

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:

Kuhar, B., 2014. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentorica Kristl, Ž.): 32 str.

Datum arhiviranja: 08-10-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Kuhar, B., 2014. Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Kristl, Ž.): 32 pp.

Archiving Date: 08-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

BOJAN KUCHAR

**VPLIV TOPLOTNIH MOSTOV NA PORABO ENERGIJE
ZA OGREVANJE V STAVBI**

Diplomska naloga št.: 147/B-GR

**THE IMPACT OF THERMAL BRIDGES ON
CONSUMPTION OF HEATING ENERGY IN HOUSE**

Graduation thesis No.: 147/B-GR

Mentor:
doc. dr. Roman Kunič

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Janko Logar

Somentorica:
dr. Živa Kristl

Ljubljana, 23. 09. 2014

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **BOJAN KUCHAR** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »VPLIV
TOPLOTNIH MOSTOV NA PORABO ENERGIJE ZA OGREVANJE V STAVBI«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 18. september 2014

Podpis:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN

UDK: 699.86(497.4)(043.2)
Avtor: Bojan Kuhar
Mentor: doc. dr. Roman Kunič
Somentor: dr. Živa Kristl
Naslov: Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi
Tip dokumenta: Diplomsko delo
Obseg in oprema: 32 str., 23 preg., 6 sl.
Ključne besede: Toplotni most, toplotna kamera, toplotna prehodnost, konstrukcijski sklop, termogram, termoizolacija, hidroizolacija, toplotna prevodnost, energija, energijska analiza.

IZVLEČEK

Diplomsko delo obravnava vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v enostanovanjski stavbi. Toplotni mostovi so bili identificirani s pomočjo IR kamere. Na podlagi identificiranih toplotnih mostov so bili izvedeni izračuni s programoma TEDI in TOST, ki temeljita na veljavni zakonski podlagi. Nato so bile izvedene primerjave izračunov z upoštevanjem in brez upoštevanja toplotnih mostov. Primerjave so pokazale, da imajo toplotni mostovi od 15,4 % do 17,4 % vpliva na porabo energije v obravnavani stavbi.

Diplomsko delo dokazuje pomembno povezavo med IR posnetki in izračuni in navaja praktični možnosti uporabe te metodologije.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 699.86(497.4)(043.2)
Author: Bojan Kuhar
Supervisor: Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D.
Co-supervisor: Živa Kristl, Ph.D.
Title: The impact of thermal bridges on consumption of heating energy in house
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 32 pages, 23 tables, 6 figures
Key words: Thermal bridge, thermal camera, thermal conductivity, constructional complexes, thermogram, thermo insulation, hydro insulation, energy, energy analysis

ABSTRACT

The thesis discusses the impact of thermal bridges on consumption of heating energy in a single-family detached house. The thermal bridges were identified with an IR camera. Based on identified thermal bridges calculations were carried out with programs TEDI and TOST in accordance with the methodology specified in the applicable legal basis.

The significance of thermal bridges was shown with a comparison of calculations made with and without acknowledging the thermal bridges. Results have shown that thermal bridges can have an impact of 15,4 % to 17,4% on the energy consumption in the present building.

The thesis demonstrates the importance of connecting IR photos and calculations and presents practical options of using this method.

ZAHVALA

Zahvaljujem se družini, ki mi je omogočila študij ter mi nudila vso podporo in razumevanje v času študija.

Hvala tudi mentorju doc. dr. Romanu Kuniču, somentorici dr. Živi Kristl in ostalim s Katedre za stavbe in konstrukcijske elemente za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
1 UVOD	1
1.1 Opredelitev problema	1
1.2 Cilji naloge.....	2
1.3 Zasnova naloge.....	2
1.4 PURES 2010	2
1.4.1 Tehnična smernica TSG-1-004:2010	2
1.4.2 Standardi	3
2 IDENTIFICIRANJE IN MODELIRANJE (ANALIZA) TOPLOTNIH MOSTOV	4
2.1 Obravnavani objekt.....	5
2.2 Evidentiranje toplotnih mostov	7
2.3 Infrardeča tehnologija in termokamera Trotec serije IC.....	8
2.4 Obdelava posnetkov v programu IC IR	9
2.5 Analiza termograma	10
2.6 Analiza toplotnih mostov	13
2.7 Modeliranje in računanje s programoma TEDI in TOST	13
3 Izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov s programom TEDI.....	14
4 Rezultati v programu TEDI	16
4.1 Tla na terenu	16
4.2 Zunanja stena pod terenom	17
4.3 Medetažna plošča	18
4.4 Zunanja stena nad terenom	19
4.5 Streha.....	20
4.6 Strop (streha) v shrambi	22
5 Komentar rezultatov v programu TEDI	23
6 Izračun toplotne bilance s programom TOST	25
7 Rezultati v programu TOST	26
7.1 Primerjava rezultatov z upoštevanjem toplotnih mostov in brez upoštevanja toplotnih mostov	27
8 Komentar rezultatov v programu TOST	28
9 ZAKLJUČEK	29
VIRI	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Tloris kleti [5]	6
Slika 2: Tloris pritličja [5]	6
Slika 3: Tloris nadstropja [5]	6
Slika 4: Tloris strehe [5]	6
Slika 5: Termogram severne in vzhodne strani	10
Slika 6: Termogram frčad (zahod)	12

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Robni pogoji – difuzijsko navlaževanje – zima.....	14
Preglednica 2: Robni pogoji – difuzijsko navlaževanje – poletje.....	14
Preglednica 3: Robni pogoji – površinska upornost	14
Preglednica 4: Sestava KS (tla na terenu).....	16
Preglednica 5: Robni pogoji – tla na terenu	16
Preglednica 6: U faktor – tla na terenu	16
Preglednica 7: Sestava KS (zunanja stena pod terenom)	17
Preglednica 8: Robni pogoji – zunanja stena pod terenom	17
Preglednica 9: U faktor – zunanja stena pod terenom	17
Preglednica 10: Sestava KS (medetažna plošča).....	18
Preglednica 11: Robni pogoji – medetažna plošča	18
Preglednica 12: U faktor – medetažna plošča	18
Preglednica 13: Sestava KS (zunanja stena nad terenom)	19
Preglednica 14: Robni pogoji – zunanja stena nad terenom	19
Preglednica 15: Količina vodne pare – zunanja stena nad terenom	19
Preglednica 16: U faktor – zunanja stena nad terenom	20
Preglednica 17: sestava KS (streha)	20
Preglednica 18: Robni pogoji – streha	20
Preglednica 19: U faktor – streha.....	21
Preglednica 20: Sestava KS (strop v shrambi)	22
Preglednica 21: U faktor – streha (strop) v shrambi	22
Preglednica 22: Rezultati v TOST-u	26
Preglednica 23: Primerjava rezultatov	27

KRAJŠAVE, SIMBOLI IN DEFINICIJE

TI – termoizolacija

HI – hidroizolacija

AB – armiran beton

KS – konstrukcijski sklop

TM – toplotni most

$U_{\text{izračunani}}$ – Izračunan faktor toplotne prehodnosti posameznega KS

U_{max} – Faktor toplotne prehodnosti posameznega KS določen po pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah

λ – Toplotna prevodnost posameznega materiala

ψ – Koeficient linijske toplotne prehodnosti (W/mK)

+TM – z upoštevanjem vpliva toplotnih mostov

-TM – brez upoštevanja vpliva toplotnih mostov

Primarna energija – je energija nosilcev primarne energije, ki še ni bila podvržena nobeni tehnični pretvorbi. Vedno se pojavljaja v obliki nakopičenih energij (npr. nafta, premog v premogovniku, lesna biomasa v gozdovih, potencialna energija vode ...)

Ogljični odtis – skupek ogljikovega dioksida ter drugih toplogrednih plinov, ki jih v okolje neposredno ali posredno spusti določen objekt, naprava, izdelek, proces ali telo

1 UVOD

1.1 *Opredelitev problema*

Izraz toplotni most je v zadnjem času pridobil velik del pozornosti v gradbeništvu. Pomembnost upoštevanja toplotnih mostov se začne z zakonodajo, ki se na tem področju zastruje predvsem z uvedbo Direktive o energetske učinkovitosti stavb (EPBD 2002) [1]. Prav tako so na strani uporabnikov in investitorjev že povsem vsakdanje zahteve po načrtovanju in gradnji nizkoenergijskih stavb, ki omogočajo udobno bivanje z nizkimi stroški ogrevanja. Posledično se velik del gradbeništva usmerja v tehnologijo zmanjševanja toplotnih tokov proti zunanjemu delu ovoja stavbe. Večina tehnološkega napredka sloni seveda na razvoju in proizvodnji novih materialov. Napredek v razvoju pripisujemo tudi projektantom in izvajalcem, od katerih je odvisna uporaba novih materialov in oblikovanje in izvedba konstrukcijskih sklopov.

Na stavbi nastane zaradi geometrijskih značilnosti veliko različnih križanj konstrukcijskih sklopov, pri katerih pride do lokalno tanjše toplotnoizolacijske plasti, ali celo do lokalne prekinitve le-te plasti. Posledično se na teh mestih povečujejo toplotni tokovi proti zunanjemu delu ovoja stavbe, katerih posledica je večja poraba energentov za vzdrževanje željene temperature v notranjosti stavbe. Pri tem se pojavi tudi problem zdravju prijaznega okolja, saj se zaradi lokalno nižjih temperatur ob toplotnem mostu lahko pojavi povišana relativna zračna vlažnost. Ko pade temperatura na teh mestih pod temperaturo rosišča, se na površini kondenzira zračna para, ki povzroča stalno vlago na ali v materialih. Takšno okolje pa je idelano za razvoj plesni in gliv, ki negativno vplivajo na zdravje in propadanje materiala. Prav tako se zaradi vlažnosti materialov še dodatno poveča toplotni tok skozi material.

Izziv pri obstoječih objektih predstavlja iskanje mest, kjer se pojavljajo toplotni mostovi. Tudi v tej smeri je tehnologija ogromno napredovala, saj dandanes iskanje mest, kjer se nahajajo toplotni mostovi, ni več nikakršen problem. Z možnostjo identificiranja mest na stavbi, lahko presodimo ali so ta mesta kritična za razvoj plesni in gliv. Posledično se lahko racionalnejše odločimo za samo izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe na mestih z identificiranimi toplotnimi mostovi.

Torej so toplotni mostovi zelo pomemben dejavnik pri nizkih stroških porabe energije za ogrevanje stavbe, zdravstvenih oz. higienskih razmerah ter pri toplotnem ugodju uporabnikov.

1.2 Cilji naloge

Cilj naloge je identificiranje toplotnih mostov s pomočjo termovizijske kamere (infrardeče kamere) na izbrani stavbi ter ocena vpliva toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi, s pomočjo primerne računalniškega orodja, ki temelji na veljavnih standardih (TEDI in TOST) [9, 10]. Na podlagi izvedenega dela bomo analizirali uporabnost te metodologije dela.

1.3 Zasnova naloge

Na stanovanjskem objektu bomo s pomočjo termokamere identificirali toplotne mostove. S pomočjo identificiranih toplotnih mostov bomo določali potrebne vrednosti za izračun njihovega vpliva na porabo energije za ogrevanje v obravnavani stavbi.

1.4 PURES 2010

To je pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, ki je določen v zakonodajnem okviru zakona o graditvi objektov (ZGO).

V PURES-u 2010 beremo: »PURES 2010 določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU (1. člen).

Ta pravilnik se uporablja pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavbe oziroma njenega posameznega dela, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo (2. člen).« [2]

1.4.1 Tehnična smernica TSG-1-004:2010

»V Zakonu o graditvi objektov je tehnična smernica opredeljena kot dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredijo natančnejše opredelitve bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje, izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov oziroma materialov, ki se smejo vgrajevati, ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta skozi ves čas njegove življenjske dobe. Kadar se ugotovi potrebo po upoštevanju tehnične smernice, pa se uporabijo tudi postopki, po katerih je mogoče ugotoviti, ali so takšne zahteve izpolnjene.

Tehnična smernica za graditev določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz tega pravilnika (PURES 2010) in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna.« [3]

1.4.2 Standardi

V diplomski nalogi so bili upoštevani naslednji standardi [4]:

SIST EN ISO 13790:2008 – Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008) – Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)

SIST EN 13187:2000 – Toplotne značilnosti stavb – Kvalitativno zaznavanje toplotnih nepravilnosti v ovoju zgradbe – Infrardeča metoda (ISO 6781:1983, spremenjen) – Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method (ISO 6781:1983 modified)

SIST EN ISO 13789:2000 – Toplotne značilnosti delov stavb – Specifične toplotne izgube zaradi prehoda toplote – Računska metoda (ISO 13789:1999) – Thermal performance of buildings – Transmission heat loss coefficient – Calculation method (ISO 13789:1999)

SIST EN ISO 14683:2007 – Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values

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

2 IDENTIFICIRANJE IN MODELIRANJE (ANALIZA) TOPLOTNIH MOSTOV

Predstavljen je objekt, ki smo ga izbrali, da bomo na njem izvedli termografske posnetke. S pomočjo teh bomo opravili izračun toplotne bilance izbrane stavbe. Zavedati se moramo, da dejanski izračuni ne bodo izhajali direktno iz anomalij, razvidnih na termogramih, ker nimamo poenostavljenega modela za takšen izračun.

Za analizo smo izbrali stanovanjsko stavbo, ki jo dobro poznam in sem zato lažje določil, karakteristike KS. Za ta objekt je bilo predhodno, v namen diplomske naloge, opravljeno terensko slikanje s toplotno kamero. Prav tako je bilo potrebno izbrani objekt v celoti izmeriti in predstaviti njegovo arhitekturno zasnovo. Nato so opisani tipi toplotnih mostov in njihovo identificiranje. Za tem je obrazložena uporaba orodja za izdelavo in obdelavo termografskih posnetkov in nato sta podrobno predstavljena dva toplotna posnetka. V zaključku poglavja pa so opisane možnosti za modeliranje in analizo linijskih toplotnih mostov (TM), ki so predstavljeni na podlagi analiziranih termogramov in tudi tistih, ki so podani v standardu SIST EN ISO 14683:2007.

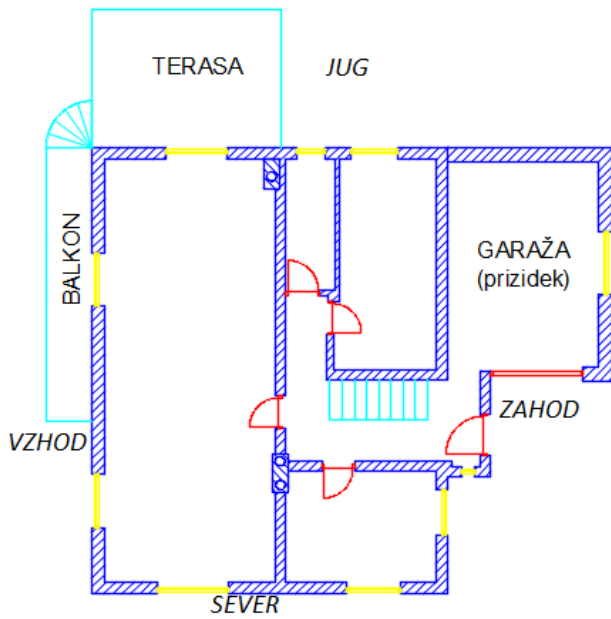
2.1 Obrađnavani objekt

Za objekt [5], na katerem sem si zastavil nalogo, sem izbral stanovanjski objekt v Šenčurju. Objekt je bil zgrajen in vseljen leta 1991. Med gradnjo objekta je bil dodan prizidek (razvidno iz slike 1 in 2), ki v osnovnem projektu ni bil načrtovan. Prizidek v pritličju vsebuje garažni prostor, v nadstropju pa pisarniške prostore. Objekt obsega klet tlorisne površine 114,7 m², pritličje tlorisne površine 121,2 m² in eno nadstropje tlorisne površine 101,6 m².

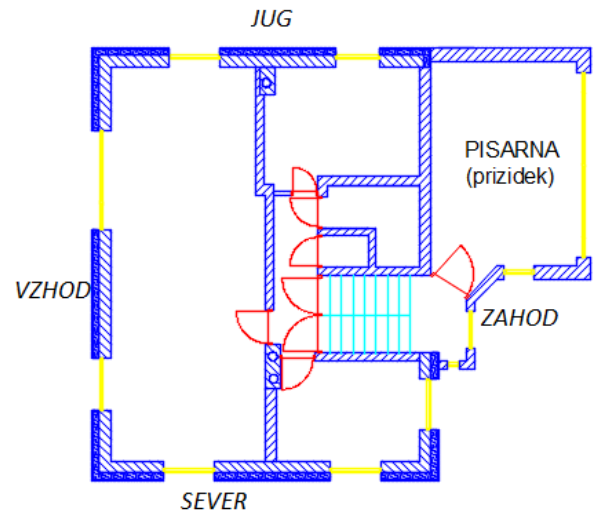
Temeljen je s pasovnimi temelji. Kletne nosilne stene so zidane iz betonskih zidakov, debeline 30 cm. Zunanje kletne stene so brez toplotne izolacije, medtem ko so zunanje pritlične in nadstropne stene izolirane s 5 cm »Lendapor (ekstrudirana fenolna smola)«. Hidroizolacija zunanjih sten nad in pod zemljo, je izvedena s polivanjem vroče smole na sloj tik pod fasado. Nosilne stene v prtličju in v nadstropju so zidane z opeko debeline 30 cm. Notranji prostori so pregrajeni s predelnimi stenami iz opečnih zidakov debeline 20 cm.

Nosilni del strešne konstrukcije sestavlja betonska plošča v naklonu in lesena strešna konstrukcija. Streha je bila obnovljena leta 2013. Pri obnovi se je zgradila zračna plast med kameno volno in opečnimi strešniki. Namestila se je tudi toplotna izolacija med špirovci in pod njimi. Ker so ponekod špirovci odstopali od betonske strešne plošče, je izolacija položena neenakomerno po debelini, in sicer od 20 do 40 cm po debelini. Streha je pokrita z opečno kritino Tondach.

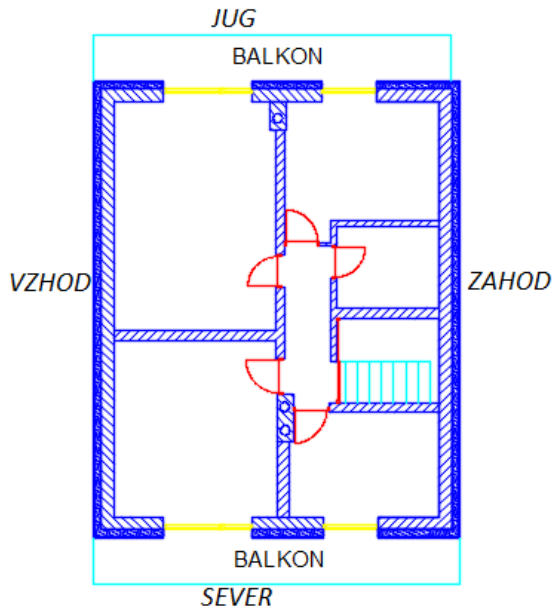
Ogrevanje objekta je izvedeno s pečjo na kurilno olje, ogrevanje vode pa poteka kombinirano preko štirih sončnih kolektorjev na južnem čopu (kot je razvidno iz slike 4) in kurilne peči. Za mehansko hlajenje naj bi skrbela ena klimatska naprava ampak, ker le-ta ni v uporabi bo iz računov izključena. Prav tako se v računih ne bo upoštevalo mehansko prezračevanje, saj ga v obravnavanem objektu ni.



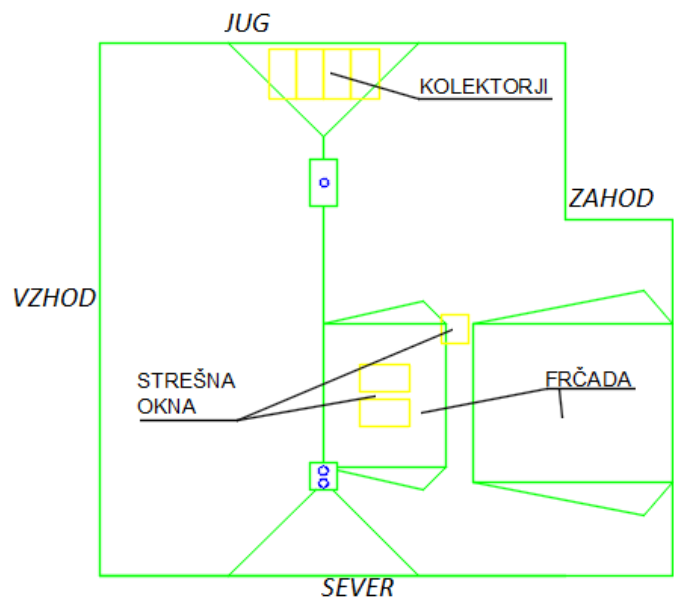
Slika 1: Tloris kleti [5]



Slika 2: Tloris pritličja [5]



Slika 3: Tloris nadstropja [5]



Slika 4: Tloris strehe [5]

2.2 Evidentiranje toplotnih mostov

Toplotni mostovi so mesta na zunanjem ovoju stavbe, kjer je toplotni upor bistveno manjši kot na ostalih delih ovoja (npr. balkonske plošče, zunanji vogali stavb, špalete okoli oken, ležišče AB plošče v zunanjem zidu, kovinska fasadna pritrdila ...). Toplotne mostove v grobem delimo na konstrukcijske in geometrijske, obstajajo pa tudi konvekcijski toplotni mostovi. V praksi najpogosteje vidimo kombinirane toplotne mostove (konstrukcijski in geometrijski). Za potrebe računske analize uvedemo še izraza točkovni in linijski toplotni most.

- **Konstrukcijski toplotni most**

Pojavi se na mestih, kjer je sloj toplotne izolacije prekinjen s slojem, ki ima veliko toplotno prevodnost in ni toplotno zaščiten ne z notranje in ne zunanje strani. Te vrste toplotnih mostov je moč s pravilnim in premišljenim načrtovanjem popolnoma izničiti. Sem spadajo tudi toplotni mostovi, ki nastanejo zaradi navlažene toplotne izolacije (katerikoli način navlaževanja). V tem primeru se zaradi večje toplotne prevodnosti vode poveča toplotni tok.

- **Geometrijski toplotni most**

Geometrijski toplotni most nastopi na delu ovoja stavbe, pri katerem je zunanja površina, preko katere toplota prehaja iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej večja od notranje. Najpogostejši primeri geometrijskih TM so zunanji vogali stavb, pri katerih se je potrebno izogibati ostrim kotom. Temu tipu TM se je nemogoče izogniti, lahko pa jih zelo omilimo npr. z dodatnim slojem izolacije na zunanjem delu ovoja stavbe.

- **Konvekcijski toplotni most**

»To so mesta v ovoju stavbe, kjer je zaradi prekinitev ali netesnosti omogočen pretok notranjega, navlaženega zraka v konstrukcijski sklop. Pri tej vrsti TM zelo hitro pride do kondenzacije na mestu ovoja stavbe in posledično do že prej omenjenih posledic.« [4]

Na obravnavanem objektu so bili TM evidentirani s toplotno kamero (Trotec IC), s katero smo zaznali vse tri tipe toplotnih mostov, ki so na primerih toplotnih fotografij podrobno razloženi v poglavju 1.6.3.

2.3 Infrardeča tehnologija in termokamera Trotec serije IC

Infrardeča tehnologija, oziroma v tem primeru natančnejše termografija, je slikovni prikaz toplotnega sevanja naše okolice. Toplotno sevanje zaznavamo v infrardečem spektru, ki našim očem ni viden. Termografija nam torej omogoča videti toplotno sevanje.

V gradbeništvu termografijo izkoriščamo primarno za opazovanje toplotnih tokov skozi gradbeno konstrukcijo. Je nedestruktivna metoda in v praksi omogoča hiter način za odkrivanje slabo izoliranih površin, odkrivanje netesnih lokacij, odkrivanje navlaženih prostorov itd.

Slika, ki jo naredimo s termokamero, se imenuje termogram. Ob termogramu mora biti obvezno legenda, na kateri lahko odčitamo zvezo barva-temperatura.

Na izbranem objektu so izdelani termografski posnetki s termokamero Trotec IC – V. To je ročna termokamera z natančnostjo merjenja temperature ± 2 °C. V kamero je potrebno vnesti nekaj merilnih parametrov, ki odločilno vplivajo na njen prikaz. Najpomembnejši parameter je emisivnost (sposobnost površine, da seva energijo v določenem elektromagnetnem spektru), ki znaša za večino gradbenih materialov 0,9. Ostali parametri so distance (oddaljenost do merjenca), Amb Temp (temperatura okolice), Relative humidity (relativna vlaga okolice). Pomembno vlogo pri termografiji ima tudi reflektivnost. Refleksija se pojavi npr. na oknih, ko v termogramu vidimo odsev tretje stvari. Torej je zelo pomembno, da je operater IR kamere usposobljen in zna pravilno interpretirati termografske posnetke

2.4 Obdelava posnetkov v programu IC IR

Sledeči termogrami obravnavane stavbe so bili posneti 3. 3. 2014 ob 4:00 pri zunanji temperaturi $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Najbolj uporabni termografski posnetki se opravljajo, ko je moč sončnega sevanja ali drugega odboja sevanja na snemalne površine najmanjša.

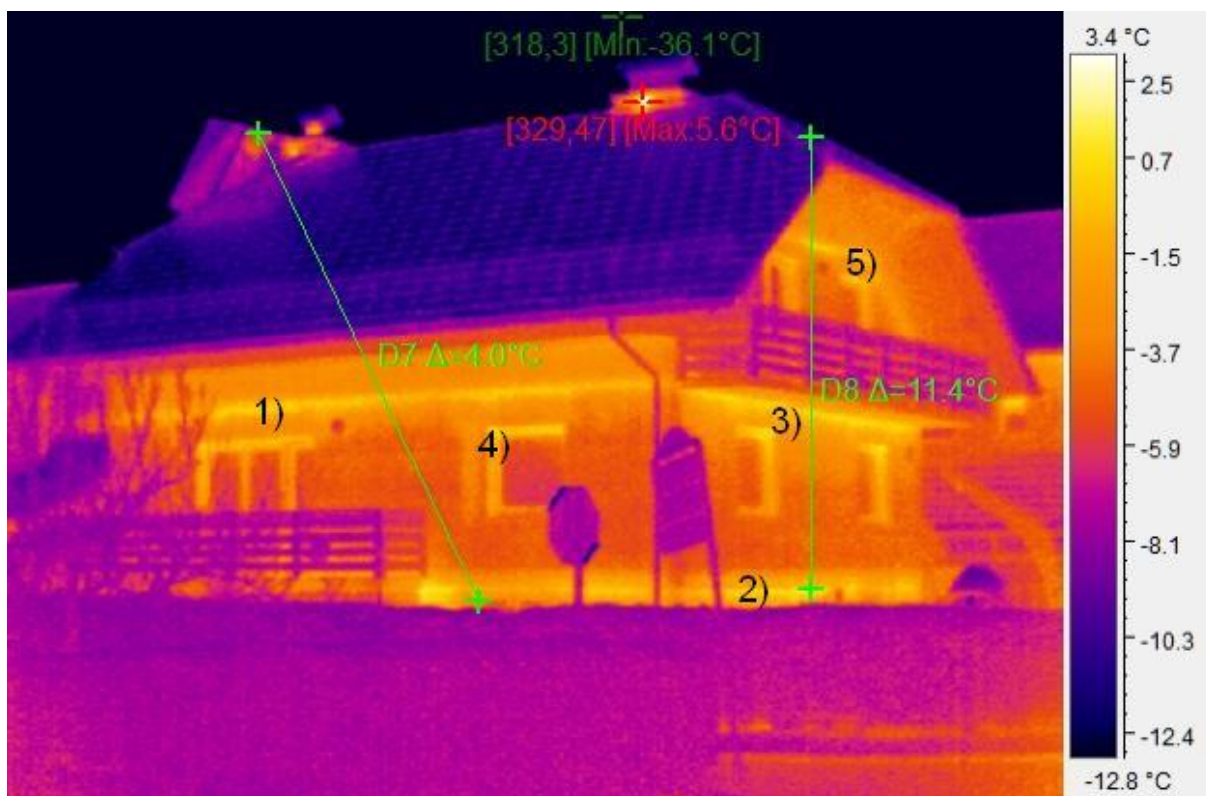
Za analizo in obdelavo termogramov sem uporabil program IC IR [6].

Osnovne funkcije programa so:

- določitev temperature predmetov v vsaki točki,
- avtomatsko iskanje najtoplejše in najhladnejše točke,
- popravljanje merilnih parametrov (emisivnost, zunanja temperatura, relativna vlaga okolice ...),
- izdelava linijskih profilov (izdelava grafov temperature v odvisnosti od točke na črti profila),
- določitev relativne spremembe temperature po poljubno narisani črti,
- izdelava termografskega poročila.

Pri obdelavi termogramov sem prilagodil kontrast in svetlost, določil točke z maksimalno in minimalno temperaturo in določil spremembo temperature po določeni črti.

2.5 Analiza termograma



Slika 5: Termogram severne in vzhodne strani

Na tem termogramu najdemo vsaj 5 konstrukcijskih toplotnih mostov. Po pričakovanjih najdemo maksimalno temperaturo na dimniku. Minimalna temperatura je v tem primeru povsem nerelevantna.

Opisi označenih toplotnih mostov, ki so razvidni iz posnetka (toplejša območja):

- 1) Je linijski TM, ki je nastal zaradi nepravilne rešitve detajla naleganja plošče na zunanjo steno. V tem primeru je jasno razvidna lega plošče v nadstropju. TM je nastal, ker je sloj toplotne izolacije prekinjen, saj plošča nalega preko »Lendaporja« na zunanjo steno iz porolita. Pravilna izvedba bi bila takšna, da bi plošča nalegala le na opečne zidake, toplotna izolacija (Lendapor) pa bi potekala neprekinjeno po vsej površini.
- 2) Linijski TM na podzidku (pogovorno »cokel«). Podzidek je v celoti neizoliran del zunanjega zidu in tudi zato je površina podzidka precej toplejša od ostalih površin zidu. Ta vrsta izvedbe je bila v času gradnje povsem običajna, dandanes pa se podzidke vselej toplotno izolira.

- 3) Linijski TM pod balkonsko ploščo. TM je nastal zaradi prekinjenega sloja toplotne izolacije. V času gradnje je bila to verjetno edina smiselna rešitev, sedaj pa te vrste TM lahko rešimo vsaj na dva različna načina. Prvi način je obložitev celotne balkonske plošče s slojem toplotne izolacije. Ta možnost je zelo neracionalna. Drugi način pa je uporaba specialnih izoliranih stenskih elementov za montažo betonskih plošč. Lahko pa izvedemo tudi samostoječe balkone, ki se točkovno sidrajo v objekt.
- 4) To je geometrijski TM saj se mu ne moremo izogniti. Lahko ga le omilimo. V tem primeru gre za popolnoma nova okna s troslojnim toplotnozaščitnim steklom, a vendar vidimo, da je okvir okna toplejši od okoliške temperature stene. Če si podrobneje ogledamo termogram omenjenega okna, opazimo da je toplotni tok povečan tudi tam, kjer so stekla pritrjena na okvir, saj jih povezuje kovinski distančnik. Poglavitna izguba toplotne energije pa se zgodi na toplotnem mostu v špaletah, ki niso izolirane. Omilitev toplotnega toka v tem primeru se torej izvede z dodatno toplotno izolacijo (npr. EPS od 2–5 cm) na zunanem delu špalet, kar pa privede tudi do zmanjšanja svetle odprtine.
- 5) Linijski TM na mestu naleganja strešne plošče na zunanjo steno (porolit). Rešitev je podobna, kot v točki 1). Ker pa je napušč, ki je nad ploščo, neizoliran in je podstreha neizrabljena, imamo dve možnosti pravilne rešitve detajla. Prva rešitev je namestitev toplotno izolacijskega sloja po celotni zgornji površini strešne plošče. Druga in tudi cenovno bolj upravičena rešitev pa je kontinuirna namestitev sloja toplotne izolacije vertikalno naprej po zunanjih stenah vse do strešne izolacije. Ta rešitev je primernejša ter lažje izvedljiva in cenovno ugodnejša zaradi manjše površine izolacije.



Slika 6: Termogram frčad (zahod)

Na termogramu zahodnega dela strehe najdemo kombiniran TM na zgornji frčadi nad in okoli oken. Toplotni tok je povečan okoli roženikov, prav tako pa vidimo tudi na drugih mestih lokalno povečan toplotni tok. V tem primeru lahko trdimo, da je toplotna izolacija nekakovostno nameščena, to pomeni, da se pojavljajo v sloju toplotne izolacije špranje in prazni prostori. Za primerjavo lahko opazujemo spodnjo frčado, kjer vidimo, da je na materialih iste vrste barva konstantna po celotni površini, saj je TI položena kakovostneje.

2.6 Analiza toplotnih mostov

Toplotne mostove sem si podrobno ogledal na termogramih in določil njihove lokacije. Za računsko analizo sem uporabil program TEDI [12] in TOST [11]. Sicer pa obstaja še veliko drugih programov, kot so Energija 2010 podjetja KanufInsulation d.o.o. [14], ArchiMAID od podjetja Fibrans d.o.o. [15], Gradbena Fizika Urša 4.0. od podjetja URSA SLOVENIJA d.o.o. [13], THERM razvit v nacionalnem laboratoriju Lawrence Berkeley [16].

Uporaba programov TEDI in TOST je opisana v naslednjem poglavju. Program THERM je primeren za modeliranje dvodimenzionalnih toplotnih mostov in omogoča simuliranje temperature na lokalnih mestih, kar omogoča predvidevanje težav s kondenzacijo vodne pare. Ostali omenjeni programi pa so v prvi vrsti namenjeni izdelovanju elaborata gradbene fizike in energetskih izkaznic.

Sprva sem se želel lotiti modeliranja toplotnih mostov (TM) v programu THERM, ki je namenski program za modeliranje prehoda toplote skozi predmete. Ker pa je program zelo obsežen in zahteven, smo se glede na omejitve diplomske naloge odločil za programa TEDI in TOST, ki sta nekoliko bolj uporabniško prijazna. Verziji programa, ki sem ju dobil na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, sta namenjeni za uporabo pri diplomskih nalogah.

Iz termografskega posnetka sem ugotovil, da plošča nalega preko nosilnih zidakov na zunanji porolit. To pomeni, da je sloj TI prekinjen. Torej sem zahvaljujoč termografskemu posnetku v izračunih upošteval koeficiente ψ za ta TM.

2.7 Modeliranje in računanje s programoma TEDI in TOST

Programa sta bila razvita na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Uporabljata se tako za študijske kot za poslovne namene, saj program uporablja tudi podjetje Fragmat. Izdelana sta v programskem okolju Office Excel. Uporabniško sta zelo prijazna, saj uporabnik vse podatke vnaša v okna, ki so dobro označena. Vsako okno je podrobneje razloženo tudi v priloženih navodilih za program. V programskih navodilih so podani tudi nekateri koeficienti, katere bi bilo sicer potrebno razbrati iz standardov ali pa jih izračunati. TEDI je v osnovi namenjen izračunu faktorja toplotne prehodnosti K_S oziroma U -faktor. Toplotna prehodnost nam pove, kolikšen toplotni tok $P(W)$ preteče pri stacionarnih pogojih skozi K_S površine $1m^2$ pri temperaturni razliki $1 K$ na obeh straneh zidu. TOST pa je nekakšna nadgradnja TEDI-ja. V TOST-u med drugim uporabimo tudi podatke o toplotni prehodnosti konstrukcijskih sklopov (U -faktorjih). Cilj programa je izračunati podatke o energijskih lastnostih obravnavane stavbe oz. izračunati samo toplotno bilanco stavbe.

3 Izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov s programom TEDI

Robni pogoji za vrste KS se po pravilniku razlikujejo glede na posamezni KS. Razlikujejo se v projektnih vrednostih temperatur pozimi in poleti (te vrednosti so posebej podane v nadaljevanju pri opisih KS). Stavba se glede na njeno vrsto po pravilniku uvršča med stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19 °C oziroma poleti hlajene pod 26 °C. Je neklimatizirana stavba in brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare.

Robni pogoji, ki veljajo pri vseh KS so:

Preglednica 1: Robni pogoji – difuzijsko navlaževanje – zima

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima – projektne vrednosti</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C)</i>	Odvisno od vrste KS
<i>Temperatura notri (°C)</i>	20
<i>Relativna vlažnost zunaj (%)</i>	90
<i>Relativna vlažnost notri (%)</i>	60

Preglednica 2: Robni pogoji – difuzijsko navlaževanje – poletje

<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje – projektne vrednosti</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C)</i>	Odvisno od vrste KS
<i>Temperatura notri (°C)</i>	18
<i>Relativna vlažnost zunaj (%)</i>	65
<i>Relativna vlažnost notri (%)</i>	65

Preglednica 3: Robni pogoji – površinska upornost

<i>Zunanja površinska upornost R_{se} (m^2K/W)</i>	0,13
<i>Zunanja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)</i>	Odvisno od vrste KS

V tem programu sem določil faktorje toplotne prehodnosti za naslednje KS:

- tla na terenu,
- medetažna plošča,
- zunanja stena pod terenom,
- zunanja stena nad terenom,
- streha,
- strop (streha) v shrambi.

Sestava in rezultati posameznega KS so podrobno opisani v prilogah.

4 Rezultati v programu TEDI

V naslednjih poglavjih so podani rezultati v obliki šestih preglednic. Sestava posameznih KS je podrobneje podana v prilogah c), d), e), f), g), h), i).

4.1 Tla na terenu

Sestava KS:

Preglednica 4: Sestava KS (tla na terenu)

MATERIAL	DEBELINA [m]
Hrastov parket	0,03
Keramzit betoni	0,05
Fragmat bitem	0,01
Betoni iz kamnitega agregata	0,1

Tla na terenu se po 9. členu PURES-a 2010 glasijo: strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom.

Preglednica 5: Robni pogoji – tla na terenu

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	10
<i>Računska temperatura zunaj (°C)</i>	10
<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	10
<i>Zunanja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)</i>	0,00

Račun difuzije vodne pare ni potreben (21. člen pravilnika PURES 2010).

Rezultati računa toplotne prehodnosti KS:

Preglednica 6: U faktor – tla na terenu

$U_{izračunani} = 2,393 W/m^2K$	$U_{max} = 0,350 W/m^2K$
---------------------------------	--------------------------

Toplotna prehodnost KS ne ustreza trenutno veljavnim pravilnikom (PURES 2010).

4.2 Zunanja stena pod terenom

Sestava KS:

Preglednica 7: Sestava KS (zunanja stena pod terenom)

MATERIAL	DEBELINA [m]
Podaljšana apnena malta	0,01
Bloki iz lahkega betona z dvema vrstama odprtin	0,3
Fragmat Bitem	0,01
Fasadne plošče, glazirane	0,03

Zunanja stena pod terenom se po 9. členu PURES-a 2010 glasi: zunanja stena proti terenu in strop proti terenu.

Preglednica 8: Robni pogoji – zunanja stena pod terenom

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	–16
<i>Računska temperatura zunaj (°C)</i>	10
<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	10
<i>Zunanja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)</i>	0,00

Račun difuzije vodne pare ni potreben (21. člen pravilnika PURES 2010).

Rezultati računa toplotne prehodnosti KS:

Preglednica 9: U faktor – zunanja stena pod terenom

$U_{izračunani} = 1,233 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$
--	---

Toplotna prehodnost KS ne ustreza trenutno veljavnim pravilnikom (PURES 2010).

4.3 Medetažna plošča

Sestava KS:

Preglednica 10: Sestava KS (medetažna plošča)

MATERIAL	DEBELINA [m]
Hrastov parket	0,03
Keramzit betoni	0,05
Fragmat EPS 100	0,05
Betoni iz kamnitega agregata	0,15
Podaljšana apnena malta	0,005

Medetažna plošča se po 9. členu PURES-a 2010 glasi: stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori.

Preglednica 11: Robni pogoji – medetažna plošča

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	–16
<i>Računska temperatura zunaj (°C)</i>	–16
<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	18
<i>Zunanja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)</i>	0,13

Račun difuzije vodne pare ni potreben (21. člen pravilnika PURES 2010).

Rezultati računa toplotne prehodnosti KS:

Preglednica 12: U faktor – medetažna plošča

$U_{izračunani} = 0,524 W/m^2K$	$U_{max} = 1,350 W/m^2K$
---------------------------------	--------------------------

Toplotna prehodnost KS ustreza sedanjim, kakor seveda tudi nekdanjim pravilnikom.

4.4 Zunanja stena nad terenom

Sestava KS:

Preglednica 13: Sestava KS (zunanja stena nad terenom)

MATERIAL	DEBELINA [m]
Podaljšana apnena malta	0,01
Mrežasti opečni votlak	0,3
Fenolne plošče rezane iz blokov	0,05
Vertikalna zračna plast višine do 3 m	0,05
Porolit	0,07
Malta demit	0,01
Timfas akril	0,001

Zunanja stena nad terenom se po 9. členu PURES-a 2010 glasi: zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom.

Preglednica 14: Robni pogoji – zunanja stena nad terenom

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	–16
<i>Računska temperatura zunaj (°C)</i>	–10
<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	18
<i>Zunanja površinska upornost Rsi (m²K/W)</i>	0,04

Računska količina kondenzirane vodne pare:

Preglednica 15: Količina vodne pare – zunanja stena nad terenom

<i>q_{m'} – letni izsuševalni čas (kg/m²h)</i>	0,000142
<i>q_{mz'} – zimski izsuševalni čas (kg/m²h)</i>	0,204

Rezultati računa toplotne prehodnosti KS:

Preglednica 16: U faktor – zunanja stena nad terenom

$U_{izračunani} = 0,381 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$
--	---

Toplotna prehodnost KS ne ustreza trenutno veljavnim pravilnikom (PURES 2010).

4.5 Streha

Sestava KS:

Preglednica 17: sestava KS (streha)

MATERIAL	DEBELINA [m]
Podaljšana apnena malta	0,005
Betoni iz kamnitega agregata	0,15
PVC folija, parna zapora	0,001
Mineralna in steklena volna	0,25
Sekundarna kritina Knauf Insulation	0,001
Horizontalna zračna plast	0,12
Strešnik	0,03

Streha se po 9. členu PURES-a 2010 glasi: strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom.

Preglednica 18: Robni pogoji – streha

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	10
<i>Računska temperatura zunaj (°C)</i>	5
<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	18
<i>Zunanja površinska upornost R_{si} ($\text{m}^2\text{K/W}$)</i>	0,04

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

Rezultati računa toplotne prehodnosti KS:

Preglednica 19: U faktor – streha

$$U_{izračunani} = 0,158 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{max} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Toplotna prehodnost KS ustreza sedanjim, kakor seveda tudi nekdanjim pravilnikom.

4.6 Strop (streha) v shrambi

Sestava KS:

Preglednica 20: Sestava KS (strop v shrambi)

MATERIAL	DEBELINA [m]
Podaljšana apnena malta	0,03
Betoni iz kamnitega agregata	0,15

Strop oziroma streha v shrambi se po 9. členu PURES-a 2010 glasi: strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom.

Preglednica 8: Robni pogoji – tla na terenu

<i>Difuzijsko navlaževanje – zima</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	–16
<i>Računska temperatura zunaj (°C)</i>	–10
<i>Difuzijsko navlaževanje – poletje</i>	
<i>Temperatura zunaj (°C) – projektna vrednost</i>	18
<i>Zunanja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)</i>	0,04

Zgrešena zasnova KS, nastanek kondenza na notranji površini.

Rezultati računa toplotne prehodnosti KS:

Preglednica 21: U faktor – streha (strop) v shrambi

$U_{izračunani} = 3,719 W/m^2K$	$U_{max} = 0,350 W/m^2K$
---------------------------------	--------------------------

Toplotna prehodnost KS ne ustreza trenutno veljavnim pravilnikom (PURES 2010).

5 Komentar rezultatov v programu TEDI

Kot omenjeno so robni pogoji določeni z varnostnimi faktorji. To pomeni, da vrednosti robnih pogojev niso stalno takšne, kot so uporabljene v računih, ampak so večinoma milejše.

Ugotovitve in sklepi:

- Tla na terenu in Zunanja stena pod terenom:

Ta dva konstrukcijska sklopa (KS) ne odgovarjata PURES-u 2010, ker ne vsebujeta sloja toplotne izolacije (TI). Za ustreznost teh slojev je potrebno dodati sloj TI, zato, da zmanjšamo faktor toplotne prehodnosti U (npr. predlagamo ekstrudiran polistiren (XPS) debeline 10 cm).

- Zunanja stena nad terenom:

Ta KS je zasnovan z zračno plastjo, ki naj bi bila prezračevana. To prezračevanje pa dejansko ni izvedeno pravilno, torej je zračna plast zaprta in prezračevanje ne deluje.

V tem primeru nam izračun pove, da prihaja do kondenzacije vodne pare, ampak na obravnavni stavbi ni nikakršnega znaka stalne vlage v zunanji steni (»fasadi«) in pravtako ni znakov plesni. To si lahko razlagamo s tem, da so v izračunih upoštevani varnostni faktorji, stopnja vlažnosti znotraj in zunaj, doba navlaževanja in izsuševanja, višja notranja temperatura, ki so v tem primeru najverjetnejši razlog, da v izračunih pride do kondenzacije, dejansko pa te kondenzacije ni, saj dejanske vrednosti niso stalno enake predpostavljenim. Vidimo, da morebitne napačne predpostavke s strani projektantov ne pomenijo vedno, da skonstruirani KS ne bo funkcioniral v skladu z zahtevami.

Ta KS ne odgovarja zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, zato smo ga spremenili v ustreznega z dodatnim slojem ekstrudiranega polistirena debeline 10 cm na zunanjem delu prereza zunanje stene nad terenom. Primer je ponovno izračunan s programom TEDI in je priložen v prilogah. Izračun sicer pokaže, da kondenz nastaja prav v tem dodatnem sloju, vendar je čas potreben za izsuševanje krajši, od obdobja v katerem je možno izsuševanje in posledično je KS ustrezen. Vseeno dodatno predlagamo tudi parno zaporo na notranji strani prereza zunanje stene nad terenom.

- Strop (streha) v shrambi

Ta KS ne odgovarja PURES-u 2010, ker ne vsebuje sloja TI. Za ustreznost tega KS je potrebno dodati sloj TI, npr. predlagamo ekstrudiran polistiren (XPS) debeline 10 cm. Izveden KS ne vsebuje sloja hidroizolacije (HI), ta pa tudi ni potreben, saj je nad stropom shrambe zgrajen nadržestšek tlorisno večjih dimenzij od shrambe.

Torej bi za ustreznost tega sloja PURES-u 2010 bilo potrebno dodati sloj TI, HI in parno zaporo.

Ugotovljeno je, da nekateri KS zelo odstopajo od dovoljenih maksimalnih vrednosti. Največje odstopanje smo dobili pri stropu (strehi) v shrambi, in sicer je izračunani U faktor za 10,6 krat večji od dovoljenega. Za takšno odstopanje je možnih več razlogov, morda premalo pozornosti v času projektiranja, varčevanje z denarjem, še najbolj verjetno pa je, da so se povsem spremenili normativi gradnje. Odstopanja v izračunanih vrednostih zasledimo tudi v zunanji steni pod terenom (4,11 krat večji U faktor od dovoljenega), zunanji steni nad terenom (1,36 krat večji U faktor od dovoljenega) in v tleh na terenu (6,84 krat večji U faktor od dovoljenega).

Standardom pa ustrežata KS strehe in medetažne plošče. Ta dva rezultata pričakovano zadoščata PURES-u 2010, saj je bila streha obnovljena leta 2013, medetažna konstrukcija pa ima višjo vrednost največjega dovoljenega U faktorja.

6 Izračun toplotne bilance s programom TOST

S tem programom sem izračunal porabo energije v obravnavanem objektu. Toplotne mostove sem upošteval s standardoma EN SIST 13789/SIST EN ISO 14683 [4]. V programu so upoštevani linijski TM, medtem ko so točkovni TM zanemarjeni. Za upoštevanje linijskih TM je potrebno za vsak TM posebej vnesti njegovo dolžino in koeficient linijske toplotne prehodnosti ψ .

Program zahteva kar nekaj podatkov o obravnavani stavbi, ki so prikazani v prilogah.

Nekaj pomembnejših podatkov, ki jih je potrebno vnesti v program:

- ogrevana prostornina obravnavane stavbe,
- sistem ogrevanja vode in stanovanja,
- sistem prezračevanja,
- sistem senčenja,
- koordinate lokacije stavbe,
- vrednosti toplotnih prehodnosti posameznih elementov ovoja stavbe (prozorni in neprozorni deli),
- določitev karakteristik posameznih ogrevanih oziroma neogrevanih con.

Za izračun vpliva toplotnih mostov na porabo ogrevanja smo izdelali dve varianti v programu TOST. Najprej smo izračunali energijske lastnosti z upoštevanjem TM. V tem primeru smo koeficiente ψ razbrali iz standarda SIST EN ISO 14683, kjer so le-ti določeni za vse najpogostejše vrste KS. Pri drugi varianti smo prav tako izbrali enak način upoštevanja toplotnih mostov (EN SIST 13789/SIST EN ISO 14683), vendar nismo vnašali vrednosti dolžin in koeficientov ψ . Tako smo v obravnavani stavbi prišli do različnih vrednosti v energijskih lastnostih, glede načina upoštevanja vpliva TM.

7 Rezultati v programu TOST

V tabeli 22 so predstavljeni rezultati izračunov v programu TOST in največje dovoljene vrednosti po PURES 2010 [2]. V stolpcu + TM so rezultati, ki upoštevajo vplive toplotnih mostov, v stolpcu – TM pa so rezultati, ki ne upoštevajo vplivov toplotnih mostov.

Preglednica 22: Rezultati v TOST-u

	Največji dovoljen	+ TM	- TM
		Izračunan	Izračunan
<i>Koeficient specifičnih transmisijih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m²K]</i>	0,39	0,63	0,53
<i>Letna raba primarne energije Q_p [kWh]</i>	68.793	42.443	35.889
<i>Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]</i>	17.128	28.570	23.609
<i>Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – stanovanjska stavba</i>			
<i>Q_{NH}/A_U [kWh/m²a]</i>	57,87	96,52	79,76
<i>Q_{NH}/V_e [kWh/m³a]</i>	/	38,82	32,08
<i>Kazalniki letne rabe primarne energije za delovanje sistemov</i>			
<i>Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe Q_p/A_u [kWh/m²a]</i>	/	143,39	121,25
<i>Kazalniki letnih izpustov CO₂ zaradi delovanja sistemov</i>			
<i>Letni izpusti CO₂ [kg]</i>	/	10.225	8.646
<i>Letni izpusti CO₂ na enoto uporabne površine stavbe [kg/m²a]</i>	/	34,54	29,21

7.1 Primerjava rezultatov z upoštevanjem toplotnih mostov in brez upoštevanja toplotnih mostov

V tabeli 23 je izvedena primerjava izračunanih vrednosti s in brez upoštevanja toplotnih mostov. Razlika v izračunanih vrednostih je izražena v procentih.

Preglednica 23: Primerjava rezultatov

	+ TM	-TM	Razlika
	Izračunan	Izračunan	[%]
<i>Koeficient specifičnih transmisijkih toplotnih izgub stavbe H_r' [W/m²K]</i>	0,63	0,53	15,9
<i>Letna raba primarne energije Q_p [kWh]</i>	42.443	35.889	15,4
<i>Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]</i>	28.570	23.609	17,4
<i>Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – stanovanjska stavba</i>			
<i>Q_{NH}/A_u [kWh/m²a]</i>	96,52	79,76	17,4
<i>Q_{NH}/V_e [kWh/m³a]</i>	38,82	32,08	17,4
<i>Kazalniki letne rabe primarne energije za delovanje sistemov</i>			
<i>Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe Q_p/A_u [kWh/m²a]</i>	143,39	121,25	15,4
<i>Kazalniki letnih izpustov CO₂ zaradi delovanja sistemov</i>			
<i>Letni izpusti CO₂ [kg]</i>	10.225	8.646	15,4
<i>Letni izpusti CO₂ na enoto uporabne površine stavbe [kg/m²a]</i>	34,54	29,21	15,4

8 Komentar rezultatov v programu TOST

Izračuni programa TOST, temeljijo na izračunanih U faktorjih s programom TEDI. Zato so posledično tudi vrednosti, ki jih dobimo v programu TOST večje od dovoljenih. Letna potrebna toplota za ogrevanje dovoljeno vrednost presega za 1,7 krat. Prav tako je presežena vrednost koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' , in sicer za 1,6 krat. Ker pa obravnavni objekt ogreva vodo tudi z obnovljivimi viri energije, t.j. sončnimi kolektorji, letna raba primarne energije ne presega dovoljenih vrednosti.

9 ZAKLJUČEK

Zakoni in standardi so se tekom življenjske dobe obravnavnega objekta spreminjali. Stavba danes ne odgovarja trenutno veljavnim zahtevam. Očitna je premajhna debelina TI na določenih KS in toplotni mostovi na stavbnem ovoju.

Izkazalo se je, da so izračuni, ob hkratni analizi termografskih posnetkov, zelo pomembni. V našem primeru zagotovo ne bi upoštevali pravega koeficienta ψ za detalj, kjer se križata zunanja stena nad terenom in medetažna plošča. Na tem mestu smo morali upoštevati, da je sloj TI prekinjen, saj medetažna plošča nalega na zunanji sloj porolit. Kot je razvidno iz termogramov, je ravno ta TM eden večjih na obravnavani stavbi (28 m dolg linijski toplotni most), zato bi bila računaska napaka v tem primeru znatna.

Povezava med termografskimi posnetki in dejanskimi računi nam lahko služi kot učinkovito orodje pri izdelavi energijske analize stavbe za osebo, ki želi ugotoviti, kje ima možnosti zmanjšati stroške, pri obratovanju določene stavbe. Najprej izdelamo termogram na katerem so jasno razvidni povečani toplotni tokovi oz. »izgube energije«. S pomočjo termograma določimo koeficiente ψ , ki jih uporabimo v računu. Naredimo podoben izračun stroškov samih TM, kot v tej diplomski nalogi, in tako ima oseba hkrati vpogled v vizualno in mehansko obnašanje stavbe. Dodatno imamo, v primeru kasnejše izvedbe energetske sanacije stavbe, možnost primerjati termografske posnetke saniranega in prejšnjega stanja med seboj. Tako imamo dejansko vizualen pregled nad učinkom izvedene energetske sanacije, prav tako pa imamo možnost tudi primerjati same stroške za obratovanje stavbe (primerjava med višino stroškov pred in po energetske sanaciji).

Pri analizi KS smo se podrobneje ustavili pri zunanji steni nad terenom. Na tem delu konstrukcije prihaja do kondenzacije za HI slojem, kar seveda ni dopustno. Kot omenjeno se v času gradnje s tem detajlom ni nihče vznemirjal oziroma, morda niso imeli pravega računalniškega orodja ali drugega znanja. Problem pri tem detalju pa obstaja tudi danes, ko imamo »poznavalce«, ki prisegajo na KS brez parnih zapor, pa čeprav so le-te nujno potrebne.

Izračuni toplotnih prehodnosti posameznih KS so pokazali, da je U-faktor z ozirom na današnje zahteve ustrezen le v dveh KS (streha in medetažna plošča). Pričakovano KS strehe ustreza pravilniku (PURES 2010), saj je bila streha obnovljena leta 2013 in ob tem izolirana z 20 cm kamene volne. Prav tako je KS medetažne plošče glede toplotne prehodnosti ustrezen, kar kaže na to, da se v tem KS zahteve niso bistveno spremenile. Največje odstopanje od pravilnika (PURES 2010) nastane v tleh na terenu. Tukaj je odstopanje 2,043 W/m²K oziroma

85,4 %, ker tla v obravnavani stavbi niso toplotno izolirana. Pri zunanji steni nad terenom pa bi zagotovo zadostovalo že dodatnih 5 cm TI, saj U-faktor od dovoljene vrednosti odstopa le minimalno.

Letna potrebna primarna energija ne presega dovoljenih vrednosti. Dovoljene vrednosti pa presegata koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' (za 15,9%) in letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (za 17,4%).

Vpliv toplotnih mostov (TM) na porabo energije je izračunan v tabeli 10. TM na obravnavanem objektu obsegajo 15–17 % skupne porabljene energije za delovanje stavbe. Letna raba primarne energije samo zaradi vpliva TM znaša 6.554 kWh. Kar v našem primeru, ko je stavba ogrevana s kurilnim oljem, znaša 665 €/leto. Znesek je izračunan na podlagi neto kalorične vrednosti (kurilnosti) kurilnega olja, zato se moramo zavedati, da je končni znesek zagotovo nekaj nad 700 €/leto, saj moramo upoštevati tudi sam izkoristek ogrevalnega sistema [9, 10].

Računska analiza je pokazala, da je na obravnavanem objektu veliko možnosti za prihranek energije pri obratovanju objekta. Pri morebitni energetske sanaciji objekta bi zelo zmanjšali tudi ogljični odtis obratovanja objekta in bi bila stavba okolju prijaznejša.

Pravilno načrtovanje in strokovna izvedba detajlov imata zelo velik pomen, tako pri stroških obratovanja objekta kot tudi pri samem prispevanju ogljičnega odtisa.

VIRI

[1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Ur. l. EU 153/13. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX:32010L0031> (Pridobljeno 1. 8. 2014.)

[2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 10. 8. 2014.)

[3] Tehnična smernica.
http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 10. 8. 2014.)

[4] Standardi:

SIST EN ISO 13790:2008 – Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov (ISO 13790:2008) – Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)

SIST EN 13187:2000 – Toplotne značilnosti stavb – Kvalitativno zaznavanje toplotnih nepravilnosti v ovoju zgradbe – Infrardeča metoda (ISO 6781:1983, spremenjen) – Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method (ISO 6781:1983 modified)

SIST EN ISO 13789:2000 – Toplotne značilnosti delov stavb – Specifične toplotne izgube zaradi prehoda toplote – Računska metoda (ISO 13789:1999) – Thermal performance of buildings – Transmission heat loss coefficient – Calculation method (ISO 13789:1999),

SIST EN ISO 14683:2007 – Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values

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

- [5] Kuhar, S., 2014. Arhitekturna zasnova stanovanjske stavbe v Šenčurju. Osebna komunikacija. (1. 8. 2014.)
- [6] Trotec. 2014. Aplikacija: Trotec IR Wizzard V 2.3.5.
- [7] Malovrh, M., Obrežen, D., Pogačnik, J., Šijanec Zavrl, M., Repič, K. Gradbeni inštitut ZRMK - Gradbeni center Slovenije. Toplotni mostovi. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-11.PDF> (Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [8] Težak, B. 2014. Termografija v gradbeništvu. Skripta s predavanja na temo termografije v gradbeništvu.
- [9] Petrol. Cenik elektrike. <http://www.petrol.si/za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava> (Pridobljeno 28. 8. 2014.)
- [10] Geosonda. Kurilne vrednosti energentov. <http://www.geosonda.com/toplotna-crpalka/kurilne-vrednosti-energentov> (Pridobljeno 28. 8. 2014.)
- [11] Krainer A., Perdan, R., Jereb, S. 2014. Program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1004:2010. Aplikacija: TOST. Ljubljana, UL FGG
- [12] Perdan, R., Krainer, A. 2014. Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. Aplikacija: TEDI. Ljubljana, UL FGG
- [13] RAISA Računalniški inženiring, Metod Saje s.p. v sodelovanju z URSA SLOVENIJA d.o.o., URSA SLOVENIJA d.o.o., Tehnična komerciala. Aplikacija: Gradbena fizika URSA. Novo mesto
- [14] Medved, S., Arkar, C., Štuklje, T., KNAUFISULATION d.o.o. 2014. Aplikacija: Energija 2010. Škofja Loka.
- [15] FIBRAN NORD d.o.o. 2014. Aplikacija: ArchiMAID. Novo mesto
- [16] Two-Dimensional Building Heat-Transfer Modeling. University of California. Lawrence Berkeley National Laboratory. 2014. Aplikacija: THERM

PRILOGE

- A) Tost – z upoštevanjem TM
- B) Tost – brez upoštevanja TM
- C) Tedi – tla na terenu
- D) Tedi – zunanja stena pod terenom
- E) Tedi – medetažna plošča
- F) Tedi – zunanja stena nad terenom
- G) Tedi – streha
- H) Tedi – strop
- I) Tedi – predlagana zunanja stena nad terenom

A) Tost z upoštevanjem TM

IZKAZ ENERGIJSKIH LASTNOSTI STAVBE

za PGD + **TOPLONI MOSTOVI**

- za PGD
 izvedeno

Investitor (naziv oz. ime, naslov)	Zasebni		
Stavba	Enostanovanjska stavba		
Lokacija stavbe (naselje, ulica, kraj)	Šenčur Pipanova cesta 114		
Katastrska(e) občinate(e)	Šenčur		
Parcelna(e) številka(e):	parcela		
Koordinate lokacije stavbe (X, Y)	X = 123069 km	Y = 455762 km	
Vrsta stavbe	Šifra: 1111	Enostanovanjska stavba	
Etaznost (št. kleti, pritličje, št. nadstropij, mansarda...):	3		
Projektant	/		
Odgovorni vodja projekta (ime in priimek, strokovna izobrazba, osebni žig, podpis)	/		
Izdelovalec izkaza (naziv oz. ime, naslov)	Bojan Kuhar		
Izdelano na podlagi izkaza	/		
Datum izdelave izkaza	20.8.2014		
Izjavljam, da iz izkaza energijskih lastnosti stavbe izhaja, da stavba dosega predpisano raven učinkovitosti rabe energije.			
Podpis izdelovalca izkaza:			

Neto uporabna površina stavbe (za stanovanjske stavbe)	$A_{U,0}$ =	296,00	m ²
Kondicionirana prostornina stavbe	V_0 =	736,00	m ³
Površina toplotnega ovoja stavbe	A =	508,64	m ²
Oblikovni faktor	$f_0 = \dot{A}/A_0$ =	0,69	m ⁻¹
Temperaturni primanjkljaj (za ogrevanje DD ₂₀₁₂)	DD =	3500	K dni
Temperaturni presežek (za hlajenje)	DH =		K ur
Povprečna letna temperatura zunanega zraka T _L	T _L =	8,8	°C

T O S T

Izkaz energijskih lastnosti stavbe

KSKE diplome 2013/2014

Izkaz energijskih lastnosti stavbe

KSKE diplome 2013/2014

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE					
NEPROZORNI ELEMENTI					
Oznaka elementa (skladno s Prilogo 1 tabela 1)	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _i (W/m ² K)	U _i (W/m ² K)	U _i max (W/m ² K) (Pril.1 tab.1)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, 1. NC	Vert	25,20	0,381	0,381	0,280
6. Tla na terenu, 1. NC	Horiz	23,10	2,392	2,392	0,350
4. Stene med stanovanji, 1. NC → ST	Vert	37,48	0,381	0,381	0,700
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, OczOK	Vert	177,54	0,381	0,381	0,280
6. Tla na terenu, OczOK	Horiz	95,60	2,392	2,392	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne steha, OczOK	Horiz	161,54	0,158	0,158	0,200
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, OczOK → 1. NC	Vert	14,30	0,381	0,381	0,280
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, OczOK → NczNK	Vert	10,00	0,381	0,381	0,280
6. Tla na terenu, NczNK	Horiz	19,15	2,392	2,392	0,350
10. Strop proti neogrevanemu prostoru, ravne ali poševne steha, NczNK	Horiz	19,15	3,719	3,719	0,200
4. Stene med stanovanji, NczNK → ST	Vert	10,00	0,381	0,381	0,700

T O S T

Izkaz toplotnih karakteristik stavbe

KSKE diplome 2013/2014

TOPLOTNE PREHODNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE					
PROZORNI ELEMENTI					
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m ²)	U _{elementa} (W/m ² K)	U _{elementa} (W/m ² K)	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja, g
Zunanje okno 1. NC	Zahod	2,10	2,800	2,800	0,76
Zunanje okno OczOK	Jug	11,56	0,870	0,870	0,53
Zunanje okno OczOK	Sever	14,10	0,870	0,870	0,53
Zunanje okno OczOK	Vzhod	8,10	0,870	0,870	0,53
Zunanje okno OczOK	Zahod	15,90	0,870	0,870	0,53

T O S T

Izkaz toplotnih karakteristik stavbe

KSKE diplome 2013/2014

Zagotavljanje obnovljivih virov energije		Doseženo (%)	Izpoljeno (DA/NE)
Osnovni pogoji			
Najmanj 25% celotne končne energije je zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov			
Vir: Sončna energija			
Vir:		30%	%
Vir:		%	%
Vir:		%	%
Vir:		%	%
Skupaj		30%	DA
Izjeme, ki nadomeščajo pogoji			
Dolež končne energije za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode pridobljen na enega od naslednjih načinov			
- najmanj 25 odstotkov iz sončnega obsevanja			
- najmanj 30 odstotkov iz plinaste biomase			
- najmanj 50 odstotkov iz trdne biomase			
- najmanj 70 odstotkov iz geotermalne energije			
- najmanj 50 odstotkov iz toplote okolja			
- najmanj 50 odstotkov iz naprav SPTe z visokim izkoristkom v skladu s predpisom, ki ureja podpore električni energiji, proizvedeni v proizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom			
- je stavba najmanj 50 odstotkov oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja			
Dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine/volumna stavbe za najmanj 30 odstotkov nižja od mejne vrednosti			
Pri enostanovanjski stavbi je vgrajenih najmanj 6 m ² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/(m ² a)			
Kazalniki letne rabe primarne energije za delovanje sistemov			
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe (1 – stanovanjska stavba)		$Q_p/A_u =$	143,39 kWh/m ² a
Letna raba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine stavbe (2 – nestanovanjska stavba, 3 – javna stavba)		$Q_p/V_e =$	kWh/m ³ a
Kazalniki letnih izpustov CO₂ zaradi delovanja sistemov			
Letni izpust CO ₂			10,225 kg
Letni izpust CO ₂ na enoto uporabne površine stavbe (1 – stanovanjska stavba)			34,54 kg/m ² a
Letni izpust CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine stavbe (2 – nestanovanjska stavba, 3 – javna stavba)			kg/m ³ a

Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	- EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683		- EN SIST 13789 / EN ISO 10211		- s katalogi, računalniškimi simulacijami		- na poenostavljen način	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	$H_T =$	0,63 W/m ² K	$H_{T,max} =$	0,39 W/m ²	Največji dovoljen			
Letna raba primarne energije	$Q_p =$	42,443 kWh	$Q_{p,max} =$	68,793 kWh	Največji dovoljen			
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH} =$	28,570 kWh	$Q_{NH,max} =$	17,128 kWh	Največji dovoljena			
Letni potrebni hlad za hlajenje	$Q_{NC} =$	0 kWh	$Q_{NC,max} =$	20,720 kWh	Največji dovoljena			
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana							
1 – stanovanjska stavba	$Q_{NH}/A_u =$	96,52 kWh/m ² a	$(Q_{NH}/A_u)_{max} =$	57,87 kWh	Največji dovoljena			
	$Q_{NH}/V_e =$	38,82 kWh/m ³ a		-	Največji dovoljena			
	$Q_{NH}/A_u =$	kWh/m ² a		-	Največji dovoljena			
2 – nestanovanjska stavba	$Q_{NH}/V_e =$	kWh/m ³ a	$(Q_{NH}/V_e)_{max} =$	kWh	Največji dovoljena			
	$Q_{NH}/A_u =$	kWh/m ² a		-	Največji dovoljena			
3 – javne stavbe	$Q_{NH}/V_e =$	kWh/m ³ a	$(Q_{NH}/V_e)_{max} =$	kWh	Največji dovoljena			

KSKE diplome 2013/2014

Izkaz toplotnih karakteristik stavbe

T O S T

KSKE diplome 2013/2014

Izkaz toplotnih karakteristik stavbe

T O S T

B) Tost brez upoštevanja TM

Zagotavljanje obnovljivih virov energije		Izpolnjeno (DA/NE)
Osnovni pogoji	Doseženo (%)	
Najmanj 25% celotne končne energije je zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov	30%	<input checked="" type="checkbox"/>
Vir: Sončna energija	%	<input type="checkbox"/>
Vir:	%	<input type="checkbox"/>
Vir:	%	<input type="checkbox"/>
Vir:	%	<input type="checkbox"/>
Skupaj	30%	<input checked="" type="checkbox"/>
Izjeme, ki nadomeščajo pogoje		
Delež končne energije za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode pridobljen na enega od naslednjih načinov		
- najmanj 25 odstotkov iz sončnega obsevanja		
- najmanj 30 odstotkov iz plinaste biomase		
- najmanj 50 odstotkov iz trne biomase		
- najmanj 70 odstotkov iz geotermalne energije		
- najmanj 50 odstotkov iz toplote okolja		
- najmanj 50 odstotkov iz naprav SPTE z visokim izkoristkom v skladu s predpisom, ki ureja področje električne energije, proizvedeni v sorazvodni toplote in električne energije z visokim izkoristkom		
- je stavba najmanj 50 odstotkov oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja		
Dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine/volumna stavbe za najmanj 30 odstotkov nižja od mejne vrednosti		
Pri enostanovanjski stavbi je vgrajenih najmanj 6 m ² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/(m ² a)		

Kazalniki letne rabe primarne energije za delovanje sistemov	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe (1 – stanovanjska stavba)	$Q_{p}/A_{u} = 121,25$ kWh/m ² a
Letna raba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine stavbe (2 – nestanovanjska stavba; 3 – javna stavba)	$Q_{p}/V_{e} =$ kWh/m ³ a

Kazalniki letnih izpustov CO ₂ zaradi delovanja sistemov	
Letni izpusti CO ₂	8,646 kg
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine stavbe (1 – stanovanjska stavba)	29,21 kg/m ² a
Letni izpusti CO ₂ na enoto kondicionirane prostornine stavbe (2 – nestanovanjska stavba; 3 – javna stavba)	kg/m ³ a

Način upoštevanja vpliva toplotnih mostov	- EN SIST 13789 / SIST EN ISO 14683		<input checked="" type="checkbox"/>
	- EN SIST 13789 / EN ISO 10211		<input type="checkbox"/>
Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe	- s katalogi, računalniškimi simulacijami		<input type="checkbox"/>
	- na poenostavljen način		<input type="checkbox"/>
Letna raba primarne energije	Izračunan		Največji dovoljen
	$H_{T} = 0,53$ W/m ² K	$H_{T,max} = 0,39$ W/m ² K	
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{p} = 35.889$ kWh	$Q_{p,max} = 68.793$ kWh	
	$Q_{NH} = 23.609$ kWh	$Q_{NH,max} = 17.128$ kWh	
Letni potrebni hlad za hlajenje	$Q_{NC} = 0$ kWh	$Q_{NC,max} = 20.720$ kWh	
	Izračunana		Največja dovoljena
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_{u} = 79,76$ kWh/m ² a	$(Q_{NH}/A_{u})_{max} = 57,87$ kWh/m ² a	
	$Q_{NH}/V_{e} = 32,08$ kWh/m ³ a		
1 – stanovanjska stavba	$Q_{NH}/A_{u} =$ kWh/m ² a		
	$Q_{NH}/V_{e} =$ kWh/m ³ a		
2 – nestanovanjska stavba	$Q_{NH}/A_{u} =$ kWh/m ² a		
	$Q_{NH}/V_{e} =$ kWh/m ³ a		
3 – javne stavbe	$Q_{NH}/A_{u} =$ kWh/m ² a		
	$Q_{NH}/V_{e} =$ kWh/m ³ a		

C) Tedi – tla na terenu

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

Objekt:	Erstanovanjska stavba		
Investitor:	Zasebni		
Ulica, naselje:	Pipanova cesta 114		
Kraj:	Šenčur		
Katastrska(e) občina(e):	2119		
Parcelna(e) številka(e):	/		
Namembnost (stanovanjska, poslovna...):	Stanovanjska stavba		
Etaznost (net, pritličje, etaža, mansarda...):	3		
Konstruktivski sklop	Tla na terenu		
Projektivno podjele:	/	Odgovorni projektant:	/
Ident. št.:	/	Ident. št.:	/
Št. projekta:	/	Podpis:	/
Kraj:	/	Datum:	/

TEDI

Univerza i Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo in gradbeništvo, laboratorij za analizo in konstruktivne rešitve
Program za račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 10212:2002

FRAGMAT™

KSKE diplome 2013/2014

TEDI

KSKE diplome 2013/2014

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

TEDI

Univerza i Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo in gradbeništvo, laboratorij za analizo in konstruktivne rešitve
Program za račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 10212:2002

FRAGMAT™

Tla na terenu

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika 7. - Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)

Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika 1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hladne pod 26oC

Neklimatizirana / klimatizirana stavba 1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektna vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0	Računska temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektna vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² ·K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² ·K/W)	0,00

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	Hi	Tip
			m	kg/m ³	C	W/m K	μ		
1	79.0	hrastov parket	0,0300	700	1,670	0,210	15,0	1	
2	41.1	keramzit betoni	0,0500	1,400	1,000	0,580	10,0	1	
3	70.1	FRAGMAT BITEM	0,0100	1,100	1,050	0,170	1200,0	*	5
4	40.1	betoni iz kamnitega agregata	0,1000	2,500	980	2,330	90,0	1	

Tip: 1. - material po pravilniku, 2. - material po standardu, 3. - material z izjavo o skladnosti, 4. - material s sistemskim certifikatom ETA, 5. - material brez 1.4

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

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

Račun difuzije vodne pare ni potreben, 21. člen Pravilnika

TEDI

- 1 -

KSKE diplome 2013/2014

D) Tedi – zunanja stena pod terenom

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

Objekt:	Enostanovanjska stavba	
Investitor:	Zasebni	
Ulica, naselje:	Pipanova cesta 114	
Kraj:	Šenčur	
Katastrske(ə) občine(ə):	2119	
Parcelna(ə) številka(ə):	/	
Namembnost (stanovanjska, poslovna...):	Stanovanjska stavba	
Etažnost (klet, pritličje, etaža, mansarda...):	3	
Konstruktivski sklop	Zunanja stena pod terenom	
Projektivno podjetje:	Odgovorni projektant:	/
Ident. št.:	Ident. št.:	/
Št. projekta:	Podpis:	/
Kraj:	Datum:	/

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

TEDI	FRAGMAT
Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo, Katedra za stroje in konstrukcijske elemente Program za računalniško pomoč pri projektiranju, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni izolaciji in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211.1, in SIST 1025:2002	
Zunanja stena pod terenom	
Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	4. - Zunanja stena proti terenu in strop proti terenu
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19°C ali poleti hladne pod 26°C
Neklimatizirana / klimatisirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare
Difuzijsko navlaževanje - zima - projektna vrednost!	
Temperatura zunaj (°C)	-16,0
Temperatura notri (°C)	20,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	90
Relativna vlažnost notri (%)	60
Difuzijsko sušenje - poletje - projektna vrednost!	
Temperatura zunaj (°C)	10,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65
Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² ·K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² ·K/W)	0,00

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	Hi Tip
			m	kg/m ³	C	W/m K	μ	
1	18.3	podaljšana apnena malta	0,0100	1,900	1,050	0,990	25,0	1
2	12.2	blok iz lahkega betona z ovrtna votlina	0,3000	1,200	1,050	0,490	3,0	1
3	70.1	FRAGMAT BITEM	0,0100	1,100	1,050	0,170	1200,0	5
4	51.0	fasadne plošče, glazirane	0,0300	1,800	920	0,920	300,0	1

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

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

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

Račun difuzije vodne pare ni potreben; 21. člen Pravilnika

TEDI	FRAGMAT
Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo, Katedra za stroje in konstrukcijske elemente Program za računalniško pomoč pri projektiranju, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni izolaciji in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211.1, in SIST 1025:2002	

TEDI

KSKE diplome 2013/2014

- 1 -

KSKE diplome 2013/2014

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

TEDI **FRAGMAT**
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo
 Program za študij toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni izolaciji in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	18,4	18,3
2	18,3	10,7
3	10,7	10,0

$U_{zračnjeni} = 1,233 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ Δ $U_{max} = 0,300 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p (Pa)

Na stikih plasti	
Notranji zrak	Zunaj
2.337,0	
Številka plasti	
Notri	Zunaj
1	2.115,0
2	2.098,6
3	1.288,1
Zunanji zrak	1.227,0

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

Notranji zrak	1.402,2
Zunanji zrak	1.104,3

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q_{c1}	kg/m ² h
q_{c2}	kg/m ² h

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

X_v	%
$X_{v,max}$	%
$X_{v,dif}$	%
$X_{v,k}$	%

Izsuševanje KS
 Čas potreben za izsušitev KS dan
 Dolžina obdobja izsuševanja dan

KS ODGOVARJA

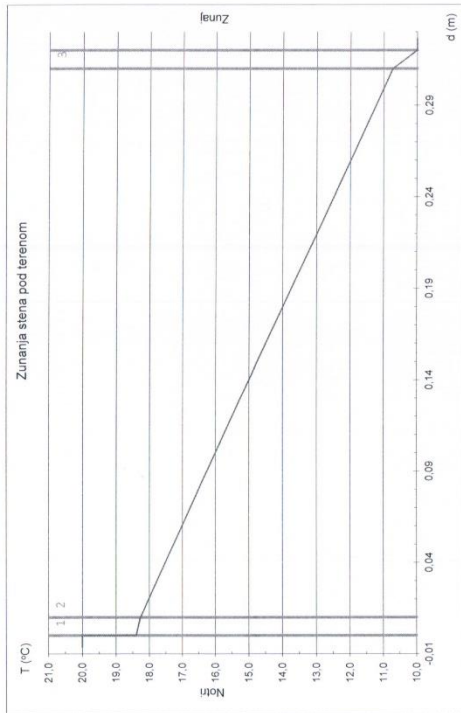
REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	36,05
Temperaturna zakasnitev	11,62 ura

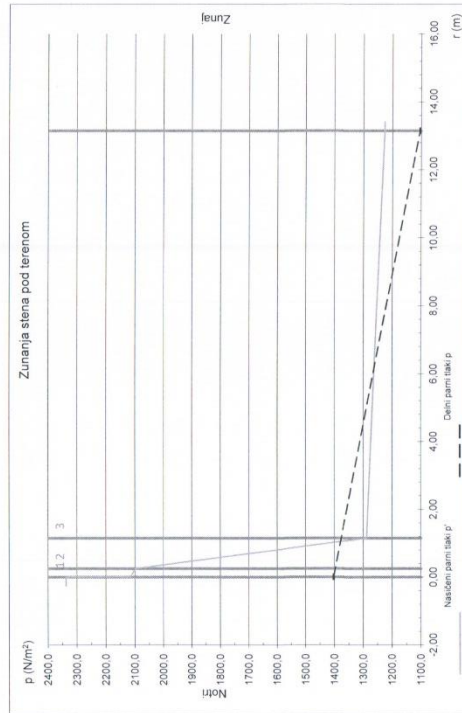
Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

TEDI **FRAGMAT**
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo
 Program za študij toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni izolaciji in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002

REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram



E) Tedi – medetažna plošča

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

Objekt:	Erostanovanjska stavba
Investitor:	Zasebni
Ulica, naselje:	Pipanova cesta 114
Kraj:	Šenčur
Katastrska(e) občina(e):	2119
Parcelna(e) številka(e):	/
Namembnost (stanovanjska, poslovna...):	Stanovanjska stavba
Etažnost (klet, pritličje, etaža, mansarda...):	3
Konstrukcijski sklop	Medetažna plošča

Projektivno podjetje:	/	Odgovorni projektant:	/
Ident. št.:	/	Ident. št.:	/
Št. projekta:	/	Podpis:	/
Kraj:	/	Datum:	/

TEDI
 Univerza Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjersko arhitekturo
 Program za račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS
 1980 in uobmočju nibe energije v stanovanj, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1032:2002

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

TEDI
 Univerza Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjersko arhitekturo
 Program za račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS
 1980 in uobmočju nibe energije v stanovanj, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1032:2002

Medetažna plošča

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika 5 - Stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori
 Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika 1 - Stavba s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hladne pod 26oC
 Neklimatizirana / Klimatizirana stavba 1 - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

<i>Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti</i>	
Temperatura zunanja (°C)	-16,0
Temperatura notri (°C)	20,0
Relativna vlažnost zunanja (%)	90
Relativna vlažnost notri (%)	60

<i>Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti</i>	
Temperatura zunanja (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunanja (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0,13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0,13

Št. plasti	Širina	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	$\frac{m^2}{h}$		
1	79,0	hrastov parket	0,0300	700	1,670	0,210	15,0	1	1
2	41,1	keramzit betoni	0,0500	1,400	1,000	0,580	10,0	1	1
3	124,3	FRAGMAT EPS 100	0,0500	20	1,260	0,037	35,0	3	3
4	40,1	betoni iz kamnitega agregata	0,1500	2,500	960	2,330	90,0	1	1
5	18,3	podaljšana aprnena malta	0,0050	1,900	1,050	0,990	25,0	1	1

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

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

F) Tedi – zunanja stena nad terenom

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

Objekt:	Enostanovanjska stavba		
Investitor:	Zasebni		
Ulica, naselje:	Pipanova cesta 114		
Kraj:	Šenčur		
Katastrske (e) občine (e):	2119		
Parcelna (e) številka (e):	/		
Namembnost (stanovanjska, poslovna...):	Stanovanjska stavba		
Etažnost (klet, pritličje, etaža, mansarda...):	3		
Konstruktivski sklop	Zunanja stena nad terenom		
Projektivno podjeltje:	/		
Ident. št.:	/		
Št. projekta:	/		
Kraj:	/		
	Odgovorni projektant:	/	
	Ident. št.:	/	
	Podpis:	/	
	Datum:	/	

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in arhitekturo, Katedra za stavbe in konstruktivske elemente
 Program in računalniško podpora pri analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Priloki 8
 Izpolni tabele in priloge v skladu s SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 10252:2002

FRAGMAT

KSKE diplome 2013/2014

TEDI

KSKE diplome 2013/2014

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

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in arhitekturo, Katedra za stavbe in konstruktivske elemente
 Program in računalniško podpora pri analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Priloki 8
 Izpolni tabele in priloge v skladu s SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 10252:2002

FRAGMAT

Zunanja stena nad terenom

1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
 1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19°C ali poleti hladne pod 26°C
 1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektna vrednosti

Temperatura zunanaj (°C)	-16,0	Računska temperatura zunanaj (°C)	-10,0
Temperatura notri (°C)	20,0		
Relativna vlažnost zunanaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektna vrednosti

Temperatura zunanaj (°C)	18,0
Temperatura notri (°C)	18,0
Relativna vlažnost zunanaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m²/W)
 Notranja površinska upornost R_{si} (m²/W)
 0,13
 0,04

Št. plasti	Sifra	Material	Debelina m	Gostota ρ kg/m ³	Specifična toplota C J/kg K	Toplotna prevodnost λ W/m K	Difuzijska upornost vodni pari μ	HI Tip
1	18.3	podajljana apnena malta	0,0100	1.900	1.050	0,990	25,0	1
2	2.2	mrežasti opečni voltak (gostota opeke z voltinami)	0,3000	1.200	920	0,520	4,0	1
3	133.2	fenolne plošče rezane iz blokov	0,0500	60	1.260	0,041	40,0	1
4	157.5	vertikalna zračna plast višine do 3 m, e = 0,05, d = 0,05 m	0,0500	1	1.000	0,100	1,0	2
5	8.0	porolit	0,0700	1.200	920	0,520	4,0	1
6	23.1	MALTA, DEMIT	0,0100	1.800	1.000	0,700	36,0	4
7	24.2	TIMFAS AKRIL	0,0010	1.650	1.000	0,800	120,0	4

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material z izjavo o skladnosti, 3 - material po standardu, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4
 * - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanji toplotni prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

- 1 -

TEDI

KSKE diplome 2013/2014

Racun toplotne prehodnosti: analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

TEDI
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in gozdarstvo, katedra za stavbe in energetične sisteme
Program za inženjerski študij: inženjerski študijski program I. stopnje Gradbeništvo
Zbirka in učbeniki: Abakus, SŠT EN ISO 6946, SŠT EN ISO 10211-1 in SŠT 1022-2002

FRAGMAT

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	18,5	18,4
2	18,4	11,8
3	11,8	-2,1
4	-2,1	-7,8
5	-7,8	-9,4
6	-9,4	-9,5
7	-9,5	-9,5

$U_{izračunani} = 0,381$ (W/m²K) $>$ $U_{max} = 0,280$ (W/m²K)

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak		Na stikih plasti		Zunanji zrak	
2.337,0					
Številka plasti	Notri	Zunaj	Številka plasti	Notri	Zunaj
1	2.130,7	2.115,3	1	2.130,7	2.115,3
2	2.115,3	1.384,6	2	2.115,3	1.384,6
3	1.384,6	511,1	3	1.384,6	511,1
4	511,1	313,7	4	511,1	313,7
5	313,7	274,6	5	313,7	274,6
6	274,6	270,8	6	274,6	270,8
7	270,8	270,5	7	270,8	270,5
Zunanji zrak	260,0		Zunanji zrak	260,0	

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

Notranji zrak	1.402,2
Zunanji zrak	234,0

Racun toplotne prehodnosti: analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

TEDI
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in gozdarstvo, katedra za stavbe in energetične sisteme
Program za inženjerski študij: inženjerski študijski program I. stopnje Gradbeništvo
Zbirka in učbeniki: Abakus, SŠT EN ISO 6946, SŠT EN ISO 10211-1 in SŠT 1022-2002

FRAGMAT

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	1,943009E-04	kg/m ² h
q_{m2}	5,284972E-05	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

$q_{m'}$	1,415312E-04	kg/m ² h
q_{mz}	2,038049E-01	kg/m ² h

Kondenz nastaja v 5. sloju, material poroiti
V tem materialu ne sme priti do nastanka kondenzai.

X_i	%
$X_{i,max}$	%

X_{gr}	%
X_{sk}	%

Izsuševanje KS

Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	dan

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	258,30
Temperaturna zakasnitev	13,41
	ura

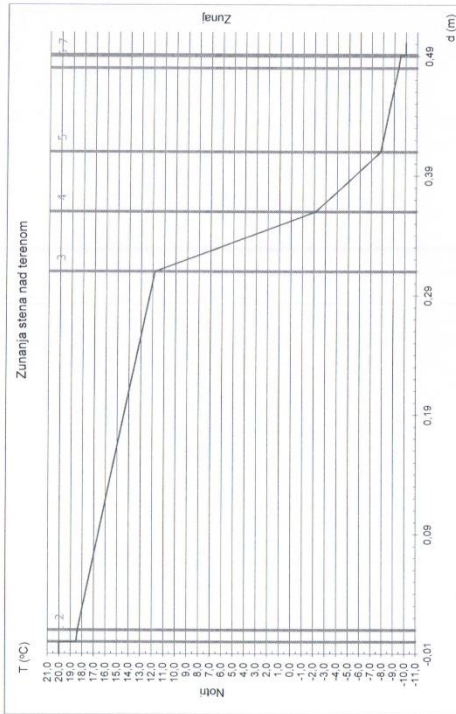
G) Tedi – streha

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

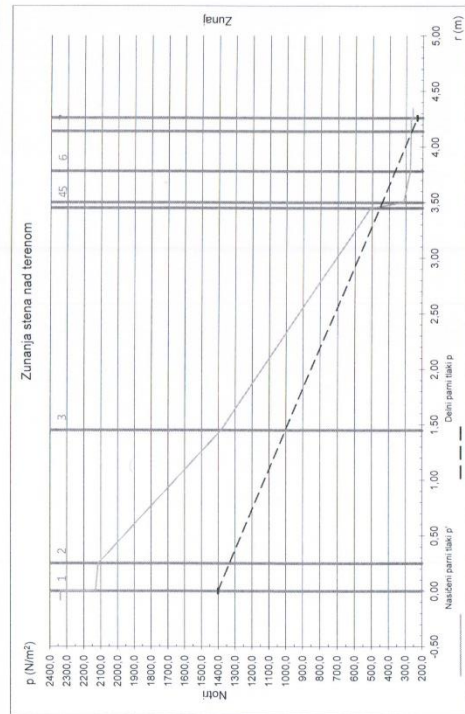
TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo
Program za računalniško arhitekturo, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Prilicih 0 in 0/01
zadnji in uradni izdani: 1. januar 2014, 3337 EN ISO 6946, 3337 EN ISO 10211, 3337 EN ISO 10251-2002

FRAGMAT

REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram



Objekt:	Enotstanovanjska stavba
Investitor:	Zasebni
Ulica, naselje:	Pipanova cesta 114
Kraj:	Šenčur
Katastrska(e) občina(e):	2119
Parcelna(e) številka(e):	/
Namembnost (stanovanjska, poslovna...):	Stanovanjska stavba
Elažnost (klet, pritličje, etaža, mansarda...):	3
Konstruktivski sklop	Streha
Projektivno podjele:	/
Odgovorni projektant:	/
Ident. št.:	/
Podpis:	/
Datum:	/

TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in prometno inženjirstvo
Program za računalniško arhitekturo, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Prilicih 0 in 0/01
zadnji in uradni izdani: 1. januar 2014, 3337 EN ISO 6946, 3337 EN ISO 10211, 3337 EN ISO 10251-2002

FRAGMAT

H) Tedi – strop (streha) v shrambi

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

Objekt:	Enostanovanjska stavba
Investitor:	/
Ulica, naselje:	Pipanova cesta 114
Kraj:	Šenčur
Katastrska(e) občina(e):	/
Parcelna(e) številka(e):	/
Namembnost (stanovanjska, poslovna...):	Stanovanjska stavb
Etaznost (klet, pritličje, etaža, mansarda...):	3
Konstruktivski sklop	Strop (streha) v shrambi

Projektivno podjetje:	/	Odgovorni projektant:	/
Ident. št.:	/	Ident. št.:	/
Št. projekta:	/	Podpis:	/
Kraj:	/	Datum:	/

TEDI Program za račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS
 Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geotehniko, Katedra za stavbe in konstruktivske elemente
 zbirko in učinkovito rabe energije v stavbah, SIST EN ISO 10456, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002

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

TEDI Program za račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS
 Univerza na Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geotehniko, Katedra za stavbe in konstruktivske elemente
 zbirko in učinkovito rabe energije v stavbah, SIST EN ISO 10456, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002

Strop (streha) v shrambi

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

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti
 Temperatura zunanja (°C) -16,0 Računska temperatura zunanja (°C) -10,0
 Temperatura notri (°C) 20,0
 Relativna vlažnost zunanja (%) 80
 Relativna vlažnost notri (%) 60

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti
 Temperatura zunanja (°C) 18,0
 Temperatura notri (°C) 18,0
 Relativna vlažnost zunanja (%) 65
 Relativna vlažnost notri (%) 65

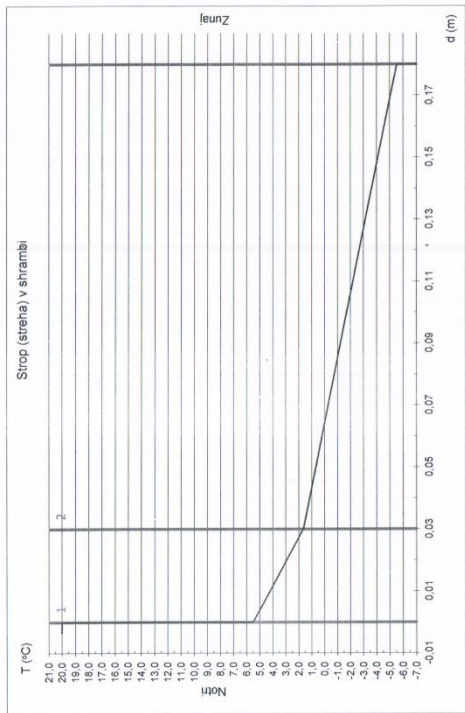
Zunanja površinska upornost R_{si} (m²·K/W) 0,13
 Notranja površinska upornost R_{si} (m²·K/W) 0,04

Št. plasti	Širina	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	μ		
1	18,2	posušena apnenca malta	0,0300	1,800	1,050	0,870	20,0	1	
2	40,1	betoni iz karminega agregata	0,1500	2,500	960	2,330	90,0	1	

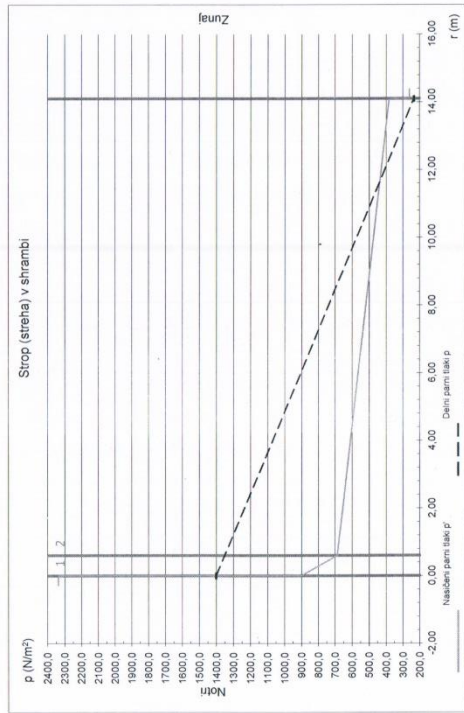
Tip: 1. - material po pravilniku, 2. - material po standardu, 3. - material z stavbo o skladnosti, 4. - material s sistemskim certifikatom ETA, 5. - material brez 1-4
 * - sloji med izbrano hidroizolacijo in zunanjim okoljem se pri računu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare ne upoštevajo

Stojer med hidroizolacijo in zunanjim okoljem pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram



REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	5.5	1.6
2	1.6	-5.5

$U_{\text{prehodnem}} = 3.719 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ $U_{\text{maks}} = 0.350 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	902.6	687.9
2	687.9	383.0

Zunanji zrak: 260.0

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

Notranji zrak	1.402.2
Zunanji zrak	234.0

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Zgrešana zasnova KS, nastanek kondenza na notranji površini!

X_1	%
X_{maks}	%
X_{crit}	%
X_{sk}	%

Izsuševanje KS

Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	dan

KS NE ODGOVARJA

REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	5.52
Temperaturna zakasnitev	5.09 ura

I) Tedi – predlagana zunanja stena nad terenom

Rečun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prenosa in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

TEDI
 Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prenosa in difuzije vodne pare skozi večplastno KS
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodetiko, Katedra za stroje in konstrukcijske elemente
 Inštitut za energijsko učinkovitost, SIST RN 50 0946, SIST RN 50 1021-1 in SIST 1025:2002

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na silihki plasti v °C	
Številka plasti	Zunaj
1	19,2
2	19,2
3	15,9
4	8,8
5	5,9
6	5,1
7	-9,7
8	-9,8

$U_{\text{zrakovin}} = 0,193 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ $<$ $U_{\text{max}} = 0,280 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

KS ODGOVARJA

REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Na silihki plasti	
Številka plasti	Zunaj
1	2.230,3
2	2.222,2
3	1.800,3
4	1.132,3
5	929,7
6	880,6
7	267,4
8	265,5

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

Notranji zrak	1.402,2
Zunanji zrak	234,0

Rečun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prenosa in difuzije vodne pare skozi večplastno KS

TEDI
 Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prenosa in difuzije vodne pare skozi večplastno KS
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodetiko, Katedra za stroje in konstrukcijske elemente
 Inštitut za energijsko učinkovitost, SIST RN 50 0946, SIST RN 50 1021-1 in SIST 1025:2002

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	1,129397E-04	kg/m ² h
q_{m2}	4,346645E-05	kg/m ² h

Izračun količinske kondenzirane vodne pare

q_{m1}	6,947321E-05	kg/m ² h
q_{m2}	1,000414E-01	kg/m ² h

Kondenz nastaja v 6. sloju, material FRAGMAT EPS F-P

X_i	20,00	%
X_{max}	40,00	%

X_{diff}	9,53	%
X_{sk}	29,53	%

Izsuševanje KS

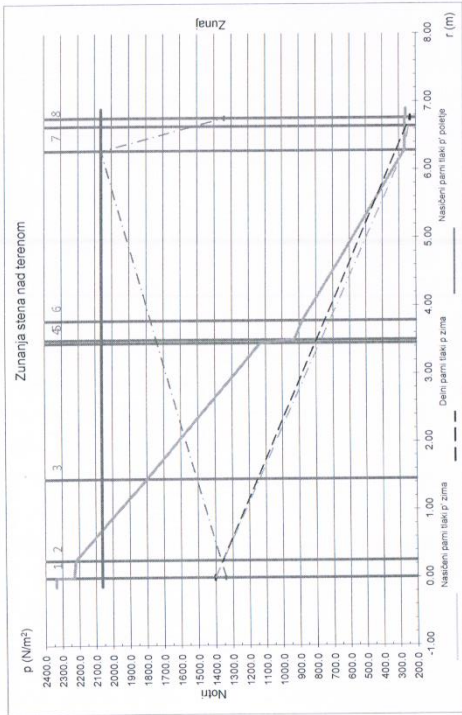
Čas potreben za izsušitev KS	5	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	60	dan

KS ODGOVARJA

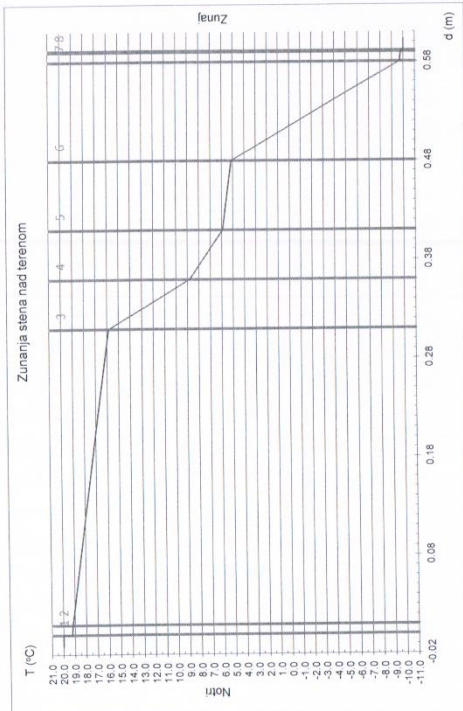
REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	2,671,38	ura
Temperaturna zakasnitev	14,13	ura

REZULTATI : p - r diagram (vlaženje in sušenje)



REZULTATI : T - d diagram



REZULTATI : p - r diagram

