnim tlakom pri neki temperaturi [%],
- $G/V$  ... absolutna vlažnost; je masa vodne pare v volumnu zraka [kg/m<sup>3</sup>] [7].

#### 4.2.2 Nastanek kondenza pri difuziji vodne pare

Do izlo anja odve ne vlage v obliki kondenza pride, ko delni tlak vodne pare doseže vrednost nasi enega tlaka vodne pare  $p'$  ( $p = p'$ ) [N/m<sup>2</sup>=Pa]. Delni parni tlak nikoli ne more biti ve ji od nasi enega parnega tlaka. Ker je nasi en parni tlak  $p'$  odvisen od temperature, njegov potek skozi konstrukcijski sklop ni linearen, ampak se njegove vrednosti spreminjajo po posameznih plasteh konstrukcijskega sklopa [7].

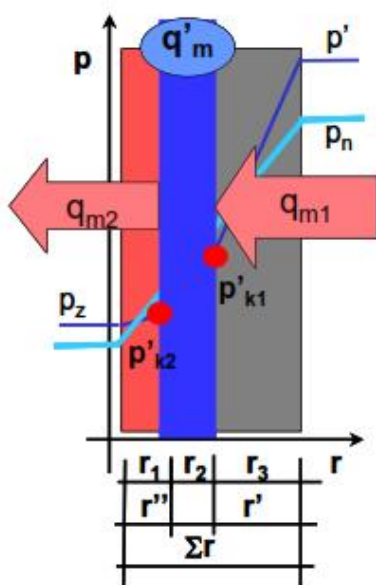
#### 4.2.2.1 Primer kondenzacije v ravnini



Slika 9: Grafi en prikaz nastanka kondenza v ravnini [8]

Na sliki 9 vidimo, kako med prvo in drugo plastjo konstrukcijskega skopa delni parni tlak doseže vrednost nasi enega delnega tlaka, zato v tem delu pride do izlo anja odve ne vlage v obliki kondenza.

#### 4.2.2.2. Primer kondenzacije v plasti



Slika 10: Grafi en prikaz nastanka kondenza v plasti [8]

Na sliki 10 vidimo, kako delni parni tlak doseže vrednost nasi enega parnega tlaka že v delu prvega sloja in jo drži skozi celotni drugi sloj. Tako dobimo primer izlo anja odve ne vlage v obliki kondenza v celotnem sloju KS.

Oznaka  $r$  [ $\text{m}^2\text{hPa/kg}$ ] predstavlja relativno difuzijsko odpornost vodni pari materiala, ki je odvisna od difuzijske upornosti materiala  $\mu$  [-] vodni pari in od njegove debeline. Oznaka  $q$  [ $\text{kg/m}^2\text{h}$ ] predstavlja gostoto difuznega toka. e se vrednosti gostote difuznega toka, ki vstopa v KS, izena ijo z vrednostjo gostote difuznega toka, ki izstopa iz KS, do kondenzacije vodne pare v KS ne pride [7].

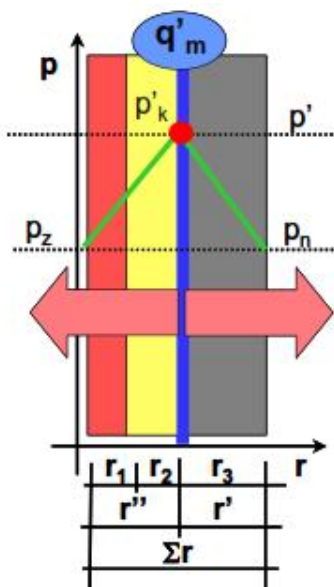
V primeru, da nam v KS nastane kondenz, izvedemo kontrole za materiale, v katerih se nam nabira vlaga [8]:

- kontroliramo koli ino vlage, ki se izlo i v konstrukciji v asu ra unskega difuznega navlaževanja
- kontroliramo ali lahko celotna koli ina vlage izpari iz KS v asu letnega režima – izsuševanje (ra unsko poletno obdobje za izsuševanje traja 60 dni)
- kontroliramo ali lahko sloji, v katerih se nabira vlaga, sprejmejo celotno koli ino vlage brez nevarnosti poškodbe konstrukcije

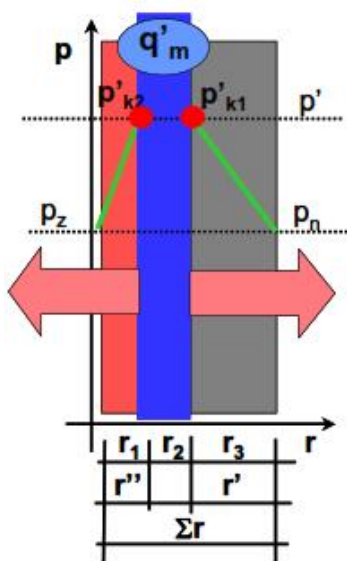
#### 4.2.3 izsuševanje v primeru nastanka kondenza

##### 4.2.2.3. Izsuševanje v primeru nastanka kondenza v ravnini

Slika 11: Grafi en prikaz izsuševanja v primeru kondenza v ravnini (poletno obdobje) [8]



#### 4.2.2.4 Izsuševanje v primeru kondenza v plasti



Slika 12: Grafi en prikaz izsuševanja v primeru kondenza v plasti (poletno obdobje) [8]

Na sliki 11 in 12 vidimo, da v KS ne bomo imeli kondenzacije, ko bosta gostoti difuznega toka, ki vstopa v KS, in tisti, ki izstopa iz KS, enaki. V tem primeru bo tudi delni parni tlak manjši od nasi enega parnega tlaka. Koli ina nabrane vode iz zimskega obdobja  $q'_m$  [kg/m<sup>2</sup>h] in gostota difuznega toka  $q$  [kg/m<sup>2</sup>h] pri izsuševanju pa vplivata na as izsušitve  $d$  [število dni].

$$d = 1,3 \cdot q'_m / (q_m \cdot 24h) \quad [\text{dni}] \quad [8],$$

$q'_m$  ... koli ina nabrane vode v zimskem obdobju [kg/m<sup>2</sup>h],

$q_m$  ... gostota difuznega toka pri izsuševanju.

## 5.0 UDOBNE BIVALNE RAZMERE

Ljudje porabijo približno 80-90 % svojega dnevnega časa v zaprtih prostorih [10], zato je pomembno, da se razišče možne vplive notranjih onesnaževalcev zraka in ostalih dejavnikov tveganj v notranjem okolju na zdravje. Prav tako je potrebno razmisliti o prispevkih k celotni izpostavljenosti ljudi.

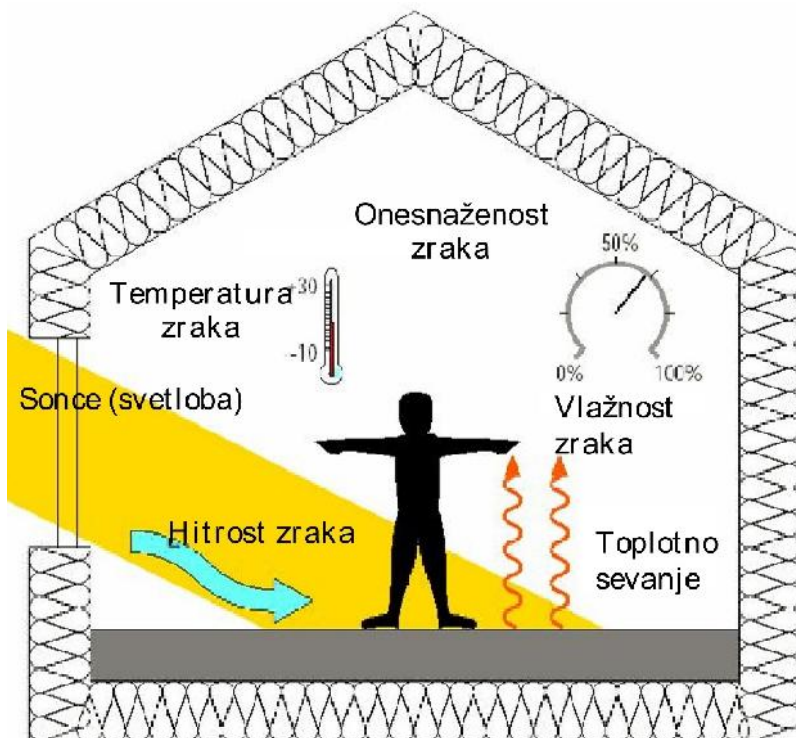
Človek v notranjem okolju preživi med 80 % in 90 % svojega časa, zato je zelo pomembno, da je to okolje zdravo [11]. Zadostiti moramo vsem parametrom kakovosti notranjega okolja v vseh bivalnih conah prostorov, t.j. parametrom toplotnega udobja, svetlobnega udobja, zvočnega udobja, kakovosti zraka ter parametrom ergonomije. V različnih letnih časih je potrebno uskladiti ogrevanje, prezraevanje in vlaženje zraka. Med glavne dejavnike, ki vplivajo na toplotno udobje v bivalnih prostorih, štejemo temperaturo zraka, temperaturo površin, vlažnost, hitrost gibanja zraka, stopnjo človeškega metabolizma in stopnjo izolativnosti obleke. Kljub naši prilagodljivosti pogojem okolice obstaja le določena kombinacija parametrov, pri katerih se počutimo udobno. Ker med človekom in okolico obstajajo različni medsebojni vplivi in je vsak različen ob utljev, je določena meja področja udobnega počutja težko določiti.

Preglednica 1: Ključni dejavniki, ki vplivajo na udobje [12]

FIZIKALNI POGOJI	FIZIOLOŠKI POGOJI	OSTALO
Temperatura, vlažnost, hitrost zraka	Konstitucija telesa, starost, spol	Kakovost zraka (onesnaževalci v zunanjem in notranjem zraku)
Sevalna temperatura obodnih površin prostora	Prehrana	Ergonomsko oblikovanje prostorov, naprav, pohištva, itd.
Aktivnost	Zdravstveni status	Barve sten v prostoru in ostali parametri dnevnega osvetljevanja prostorov
Oblečenost	Drugo	Hrup
Kontakt z okolico		Psihično stanje
		Letni in dnevni čas

Parametra notranjega okolja, ki jih povzame pravilnik o prezraevanju in klimatizaciji stavb [13], sta **toplotno okolje** in **kakovost zraka**, ostali parametri pa so še **vlažnost**, **osvetlitev** in **zvok**.

Slika 13: Dejavniki, ki vplivajo na stopnjo udobja bivanja [14]



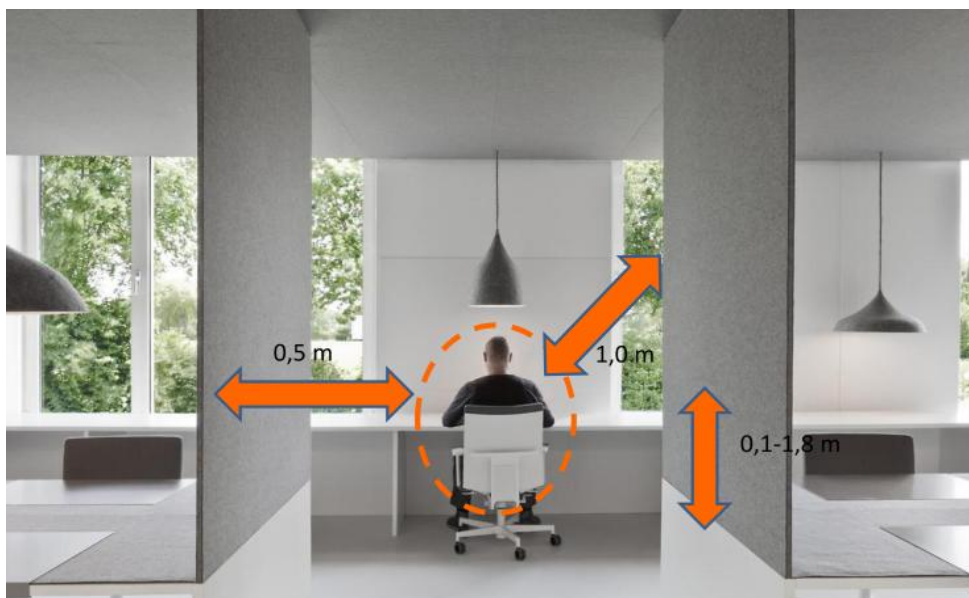
Priporo ene ali zahtevane vrednosti parametrov notranjega okolja so podane glede na kategorijo pri akovanju kvalitete notranjega okolja. Kategorizacija omogoča podajanje informacij o kompleksnem notranjem okolju na enostavne načine.

Preglednica 2: Kategorizacija notranjega okolja [15]

KATEGORIJA	OPIS
I.	Visoka raven pri akovanju, upoštevana za prostore, v katerih so ob utljudi ljudje s posebnimi zahtevami
II.	Normalna raven pri akovanju, upoštevana za nove ali prenovljene stavbe
III.	Zmerna, sprejemljiva raven pri akovanju, uporabna predvsem za obstoječe objekte
IV.	Vrednosti izven kriterijev za zgornje kategorije

## 5.1 Toplotno okolje

Analize toplotnega okolja se vršijo v bivalnih conah, katero dolo a obmo je notranjega okolja, kjer se nahaja uporabnik obmo ja. Obmo je je definirano 1 m od zidu, vrat in grelnega ali hladilnega telesa, 0,5 m od notranjega zidu ter najmanj 0,1 m do najve 1,8 m nad tlemi [13].



Slika 14: Grafi ni prikaz obmo ja notranjega okolja bivalne cone [16]

V standardu SIST EN ISO 7730:2005 Ergonomija toplotnega okolja - Analiti no ugotavljanje in interpretacija toplotnega ugodja z izra unom PMV in PPD vrednosti ter merili za lokalno toplotno ugodje so predstavljeni kakovostni razredi okolja kot A (najboljši), B, C, D (najslabši) [17]. Podobno je dolo eno v pravilniku o prezra evanju in klimatizaciji stavb [13].

Preglednica 3: Kategorije toplotnega okolja [17]

kategorija	integralno stanje		lokalno neugodje			
	pričakovan procent nezadovoljnih PPD	pričakovana povprečna presoja PMV	pričakovan procent nezadovoljnih zaradi prepiha	pričakovan procent nezadovoljnih zaradi temperaturne razlike	pričakovan procent nezadovoljnih zaradi toplih ali hladnih tal	pričakovan procent nezadovoljnih zaradi asimetrije sevalne temperature
	%	-	%	%	%	%
<b>A</b>	< 6	-0,2<PMV<+0,2	< 15	< 3	< 10	< 5
<b>B</b>	< 10	-0,5<PMV<+0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
<b>C</b>	< 15	-0,7<PMV<+0,7	<25	< 10	< 15	< 10



Parametre toplotnega udobja delimo na loveške parametre in okoljske parametre.

loveški parametri:

- metabolizem,
- obleka,
- individualne značilnosti.

Okoljski parametri:

- temperatura zraka  $T_a$  [°C] (notranjega  $T_{ai}$ , zunanjega  $T_{ao}$ ),
- srednja sevalna temperatura  $T_{mr}$  [°C], sonno sevanje zunaj [W/m<sup>2</sup>],
- hitrost zraka  $v_a$  [m/s],
- absolutna vlažnost  $p_a$  [kPa] (notranja  $p_{ai}$ , zunanja  $p_{ao}$ ); relativna vlažnost  $RH$  (notranja  $RH_{in}$ , zunanja  $RH_{out}$ ),
- površinska temperatura  $T_s$  [°C],
- obutvena temperatura  $T_o$  [°C],
- emisivnost, absorptivnost površin  $\epsilon$  [20].

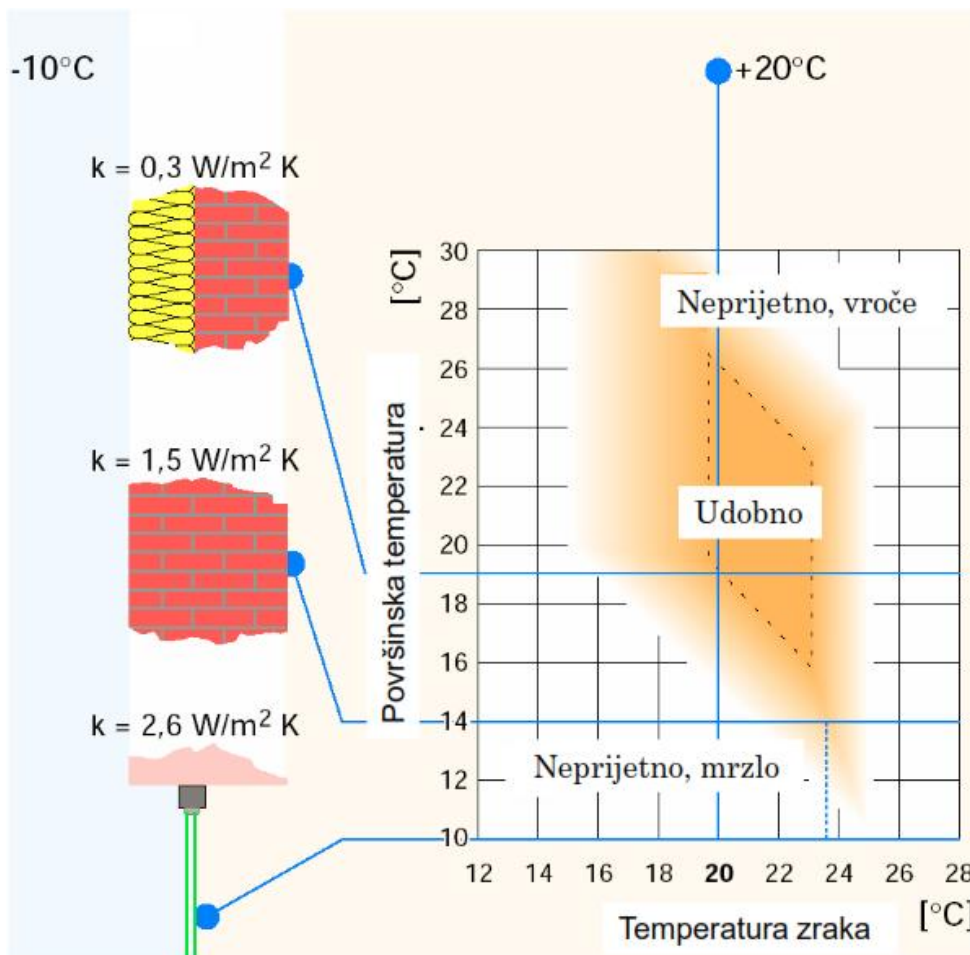
Preglednica 4: Kategorije notranjega toplotnega okolja, izražene z vrednostmi PMV in PPD [15]

Kategorija	Integrirano toplotno stanje loveka	
	PPD (pri akovan procent nezadovoljnih) v %	PMV (pri akovana povpre na presoja) v %
I.	<6	-0,2 < PMV < +0,2
II.	<10	-0,5 < PMV < +0,5
III.	<15	-0,7 < PMV < +0,7
IV.	≥15	PMV < -0,7 ali +0,7 < PMV

Toplotno okolje je še sprejemljivo, če se v njem počuti neudobno do 15 % uporabnikov prostora. PMV-PPD indeks upošteva vpliv relevantnih parametrov kot so obleka, aktivnost, temperatura zraka, srednja sevalna temperatura, relativna hitrost zraka in vlažnost zraka. Stopnja toplotnega udobja je poleg temperature zraka odvisna tudi od površinske

temperature zidov in stropov v približno tolikšni meri, da je zaznavna temperatura prakti na aritmeti na sredina med obema temperaturama [15].

Slika 15: Prikaz udobja v odvisnosti od temperature zraka in površinske temperature pri projektni zunanji temperaturi  $-10\text{ °C}$  [14]



**Temperatura notranjega zraka**  $T_{ai}$  [°C, K] je temperatura zraka v prostoru, merjena v sredini prostora na višini 1,1 m, in je določena za sedečo osebo v bivalni coni. V času brez ogrevanja je določena temperatura med  $19\text{ °C}$  in  $26\text{ °C}$ , od tega je priporočljiva  $23\text{ °C}$  do  $25\text{ °C}$ . V času ogrevanja je določena med  $19\text{ °C}$  in  $24\text{ °C}$ , priporočljiva pa med  $23\text{ °C}$  do  $22\text{ °C}$  [13].

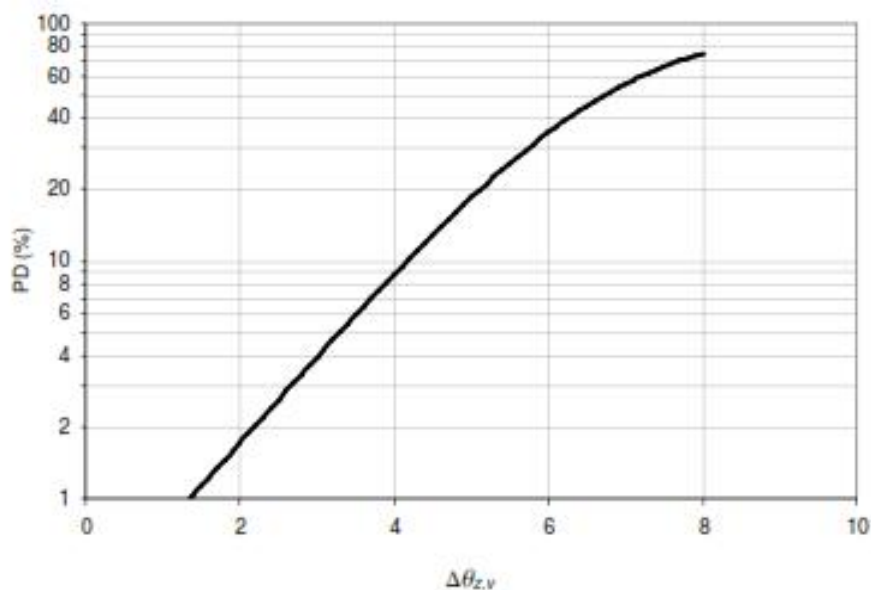
**Srednja sevalna temperatura**  $T_{mr}$  temelji na konceptu izmenjave sevanja med človekom in okoljem in ima velik vpliv na zaznavno, občuteno temperaturo. Največja sevalna temperaturna asimetrija, ki jo štejemo kot faktor neudobja, je: [13]

- Za hladno steno  $<13\text{ °C}$ ,
- za hladen strop  $<18\text{ °C}$ .

Ljudje smo v ve ini najbolj ob utljivi na sevalno asimetrijo, ki jo povzro a hladen strop ali hladne stene oziroma okna v njih.

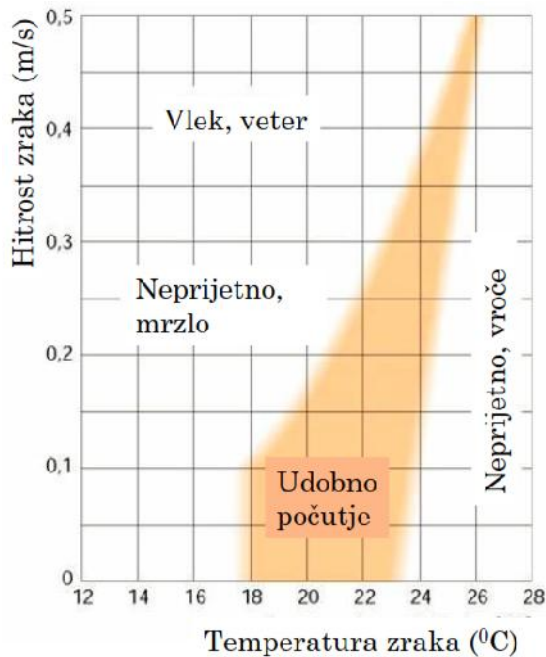
**Vertikalni temperaturni gradient** med glavo in gležnji za sede o osebo (med 0,1 m in 1,1 m na podom) mora biti pod 3 K, v vseh drugih primerih pa pod 4 K [13].

Preglednica 5: Pri akovan odstotek nezadovoljnih v odvisnosti od vertikalnega gradienta temperature zraka [18]



V prostoru lahko pride do hladnega zraka v predelu gležnja in toplega zraka v višini glave, kar vodi v lokalno neudobje. V preglednici je prikazana korelacija za naraš ajo o temperaturo od tal. V obratni smeri je vpliv na udobje manjši.

**Hitrost zraka**  $v_a$  [m/s] v prostoru lahko vpliva na stopnjo udobja. Prepih ali drugo strujanje zraka lahko povzro i neželjeno lokalno ohlajanje loveka in je eden izmed najpogostejših vzrokov za nezadovoljstvo. V primerih visokih temperatur pa se lahko prepih oziroma višje hitrosti zraka uporabljajo tudi za doseganje udobja. [16]



Preglednica 6: Prikaz udobja v odvisnosti od temperature zraka in hitrosti gibanja zraka [14]

Dopustna **relativna vlažnost**  $RH$  zraka v prostoru pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je med 30 % in 70 % [13]. V prostorih moramo zagotoviti takšno vlažnost, da s svojim neposrednim ali posrednim učinkom ne vpliva na udobje in zdravje. Pri klimatizaciji prostora mora biti zagotovljena relativna vlažnost zraka pod 60 % in ta meja je priporočljiva tudi za neklimatizirane prostore, ker zmanjšuje možnost rasti alergenih in patogenih organizmov. [13]

Preglednica 7: Prikaz udobja v odvisnosti med relativno vlažnostjo in temperaturo notranjega zraka [14]

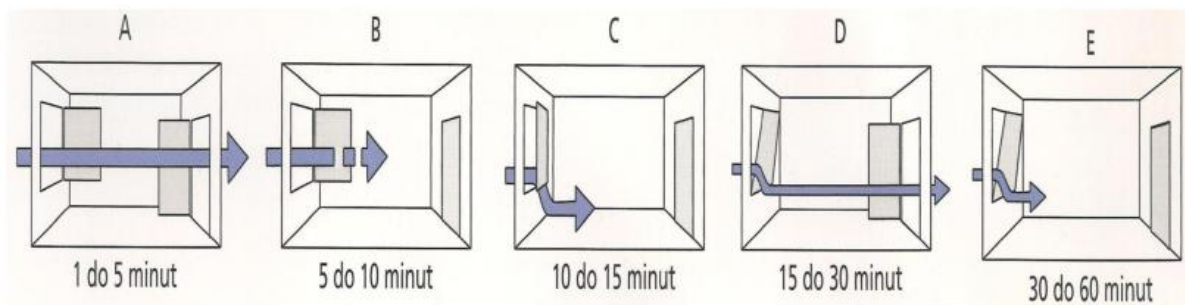


## 5.2 Kakovost zraka

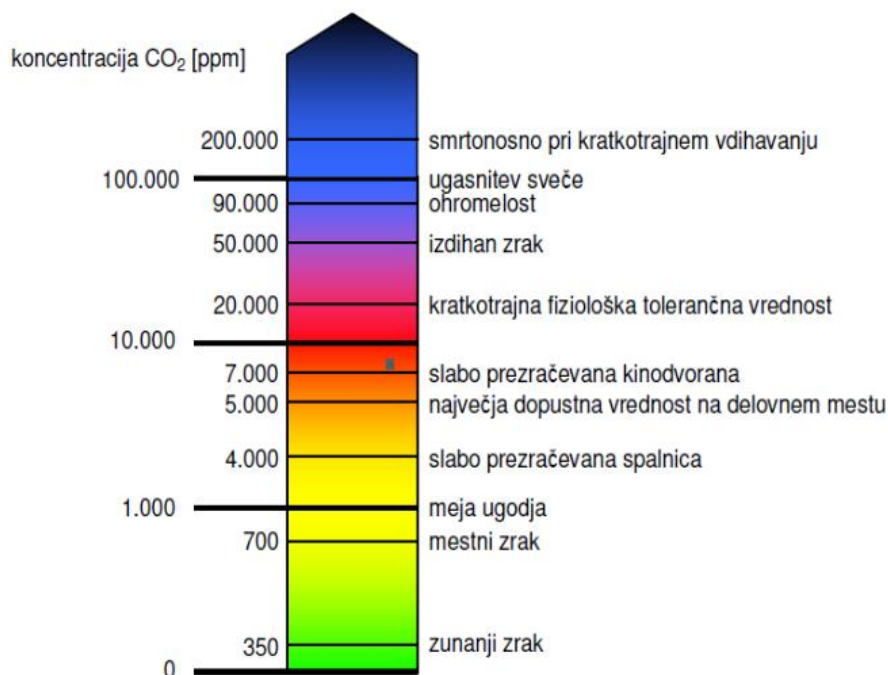
Zrak v prostoru mora biti svež in prijeten, brez vonjav in ne sme ogroziti zdravja ljudi. Najmanjši potrebni vtok zunanjega zraka je  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  na osebo v prostorih, kjer se ne kadi. V prostorih, kjer je dovoljeno kajenje, mora najmanjša dodatna količina vtoka zunanjega zraka znašati  $45 \text{ m}^3/\text{h}$  na osebo. V času prisotnosti ljudi v prostorih stavbe, ki so namenjeni za delo ali bivanje, je potrebno dosegati volumensko izmenjavo zraka vsaj  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . V času odsotnosti ljudi v prostorih stavbe, ki so namenjeni za delo ali bivanje, je potrebno dosegati volumensko izmenjavo zraka vsaj  $0,2 \text{ h}^{-1}$ . Količina potrebnega svežega zraka lahko določimo tudi glede na talno površino in mora znašati najmanj  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$  na kvadratni meter brez upoštevanja drugih virov onesnaževanja [13].

Za kvaliteten zrak v stanovanjih lahko poskrbimo z učinkovitim prezraevanjem ali pa z različnimi sistemi prezraevanja, ki delujejo na princip, da toplejši zrak izmenjujejo z hladnejšim in obratno, kar zmanjšuje toplotne izgube zaradi prezraevanja. Pomembno pa je tudi, da vgrajujemo gradbene materiale, ki z vidika kakovosti zraka ne povzročajo škodljivih emisij.

Slika 16: Prikaz učinkovitosti različnih tipov naravnega prezraevanja [14]



V primeru, da v bivalne prostore ne vnašamo dovolj svežega zraka ali celo ne zračimo prostorov, se moramo zavedati nevarnosti različnih notranjih onesnaževalcev zraka, ki lahko presežejo dovoljene koncentracije. Tipičen primer je ogljikov dioksid, ki ga proizvajamo ljudje.

Slika 17: Prikaz tipičnih koncentracij CO<sub>2</sub> in njihovega vpliva na človeka [14]

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb navaja dopustne vrednosti CO<sub>2</sub> in ostalih onesnaževalcev zraka [13].

Preglednica 8: Dopustne koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka [13]

	Enota	Dopustna vrednost
Ogljikov dioksid* (CO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	3.000
Radon** (Rn)	Bq/m <sup>3</sup>	400
Amoniak in amini*** (NH <sub>3</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	50
Formaldehid*** (H <sub>2</sub> CO)	μg/m <sup>3</sup>	100
Hlapne organske snovi**** (VOC)	μg/m <sup>3</sup>	600
Ogljikov monoksid (CO)	μg/m <sup>3</sup>	10
Ozon (O <sub>3</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	100
Masna koncentracija lebdečih trdnih delcev frakcije PM <sub>10</sub> *****	μg/m <sup>3</sup>	100

\* Koncentracija vključuje CO<sub>2</sub> v zunanjem zraku (700 μg/m<sup>3</sup>) in emisijo CO<sub>2</sub> človeka.

\*\* Povprečna letna koncentracija radona v stanovanjskih objektih. Priporočilo 200 Bq/m<sup>3</sup>.

\*\*\* Nanaša se na emisijo gradbenega materiala, ne na emisijo človeka ali človekove aktivnosti.

\*\*\*\* Vsaj 70 % hlapnih organskih snovi mora biti identificiranih, njihove koncentracije ne smejo prekoračiti največjih dopustnih vrednosti (npr. karcinogenov, alergenov itn.). Nanaša se na emisijo gradbenega materiala, ne na emisijo človeka ali človekove aktivnosti.

\*\*\*\*\* Masna koncentracija prostorsko nastalih lebdečih trdnih delcev se meri skladno s SIST EN 12341 nepretrgoma 24 ur pri normalni človekovi aktivnosti v prostoru.

## **6.0 METODOLOGIJA**

### **6.1 Parametri gradbene fizike**

V diplomskem delu sem za izračun parametrov gradbene fizike uporabil program TEDI [5]. Program TEDI se uporablja za izračun in analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi veplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946 [21], SIST EN ISO 10211-1 [19] in SIST 1025:2002 [20]. V program vnašamo podatke o posameznih slojih konstrukcijskega sklopa, program pa nam izračuna toplotno prehodnost konstrukcijskega sklopa in ga sprti preverja z zakonodajnim predpisom. Program preveri tudi difuzijo vodne pare, nam poda rezultat o nastanku kondenzacije in izračuna potreben mas za izsuševanje KS. Vrednosti obeh rezultatov nam program predstavi tudi v diagramih. Program so razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente. Avtorja programa sta prof. dr. Aleš Krainer in Rudi Perdan.

### **6.2 Parametri rabe energije**

Za izračun parametrov rabe energije sem uporabil program TOST [6]. Program TOST se uporablja za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah [24], upoštevajo SIST EN ISO 13790 [22] in TSG-1-004:2010 [23]. Program izračuna podatke, potrebne za končno poročilo (v skladu s SIST EN ISO 13790) oziroma dokaz ustreznosti o toplotni zaščiti stavbe (v skladu s PURES [24]). Moj namen je, da z njim preverim specifične transmisijske toplotne izgube obstoječih in obnovljenih KS, da zagotovim omejitve določene v 7. lenu PURES [24]. Program so razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente. Avtorja programa sta prof. dr. Aleš Krainer in Rudi Perdan.

### **6.3 Meritve izbranih parametrov notranje klime**

V obravnavanem objektu sem izvajal meritve temperature in vlažnosti zraka v notranjih prostorih in površinsko temperaturo na notranji strani zunanjih sten, tal na terenu in stropov proti podstrešju. Meritve sem izvajal v zimskem času od 23. 2. 2015 do 19. 3. 2015. Meritve sem izvajal vedno v istih prostorih in meril vedno ista mesta KS. Podatke o zunanji temperaturi in vlažnosti zunanjega zraka sem pridobil pri Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO). Podatki za obravnavano lokacijo so meritve klimatološke postaje Celje. Podatke sem tudi izmeril z instrumentom in tako preveril ujemanje podatkov. Pri izvajanju meritev sem bil pozoren na iskanje kritičnih predelov, kjer je bila površinska temperatura še nižja od povprečja in tako še povečana možnost kondenziranja vlage in nastanek plesni.

V preglednici 9 je prikazana podloga za en prostor v pritli ju, na kateri sem z rde imi kvadratki ozna il mesta, kjer sem izvajal meritve površinske temperature. Meritve pritli ja sem izvajal v štirih prostorih, in sicer v spalnici, kabinetu, dnevni sobi in kuhinji.

Preglednica 9: Primer delovnega lista za pritli je (prikazan en prostor)

DATUM \_\_\_\_\_

TEM. ZUNAJ \_\_\_\_\_ VLAGA \_\_\_\_\_

OBJEKT BREDA PRITLIČJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA	KABINET
TEMP.				
VLAGA				

V preglednici 10 je prikazana podloga za en prostor v nadstropju, na kateri sem z rde imi kvadratki ozna il mesta, kjer sem izvajal meritve površinske temperature. Meritve nadstropja sem izvajal v treh prostorih, in sicer v kuhinji, dnevni sobi in spalnici.

Preglednica 10: Primer delovnega lista za meritve v nadstropju (prikazan en prostor)

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA	
TEMP.				
VLAGA				

S terenskimi meritvami sem pridobil podatke o izbranih parametrih notranje klime obstoje ega energijsko potratnega objekta. Z meritvami sem pridobil realne iskane vrednosti koli in, ki sem jih kasneje v raziskavi izra unal s programom TEDI [5]. Izra unane vrednosti sem tako lahko preveril z dejanskimi izmerjenimi.



### 6.3.1 Opis in uporaba merilnih inštrumentov

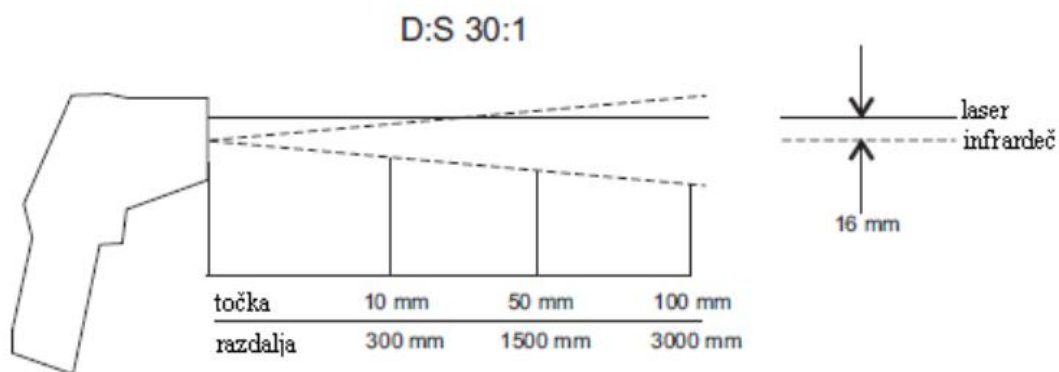
#### 6.3.1.1 VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S

VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S je inštrument, ki na podlagi laserske tehnologije dolo i temperaturo površine materiala brez dotika. Površinsko temperaturo dolo a na podlagi infrarde e energije, ki bo odbita od objekta na podlagi njene oddaljenosti. Ugotovljena temperatura je povpre na temperatura merilne površine. Manjši kot je ciljni objekt, manjša mora biti razdalja med termometrom in ciljnim objektom. Natan na velikost merilne površine je prikazana na sliki 19. Pri mojih meritvah sem uporabljal meritveno razdaljo 300 mm. Merilno obmo je temperature termometra sega od  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [26]

Slika 19: Merilni inštrument VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S [25]



Slika 18: Razmerje oddaljenost merjenja merilna površina (D/S) [26]



Za natan nost meritev površinske temperature je pomembno, da se na inštrumentu izbere ustrezen material s pripadajo o emisivnostjo ( $\epsilon$ ) [26].

Preglednica 11: Emisivnost materialov v merilniku VOLTcraft Infrarot-Thermometer IR 900-30S [26]

Material	Emisivnost ( $\epsilon$ )
Opeka	0,90
Beton, keramika	0,95
Les	0,94
Steklo	0,85

### 6.3.1.2 VOLTcraft DT 8820

VOLTcraft DT 8820 je vsestranski merilni inštrument, s katerim lahko izmerimo relativno vlažnost zraka, osvetljenost, temperaturo zraka in raven hrupa. S to napravo imamo možnost meritev več parametrov bivalnega okolja z eno napravo, ki je po velikosti tako priročno, da se lahko meritve izvajajo tudi na težje dostopnih mestih [28].



Slika 20: Merilni inštrument VOLTcraft DT 8820 [27]

Preglednica 12: Tehni ni podatki in merilne tolerance VOLTCRATF DT 8820 [28]

Funkcije		Merilne vrednosti
<b>dB (zvok)</b>	Merilno obmo je	35 do 130 dB
	Lo lživost	0,1 dB
	Natan nost	± 3,5 dB pri 94 dB, 1 kHz
<b>% RH (relativna vlažnost)</b>	Merilno obmo je	25 % do 95 %
	Lo lživost	0,1 %
	Natan nost	± 5 % (25 °C, 35 %-95 %)
	Merilni as	cca. 6 minut
<b>°C (temperatura zraka)</b>	Merilno obmo je	Od -20 °C do 750 °C
	Natan nost	± (3 % digit +2 °C) pri 0,1 °C ± (3,5 % digit +2 °C) pri 1 °C
<b>Lux (osvetljenost)</b>	Merilno obmo je	20,200,2000 Lux 20000 Lux
	Lo lživost	1 Lux / 10 Lux
	Natan nost	± 5 % rdg + 10 dtg

Z omenjenim inštrumentom sem za potrebe mojih meritev uporabil dve funkciji, in sicer funkcijo za merjenje temperature zraka in funkcijo za merjenje relativne vlažnosti zraka.

**MERJENJE TEMPERATURE ZRAKA** preko tipala poteka na naslednji na in; v inštrument vklju imo temperaturno tipalo in postavimo gumb v pozicijo za merjenje temperature. Nastavimo na želeno enoto, v našem primeru na °C, in izmerimo temperaturo zraka. Pri meritvah sem opazil, da je potrebno približno 10 minut, da se temperatura ustali, in tako dobimo natan no meritev.

**MERJENJE RELATIVNE VLAŽNOSTI** preko senzorja za vlago poteka na naslednji na in; na inštrumentu prestavimo gumb v pozicijo za merjenje vlage in držimo senzor v delu, kjer želimo od itati relativno vlažnost. Tudi pri tej meritvi sem opazil, da je kljub navodilom za natan nost meritev merilni as 6 minut bolje nekoliko podaljšati, da se nihanje umiri, in tako dobimo natan no meritev [28].

## 6.4 Zakonske zahteve

Za namen diplomske naloge sem uporabil naslednje zakonske zahteve:

- PURES; Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010 [24],
- Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor [23],
- Pravilnik o preprečevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002, Stran 4139 [13].

### 6.4.1 Uporabljene ključne zahteve za primerjavo obstoječega stanja z prenovo

- Toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe določeno v Tehnični smernici za graditev TSG-1-004:2010 [23].

Preglednica 13: Tabela toplotne prehodnosti [23]

	Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{max}[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
2	Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
3	Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
4	Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
5	Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
6	Strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,2

- Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub je določen v 7. členu Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah [24].

$$H_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4} \quad [24]$$

- Površinska temperatura  $T_s$  [°C] je okoljski parameter, ki ima vpliv na parametre toplotnega udobja, ki so določeni v Pravilniku o preprečevanju in klimatizaciji stavb [13].

- Površinska temperatura poda med 17 °C in 26 °C pri sistemu talnega ogrevanja do 29 °C. Praviloma velja tudi, da je maksimalna razlika med  $T$  zraka in  $T$  površin 2 K za doseg udobja.
- Površinska temperatura notranjega sloja zunanjega konstrukcijskega sistema mora biti dovolj visoka, da preprečimo nastanek in razvoj plesni.
- Vse gradbene konstrukcije stavb morajo biti projektirane in izvedene tako, da vodna para pri projektnih pogojih na njihovih površinah ne kondenzira [23].

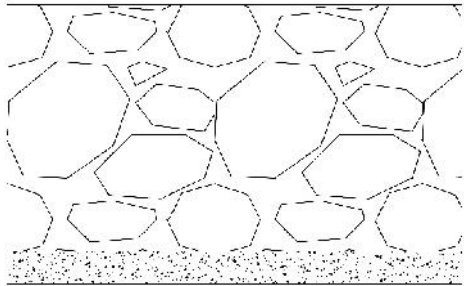
## 7.0 SESTAVA, TOPLOTNA PREHODNOST IN DIFUZIJA VODNE PARE OBSTOJE IH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV (TEDI)

Podatke o sestavi konstrukcijskih sklopov sem vnesel v program TEDI [5] in s pomočjo navodil za uporabo programa [35] določil toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare.

### 7.1 Zunanja stena v pritličju do kote +0.75 m

Zunanja stena našega objekta je sestavljena iz različnih plasti. V pritličju imamo do višine 75 cm od tal KS sestavljen iz naravnega kamna, ki je na zunanji strani lepo obklesan, na notranji strani pa je izravnán z ometom iz apnene malte. Debelina in sestava konstrukcijskega sklopa sta prikazani v preglednici 14.

Preglednica 14: Zunanji zid v pritličju do višinske kote +0,75 m

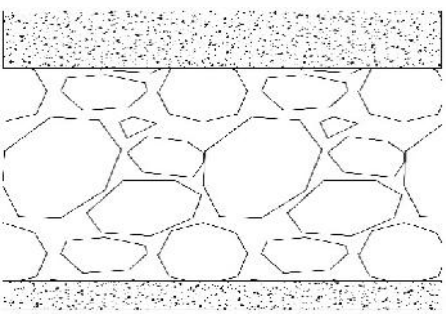
SHEMA KS	SESTAVA KS		
ZUNAJ  ZNOTRAJ	št. plasti	material plasti	d (cm)
	1	naravni kamen	30
	2	apnena malta	4
TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m <sup>2</sup> K) <b>U<sub>izr</sub> = 2,092      U<sub>max</sub> = 0,280; NE USTREZA</b>			

V tem KS ne pride do nastanka kondenza, zato račun izsuševanja vodne pare ni potreben.

### 7.2 Zunanja stena v pritli ju nad koto +0.75 m

V pritli ju imamo nad višino 75 cm od tal KS sestavljen iz naravnega kamna, ki je na zunanji strani ometan s fasadnim ometom, na notranji strani pa je izravnán z ometom iz apnene malte. Debelina in sestava konstrukcijskega sklopa sta prikazani v preglednici 15.

Preglednica 15: Zunanji zid v pritli ju od višinske kote +0,75 m

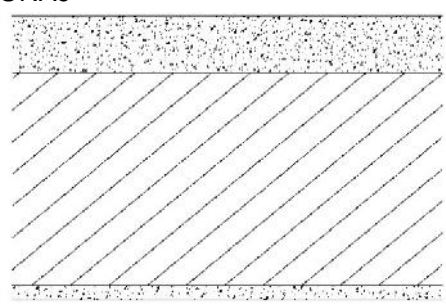
SLIKA KS	SESTAVA KS		
ZUNAJ  ZNOTRAJ	št. plasti	material plasti	d (cm)
	1	fasadni omet	6
	2	naravni kamen	30
	3	apnena malta	4
TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m2K) <b>U<sub>izr</sub> = 1,744      U<sub>max</sub> = 0,280; NE USTREZA</b>			

V tem KS ne pride do nastanka kondenza, zato ra un izsuševanja vodne pare ni potreben.

### 7.3 Zunanja stena v nadstropju

V nadstropju je zunanji zid pozidan iz opeke z votlinami, na zunanji strani je ometan s fasadnim ometom, na notranji strani pa je izravnán z ometom iz apnene malte. Debelina in sestava konstrukcijskega sklopa sta prikazani v preglednici 16.

Preglednica 16: Zunanji zid v nadstropju

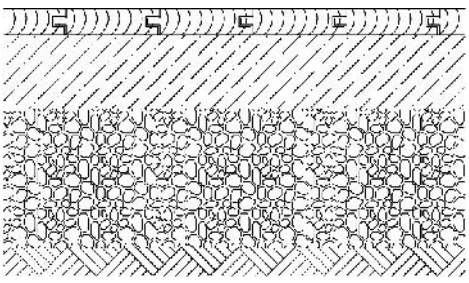
SLIKA KS	SESTAVA KS		
ZUNAJ  ZNOTRAJ	št. plasti	material plasti	d (cm)
	1	fasadni omet	6
	1	polna opeka	25
	3	apnena malta	2,5
TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m2K) <b>U<sub>izr</sub> = 1,625      U<sub>max</sub> = 0,280; NE USTREZA</b>			

V tem KS ne pride do nastanka kondenza, zato ra un difuzije vodne pare ni potreben.

## 7.4 Tla v pritli ju

V asu gradnje tega objekta je bila na rtovano, da v pritli ju ne bo bivalnih prostorov. Temu primerno so tla ostala v zemljini. Kasneje je bilo renovirano tudi pritli je in urejeni bivalni prostori. Iz tal je bila delno odstranjena zemljina in na tla nasut drenažni pesek, na katerega sta bila narejena betonski estrih in finalni tlak. Debelina in sestava KS sta prikazani v preglednici 17.

Preglednica 17: Tla v pritli ju

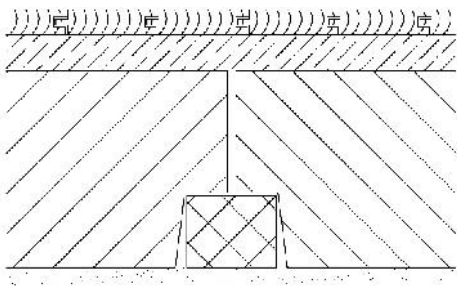
SLIKA KS	SESTAVA KS		
	št.plasti	material plasti	d (cm)
NOTER 	1	hrastov parket	2
	2	betonski estrih	8
	3	drenažno nasutje	15
	4	zemljina	
ZNOTRAJ TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m2K) <b>Uizr = 2,727      Umax = 0,350; NE USTREZA</b>			

Ra un difuzije vodne pare ni potreben, 21. len pravilnika.

## 7.5 Ploš a med pritli jem in nadstropjem

V gradnji je bila za ploš e prvega in drugega nadstropja uporabljen t.i. sistem »monta ploš e«, ki je nosilen v eni smeri. Izveden je pol montažno, kar pomeni, da so med armirano betonskimi nosilci vgrajena ope na polnila. Prostor med polnili je zapolnjen z betonom, na celotni ploš i pa sta izdelana še betonski estrih in finalni tlak. Spodaj so nosilci in ope na polnila, ometana z ometom iz apnene malte. Debelina in sestava konstrukcijskega sklopa sta prikazani v preglednici 18.

Preglednica 18: Ploš a med pritljem in nadstropjem

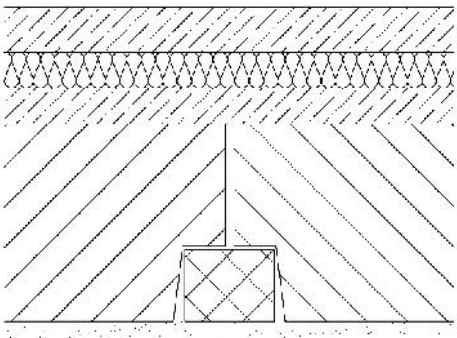
SLIKA KS	SESTAVA KS		
NADSTROPJE 	št.plasti	material plasti	d (cm)
	1	hrastov parket	2
	2	betonski estrih	6,5
	3	monta ploš a ope ni votlak	22
	4	apnena malta	2
PRITLJE	TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m2K) <b>U<sub>izr</sub> = 1,301    U<sub>max</sub> = 1,350; USTREZA</b>		

Ra un difuzije vodne pare ni potreben, 21. len pravilnika.

### 7.6 Ploš a med nadstropjem in podstrešjem

Tudi ta ploš a je zgrajena po sistemu »monta ploš e«. Kasneje so nad betonskim estrihom vgradili sloj toplotne izolacije iz ekspandiranega polistirena (STIROPOR), nad ta sloj pa so vgradili še en betonski estrih za zaš ito in za lažjo hojo po podstrešju. Debelina in sestava konstrukcijskega sklopa sta prikazani v preglednici 19.

Preglednica 19: Ploš a med nadstropjem in podstrešjem

SLIKA KS	SESTAVA KS		
NEOGREVANO PODSTREŠJE 	št.plasti	material plasti	d (cm)
	1	betonski estrih	5
	2	PVC folija, mehka	0,1
	3	FRAGMAT EPS 50	5
	4	betonski estrih	4
	5	monta ploš a ope ni votlak	22
NADSTROPJE	6	apnena malta	2
TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m2K) <b>U<sub>izr</sub> = 0,568    U<sub>max</sub> = 0,200; NE USTREZA</b>			



V tem konstrukcijskem sistemu pride do difuzije vodne pare. Kondenz, ki nastane, se nabira v sloju toplotne izolacije FRAGMAT EPS 50. as, ki je potreben za izsušitev konstrukcijskega sklopa, je 56 dni in je manjši od dovoljenega, ki znaša 60 dni.

### 7.7 Specifi ne transmisijske izgube $H_T$

Pri preverjanju toplotne bilance objekta upoštevamo mejne vrednosti iz pravilnika o u inkoviti rabi energije v stavbah, ki se nanašajo na obdobje po 1. 1. 2015. Energijska u inkovitost stavbe je dosežena, e so izpolnjeni vsi pogoji 7. lena Pravilnika o u inkoviti rabi energije v stavbah [24]. Cilj diplomske naloge je bil zadovoljiti drugemu pogoju, ki dolo a maksimalni koeficient specifi nih transmisijskih toplotnih izgub stavbe, in tega bom preveril za obstoje objekt.

Transmisijske toplotne izgube  $Q(T)$  [kWh] so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe. Izra un sem naredili s programom TOST [6].

$$H_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4} \quad [2]$$

$z$  ... brezdimenzijsko razmerje med površino oken in površino toplotnega ovoja stavbe

$f_0$  ... oblikovni faktor, ki izraža razmerje med površino celotnega zunanlega ovoja in kondicionirano prostornino stavbe

$T_L$  ... povpre na letna zunanja temperatura

V izra unih upoštevam, da izdelujem dokumentacijo za projekt izvedenih del in ne upoštevam toplotnih mostov, ker obstoje a stavba ni toplotno izolirana. Za ogrevanje objekta se uporablja pe na kurilno olje, za katero ni to nih podatkov za generacijo, distribucijo in emisije, zato sem omenjene vrednosti povzel iz priporo enih vrednosti, ki so podane v uporabniškem priro niku progama TOST [36]. V objektu ni naprav za hlajenje, ogrevanje sanitarne vode pa zagotavljajo son ni kolektorji.

Obra vnanan objekt stoji v Rimskih Toplicah (koordinate: X=109064, Y=515077, katere program TOST uporabi za dolo itev osnovnih klimatskih podatkov). V izra unu nisem upošteval sen enja.

Preglednica 20: Klimatski podatki iz programa TOST [6]

<b>TEMPERATURNI PRIMANJKLJAJ DD [dan K]</b>	<b>3300</b>
<b>PROJEKTNA TEMPERATURA [°C]</b>	<b>-10</b>
<b>POVPRE NA LETNA TEMPERATURA [°C]</b>	<b>10,1</b>
<b>LETNA SON NA ENERGIJA [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>1139</b>
<b>TRAJANJE OGREVALNE SEZONE [dan]</b>	<b>235</b>
<b>ZA ETEK OGREVALNE SEZONE [dan]</b>	<b>265</b>
<b>KONEC OGREVANE SEZONE [dan]</b>	<b>135</b>

Objekt sem razdelil v dve coni. Za prvo cono sem določil pritli, ki ima tla na terenu po celotni coni in zidove iz naravnega kamna od višine 0,75 m, ometane s fasadnim ometom. Uporabna površina pritli je 88 m<sup>2</sup>. Druga cona je nadstropje, ki ima strop proti neogrevanemu podstrešju po celotni coni in zidove iz polne opeke ometane s fasadnim ometom. Uporabna površina nadstropja je 92,19 m<sup>2</sup>.

Preglednica 21: Podatki o mejah obeh con iz programa TOST [6]

<b>NEPROZORNI ELEMENTI</b>				
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m <sup>2</sup> )	$U_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1.OC	Vert	86,66	1,858	0,280
6. Tla na terenu, 1.OC	Horiz	114,44	2,732	0,350
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 2.OC	Vert	121,75	1,641	0,280
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne streha, 2.OC	Horiz	118,13	0,570	0,200

V objektu so vgrajena stara lesena okna z enojno zasteklitvijo. Okna so v slabem stanju glede tesnjenja; med okvirjem okna in krilom ni tesnila. Okna imajo dvoje kril; krilo na zunanji strani, vmesni prostor in krilo na notranji strani. Glede na stanje oken sem izbral faktor toplotne prehodnosti oken  $U_w$  2,9 W/m<sup>2</sup>K in koeficient skupnega prehoda sonne energije skozi zastekljeno steklo  $g$  0,85.

Preglednica 22: Seznam odprtih po posameznih conah iz programa TOST [6]

<b>PROZORNI ELEMENTI</b>				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m <sup>2</sup> )	U <sub>elementa</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja; g
Zunanje okno 1.OC	Jug	9,13	2,900	0,85
Zunanje okno 1.OC	Vzhod	8,58	2,900	0,85
Zunanje okno 1.OC	Zahod	1,06	2,900	0,85
Zunanje okno 2.OC	Jug	3,30	2,900	0,85
Zunanje okno 2.OC	Sever	3,30	2,900	0,85
Zunanje okno 2.OC	Vzhod	13,11	2,900	0,85
Zunanje okno 2.OC	Zahod	5,37	2,900	0,85

Za obe coni sem upošteval zahtevo 14. Irena Pravilnika o prezraevanju in klimatizaciji stavb po zagotavljanju priporočljive temperature v času ogrevanja 20 °C in v času brez ogrevanja maksimalno 26 °C. Prezraevanje je v celotnem objektu naravno, zato sem upošteval minimalno urno izmenjavo zraka 0,5 h<sup>-1</sup>, ki jo določa 8. Irena Pravilnika o prezraevanju in klimatizaciji stavb [13].

Preglednica 23: Rezultat iz programa TOST [6], koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe

	Izračunan	Največji dovoljen
<b>Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe</b>	H <sub>T</sub> = <b>1,38</b> W/m <sup>2</sup> K	H <sub>Tmax</sub> = <b>0,38</b> W/m <sup>2</sup> K

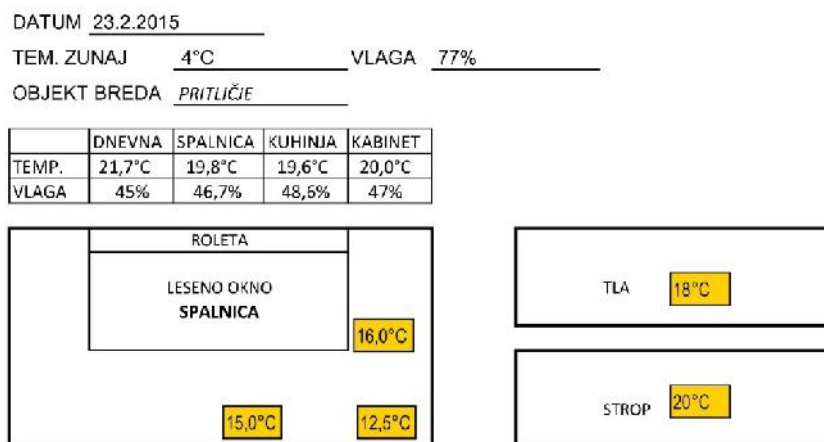
Iz rezultata vidimo, da je izračunan koeficient bistveno večji od dovoljenega. Ta rezultat nam pove, da je potrebno sanirati celotni toplotni ovoj, da dobimo transmisijske toplotne izgube v dovoljen okvir.

## 8.0 PRIMERJAVA MERITEV IN REZULTATI IZ PROGRAMA TEDI

### 8.1 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 23. 2. 2015

Dne 23. 2. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 4 °C in relativna vlažnost 77 %.

Slika 21: Prikaz izmerjenih meritev 23. 2. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 24: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 23. 2. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	15,8	14,2
<b>2. naravni kamen</b>	14,2	6,2

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 3,3 °C od izmerjene.

Preglednica 25: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 23. 2. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	16,4	15,1
<b>2. naravni kamen</b>	15,1	8,3
<b>3. fasadni omet</b>	8,3	6,1

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.

Preglednica 26: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu) 23. 2. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	16,8	14,6
2. betonski estrih	14,6	13,3
3. drenažno nasutje	13,3	10,0

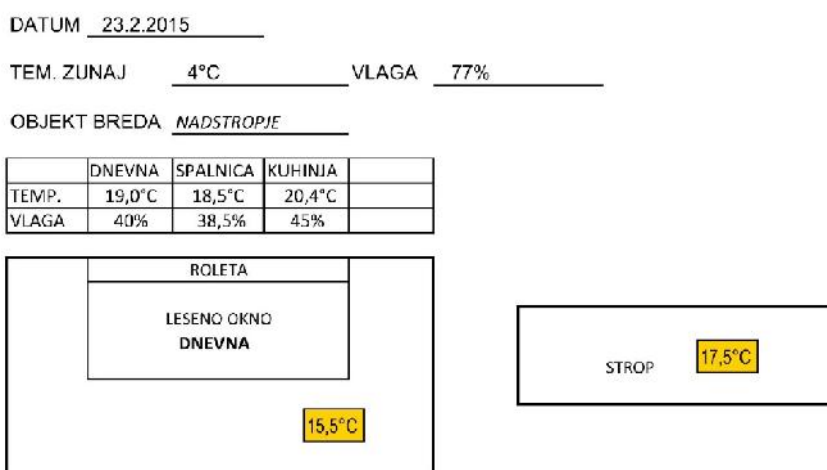
Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 1,2 °C od izmerjene.

Preglednica 27: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 23. 2. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	19,2	19,1
2. »monta ploš a«	19,1	17,6
3. betonski estrih	17,6	17,5
4. hrastov parket	17,5	17,1

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,8 °C od izmerjene.

Slika 22: Prikaz izmerjenih meritev 23. 2. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirkih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 28: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 23. 2. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. apnena malta</b>	16,0	15,4
<b>2. polna opeka</b>	15,4	7,9
<b>3. fasadni omet</b>	7,9	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

Preglednica 29: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 23. 3. 2015

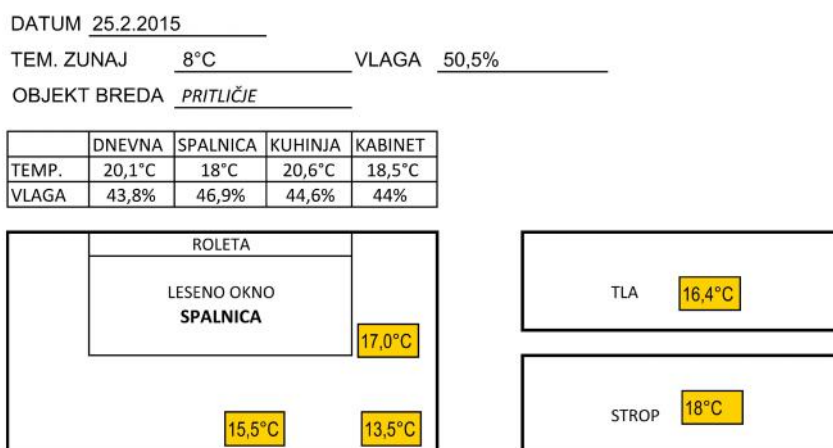
Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. stropni omet</b>	18,0	17,8
<b>2. »monta ploš a«</b>	17,8	14,9
<b>3. betonski estrih</b>	14,9	14,8
<b>4. izolacija EPS 50</b>	14,8	5,5
<b>6. PVC FOLIJA, MEHKA</b>	5,5	5,5
<b>6. betonski estrih</b>	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

## 8.2 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 25. 2. 2015

Dne 25. 2. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 8 °C in relativna vlažnost 50,5 %.

Slika 23: Prikaz izmerjenih meritev 25. 2. 2015 v spalnici pritlija. V rumenih okvirjih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 30: Izračunane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 25. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	14,5	13,1
<b>2. naravni kamen</b>	13,1	6,1

Raunska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 1,0 °C od izmerjene.

Preglednica 31: Izračunane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 25. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	15,0	13,9
<b>2. naravni kamen</b>	13,9	7,9
<b>3. fasadni omet</b>	7,9	5,9

Raunska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 2,0 °C od izmerjene.

Preglednica 32: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu)  
25. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	15,6	13,8
2. betonski estrih	13,8	12,7
3. drenažno nasutje	12,7	10,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,8 °C od izmerjene.

Preglednica 33: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 25. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	17,7	17,6
2. »monta ploš a«	17,6	16,8
3. betonski estrih	16,8	16,7
4. hrastov parket	16,7	16,5

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,3 °C od izmerjene.

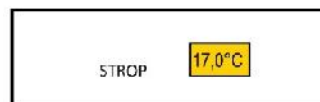
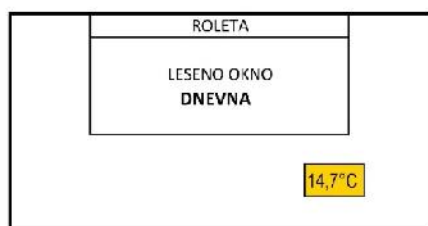
Slika 24: Prikaz izmerjenih meritev 25. 2. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirkih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS

DATUM 25.2.2015

TEM. ZUNAJ 8°C VLAGA 50,5%

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA	
TEMP.	18,4°C	16,2°C	20,4°C	
VLAGA	39,2%	48,4%	45,8%	





Preglednica 34: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 25. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr T [°C]
<b>1. apnena malta</b>	15,5	15,0
<b>2. polna opeka</b>	15,0	7,8
<b>3. fasadni omet</b>	7,8	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,8 °C od izmerjene.

Preglednica 35: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 25. 3. 2015

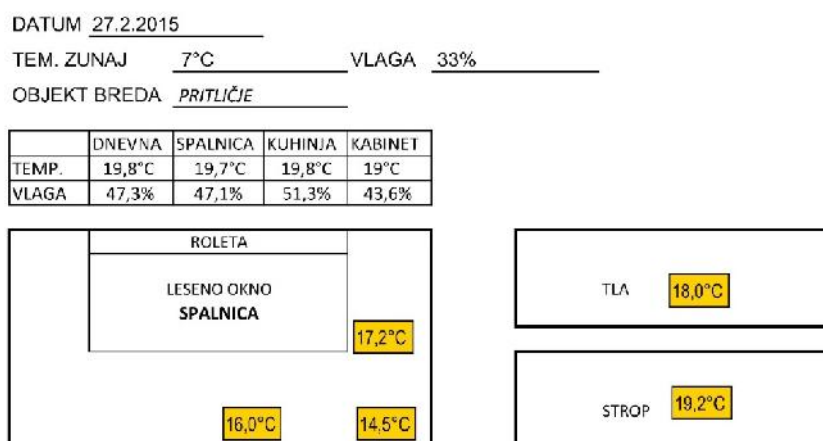
Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. stropni omet</b>	17,4	17,3
<b>2. »monta ploš a«</b>	17,3	14,5
<b>3. betonski estrih</b>	14,5	14,4
<b>4. izolacija EPS 50</b>	14,4	5,5
<b>5. PVC FOLIJA, MEHKA</b>	5,5	5,5
<b>6. betonski estrih</b>	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.

### 8.3 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 27. 2. 2015

Dne 27. 2. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 7 °C in relativna vlažnost 33 %.

Slika 25: Prikaz izmerjenih meritev 27. 2. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 36: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 27. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	15,7	14,2
<b>2. naravni kamen</b>	14,2	6,2

Ra unaska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 1,2 °C od izmerjene.

Preglednica 37: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 27. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	16,3	15,0
<b>2. naravni kamen</b>	15,0	8,3
<b>3. fasadni omet</b>	8,3	6,0

Ra unaska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,9 °C od izmerjene.

Preglednica 38: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu)  
 27. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	16,8	14,6
2. betonski estrih	14,6	13,2
3. drenažno nasutje	13,2	10,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 1,2 °C od izmerjene.

Preglednica 39: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 27. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	19,1	19,0
2. »monta ploš a«	19,0	17,4
3. betonski estrih	17,4	17,3
4. hrastov parket	17,3	16,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,1 °C od izmerjene.

Slika 26: Prikaz izmerjenih meritev 27. 2. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirjih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS

DATUM 27.2.2015

TEM. ZUNAJ 7°C VLAGA 33%

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA	
TEMP.	19,3°C	16,3°C	20,8°C	
VLAGA	42,3%	57%	46,8%	



Preglednica 40: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 27. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. apnena malta</b>	16,2	15,7
<b>2. polna opeka</b>	15,7	8,0
<b>3. fasadni omet</b>	8,0	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,2 °C od izmerjene.

Preglednica 41: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 27. 3. 2015

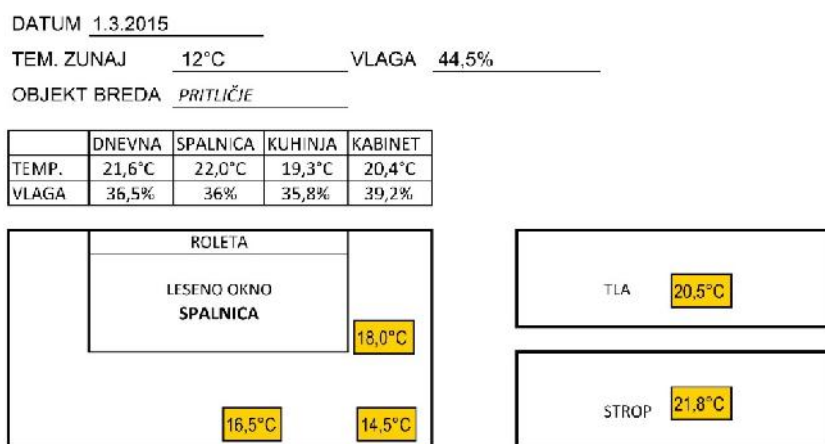
Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. [°C]
<b>1. stropni omet</b>	18,2	18,1
<b>2. »monta ploš a«</b>	18,1	15,2
<b>3. betonski estrih</b>	15,2	15,0
<b>4. izolacija EPS 50</b>	15,0	5,5
<b>6. PVC FOLIJA, MEHKA</b>	5,5	5,5
<b>6. betonski estrih</b>	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,7 °C od izmerjene.

### 8.4 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 1. 3. 2015

Dne 1. 3. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 12 °C in relativna vlažnost 44,5 %.

Slika 27: Prikaz izmerjenih meritev 1. 3. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 42: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 1. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	17,4	15,6
<b>2. naravni kamen</b>	15,6	6,4

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 3,1 °C od izmerjene.

Preglednica 43: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 1. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	18,1	16,6
<b>2. naravni kamen</b>	16,6	8,8
<b>3. fasadni omet</b>	8,8	6,2

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,1 °C od izmerjene.

Preglednica 44: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu)

1. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	18,4	15,7
2. betonski estrih	15,7	14,0
3. drenažno nasutje	14,0	10,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 2,1 °C od izmerjene.

Preglednica 45: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 1. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	21,0	20,9
2. »monta ploš a«	20,9	18,2
3. betonski estrih	18,2	18,1
4. hrastov parket	18,1	17,4

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,8 °C od izmerjene.

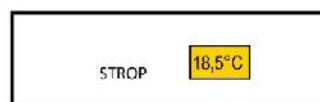
Slika 28: Prikaz izmerjenih meritev 1. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirkih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS

DATUM 1.3.2015

TEM. ZUNAJ 12°C VLAGA 44,5%

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA	
TEMP.	19,2°C	16,4°C	20,0°C	
VLAGA	53,3%	58%	54,5%	



Preglednica 46: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 1. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. apnena malta</b>	16,2	15,6
<b>2. polna opeka</b>	15,6	7,9
<b>3. fasadni omet</b>	7,9	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,3 °C od izmerjene.

Preglednica 47: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 1. 3. 2015

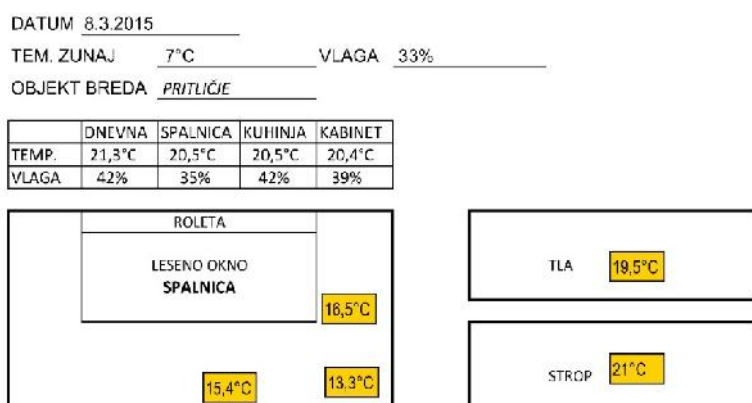
Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. stropni omet</b>	18,1	18,0
<b>2. »monta ploš a«</b>	18,0	15,1
<b>3. betonski estrih</b>	15,1	14,9
<b>4. izolacija EPS 50</b>	14,9	5,5
<b>6. PVC FOLIJA, MEHKA</b>	5,5	5,5
<b>6. betonski estrih</b>	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.

## 8.5 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 8. 3. 2015

Dne 8. 3. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 7 °C in relativna vlažnost 33%.

Slika 29: Prikaz izmerjenih meritev 8. 3. 2015 v spalnici pritlija. V rumenih okvirjih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 48: Izraunane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 8. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. notranji omet	16,3	14,7
2. naravni kamen	14,7	6,3

Raunska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 3,0 °C od izmerjene.

Preglednica 49: Izraunane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 8. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. notranji omet	16,9	15,6
2. naravni kamen	15,6	8,5
3. fasadni omet	8,5	6,1

Raunska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.



Preglednica 50: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu)

8. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	17	14,5
2. betonski estrih	14,5	12,9
3. drenažno nasutje	12,9	10

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 2,5 °C od izmerjene.

Preglednica 51: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a)

8. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	19,6	19,5
2. »monta ploš a«	19,5	17,0
3. betonski estrih	17,0	16,9
4. hrastov parket	16,9	16,2

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 1,4 °C od izmerjene.

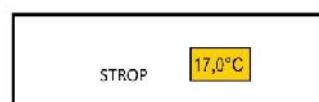
Slika 30: Prikaz izmerjenih meritev 8. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirkih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS

DATUM 8.3.2015

TEM. ZUNAJ 7°C VLAGA 33%

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA
TEMP.	18,4°C	15,3°C	19,6°C
VLAGA	39%	41,3%	38%



Preglednica 52: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 8. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. apnena malta</b>	15,5	15,0
<b>2. mrežasti ope ni votlak</b>	15,0	7,8
<b>3. fasadni omet</b>	7,8	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

Preglednica 53: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju ) 8. 3. 2015

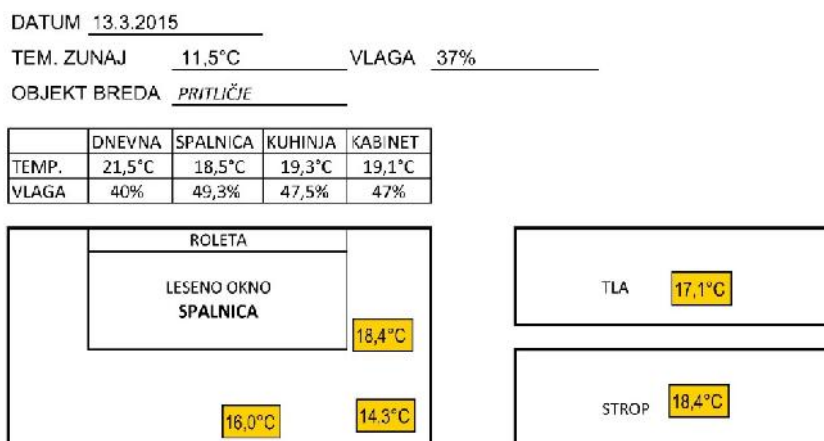
Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr T [°C]
<b>1. stropni omet</b>	17,4	17,3
<b>2. »monta ploš a«</b>	17,3	14,5
<b>3. betonski estrih</b>	14,5	14,4
<b>4. izolacija EPS 50</b>	14,4	5,5
<b>6. PVC FOLIJA, MEHKA</b>	5,5	5,5
<b>6. betonski estrih</b>	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.

## 8.6 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 13. 3. 2015

Dne 13. 3. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 11,5 °C in relativna vlažnost 37 %.

Slika 31: Prikaz izmerjenih meritev 13. 3. 2015 v spalnici pritli ja. V rumenih okvir kih je prikazana povpre na površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 54: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 13. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	14,8	13,4
<b>2. naravni kamen</b>	13,4	6,1

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

Preglednica 55: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 13. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	15,4	14,2
<b>2. naravni kamen</b>	14,2	8,0
<b>3. fasadni omet</b>	8,0	6,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 3,0 °C od izmerjene.

Preglednica 56: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu)

13. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	15,9	14,0
2. betonski estrih	14,0	12,8
3. drenažno nasutje	12,8	10,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 1,2 °C od izmerjene.

Preglednica 57: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna ploš a) 13. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	18,2	18,1
2. »monta ploš a«	18,1	17,3
3. betonski estrih	17,3	17,2
4. hrastov parket	17,2	17,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,2 °C od izmerjene.

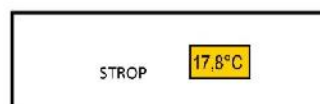
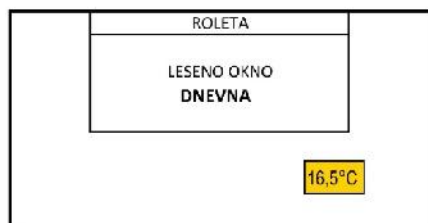
Slika 32: Prikaz izmerjenih meritev 13. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirkih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS

DATUM 13.3.2015

TEM. ZUNAJ 11,5°C VLAGA 37%

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA	
TEMP.	19,1°C	16,7°C	20,2°C	
VLAGA	40,5%	46%	45,2%	



Preglednica 58: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 13. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. apnena malta	16,1	15,5
2. polna opeka	15,5	7,9
3. fasadni omet	7,9	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.

Preglednica 59: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 13. 3. 2015

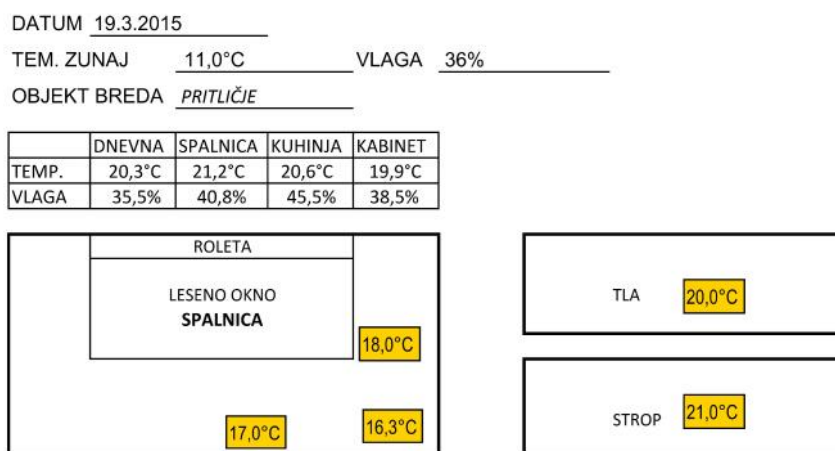
Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	18,1	17,9
2. »monta ploš a«	17,9	15,0
3. betonski estrih	15,0	14,9
4. izolacija EPS 50	14,9	5,5
6. PVC FOLIJA, MEHKA	5,5	5,5
6. betonski estrih	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,3 °C od izmerjene.

## 8.7 Rezultati terenskih meritev in primerjava rezultatov iz programa TEDI na dan 19. 3. 2015

Dne 19. 3. 2015 je bila zunanja temperatura zraka 11 °C in relativna vlažnost 36%.

Slika 33: Prikaz izmerjenih meritev 19. 3. 2015 v spalnici pritlija. V rumenih okvirjih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS



Preglednica 60: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid pod koto +0,8 m) 19. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	16,8	15,1
<b>2. naravni kamen</b>	15,1	6,4

Ra unaska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

Preglednica 61: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid nad koto +0,8 m) 19. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. notranji omet</b>	17,5	16,0
<b>2. naravni kamen</b>	16,0	8,6
<b>3. fasadni omet</b>	8,6	6,1

Ra unaska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

Preglednica 62: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS tla na terenu)

19. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. hrastov parket	17,8	15,3
2. betonski estrih	15,3	13,7
3. drenažno nasutje	13,7	10,0

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 2,2 °C od izmerjene.

Preglednica 63: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS medetažna plošč a) 19. 3. 2015

19. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
1. stropni omet	20,5	20,4
2. »monta plošč a«	20,4	18,5
3. betonski estrih	18,5	18,4
4. hrastov parket	18,4	17,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,5 °C od izmerjene.

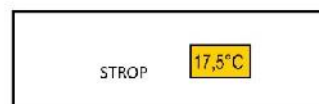
Slika 34: Prikaz izmerjenih meritev 19. 3. 2015 v dnevnem prostoru nadstropja. V rumenih okvirkih je prikazana povprečna površinska temperatura [°C] na notranji strani KS

DATUM 19.3.2015

TEM. ZUNAJ 11,0°C VLAGA 36%

OBJEKT BREDA NADSTROPJE

	DNEVNA	SPALNICA	KUHINJA
TEMP.	18,1°C	17,2°C	19,4°C
VLAGA	42,3%	44,1%	43,8%



Preglednica 64: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS zid v nadstropju) 19. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. apnena malta</b>	15,8	15,2
<b>2. polna opeka</b>	15,2	7,8
<b>3. fasadni omet</b>	7,8	5,9

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,4 °C od izmerjene.

Preglednica 65: Izra unane površinske temperature na stikih plasti v [°C] (KS ploš a proti podstrešju) 19. 3. 2015

Številka plasti	NOTRI, povr. T [°C]	ZUNAJ, povr. T [°C]
<b>1. stropni omet</b>	17,7	17,5
<b>2. »monta ploš a«</b>	17,5	14,7
<b>3. betonski estrih</b>	14,7	14,6
<b>4. izolacija EPS 50</b>	14,6	5,5
<b>6. PVC FOLIJA, MEHKA</b>	5,5	5,5
<b>6. betonski estrih</b>	5,5	5,3

Ra unska površinska temperatura v tem delu KS odstopa za 0,2 °C od izmerjene.

Nizka površinska temperatura KS lahko vodi do pojava plesni in gliv. Možen vpliv gliv na zdravje bo predstavljen v nadaljevanju.



## 9.0 GLIVE IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE LJUDI V NJIHOVEM BIVALNEM OKOLJU

Glive so v naravi prisotne tako v notranjem kot zunanjem okolju in se lahko pojavijo kot paraziti, ki povzročajo bolezni pri loveku, živalih in rastlinah. Glive delimo na plesni, kvasovke in gobe. Pajek je v znanstvenem članku [29] s pomočjo številnih študij preučil možne vzroke za pojav plesni v notranjem okolju, posledice njihovega vpliva na ljudi in definiral pogoje za njihov nastanek. V članku navaja, da imajo glive v bivalnem okolju lahko negativen vpliv na zdravje. Poznamo tri glavne mehanizme obolenj, ki jih povzročajo, in sicer okužbe, alergije in zastrupitve, ki so odvisne od vrste gliv. Okužbe najpogosteje zajamejo kožo in pljuča, redkeje pa tudi centralni živčni sistem, kosti, sklepe in bezgavke. Najpogostejše oblike bolezni so kronična obstruktivna pljučna bolezen, astma, kašelj, težko dihanje ipd. Najbolj izpostavljeni so ljudje, ki so zaradi imunskih okvar manj odporni, kadilci in otroci [29].

Preglednica 66: Vpliv gliv (plesni) na zdravje ljudi pri različnih študijah [29]

ŠTUDIJE	VPLIV NA ZDRAVJE
[Simić, 2010], Slovenija	Povzročajo bolezni dihal: cistično fibrozo, kronično obstruktivno pljučno bolezen, druge bolezni dihal. Pojava bolezni je odvisen od zdravstvenega in imunskega stanja loveka. Pogosteje se bolezen pojavi pri kadilcih. Invazivne (bolnišnične) okužbe s plesnimi <i>Aspergillus</i> sp. najpogosteje prizadenejo loveka po presaditvi srca ali pljuč.

Se nadaljuje ...

nadaljevanje...

<b>[edd, 2002], ZDA</b>	<p>Z vdihavanjem spor povzro ajo okužbe dihal.</p> <p>Najpogostejša so alergijska obolenja, kot so: alergijski rinitis in konjunktivitis, alergijska astma in preob utljivostni pnevmonitis.</p> <p>Pri ljudeh z astmo v primeru izpostavljenosti plesnim povzro ajo oteženo dihanje.</p> <p>Okužbe se pojavijo pri ob utljivih ljudeh (imunsko oslabljeni ljudje ali z za etki plju ne bolezni), predvsem v bolnišnicah.</p> <p>Možna je povezava plesni s plju no krvavitvijo in izgubo spomina, a ni znanstveno dokazana.</p> <p>Izpostavljenost plesnim ne privede vedno do težav z zdravjem.</p>
<b>[Zock,2002], Španija in Velika Britanija</b>	<p>Lahko povzro ajo astmo in bronhialno odzivnost ter simptome, kot so težko dihanje in piskanje v plju ih.</p> <p>Simptomi so lahko alergijski ali nealergijski.</p>
<b>[Gubina, 1998], Slovenija</b>	<p>Ve ina okužb je oportunisti nih. Izpostavljena skupina so imunsko oslabljeni ljudje.</p> <p>Povrhnje okužbe prizadenejo sluznico ustne votline, požiralnika in nožnice. Globoke okužbe s kandido povzro ajo vro ino in ob asne bole ine v zgornjem delu trebuha.</p> <p>Pri imunsko oslabeledih aspergiloza najpogosteje prizadene plju a.</p>

Pomemben vzrok za nastanek in razvoj gliv v notranjem grajenem okolju je nepravilna gradnja oziroma konstrukcijske napake. Plesen nastane na delih, kjer zaradi nizke površinske temperature kondenzira vlaga iz prostora ali pa iz namo ene konstrukcije. Nizka površinska temperatura je lahko posledica slabe izoliranosti ali pa toplotnih mostov. Drugi pomemben vzrok so tudi življenjske navade uporabnikov, ki s svojimi aktivnostmi in nezadostnim prezra evanjem pove ujejo vlažnost v prostoru. V zadnjem asu se omenjeni vzroki pojavljajo še pogosteje zaradi grebenih posegov v ovoj stavbe, predvsem menjave oken, ki povzro i še ve jo zrakotesnost objekta, uporabniki pa svojih življenjskih navad ne spremenijo (režim prezra evanja).

Pravilnika o u inkoviti rabi energije v stavbah [24] in tehni na smernica TSG [23] dolo ata, da morajo biti objekti projektirani in zgrajeni tako, da se pri namenski uporabi vodna para, ki

zaradi procesa difuzije prodira v gradbeno konstrukcijo, ne kondenzira. Zagotoviti je potrebno, da celotna količina vodne pare, ki se je kondenzirala v gradbeni konstrukciji, niti na koncu razunskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja niti med njim ne more povzročiti gradbene škode. Zahteve o minimalni izmenjavi zraka za preprečitev pojave kondenzacije najdemo v Pravilniku o prezraevanju in klimatizaciji stavb [13]. Priporočena relativna vlažnost zraka v bivalnih prostorih znaša pod 60 %, kar zmanjšuje možnost kondenzacije in posledično rast alergenih in patogenih organizmov. Zagotoviti moramo takšno vlažnost zraka, da s svojim neposrednim ali posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi. Iz pravilnikov lahko ugotovimo, da je prepovedano zadrževanje oziroma vdor vode in vlage v notranje okolje, ker takšne mikroklimatske razmere zmanjšajo možnost pojave in rasti gliv.

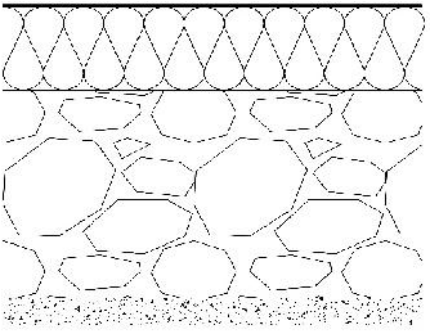
## **10.0 ZASNOVA PRENOVLJENIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV**

Pred izvedbo ukrepov je potrebno analizirati, kje je največja poraba energije. V mojem primeru ni dvoma, da je potrebno obnoviti vse konstrukcijske sklope, ki ne ustrezajo zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah [24]. Naš glavni pokazatelj je koeficient specifičnih transmisijskih izgub, ki ima vrednost krepko preko dovoljene vrednosti. Ta rezultat nam pove, da je potrebno dodati toplotno izolacijo. Glavne konstrukcijske sklope sem obnovil s toplotnoizolacijskimi materiali tako, da sem dobil toplotno prevodnost, ki ustreza zakonskih zahtevam. Podatke o sestavi konstrukcijskih sklopov sem vnesel v program TEDI [5] in s pomočjo navodil za uporabo programa [35] določil toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare.

### **10.1 Prenovljen zunanji zid v pritličju do višinske kote +0,75 m**

Zunanji zid v pritličju sem v višini, kjer je samo kamen brez fasadnega ometa, oblekel z izolacijo STIROCOKL debeline 18 cm. Podnožje fasade mora biti izvedeno iz trdih izolacijskih plošč, ki so zelo malo vodovpojne. Zaključni ometi so lahko izdelani iz več materialov. V našem primeru sem izvedel zaključni sloj iz drobljenega marmorja, ki zagotavlja maksimalno barvno obstojnost. Podnožje ali cokol lahko oblememo tudi z zaključnim slojem iz naravnega kamna ali podobno [30].

Preglednica 67: Prenovljen zunanji zid v pritli ju do višinske kote +0,75 m

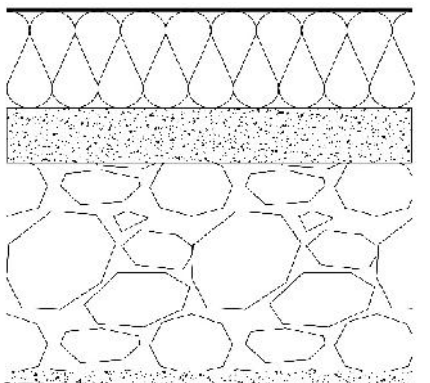
HEMA KS		SESTAVA KS		
ZUNAJ 	št. plasti	material plasti	d (cm)	
	1	zaključni sloj	0,2	
	2	toplotna izolacija (stirocokl)	18	
	3	naravni kamen	30	
	4	apnena malta	4	
ZNOTRAJ	TOPLITNA PREHODNOST U (W/m <sup>2</sup> K) <b>U<sub>izr</sub> = 0,187 &lt; U<sub>max</sub> = 0,280; USTREZA</b>			

Ra un difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza.

## 10.2 Prenovljen zunanji zid v pritli ju nad višinsko koto +0,75 m

Zunanji zid v pritli ju sem v delu, kjer že imamo obstoje fasadni omet, oblekel s toplotno izolacijo FRAGMAT EPS-F GRAPHITE debeline 15 cm. Obstoje o fasado dobro o istimo umazanije in preverimo trdoto podlage in na njo s stirolim lepilom prilepimo izolacijske ploš e, ki jih po potrebi še dodatno pritrdimo s pritrdili. Armirni sloj izdelamo tako, da za prvi sloj nanese mo malto oziroma armirano fasadno lepilo in v sveži sloj malte vtisnemo armirno mrežico od zgoraj navzdol. Armirno mrežico prekrijemo z drugim slojem malte [30].

Preglednica 68: Prenovljen zunanji zid v pritli ju nad višinsko koto +0,75 m

HEMA KS		SESTAVA KS		
ZUNAJ 	št. plasti	material plasti	d (cm)	
	1	zaključni sloj	0,2	
	2	toplotna izolacija	15	
	3	fasadni omet	6	
	4	naravni kamen	30	
	5	apnena malta	4	
ZNOTRAJ	TOPLITNA PREHODNOST U (W/m <sup>2</sup> K) <b>U<sub>izr</sub> = 0,226 &lt; U<sub>max</sub> = 0,280; USTREZA</b>			

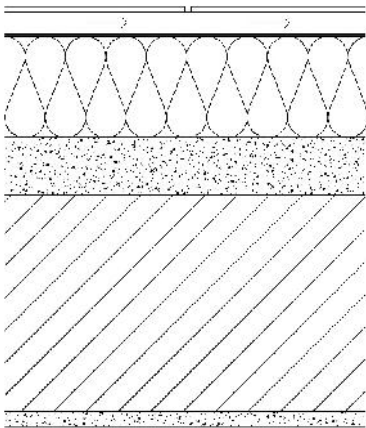
Ra un difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza.

### 10.3 Prenovljen zunanji zid v nadstropju

Zunanji zid v nadstropju sem obložili s toplotno izolacijo KANUF FPL-035. To je izolacija iz kamene volne, ki je primerna za prezraevane fasade. Plošče imajo na zunanji strani kaširan dodatni sloj steklenega voala, ki služi kot vetrna zaščita. Na obstoječo fasadni omet pritrdimo aluminijasto podkonstrukcijo za pritrjevanje finalne obloge. Fasado obložimo z izolacijskimi ploščami s pomočjo plastičnih pritrdil. Med izolacijo in finalno oblogo pustimo prezračevalni kanal širine 3 cm, po katerem se zrak izmenjuje. Zračni sloj zagotavlja toplotno stabilnost in omogoča izsuševanje vlage, ki nastane ob kondenzaciji vodne pare, ki difuzijsko prehaja skozi konstrukcijo. Vлага, ki se ne izsuši, poslabša izolativne lastnosti izolacij [31].

Zaključni sloj izvedemo iz MAX EXTERIOR plošč. To so plošče visokotlačnih laminatnih plošč (HPL), namenjene uporabi na prostem. Plošče imajo površino prevlečeno z NT (acrylpoliuretanski premaz), s katerim je še dodatno zaščitena in odporna na vremenske vplive in UV svetlobo. Izvedba fasade s to vrsto zaključnega materiala ima veliko prednosti. Najpomembnejše so zagotovljena odpornost na ekstremne vremenske vplive, optimalna obstojnost barv, odpornost na poškodbe, dolgotrajnost, enostavnost in cena ... [32].

Preglednica 69: Prenovljen zunanji zid nadstropju

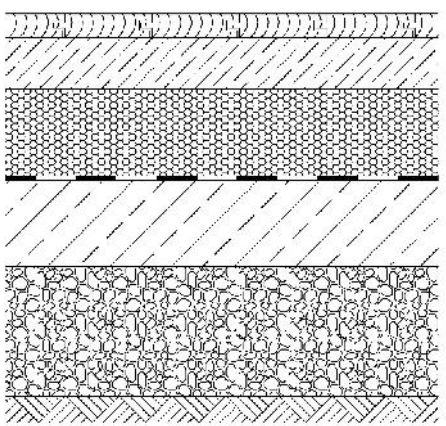
SLIKA KS		SESTAVA KS		
<p>ZUNAJ</p>  <p>ZNOTRAJ</p>	št. plasti	material plasti	d (cm)	
	1	Funder max exterior plošče	0,8	
	2	zračni sloj	3	
	3	toplotna izolacija	14	
	4	fasadni omet	6	
	5	polna opeka	25	
	6	apnena malta	2,5	
<p>TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m<sup>2</sup>K)</p> <p><b>U<sub>izr</sub> = 0,188 &lt; U<sub>max</sub> = 0,280; USTREZA</b></p>				

V tem konstrukcijskem sistemu pride do difuzije vodne pare. Kondenz, ki nastane, se nabira v sloju toplotne izolacije. Zračni sloj omogoča izsuševanje kondenza.

#### 10.4 Prenovljen tlak v pritli ju

Tla v pritli ju bi zahtevala večji poseg in daljši čas izvedbe. Obstoječe tlake bi bilo potrebno odstraniti in poglobiti izkope. Od nule tlaka bi bilo potrebno zemljino izkopati do globine 0,5 m ter nato nasuti in uvaljati gramoz, na katerega bi naredili podložni beton. Na podložni beton bi izvedli hidroizolacijo, ki bi jo zaključili po vseh zidovih tik pod višino finalne obloge. Na hidroizolacijo bi položili FRAGMAT XPS toplotno izolacijo. Plošče imajo visoko tla no trdnost (300 kPa) in so namenjene za izolacijo tlakov. Na ta sloj toplotne izolacije lahko izvedemo plavajoči estrih, nanj pa položimo zaključni sloj iz hrastovega parketa [33].

Preglednica 70: Prenovljen tlak v pritli ju

SLIKA KS	SESTAVA KS		
ZUNAJ  ZNOTRAJ	št. plasti	material plasti	d (cm)
	1	hrastov parket	2
	2	betonski estrih	6
	3	XPS izolacija	10
	4	hidroizolacija	0,5
	5	podložni beton	10
	6	drenažno nasutje	15
7	zemljina		
TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m <sup>2</sup> K) <b>U<sub>izr</sub> = 0,327 &lt; U<sub>max</sub> = 0,350; USTREZA</b>			

Ra in difuzije vodne pare ni potreben, 21. člen pravilnika.

#### 10.5 Prenovljen strop na neogrevano podstrešje

Stropno konstrukcijo proti neogrevanemu pohodnemu podstrešju bi toplotno izolirali na podstrešju. Na obstoječi estrih bi namestili lesene distančne profile višine 14 cm, med katere bi položili mehko toplotno izolacijo iz steklene volne. Ker želimo obdržati pohodno podstrešje, položimo OSB plošče. To so plošče, izdelane iz drobljenih furnirjev, ki so orientirani po plasteh znotraj plošče, kar daje plošči dobre mehanske lastnosti. Plošče so lepljene s PMDI (polimerni difenilmetandiisocianat) lepili, ki ne vsebujejo formaldehidov, zato jih odlikuje dobra obstojnost v vlagi [34].

Preglednica 71: Prenovljen strop na neogrevanem podstrešju

SLIKA KS	SESTAVA KS		
<p>NEOGREVANO PODSTREŠJE</p> <p>ZNOTRAJ</p>	št. plasti	material plasti	d (cm)
	1	OSB ploš e	2
	2	steklena volna	14
	3	betonski estrih	5
	4	PVC folija, mehka	0,1
	5	FRAGMAT EPS 50	5
	6	betonski estrih	4
	7	monta ploš a ope ni votlak	22
6	apnena malta	2	
<p>TOPLOTNA PREHODNOST U (W/m<sup>2</sup>K)</p> <p><b>U<sub>izr</sub> = 0,180 &lt; U<sub>max</sub> = 0,200; USTREZA</b></p>			

Ra un difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza.

Z rezultati toplotne prehodnosti prenovljenih konstrukcijskih sklopov sem ponovno preveril transmisijske toplotne izgube Q(T) [kWh]. Za izra un sem ponovno uporabil program TOST [6].

V izra unih upoštevam, da izdelujem dokumentacijo za pridobitev gradbenega dovoljenja in ne upoštevam toplotnih mostov, ker bi jih s temeljito obnovo obdelali. Za ogrevanje objekta nisem spreminjal sistema, uporablja se stara pe na kurilno olje, za katero ni to nih podatkov za generacijo, distribucijo in emisije, zato sem omenjene vrednosti povzel iz priporo enih vrednosti, ki so podane v uporabniškem priro niku progama TOST [6]. V objekt nisem dodajal naprav za hlajenje, ogrevanje sanitarne vode pa ostaja preko son nih kolektorjev.

V obnovi sem upošteval, da se vgradijo okna, ki imajo toplotno prevodnost (steklo in okvir) manjšo od  $U_w$  1,3 W/m<sup>2</sup>K in koeficient skupnega prehoda son ne energije skozi zastekljeno steklo g 0,58. Tako zadovoljimo kriterije [23].

Za obe coni sem upošteval zahtevo 14. lena Pravilnika o prezra evanju in klimatizaciji stavb po zagotavljanju priporo ljive temperature v asu ogrevanja 20 °C in v asu brez ogrevanja maksimalno 26 °C. Prezra evanje je v celotnem objektu naravno, zato sem upošteval minimalno urno izmenjavo zraka 0,5 h<sup>-1</sup>, ki jo dolo a 8. len Pravilnika o prezra evanju in klimatizaciji stavb [13].

Preglednica 72: Rezultat iz programa TOST, koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe s prenovljenimi konstrukcijskimi sklopi

	Izračunan	Največji dovoljen
<b>Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe</b>	$H'_{T} = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{Tmax} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Iz rezultata vidimo, da je izračunani koeficient bistveno manjši od dovoljenega. Ta rezultat nam pove, da smo ustrezno obdelali glavne konstrukcijske sklope.



## 11.0 REZULTATI

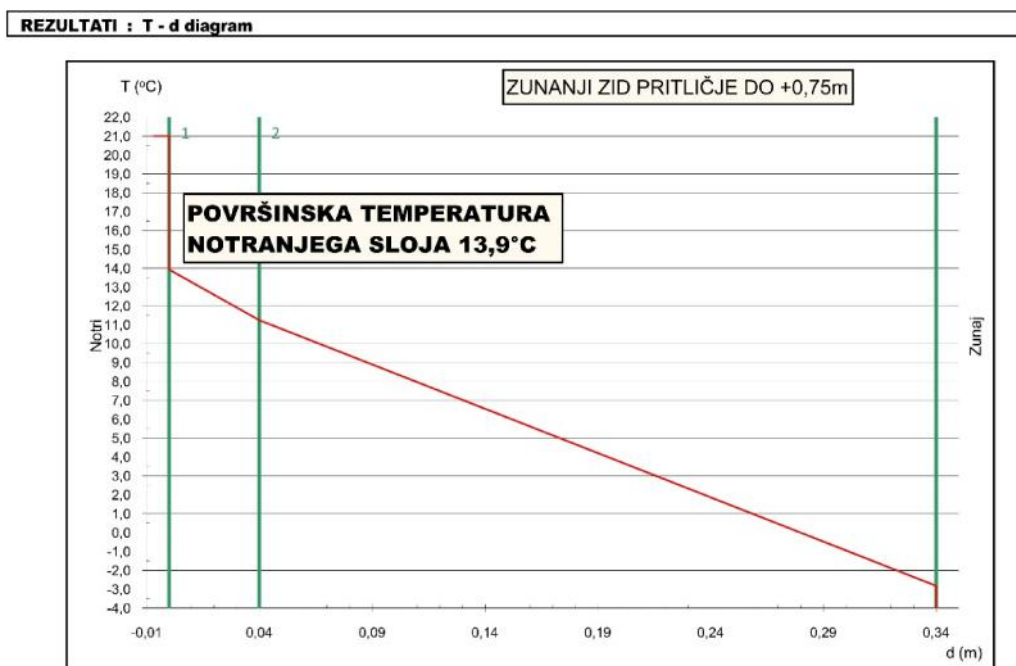
Pri meritvah pritli ja sem opazil, da površinska temperatura po steni naraš a od tal proti stropu in da je nižja v bližini oken. Na nekaterih delih sten sem praviloma izmeril vedno nižjo površinsko temperaturo kot po celotni steni. V teh delih sten se pojavljajo obmo ja plesni, ki so posledica nizke površinske temperature in difuzije vodne pare, ki sta dva od pogojev za kondenzacijo in posledično nastanek plesni. Opazil sem, da je na teh delih ve ja razlika med izmerjeno in izračunano površinsko temperaturo.

Slika 35: Slika plesni v delu zidu z nizko površinsko temperaturo (lasten vir, 2015)

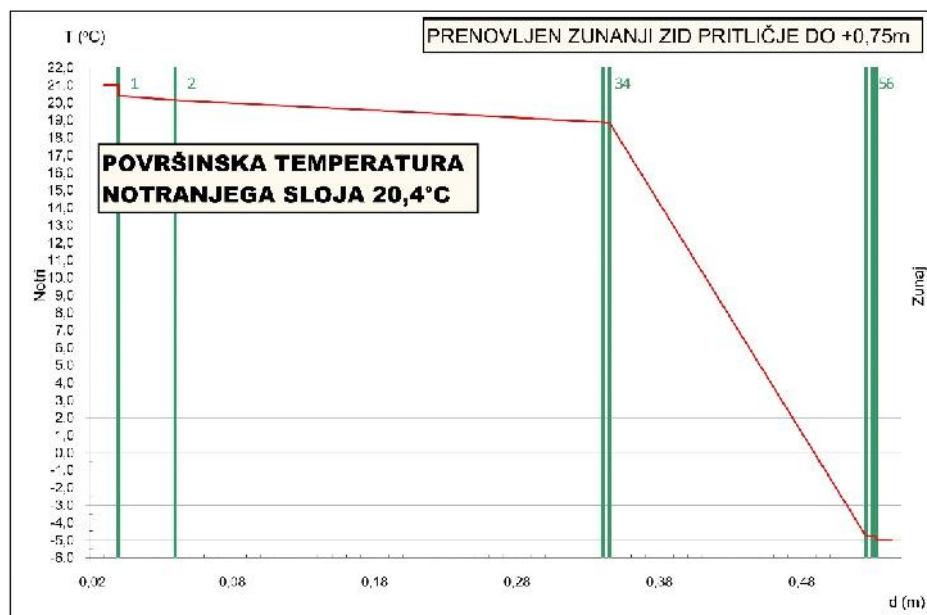


Ugotovil sem, da so meritve podobne v vseh prostorih. V spodnjem delu do višine 75 cm od tal imamo nižjo površinsko temperaturo, ker ni zunanjšega fasadnega ometa. Od višine 75 cm od tal imamo nekoliko višjo površinsko temperaturo, ki je posledica zunanjšega fasadnega ometa.

Grafikon 1: Potek temperature skozi sloje obstoječega zidu v pritličju do kote +0,75 m [6]

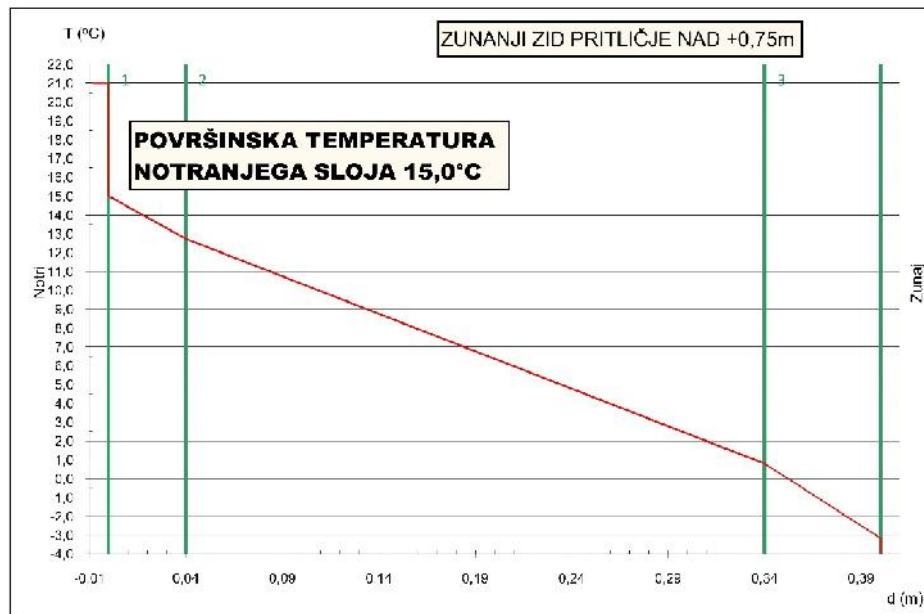


Grafikon 2: Potek temperature skozi sloje prenovljenega zidu v pritličju do kote +0,75 m [6]

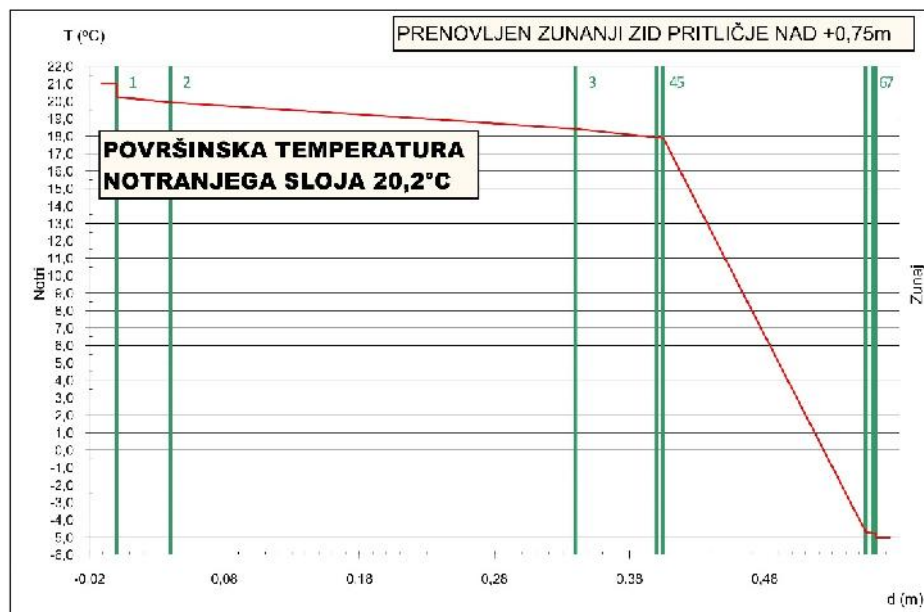


Iz zgornjih grafov vidimo, da je površinska temperatura obnovljenega konstrukcijskega sklopa notranjega sloja višja za 6,5 °C. Takšna površinska temperatura bistveno zmanjša možnost nastanka plesni in izboljša bivalne razmere.

Grafikon 3: Potek temperature skozi sloje obstoječega zidu v pritličju nad koto +0,75 m [6]

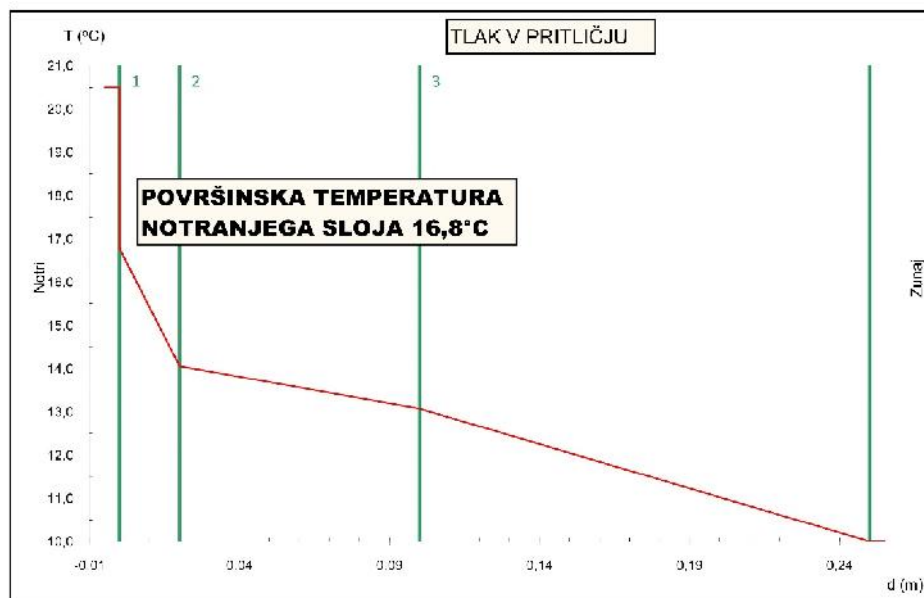


Grafikon 4: Potek temperature skozi sloje prenovljenega zidu v pritličju nad koto +0,75 m [6]

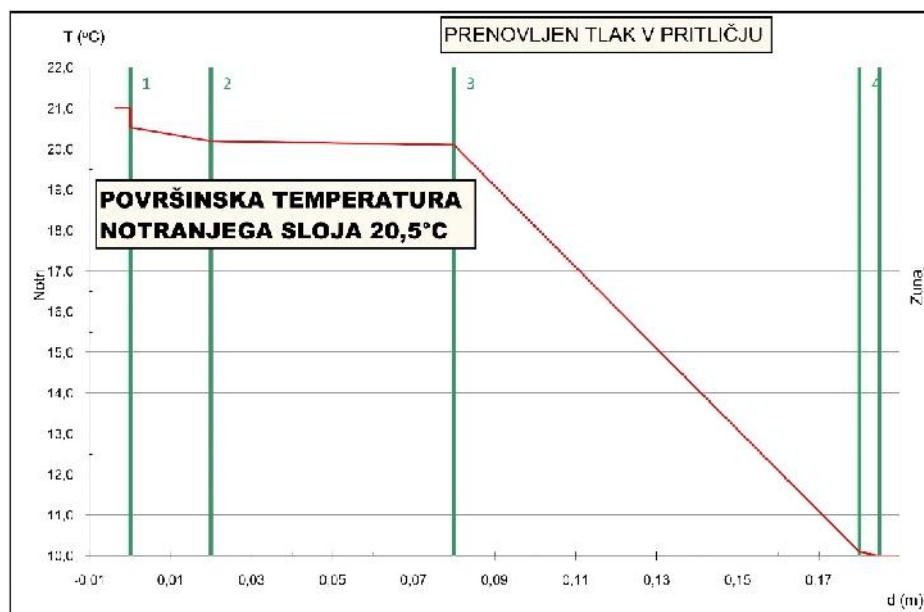


Iz zgornjih grafov vidimo, da je tudi v delu stene z obstoječim zunanjim ometom površinska temperatura notranjega sloja obnovljenega konstrukcijskega sklopa višja za 5,2 °C. Tako dobimo enotno površinsko temperaturo notranjega sloja po celotni višini zidu.

Grafikon 5: Potek temperature skozi sloje obstoječega tlaka v pritliču [6]

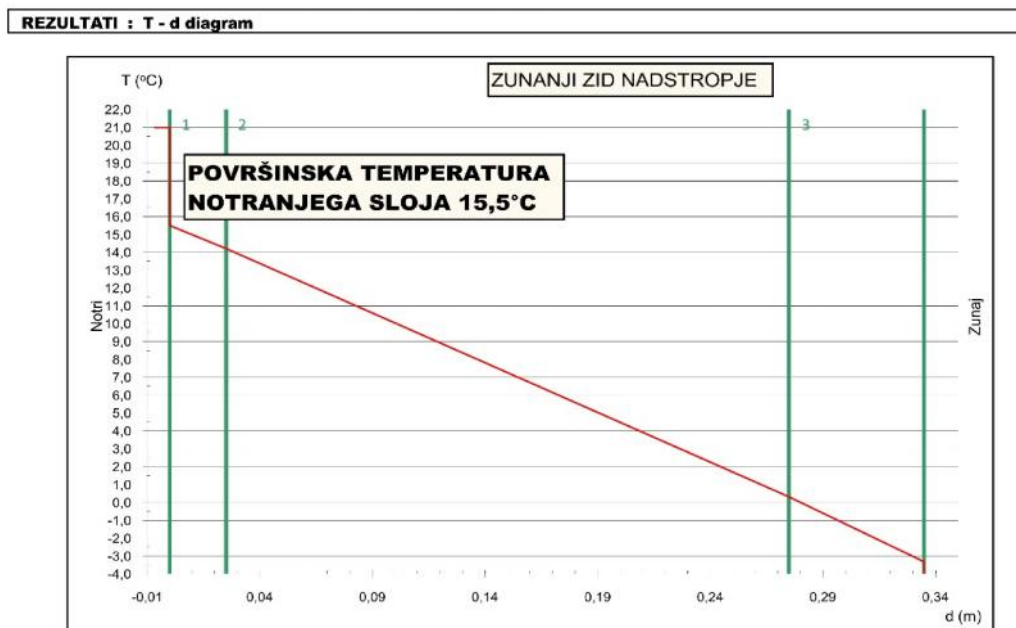


Grafikon 6: Potek temperature skozi sloje prenovljenega tlaka v pritliču [6]

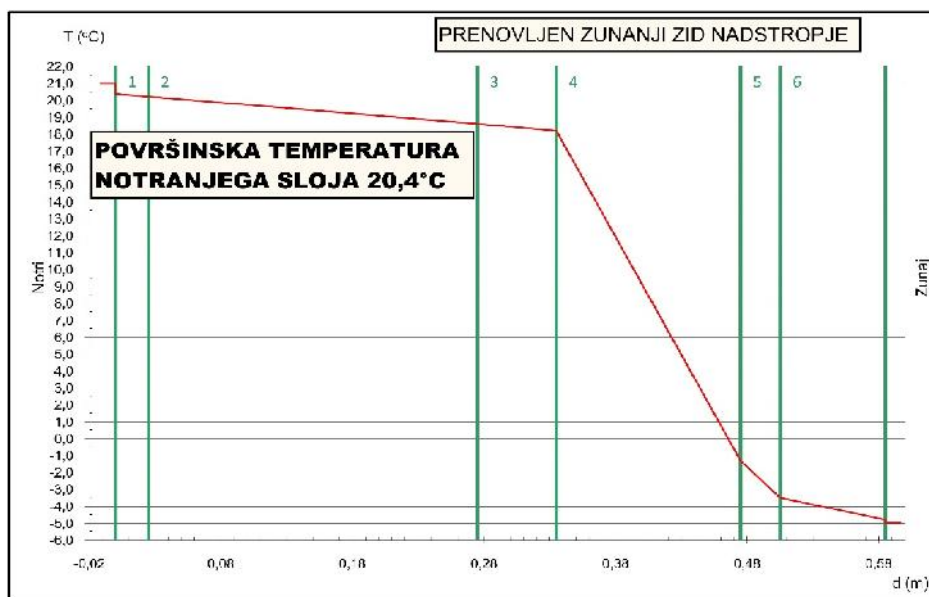


Pri meritvah površinske temperature tal je bilo opaziti, da je površinska temperatura finalne obloge padala proti zunanji steni. Izmerjeni podatki niso povsem relevantni, ker to na sestava tlaka ni natančno znana. Vseeno je od približka sestave tal in prenovljene sestave tal velika razlika v površinski temperaturi finalnega sloja za 3,7 °C. S prenovljeno sestavo in rešenim toplotnim mostom na stiku s steno dobimo po celotni površini enakomerno površinsko temperaturo.

Grafikon 7: Potek temperature skozi sloje obstoječega zidu v nadstropju [6]

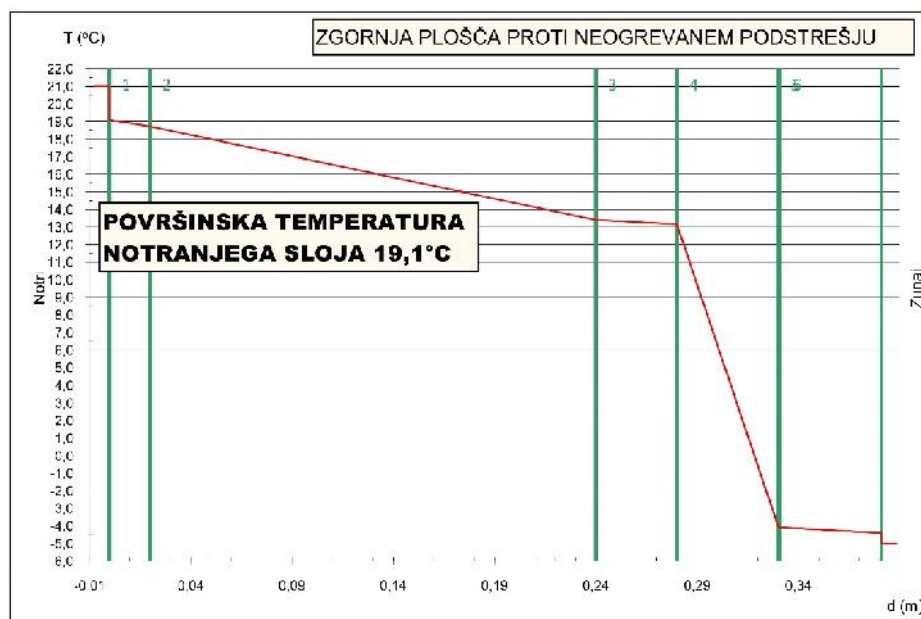


Grafikon 8: Potek temperature skozi sloje prenovljenega zidu v nadstropju [6]

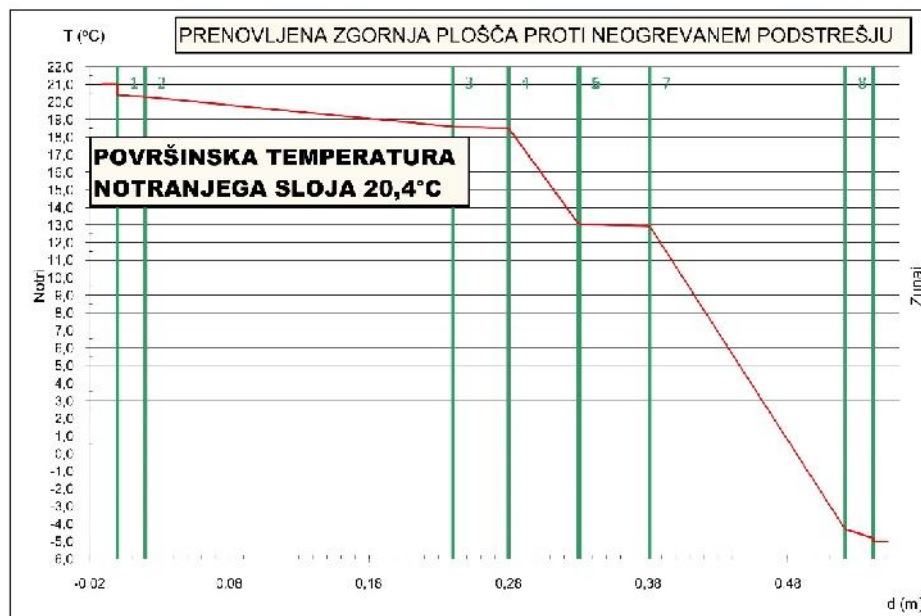


Pri meritvah nadstropja sem opazil, da površinska temperatura po višini stene ostaja konstantna. Manjša je le v okolici oken, kar je rezultat slabe kakovosti oken. Iz zgornjih grafov vidimo, da je tudi v delu stene z obstoječim zunanjim ometom površinska temperatura notranjega sloja obnovljenega konstrukcijskega sklopa višja za 4,9 °C.

Grafikon 9: Potek temperature skozi sloje obstoje e stropne ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6]



Grafikon 10: Potek temperature skozi sloje prenovljene stropne ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6]



Bistveno pri izolaciji ovoja je dobro izoliran strop oziroma zadnji sklop, ki meji na zunanost. Topel zrak se giblje navzgor, zato skozi slabo izoliran strop ali streho izgubimo veliko temperature. Iz grafov lahko razberemo, da je površinska temperatura ometa na stropu, ki meji na neogrevano podstrešje za 1,3 °C, manjša, kot bi bila pri obnovljeni stropni konstrukciji.

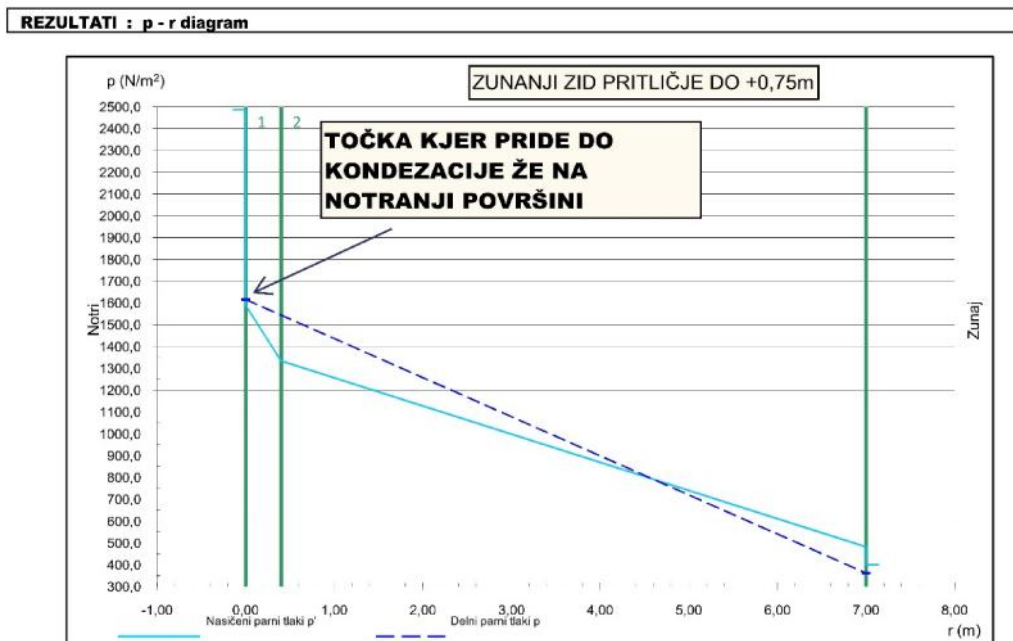
Preglednica 73: Primerjava  $H'_T$  obstoječega in prenovljenega stanja z maksimalnim dovoljenim [6]

	IZRA UNAN $H'_T$ OBSTOJE E STANJE	IZRA UNAN $H'_T$ PRENOVLJENO STANJE	NAJVE JI DOVOLJEN
KOEFICIENT SPECIFI NIH TRANSMISIJSKIH TOPLOTNIH IZGUB STAVBE $H'_T$	1,38	0,37	0,38

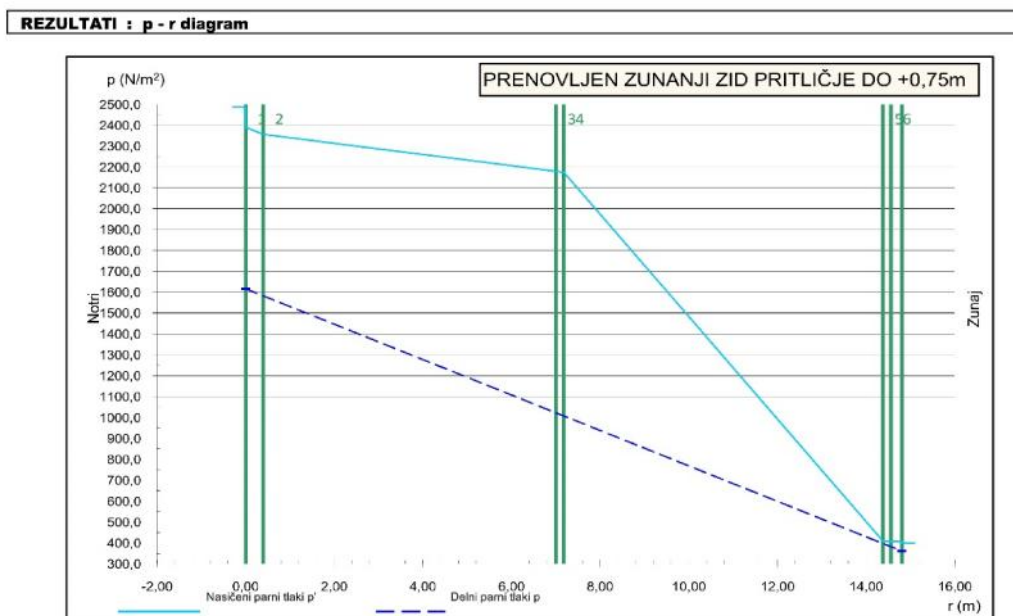
Iz rezultatov transmisijskih izgub objekta obstoječega stanja in stanja, ki bi ga pridobili z obdelavo glavnih zunanjih konstrukcijskih sklopov, lahko razberemo, da bi imela stavba za ve kot 70 % manjši prehod toplote skozi ovoj stavbe.

Pomembna kontrola je tudi difuzija vodne pare, predvsem v zimskem asu. Zaradi difuzije vodne pare lahko pride do kondenzacije v posameznih plasteh konstrukcijskega sklopa, kar poslabša toplotno prevodnost materiala ali pa celo poškoduje konstrukcijski sklop. Pri mojem obstoje em objektu je najve ja težava zidu do kote 0,75 m v pritli ju. Tu nastaja kondenz na notranji površini.

Grafikon 11: Graf parnih tlakov obstoječega zidu v pritlji ju do kote +0,75 m [6]



Grafikon 12: Graf parnih tlakov prenovljenega zidu v pritlji ju do kote +0,75 m [6]

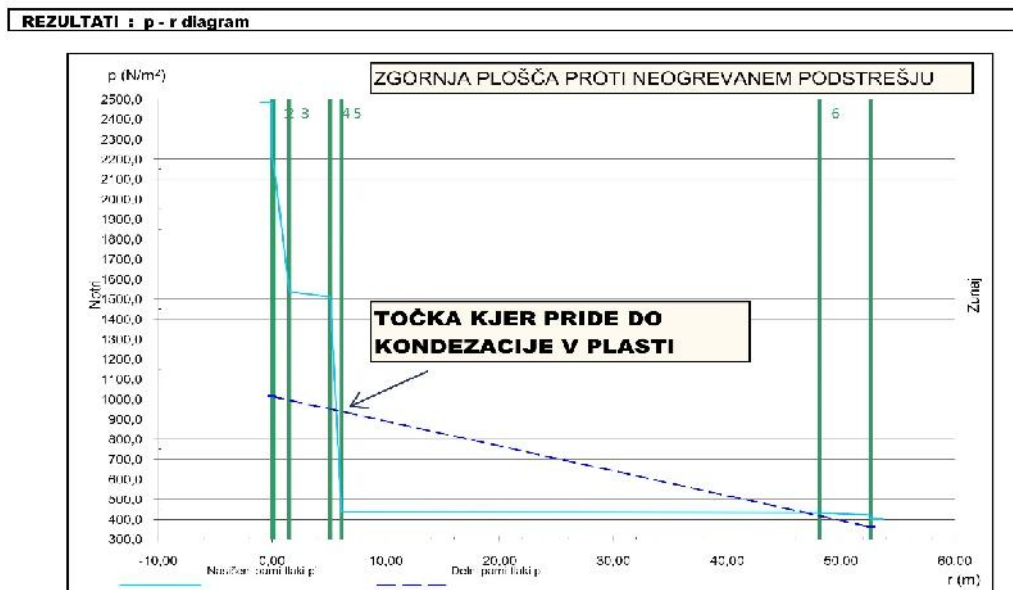


Iz zgornjega grafa lahko razberemo, da nasi en parni tlak ne pade pod mejo delnega parnega tlaka in tako ne pride do kondenzacije.

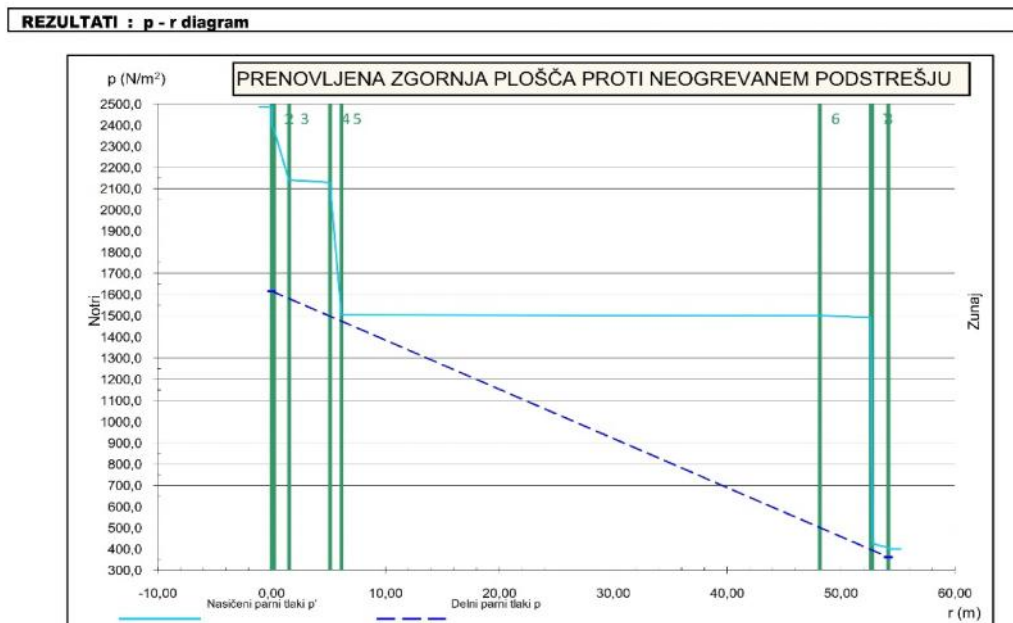
V ostalih obstoječih konstrukcijskih sklopih prihaja do kondenzacije v slojih na zunanji strani, kjer lahko določimo količino kondenzirane vodne pare in potreben čas za izsušitev. Največji problem je zgornja obstoječa plošča proti neogrevanemu podstrešju, ki za izsušitev kondenzirane vode potrebuje 54 dni, kar je sicer še vedno pod mejo 60 dni.



Grafikon 13: Graf parnih tlakov obstoje e zgornje ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6]



Grafikon 14: Graf parnih tlakov prenovljene ploš e proti neogrevanemu podstrešju [6]

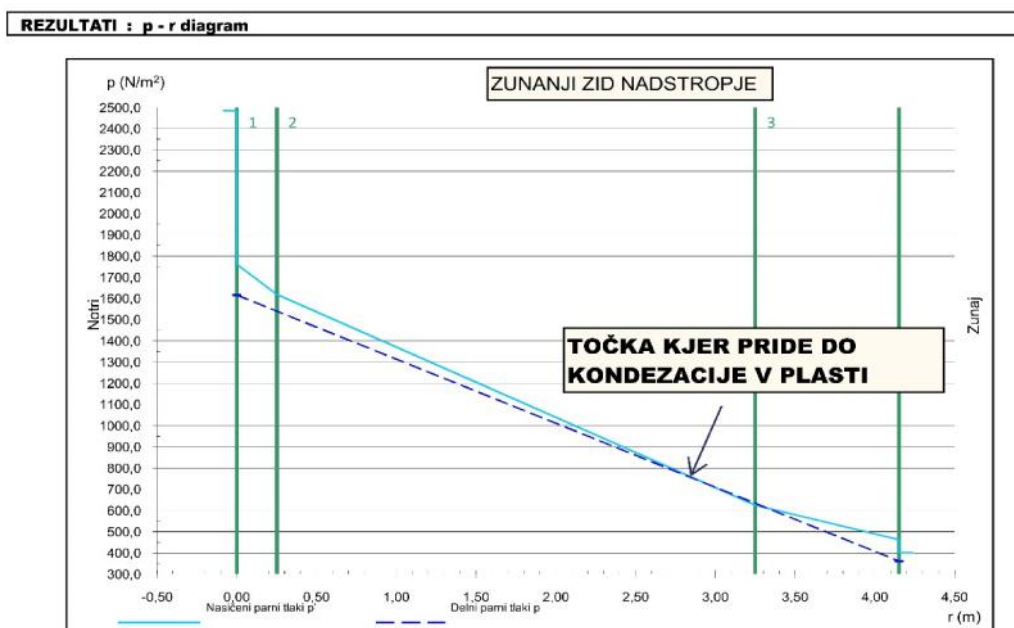


Iz zgornjega grafa lahko razberemo, da nasi en parni tlak ne pade pod mejo delnega parnega tlaka in tako ne pride do kondenzacije.

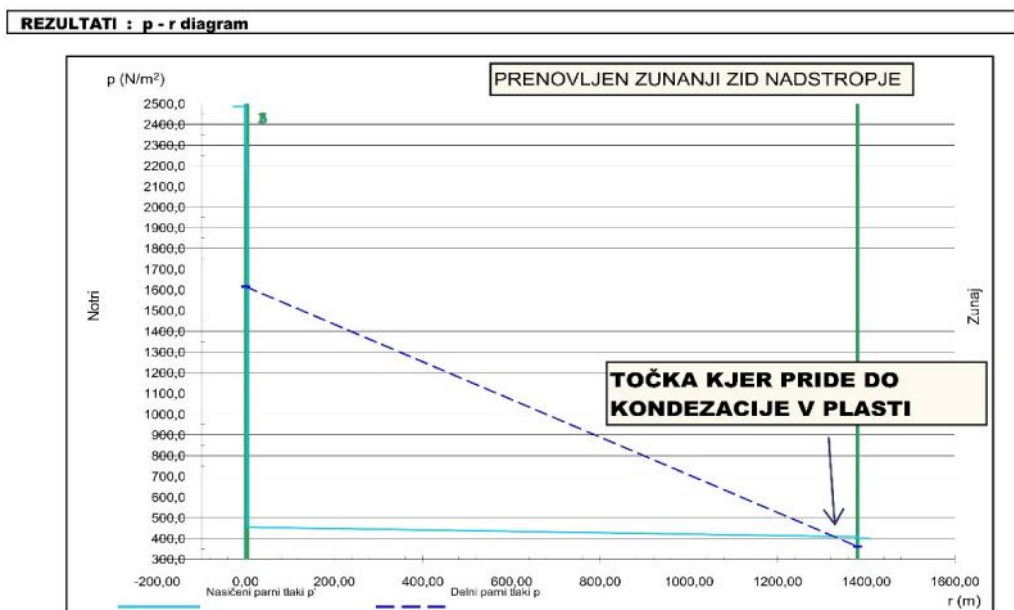
Izrednega pomena pri obnovi konstrukcijskih sklopov, kjer imamo ve slojne konstrukcije, je pomemben vrstni red slojev. Tu pazimo na tako imenovano »dihanje stene«, kar pomeni, da omogo imo difuzijo vodne pare iz prostora v zunanost in s tem zaš itimo konstrukcijski sklop pred prevelikim navlaževanjem in posledicami notranje kondenzacije, ki povzro i nezaželeno rast gliv in plesni.

V nadstropju imamo obstoje konstrukcijski sklop zunanje stene, v katerem nastane kondenz v zunanjem sloju fasadnega ometa, as potreben za izsušitev kondenzirane vode pa je 1 dan. Pri prenovljenem konstrukcijskem sklopu zunanjega zidu imamo kondenzacijo, ki nastane v zunanjem delu toplotne izolacije. Ker smo izbrali prezra evano fasado z zra nim kanalom, ta poskrbi, da se kondenzirana vlaga posuši in tako ne vpliva na poslabšanje lastnosti toplotne izolacije.

Grafikon 15: Graf parnih tlakov obstoje ega zunanjega zidu v nadstropju [6]



Grafikon 16: Graf parnih tlakov obnovljenega zunanjega zidu v nadstropju [6]



## 12. ZAKLJU EK

Diplomsko delo sem zastavil tako, da sem za el z meritvami parametrov notranje klime obravnavanega obstoje ega objekta. Že prve meritve površinske temperature konstrukcijskih sklopov zunanjega ovoja so pokazale, da so vrednosti pri akovano nizke, saj stavba nima dodatne toplotne izolacije, temve samo nosilno zidovje iz opeke in naravnega kamna z enostranskim ali obojestranskim ometom. Tekom izvajanja meritev sem ugotovili, da so površinske temperature na delih, kjer so vidne rne lise plesni, še dodatno nižje kot na ostalih delih ovoja. Za vsako meritev sem s pomo jo ra unalniškega programa TEDI [5] izra unal prehod temperature skozi sloje glavnih konstrukcijskih sklopov in jih primerjal z rezultati, dobljenimi s pomo jo meritev na objektu. Ra unski rezultati se v primerjavi z meritvami razlikujejo v redu velikosti do najve 3 °C, v povpre ju precej manj. Razlika je lahko posledica tolerance merilne naprave, nehomogene sestave materialov, vpliva bo nih prenosov toplote, napa ne nastavitve ali upoštevjanja vrednosti emisivnosti notranjih površin in posledi nega zaznavanja merilnega inštrumenta, enakomernega odmika merilne naprave od merilne površine. Razlika lahko nastane tudi zaradi izmerjene trenutne temperature notranjega zraka, ki sem jo uporabil pri izra unu. Izmerjena notranja temperatura je lahko bila nižja zaradi zra enja tik pred meritvami, dejanska pa je bila ve ja preko dneva, zato bi lahko imele stene druga no površinsko temperaturo, kot pa sem jo izra unal s programom. Pri analizi celotne potrebne energije za obratovanje stavbe sem se osredoto il samo na pogoj o transmisijiskih izgubah skozi ovoj stavbe, ki sem ga izra unal s programom TOST [6]. Za celotno analizo, ki jo dolo a pravilnik o u inkoviti rabi energije v stavbah [24], bi bilo potrebno dolo iti potrebno energijo po ogrevanju, hlajenju, pripravi sanitarne vode in razsvetljavi notranjih prostorov, vendar to ni bil cilj diplomske naloge. Izra unan koeficient specifi nih transmisijiskih izgub znaša kar 1,38, kar je veliko ve od maksimalne dovoljene vrednosti 0,38. Ta podatek je potrdil, da je glavna prioriteta obnova toplotnega ovoja stavbe. Glavne konstrukcijske sklope sem poskušal izboljšati tako, da sem dodajal toplotno izolacijo do te mere, da sem prišel minimalno pod mejo dovoljenih vrednosti toplotnega prehoda za posamezne konstrukcijske sklope, ki jih dolo a TSG-1-004:2010 [23]. Toplotno prehodnost obnovljenih sklopov sem ponovno izra unal s programom TEDI [5] in dobljene rezultate primerjal z obstoje im stanjem. Površinske temperature notranjih slojev so v primerih prenovljenih konstrukcijskih sklopov bistveno višje. Stena v pritli ju do kote +0,75 m ima po izra unih v skladu s predvideno sanacijo površinsko temperaturo višjo za 6,5 °C, stena v pritli ju nad koto +0,75 m za 5,2 °C, stena v nadstropju za 4,9 °C, tla na terenu v pritli ju za 3,7 °C, strop proti neogrevanemu podstrešju pa ima površinsko temperaturo ve jo za 1,3 °C. S tem sem potrdil znano in pri akovano dejstvo, da imajo izolirane stene, tla in strop ve jo površinsko temperaturo slojev kot neizolirane, kar ima bistven vpliv na ob uteno temperaturo

v prostoru. Če povečamo površinsko temperaturo notranjih slojev za 1 °C, lahko za isto obdobjeno temperaturo v prostoru zrak prostora segrejemo za 1 °C manj, kar vpliva na bivalne razmere in na zmanjšanje porabe energije za ogrevanje. V ponovnem izračunu specifičnih transmisijskih izgub s programom TOST [6] sem dobil potrditev, saj je izračunani koeficient specifičnih transmisijskih izgub 0,37, kar je manj od dovoljenega, ki znaša 0,38. Neizolirane stene skrivajo mnoge težave, ki nam slabšajo kakovost bivanja z občasno ali stalno prisotnostjo vlage (nabiranje kondenza), rastjo plesni, lišajev na zidovih in povzročajo poškodbe v obliki odpadanja ometa. Dokaz je obravnavan primer, kjer smo na delih s prisotnostjo plesni dobili rezultate, ki potrjujejo njihov nastanek. Najhujša posledica neizoliranih sten je predvsem zdravju izredno škodljiva notranja klima.

Glavni cilji diplomske naloge so bili ugotoviti, ali se izmerjene vrednosti notranje klime razlikujejo od izračunanih in kakšen vpliv imajo na udobje bivanja. Ugotovil sem, da z obnovo zunanjske ovoje, ki ustreza predpisanim zahtevam v standardu, bistveno pridobimo na udobju bivanja in pri toplotnih izgubah stavb, kar posledično vpliva na količino porabljene energije za ogrevanje in ohlajevanje ter na končno varčevanje z energijo in na varovanje okolja.

## Uporabljeni viri:

[1] Nemani, K., 2011. Za višje subvencije za fasade; intervju s predsednikom gospodarsko interesnega združenja Bevk, D.

<http://www.knaufinsulation.si/sites/si.knaufinsulation.net/files/za-visje-subvencije-zafasade.pdf> (Pridobljeno 4. 4. 2015.)

[2] Dovjak, M., Kuček, A., Krainer, A. 2013. Prepoznavanje in obvladovanje dejavnikov tveganja za zdravje v bolnišni nem okolju z vidika uporabnika, stavbe in sistemov = Identification and control of health risks in hospital environment from the aspects of users, buildings and systems. *Zdravstveno varstvo*, 52, 4: 304-315.

[3] ENSVET energetska svetovanje, 2013. Toplotna zašita zunanjih sten.

<http://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotna-zascita-zunanjih-sten/> (Pridobljeno 4. 4. 2015.)

[4] Krainer, A., Košir, M., Krist, Ž., Dovjak, M. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši = Passive house versus bioclimatic house. *Gradbeni vestnik*, 57, 3: 58-68.

[5] Krainer, Predan. 2009. Raunalniški program (TED) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi veplastne KS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG.

[6] Krainer, Predan. 2009. Raunalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zašite stavbe. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG.

[7] Kladnik, R. 1985. Visokošolska fizika 1. del, Mehanski in toplotni pojavi. Ljubljana DZS.

[8] Stavbarstvo OG. 2009. Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.

<ftp://www.fgg.uni-lj.si/Sendable/Patricia/STAVBARSTVO/Stavbarstvo%20II%202009-10/%8Eiva%20Teorija%20PDFji/3toplotna%20prehodnost%20in%20difuzija%20vodne%20pare.pdf> (Pridobljeno 4. 4. 2015.)

[9] Stavbarstvo OG. 2009. Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.

<ftp://ftp.fgg.uni-lj.si/Sendable/Patricia/STAVBARSTVO/Stavbarstvo%20II%202009-10/Krainer%20Staro%20stavbarstvo/Stavbarstvo1/8%20difuzija%20toplote%20in%20vodne%20pare.pdf> (Pridobljeno 4. 4. 2015.)

[10] Evans, G. W., & McCoy, J. M. 1998. When building don't work: The role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology*

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.5633&rep=rep1&type=pdf>

[11] Simoni, M., Jaakkola, M.S., Carrozzi, L., Baldacci, S., Di Pede, F., Viegi, G. 2013. Indoor air pollution and respiratory health in the elderly. *European Respiratory Journal*.

doi: 10.1183/09031936.03.00403603

[http://erj.ersjournals.com/content/21/40\\_suppl/15s.full.pdf+html](http://erj.ersjournals.com/content/21/40_suppl/15s.full.pdf+html)

- [12] Grobovšek, B. b.d. Izpodrivno prezra evanje prostorov. ZRMK.  
[http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT153.htm#\\_ftnref1](http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT153.htm#_ftnref1)  
(Pridobljeno 4. 4. 2015.)
- [13] Pravilnik o prezra evanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002.
- [14] Kravanja, D. 2013. Presentacija Udobje in energija. ZRMK.  
<http://ekosola.si/uploads/2010-08/KONFERENCA%20EKO%20SOL%20BRDO%2023%209%202013.pdf>  
(Pridobljeno 31. 5. 2015.)
- [15] Prek, M. 2013. Toplotno okolje in ugodje v prostoru III; predloga laboratorijske vaje. Univerza v Ljubljani-FGG, Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo.
- [16] Dovjak, M. 2015. Presentacija Toplotno udobje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.
- [17] SIST EN ISO 7730:2005 Ergonomija toplotnega okolja - Analiti no ugotavljanje in interpretacija toplotnega ugodja z izra unom PMV in PPD vrednosti ter merili za lokalno toplotno ugodje
- [18] Prek, M. 2013. Toplotno okolje in ugodje v prostoru II; Lokalno neugodje; predloga laboratorijske vaje. Univerza v Ljubljani-FGG, Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo.
- [19] SIST EN ISO 10211:2008; Toplotni mostovi v stavbah - Toplotni tokovi in površinske temperature - Podrobni izra uni (ISO 10211:2007)
- [20] SIST 1025:2002; Toplotna tehnika v gradbeništvu - Metoda izra una difuzije vodne pare v stavbah
- [21] SIST EN ISO 6946:2008; Gradbene komponente in gradbeni elementi - Toplotna upornost in toplotna prehodnost - Ra unske metode (ISO 6946:2007)
- [22] SIST 13790:2008; Energijske lastnosti stavb - Ra un rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008)
- [23] Tehni na smernica za graditev TSG-1-004:2010. U inkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.
- [24] Pravilnik o u inkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010.
- [25] Slika merilne naprave VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S  
[http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/100920-an-01-sl-IR\\_900\\_30S.pdf](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/100920-an-01-sl-IR_900_30S.pdf) (Pridobljeno 17. 5. 2015.)
- [26] Navodila za uporabo VOLTCRAFT Infrarot-Thermometer IR 900-30S  
[http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/100920-an-01-sl-IR\\_900\\_30S.pdf](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/100920-an-01-sl-IR_900_30S.pdf) (Pridobljeno 17. 5. 2015.)
- [27] Slika merilne naprave VOLTCRAFT DT 8820

<http://www.conrad.com/ce/en/product/101040/Voltcraft-DT-8820-Multifunctional-Environment-Measuring-Instrument-4-in-1> (Pridobljeno 17. 5. 2015.)

[28] Navodila za uporabo VOLTCRAFT DT 8820

<http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/101040-an-01-sl-multifunkcijskimerilnik.pdf> (Pridobljeno 17. 5. 2015.)

[29] Pajek, L., Dovjak, M., Kristl, Ž. 2013. Vpliv gliv v grajenem okolju na zdravje ljudi. *Gradbeni vestnik*, 62, 176-187.

[30] DEMIT d.o.o. 2012. Navodila za na rtovanje, vgradnjo in vzdrževanje fasadnih sistemov DEMIT. Laško.

[http://www.demit.si/images/stories/navodila\\_za\\_vgradnjo/NAVODILA%20za%20nacrtovanje,%20vgradnjo%20in%20vzdrzevanje%20fasadnih%20sistemov%20DEMIT.pdf](http://www.demit.si/images/stories/navodila_za_vgradnjo/NAVODILA%20za%20nacrtovanje,%20vgradnjo%20in%20vzdrzevanje%20fasadnih%20sistemov%20DEMIT.pdf)

(Pridobljeno 24. 3. 2015.)

[31] Knauf insulation. 2015.

<http://www.knaufinsulation.si/proizvodi-0> (Pridobljeno 5. 9. 2015.)

[32] FunderMAX. 2015.

<https://www.fundermax.at/en/exterior.html> (Pridobljeno 5. 9. 2015)

[33] Fragmat. b.d.

<http://www.fragmat.si/slo/04b.htm> (Pridobljeno 5. 9. 2015)

[34] Eko Produkt materiali za ekološko gradnjo. b.d.

<http://www.ekoprodukt.si/osb-plosce-prva-stran.html> (Pridobljeno 5. 9. 2015.)

[35] Krainer, Predan. 2009. Navodila za uporabo računalniškega programa (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG.

[36] Krainer, Predan. 2009. Navodila za uporabo računalniškega programa (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščitne stavbe. Ljubljana, Univerza v Ljubljani-FGG.

## PRILOGE

13.1 ARHITEKTURA-TLORIS PRITLIJA

13.2 ARHITEKTURA –TLORIS NADSTROPJA

13.3 ARHITEKTURA – FASADNI PAS