

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:

Umek, A., 2014. Analiza parametrov trajnostnega razvoja na izbranem objektu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Dovjak, M.): 57 str.

Datum arhiviranja: 16-10-2014

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:

Umek, A., 2014. Analiza parametrov trajnostnega razvoja na izbranem objektu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Dovjak, M.): 57 pp.

Archiving Date: 16-10-2014

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:

ALJOŠA UMEK

**ANALIZA PARAMETROV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA
NA IZBRANEM OBJEKTU**

Diplomska naloga št.: 148/B-GR

**ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF SUSTAINABLE
DEVELOPMENT IN THE SELECTED FACILITY**

Graduation thesis No.: 148/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 23. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

IZJAVE

Podpisani **Aljoša Umek** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »**Analiza parametrov trajnostnega razvoja na izbranem objektu**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, september 2014

Podpis:
Aljoša Umek

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 502.131.1:69.036(043.2)
Avtor: Aljoša Umek
Mentorica: doc. dr. Mitja Košir
Somentor: asist. dr. Mateja Dovjak
Naslov: Analiza parametrov trajnostnega razvoja na izbranem objektu
Tip dokumenta: diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema: 57 str., 18 graf., 11 sl., 10 pregl.
Ključne besede: Trajnostni razvoj, zdravstveni vidik, okoljski vidik, toplotna prehodnost, difuzija vodne pare

Izvleček

V diplomski nalogi je bila narejena analiza trajnostnih parametrov na izobraževalnem objektu. V nalogi smo pregledali zakonodajo, zakonske okvirje in strateške dokumente, ki se nanašajo na trajnostno gradnjo. Prav tako je bil narejen kratek povzetek vpliva gradbeništva na okolje, kaj sploh je trajnostna gradnja in zakaj je to izziv in hkrati rešitev sodobne družbe.

Na to temo poznamo veliko izrazov in definicij kot so trajnosten, trajnostni razvoj, trajnostna gradnja, sustainable development in podobno, vendar pravilna definicija ni splošno v veljavi.

Za analizo trajnostnih parametrov na obravnavanem objektu je uporabljena metoda Dovjak in Krainer (2013), ki temelji na štirih vidikih: ekonomskem, okoljskem, socialnem in zdravstvenem, ki morajo biti medsebojno uravnoteženi. Ta metoda je nadgrajena v četrtem koraku, ki zajema končno oceno in fazo alternativnih rešitev. To metodo smo preizkusili na osnovni šoli dr. Mihajla Rostoharja. Zaradi pomankanja podatkov, smo se pri tem omejili le na mikro raven in sicer na nivo konstrukcijskih sklopov. Na tem nivoju smo naredili analizo konstrukcijskih sklopov glede toplotne prehodnosti, difuzije vodne pare ter analizo zdravju in okolju škodljivih materialov.

Pri analizi toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare smo si pomagali s programom TEDI. Za določitev vpliva vgrajenih materialov na zdravje in okolje smo si pomagali s strokovnimi članki. Na podlagi analiz smo ugotovili, da obstoječi konstrukcijski sklopi v večini ne izpolnjujejo zahtev, ki jih določa uporabljena metoda na mikro ravni. Tako lahko trdimo da parametri trajnostne gradnje na obravnavanem izobraževalnem objektu niso izpolnjene. V primeru predlaganih rešitev konstrukcijskih sklopov smo izpolnili vse zahteve določene na mikro ravni. Na podlagi tega lahko trdimo, da bi bile zahteve trajnostne gradnje izpolnjene s predlagano obnovo zgradbe.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND THE ABSTRACT

UDK: 502.131.1:69.036(043.2)
Author: Aljoša Umek
Supervisor: Prof. Mitja Košir, Ph. D.
Co-supervisor: Assist. Mateja Dovjak, Ph. D.
Title: Analysis Of the parameters of sustainable development in the selected facility
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 57 p., 18 graf., 11 fig., 10 tab.
Key words: Sustainable development, the health aspect, environmental aspect, thermal conductivity, vapor diffusion

Abstract

The goal of this thesis was to analyze parameters of sustainable construction of educational facility. In the thesis we have examined the legislation, legal frameworks and strategic documents relating to sustainable construction. We have also made a brief summary of the impact of construction on the environment, what sustainable construction is, and why it is a challenge and at the same time the solution of contemporary society.

On this subject we know a lot of terms and definitions such as sustainability, sustainable development, sustainable construction and such, but the correct term is not commonly recognized. For the analysis parameters of sustainable construction in the present facility, the Dovnjak in Kraner method (2013) was used, which is based on four aspects: economic, environmental, social and health care, which must be balanced with each other. This method is upgraded in fourth step, which includes final evaluation and phase of alternative solutions. This method was tested on Primary school Dr. Mihajlo Rostohar. Due to lack of data we restricted ourselves only to the micro level and the level of construction assemblies. At this level, we have made an analysis of construction assemblies regarding thermal conductivity, vapour diffusion and analysis of materials detrimental to health and environment. In the analysis of thermal conductivity and vapour diffusion we have helped with TEDI program and to determine the impact of inbuilt materials on health and environment, we have helped ourselves with technical literature.

Based on the analysis, we found that existing construction assemblies in the majority do not meet the requirements set by the method used at the micro level. Thus, we can say that the parameters of sustainable construction in the present education facility are not met. In the case of the solutions proposed construction assemblies we have met all the requirements set out at the micro level. On the basis of this we can claim that the requirements of sustainable construction would be met, with the proposed renovation of the building.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 HIPOTEZA	2
3 CILJI DIPLOMSKE NALOGE	2
4 ZAKONODAJNI OKVIR RS	3
5 PREGLED METOD ZA OCENO TRAJNOSTI	7
6 METODA IN ORODJE	9
7 OPIS STAVBE	10
8 REZULTATI	14
8.1 Rezultati ocene izbranih okoljskih parametrov: ocena gradbeno-fizikalnih parametrov	14
8.1.1 Izračun u-faktorja in analiza difuzije vodne pare skozi konstrukcijske sklope (obstoječe stanje)	14
8.2 Rezultati analize zdravstvenih vidikov trajnostne gradnje	24
8.3 Povezava med gradbeno-tehničnimi pomanjkljivostmi in zdravstvenimi problemi	30
8.4 Predlog rešitev	32
8.4.1 Izračun u-faktorja in analiza difuzije vodne pare skozi konstrukcijske sklope (predvidena prenova)	34
9 ZAKLJUČEK	44

KAZALO GRAFIKONOV

<u>Grafikon 1: Vpliv objekta na okolje [2,3]</u>	1
<u>Grafikon 2: T-d diagram zunanja stena – stari del (obstoječe stanje)</u>	21
<u>Grafikon 3: p-r diagram zunanja stena – stari del (obstoječe stanje).....</u>	21
<u>Grafikon 4: p-r diagram zunanja stena - knjižnica (obstoječe stanje)</u>	24
<u>Grafikon 5: p-r diagram zunanja stena – knjižnica (obstoječe stanje).....</u>	24
<u>Grafikon 6: T-d diagram Strop v sestavi Ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del).....</u>	27
<u>Grafikon 7: p-r diagram Strop v sestavi Ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del).....</u>	27
<u>Grafikon 8: Stroški v življenjskem ciklusu (LCC) kontaktno izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije</u>	38
<u>Grafikon 9: T-d diagram zunanja stena – stari del (moj predlog)</u>	40
<u>Grafikon 10: p-r diagram zunanja stena – stari del (moj predlog).....</u>	40
<u>Grafikon 11: T-d diagram zunanja stena – knjižnica (moj predlog).....</u>	43
<u>Grafikon 12: p-r diagram zunanja stena – knjižnica (moj predlog).....</u>	43
<u>Grafikon 13: T-d diagram Strop v sestavi Ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del).....</u>	46
<u>Grafikon 14 : p-r diagram Strop v sestavi Ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del).....</u>	46

KAZALO SLIK

<u>Slika 1: LCA oz. Life cycle assessment [12]</u>	12
<u>Slika 2: Osnovna šola dr. Mihajla Rostoharja [14]</u>	15
<u>Slika 3: Stikovanje opeke (zunanji zid) [27]</u>	16
<u>Slika 4: Tloris šole z okolico [14]</u>	16
<u>Slika 5: Otroška igrala</u>	17
<u>Slika 6: Vhod za ovirane ljudi</u>	17
<u>Slika 7: Tloris objekta-novi del[št]</u>	18
<u>Slika 8: Tloris objekta-novi del[št]</u>	18
<u>Slika 9: Klasični enojni opečni zid [45]</u>	22
<u>Slika 10: Strategija načrtovanja trajnostnih konceptov stavb</u>	33
<u>Slika 11: Stopnja toplotnega udobja [55]</u>	38

KAZALO PREGLEDNIC

<u>Preglednica 1: Splošni podatki</u>	18
<u>Preglednica 2: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena (obstoječe stanje)</u>	18
<u>Preglednica 3: Zunanja stena in stena proti neogrevanem prostoru–knjižnica (obstoječe stanje)..</u>	21
<u>Preglednica 4: Strop v sestavi Ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del)</u>	24
<u>Preglednica 5: Potencialni zdravju in okolju škodljivi materiali</u>	27
<u>Preglednica 7: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa zunanja stena (moj predlog)</u>	36
<u>Preglednica 7: Zunanja stena in stena proti neogrevanem prostoru–knjižnica (moj predlog).....</u>	40
<u>Preglednica 8: Strop v sestavi Ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del)</u>	43

1 UVOD

Pri gradnji in načrtovanju stavb posvečamo premalo pozornosti varovanju okolja in zdravja. Tako objekti v celoti kot njihovi posamezni deli imajo številne negativne vplive na okolje, ki se pojavljajo skozi celotni življenjski cikel objekta – od faze načrtovanja do faze odstranjevanja. Levin [1] navaja, da so negativni vplivi objekta na okolje posledica rabe energije (42-odstotni prispevek k celotnemu obremenjevanju objekta na okolje), emisije plinov (40 %), rabe surovin (30 %), odpadkov (25 %), porabe vode (25 %), odpadne vode (20 %), ostalih izpustov (13 %) in rabe zemlje (12 %). V svetovnem merilu gradbeništvo prispeva k 40-odstotni porabi končne energije, povzroča vsaj 35 odstotkov izpustov CO₂ in 40 odstotkov odpadkov, ki nastanejo med gradnjo in po njej [1,2].

V gradbeništvu so se v današnjem času uveljavili izrazi »trajnosten«, »trajnostni razvoj« (ang. sustainable development) in »trajnostna gradnja«. Definicij za izraz »trajnosten« je veliko, vendar pravilna definicija v gradbeništvu še vedno ni začela veljati. Največkrat citirana definicija je iz poročila Svetovne komisije za okolje in razvoj pri Organizaciji združenih narodov, poimenovana tudi Brundtlandina komisija – WCED, po norveški političarki Gro Harlem Brundtland [3] iz leta 1987, ki pravi: »Trajnostni razvoj je razvoj, ki optimalno zadovoljuje trenutne potrebe sedanje generacije, pri čemer ne ovira sposobnosti prihodnjih generacij pri uresničevanju njihovih potreb.« Dovjak in Krainer [4] pa navajata, da je trajnostna gradnja samo tista gradnja, pri kateri so upoštevani in uravnoteženi vsi vidiki razvoja v celotnem življenjskem ciklu: zdravstveni, okolijski, socialni in ekonomski (načela, kriteriji, parametri). Če je zanemarjen le en element, gradnja ni trajnostna.

Zelo pomembna naloga v procesu trajnostnega razvoja stavb je razvoj meril in kriterijev, s katerimi dokazujemo, da je določena stavba okoljsko, zdravstveno in ekonomsko učinkovita ter družbeno sprejemljiva. Stavbe načrtujemo tako, da sta gradnja in uporaba ekonomični, z minimalnim možnim vplivom na okolje, kar pa ne pomeni, da je to tudi najcenejša rešitev. Prav tako morajo biti te stavbe prijazne do uporabnika in njegovega zdravja ter ugodne za bivanje [4]. Tak način gradnje predstavlja izzive tako načrtovalcem, graditeljem, naročnikom kot tudi investitorjem.

Cilj načrtovanja in gradnje stavb je doseganje minimalne rabe energije ob čim manjšem vplivu na okolje ter ustvarjanje varnih, zdravih in udobnih notranjih razmer za vse uporabnike [5].

V diplomskem delu sem opravil analizo izbranih trajnostnih parametrov na primeru osnovne šole dr. Mihajla Rostoharja v Krškem. Osredotočil sem se na oceno okolijskih in zdravstvenih vidikov trajnostnega razvoja. V okviru okolijskih parametrov sem preveril gradbeno-fizikalne lastnosti obstoječih konstrukcijskih sklopov, na področju zdravstvenih parametrov pa sem posredno ocenil, ali imajo uporabljeni gradbeni proizvodi možen negativni vpliv na zdravje. V primeru, da kriteriji niso izpolnjeni, bomo podali rešitve konstrukcijskih sklopov.

2 HIPOTEZA

Diplomska naloga temelji na predvidevanju, da na osnovni šoli dr. Mihajla Rostoharja v Krškem izbrani parametri trajnostne gradnje zaradi starosti objekta ne bodo izpolnjeni. Gradnja šole ni temeljila na zahtevah trajnostne gradnje. Ob predpostavki, da je zdravstveni vidik zanemarjen pri večini novejših stavb in pri novogradnjah, je lahko ta parameter pri tako stari zgradbi močno problematičen. Predvidevam, da zaradi neustrezne sestave konstrukcijskih sklopov ne bodo potrjeni okoljski kriteriji/parametri in s tem ne bodo izpolnjene minimalne zahteve veljavne zakonodaje Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010 [6].

Pri oceni vpliva uporabljenih materialov na zdravje uporabnikov predvidevam, da konstrukcijski skopi vsebujejo gradbene proizvode, ki imajo možen negativni vpliv na zdravje. Prav tako predvidevam, da med gradnjo niso bili uporabljeni materiali, ki bi jih lahko po končani uporabi reciklirali in ponovno uporabili.

3 CILJI DIPLOMSKE NALOGE

Na primeru osnovne šole dr. Mihajla Rostoharja, Krško, sem si z namenom analize izbranih parametrov trajnostne gradnje zastavil naslednje cilje (1–5):

1. Oceniti izbrane okoljske parametre trajnostne gradnje na nivoju konstrukcijskih sklopov s pomočjo programa TEDI [7].
2. Primerjati izračunane vrednosti konstrukcijskih sklopov z zakonskimi zahtevami.
3. Oceniti zdravstvene parametre trajnostnega razvoja s pomočjo pregleda relevantnih študij.
4. Ugotoviti, ali obstaja povezava med gradbeno-tehničnim pomanjkljivostmi in zdravstvenimi problemi ter kakšen je morebitni vpliv na zdravje.
5. Na podlagi dobljenih rezultatov predlagati rešitve.

4 ZAKONODAJNI OKVIR RS

V tem poglavju so hierarhično predstavljeni pravni akti in ostali strateški dokumenti RS, ki se posredno ali neposredno navezujejo na področje trajnostne gradnje.

Članice Evropskega parlamenta in Sveta so 9. marca 2011 z novo Uredbo (EU) [8] sprejele zahtevo o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS (CPR). Ta uredba se v celoti uporablja od 1. julija 2013, ko tudi nadomesti Direktivo o gradbenih proizvodih. Osnovni namen CPR je odprava tehničnih ovir pri trgovanju z gradbenimi proizvodi znotraj evropskega gospodarskega prostora. CPR namerava te ovire odpraviti z naslednjimi orodji:

- sistem harmoniziranih evropskih tehničnih specifikacij,
- enoten sistem za ocenjevanje in preverjanje nespremenljivosti lastnosti gradbenih proizvodov (AVCP),
- enoten sistem priglašeni organov,
- oznaka CE za gradbene proizvode.

Uredba (EU) št. 305/2011 [8] je v gradbeništvu glavni akt, ki podaja osnovne zahteve za gradbene objekte in njihove posamezne dele. Te so:

1. Mehanska odpornost in stabilnost
2. Varnost pri požaru
- 3. Higiena, zdravje in okolje**

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da skozi celoten življenjski cikel ne bodo ogrožali higiene, zdravja ali varnosti delavcev, oseb v objektu ali sosedov ter ne bodo povzročali prekomernih posledic za kakovost okolja ali podnebja predvsem zaradi:

- (a) sproščanja strupenih plinov;
- (b) emisij nevarnih snovi, hlapnih organskih spojin (HOS), toplogrednih plinov ali nevarnih delcev v zraku tako v zaprtih prostorih kot na prostem;
- (c) emisij nevarnega sevanja;
- (d) izpusta nevarnih snovi v podzemno vodo, morske vode, površinske vode ali zemljo;

(e) izpusta nevarnih snovi v pitno vodo ali zaradi snovi, ki imajo drug negativen vpliv na pitno vodo;

(f) napačnega odvajanja odpadne vode, emisij izpušnih plinov ali napačnega odstranjevanja trdnih ali tekočih odpadkov;

(g) vlage v delih objekta ali na površinah znotraj objekta.

4. Varnost in dostopnost pri uporabi

5. Zaščita pred hrupom

6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote

7. Trajnostna raba naravnih virov

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani, grajeni in zrušeni tako, da je raba naravnih virov trajnostna in da se zagotovi predvsem naslednje:

(a) ponovna uporaba ali možnost recikliranja gradbenih objektov, gradbenega materiala in delov po zrušenju;

(b) trajnost gradbenih objektov;

(c) uporaba okoljsko združljivih surovin in sekundarnih materialov v gradbenih objektih.

Trajnostna gradnja pridobiva čedalje večjo veljavo in vstopa v zakonodajo. Uredba EU o gradbenih proizvodih je za gradbene objekte vpeljala novo osnovno zahtevo, in sicer »trajnostno rabo naravnih virov«, ki govori o recikliranju grajenih objektov, njihovih materialov in delov po odstranitvi, življenjski dobi objekta ter o uporabi okoljsko združljivih surovin in sekundarnih materialov v gradbenih objektih. Cilje, ki jih določa nova uredba, je mogoče doseči na podlagi upoštevanja evropskih standardov.

Cilj nove uredbe CPR je predvsem prepovedati uporabo nasprotujočih si nacionalnih oznak na izjavah o lastnostih in zagotoviti, da se lahko vsi proizvodi z oznako CE dajejo na trg v evropskem gospodarskem prostoru (EGP) prosto, brez nadaljnjega preizkušanja.

Zakon o varstvu okolja [9]

ZVO-1 ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem, ki je izpostavljeno kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj. Namen tega zakona je predvsem spodbujati takšen družbeni razvoj, ki omogoča dolgoročne pogoje za zdravje in počutje človeka ter za kakovost življenja, hkrati pa ohranja biološko

raznoverstnost. Cilja zakona je tudi spodbujati uporabo neškodljivih ali manj škodljivih tehnik razvoja, s katerimi dosežemo čistejše in bolj zdravo okolje.

Zakon o urejanju prostora [10]

ZUreP-1 ureja prostorsko načrtovanje in uveljavljanje prostorskih ukrepov za izvajanje načrtovanih prostorskih ureditev, zagotavljanje opremljanja zemljišča za gradnjo ter vodenje sistema zbirk prostorskih podatkov. Namen urejanja prostora je omogočiti skladen prostorski razvoj z usklajevanjem gospodarskih, družbenih in okolijskih vidikov razvoja.

Zakon o javnem naročanju [11]

ZJN-2 določa pogoje ravnanja naročnikov in ponudnikov pri javnem naročanju blaga, storitev in gradenj. Razpisovalec javnega naročila – država ali občina – je dolžan slediti lastnim načelom trajnostnega razvoja tudi v razpisnih pogojih pri javnem naročanju.

Osnovne zahteve Uredbe 305/2011 so neposredno prenesene v Zakon o graditvi objektov [12]. ZGO-1 ureja pogoje za graditev vseh vrst objektov, določa bistvene lastnosti objektov in zahteva njihovo izpolnjevanje, predpisuje načine in pogoje za opravljanje dejavnosti, povezane z graditvijo objektov, ureja organizacijo in delovno področje dveh poklicnih zbornic ter inšpekcijsko nadzorstvo, določa sankcije za prekrške pri graditvi objektov ter ureja še druga gradbena vprašanja. Graditev objekta na podlagi tega zakona torej obsega projektiranje, gradnjo in vzdrževanje objekta.

Agenda 21 [13] je sklepni dokument svetovne konference OZN o okolju in razvoju, ki je bil sprejet leta 1992 v Riu de Janeiru. Opredeljuje ključne okolijske probleme sodobnega sveta ter ukrepe, ki so potrebni za uresničitev sonaravnega trajnostnega razvoja 21. stoletja. Vsebuje tudi neobvezujoča priporočila za zmanjšanje negativnih vplivov na okolje.

Projekt nevladnih organizacij Agenda 21 za Slovenijo je nastal kot odgovor na dejstvo, da se Slovenija ne približuje modelu trajnosti, temveč ravno nasprotno, vedno bolj se mu oddaljuje.

Projekt Plan B [14] za Slovenijo, ki ga je vodila Umanotera (slovenska fundacija za trajnostni razvoj, 2012), je tudi v letih od 2011 do 2014 gradil mrežo nevladnih organizacij na področju varovanja okolja in trajnostnega razvoja ter vzpostavljala okolje za rast usposobljenih nevladnih organizacij in njihovo delovanje. Oblikovali so več idej za trajnostni razvoj:

- Prehranska samooskrba s poudarkom na ekološki pridelavi zagotavlja dolgoročno oskrbo z varno, kakovostno in zdravo hrano po dostopnih cenah. Omogoča delovna mesta, revitalizacijo kmetijstva in podeželja ter dvig kakovosti življenja.

- Vzpostavitev vrednostne verige predelave lesa temelji na povečanju dodane vrednosti naše

strateške obnovljive dobrine. Z obuditvijo te industrije povečamo konkurenčnost gospodarstva in zagotovimo kakovostna delovna mesta.

- Energetska prenova stavb prinaša dolgoročne energetske in finančne prihranke, nova delovna mesta, manjšo energetske odvisnost, nižje izpuste CO₂ in vplive na podnebne spremembe ter prispeva k oživitvi gradbenega sektorja.

- Prehod na obnovljive vire energije zagotavlja dolgoročno energetske varnost brez izčrpanja končnih naravnih virov, dviga konkurenčnost gospodarstva in s spodbujanjem domačih tehnologij ustvarja nova delovna mesta.

- Posodobitev železniškega omrežja in javnega prevoza zagotavlja večjo prometno varnost in cenovno sprejemljivo mobilnost, dostopno za vse, ob manjši obremenitvi okolja.

- Učinkovita raba naravnih virov je neizkoriščena priložnost za finančne prihranke, dvig konkurenčnosti gospodarstva, nove poslovne priložnosti in delovna mesta ter za zmanjšanje škodljivih vplivov na okolje.

- Zeleni turizem lahko postane nosilec decentraliziranega razvoja Slovenije, saj ustvarja kakovostna lokalna delovna mesta in dodano vrednost malemu gospodarstvu ter naravni in kulturni dediščini.

Strategija razvoja Slovenije in programski dokumenti za obdobje 2014–2020

Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko je pripravila osnutek krovne strateškega dokumenta Strategija razvoja Slovenije 2014–2020, ki opredeljuje in določa cilje ter vizijo razvoja Slovenije do leta 2020 [15].

V dokumentu so opredeljena štiri prioriteta področja:

- Konkurenčno gospodarstvo
- Znanje in zaposlovanje
- Zeleno življenjsko okolje
- Vključujoča družba

5 PREGLED METOD ZA OCENO TRAJNOSTI

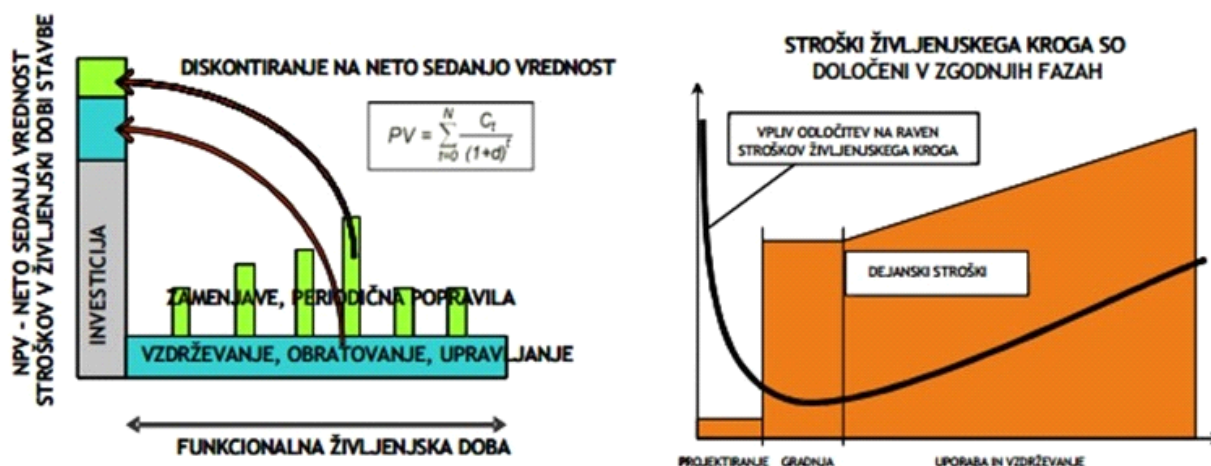
Marjana Šijanec Zavrl [2], vodja Centra za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo na Gradbenem inštitutu ZRMK v Ljubljani je v članku Trajnostna gradnja zapisala, da »v svetu obstaja več kot 250 različnih metod za okoljsko in trajnostno vrednotenje stavb. Številne med njimi so zelo prepoznavne, a praviloma med seboj niso primerljive. Trajnostnost je res globalna paradigma, ki pa jo lahko obravnavamo le upoštevaje lokalne danosti, cilje in prednostne naloge.«

Metode za oceno stavb prve generacije [2] – vrednotenje zelene stavbe. Sem spadajo tiste, ki obravnavajo okoljske vplive, povezane z izbiro materialov in rabo energije v fazi uporabe stavbe. Te metode so: GB tool, LEED, BREEAM.

Metode za oceno stavb druge generacije [2] – vrednotenje trajnostne stavbe. Te metode zajemajo merila za vrednotenje trajnostnega vidika stavbe ter poleg okoljskega vidika (LCA) obravnavajo še ekonomskega (LCC) in vidik družbene sprejemljivosti načrtovane gradnje v celotnem življenjskem krogu.

Te metode vsebujejo naslednje kazalnike:

- okoljski – to so indikatorji obremenitve okolja, ki temelji na metodi analize LCA (slika 1);
- ekonomski – ti temeljijo na strošku življenjskega cikla stavbe (LCC) in so izraženi z neto sedanjo vrednostjo;
- družbeni in funkcionalni kazalniki – zajemajo dostop do stavbe brez funkcionalnih ovir ter raven toplotnega, zvočnega in vidnega ugodja;
- tehnični, procesni in kazalniki lokacije – to so kazalniki, znotraj katerih sodijo kazalniki tehnične kakovosti toplotne zaščite, zrakotesnost, raven kakovosti priprave projekta, obseg in podrobnosti analize, opravljene meritve.



Ekonomski vidik temelji na vseživljenjski analizi stroškov stavbe in pokriva: fazo proizvodnje gradbenih materialov in komponent, fazo gradnje stavbe, fazo uporabe in fazo ob koncu življenjskega kroga stavbe.

Postopek določanja LCC (kategorije stroškov) je mednarodno standardiziran (ISO 15686-5), pripravljala pa se tudi standardizacija na ravni CEN/TC350.

Slika 1: LCA (ang. Life cycle assessment) [16]

Podobna metoda, ki temelji na izkušnjah dosedanjih metod in je namenjena praktični uporabi predvsem v državah Evropske unije, je mednarodni raziskovalni projekt 7 programa **OPEN HOUSE** (2010–2013) [2]. Pri tej metodi so kazalniki trajnostne gradnje združeni v več skupin:

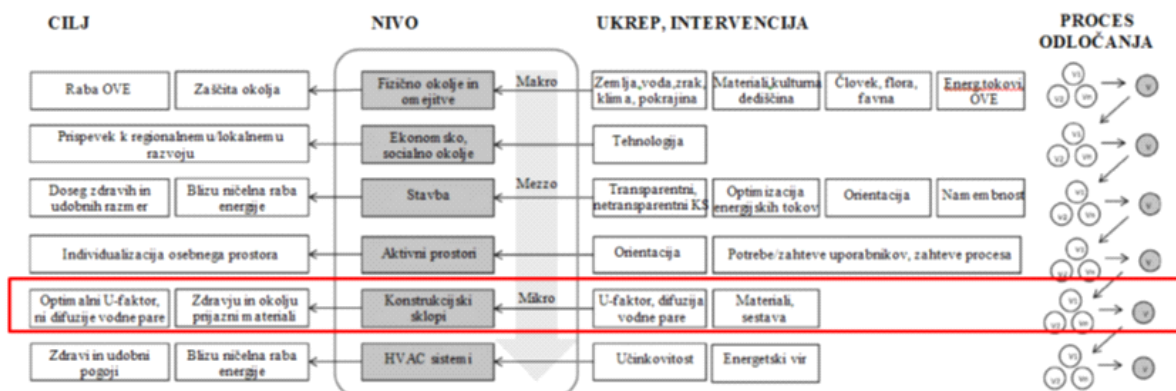
1. okoljski
2. družbeni in funkcionalni
3. ekonomski
4. tehnični
5. procesni
6. kazalniki lokacije stavb

Pri vseh naštetih metodah ugotovimo, da večina ne izpolnjuje pogojev, ki jih določa definicija trajnostnega razvoja, po kateri morajo biti upoštevani vsi štirje vidiki. Omenjene metode upoštevajo le ekonomski in okoljski vidik, pri čemer pozabijo oziroma zanemarijo zdravstveni vidik. Za zdravstveni vidik pa potrebujemo kazalnike, s katerimi bi obravnavani objekt lahko ocenili. Vse obstoječe, že našteje metode, teh kazalnikov, ki se nanašajo na zdravje, ne definirajo. V nasprotju z njimi pa metoda Dovjak–Krainer (2013) [4] nadgrajuje metodo projektiranja Morrisa Asimowa (1962) in vključuje tudi oceno kriterijev zdravja in okolja. Ta metoda temelji na štirih korakih: 1 – Analiza dejanskega stanja, 2 – Opredelitev trajnostnih kazalnikov, 3 – Opredelitev ciljev, 4 – Končna ocena.

Izbrano metodo je v okviru diplomske naloge (Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe) že preizkusila in uporabila Teja Török (2013) [17].

6 METODA IN ORODJE

Pri omenjenem izobraževalnem objektu smo za oceno trajnosti uporabili metodo Dovjak in Krainer [4], pri čemer bosta analizirana okolijski in zdravstveni vidik. Pri tem smo se osredotočili le na mikroraven, ki predstavlja nivo konstrukcijskih sklopov (slika 10). Ta nivo od nas zahteva račun toplotne prehodnosti, difuzije vodne pare ter analizo konstrukcijskih sklopov in pri tem uporabljenih materialov. Cilj analize na mikroravni konstrukcijskih sklopov je določiti optimalni U-faktor KS, toplotno stabilnost, površinsko temperaturo na notranji strani konstrukcijskega sklopa ter preprečiti kondenzacijo vodne pare v KS ali na njegovi površini, pri tem pa uporabiti zdravju in okolju prijazne materiale.



Slika 10: Strategija načrtovanja trajnostnih konceptov stavb [4]

Ocena okolijskih parametrov trajnostnega razvoja se bo osredotočila na mikroraven, na gradbeno-tehnično analizo konstrukcijskih sklopov. Analizirali jih bomo s programom TEDI [7]. Pri tem bomo izračunali toplotno prehodnost, difuzijo vodne pare, površinsko temperaturo in toplotno stabilnost. Izračunane vrednosti bomo primerjali s predpisanimi v PURES 2010 [6]. TEDI je računalniški program, ki temelji na pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. Analizo zdravstvenih vidikov bomo izvedli s pregledom obstoječih študij, ki smo jih iskali v bazi Science Direct ter Google Search s ključnimi besedami v angleščini in slovenščini.

7 OPIS STAVBE

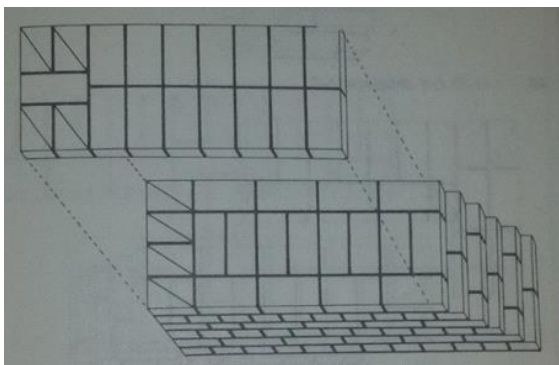
Pri diplomski nalogi smo obravnavali osnovno šolo dr. Mihajla Rostoharja, ki leži na levem bregu Save v Krškem, na Cesti 4. julija 33. Šola je namenjena otrokom s posebnimi potrebami. Zgrajena naj bi bila okrog leta 1930, vendar zaposleni nimajo nobenega dokumenta, na katerem bi bil zapisan natančen datum izgradnje. Kako je izgledal stari del šole, je prikazano na sliki 2. Med letoma 1984 in 1985 je bila šola prenovljena in dozidana, saj se je v občini Krško povečalo število otrok s posebnimi potrebami. Izgled šole danes je prikazan prav tako na sliki 2. Kljub prizadevanju ravnateljice za energetska obnovo šole občina še ni našla denarja zanjo.

Prvotno je bila šolska kuhinja v kleti, nato so jo prestavili v pritličje dozidanega dela. Zaradi pomanjkanja prostora je kuhinja namenjena le delitvi malic in kosil. Hrano pripeljejo iz osnovne šole Jurija Dalmatina, ki leži nad to šolo, kar lahko razberemo iz slike 4. V naslednji fazi prenove stavbe so v kletnih prostorih pozidali vse odprtine in dvignili teren, tako da so bili ti prostori pod zemljo. V novem delu šole so zgradili zaklониšče, prvotno namenjeno 100 osebam, a so ga na željo investitorja zmanjšali. Zaklониšče je bilo postavljeno kot armiranobetonska konstrukcija, pri kateri je talna plošča debeline 50 cm, stropna plošča 72 cm, stene pa so od 25 cm (predelne stene) do 80 cm (zunanja stena). Med obnovenimi deli so izvedli tudi hidroizolacijsko sanacijo sten, ki stojijo pod terenom.



Slika 2: Osnovna šola dr. Mihajla Rostoharja [14]

Glede na način gradnje predvidevam, da je bila šola zgrajena po letu 1932, saj so takrat začeli uporabljati opeke normalnega formata (NF) 6,5 x 12 x 25, pred tem pa opeko dimenzije 6,5 x 14 x 29 [18]. V našem primeru je bil zid narejen tako, kot je prikazano na sliki 3. Debelina opečnega zidu skupaj s fugami znaša 51 cm, debelina zunanje stene skupaj z ometom pa znaša 60 cm.



Slika 3: Stikanje opeke (zunanji zid) [19]

Šola leži na zemljišču, ki je malo oddaljeno od središča vsega dogajanja in kjer promet ni tako gost. To je pomembno zato, ker so učilnice obrnjene proti cesti. Orientacija učilnic je jugozahodna. Pomemben dejavnik je tudi bližina železniške postaje oziroma proge. Po Pravilniku za osnovne šole [20] mora ta oddaljenost znašati najmanj 50 m. Pri našem primeru je ta oddaljenost več kot 100 metrov, kar je v skladu s pravili. Levo in desno od šole so stanovanjske hiše in nekaj manjših podjetij. V bližini je bila tudi večja tovarna Labod, ki pa je že nekaj let zaprta.



Slika 4: Tloris šole z okolico [21]

Šolsko zemljišče obsega gospodarsko dvorišče ter garažo za šolska vozila in ostale pripomočke. Ob šoli imajo prostori igralni (slika 5), svoj sadovnjak in čebelnjak. Ker ima šola več kot 8 oddelkov, imajo tudi svojo telovadnico (slika 1). Zaradi pomanjkanja prostora šolsko zemljišče ne obsega športnega igrišča, zato uporabljajo igrišče pri bližnji osnovni šoli nad obravnavano šolo (slika 4).



Slika 5: Otroška igrala



Slika 6: Vhod za ovirane ljudi

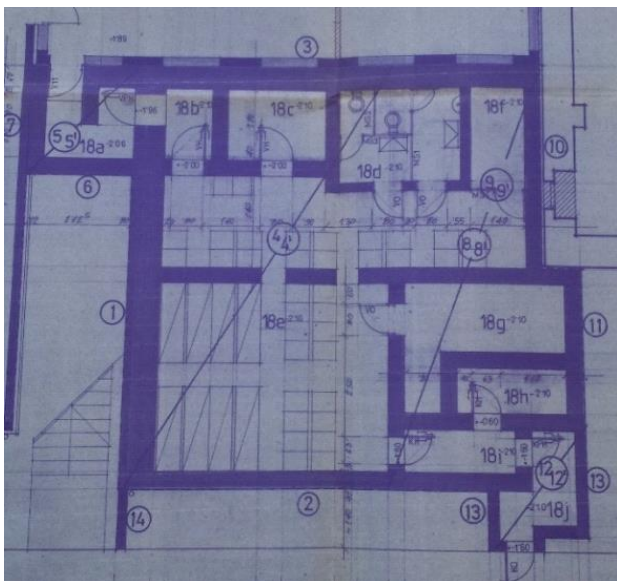
Učilnice nižjih in višjih razredov niso ločene, kot veleva pravilnik, saj imajo kombinirane oddelke, ki štejejo od 5 do 8 otrok. Število otrok se iz leta v leto spreminja. Učilnice so različno velike, vendar vse izpolnjujejo zahteve iz pravilnika o velikosti in opremljenosti. To velja tudi za vso opremo v učilnicah.

Šola ima tri vhode. Glavni vhod v starem delu stavbe je namenjen otrokom in staršem. Drugi vhod je z notranjega dvorišča in je namenjen gibalno oviranim ljudem, saj je izveden s pomočjo klančine. Ta dostop uporabljajo tudi za dovoz hrane v kuhinjo. Vhod za zaposlene je v dograjenem delu, kjer je tudi zbornica za učitelje in ostale delavce.

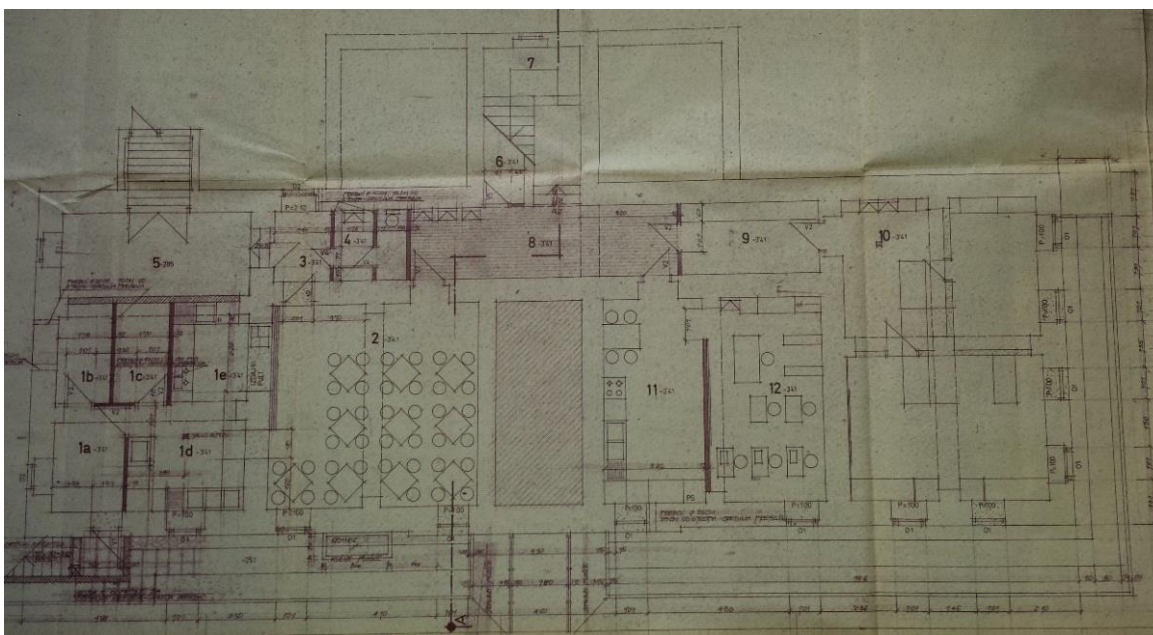
Vhod, namenjen gibalno oviranim otrokom (slika 6), izpolnjuje zahteve, določene v predpisih. Širina klančine je 1,6 m, podest na vrhu klančine, kjer je vhod v šolo, pa je dimenzije 1,6 m x 2,5 m. Na podestu je ob vratih na strani zapiranja in odpiranja dovolj prostora za varen odmik od vrat.

Šola ima eno večje dvigalo, ki vodi iz kleti, kjer je tudi dostop do telovadnice, vse do knjižnice v najvišjem nadstropju. Hodnik, ki vodi do dvigala, je širok 1,7 m, kar je dovolj tako za večje število uporabnikov kakor tudi za obračanje invalidskega vozička.

Prehod iz novega v stari del omogoča hodnik širine 1 m, ki nato preide v hodnik širine 2,7 m. Stopnišče v starem delu šole je namenjeno večjemu številu otrok, zato je širše; znaša 1,6 m, ograja pa je na višini 1 m. Še eno stopnišče v novem delu je namenjeno predvsem zaposlenim in je zato nekoliko ožje – 1,1 m, višina ograje pa je 1m.



Slika 7: Tloris kleti objekta – novi del [22]



Slika 8: Tloris kleti objekta – stari del [23]

8 REZULTATI

8.1 REZULTATI OCENE IZBRANIH OKOLIJSKIH PARAMETROV: OCENA GRADBENO-FIZIKALNIH PARAMETROV

8.1.1 IZRAČUN U-FAKTORJA IN ANALIZA DIFUZIJE VODNE PARE SKOZI KONSTRUKCIJSKE SKLOPE (obstoječe stanje)

Vhodni podatki

Za analizo konstrukcijskih sklopov smo uporabili računalniški program TEDI [7].

Za izračun rezultatov s programom TEDI smo morali najprej določiti splošne podatke, kot sta zunanja in notranja temperatura. Na podlagi koordinat objekta je program TEDI iz podatkovne baze izbral ustrezne klimatske podatke, iz katerih je določil zunanje projektne temperature. Pri zunanjih stenah smo za računsko temperaturo upoštevali -5 °C , pri notranjih 20 °C , v primeru tal na terenu pa 10 °C zunanje temperature. Relativna vlažnost znotraj konstrukcijskega sklopa je znašala ves čas 60 odstotkov.


Vhodni podatki o lokaciji in namembnosti stavbe so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Splošni podatki

Vrsta stavbe	Stavba za izobraževanje
Lokacija (vir: ARSO)	Krško
X	90751
Y	538458

8.1.1.1 Konstrukcijski sklop – zunanja stena (OBSTOJEČE STANJE)

Preglednica 2: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa, zunanja stena (obstoječe stanje)

Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Cementna malta	4,0	
		Polna opeka	51,0	
		Cementna malta	5,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 1,105 > U _{max} = 0,280		Št. plasti	T notri [°C]	T zunaj [°C]
Difuzija vodne pare		1	16,3	15,7
Ne pride do kondenzacije vodne pare v KS		2	15,7	-4,0
Toplotna stabilnost		3	-4,0	-5,0
Temperatura dušenja	298,26			
Temperatura zakasnitve [ura]	20,34			
Površinska temperatura [°C]	16,3			

Obravnavani konstrukcijski sklop predstavlja dejansko sestavo zunanje stene na starem delu obravnavanega objekta. Stena je sestavljena iz opeke, debeline 51 cm, in ometa na zunanjem in notranjem delu stene. Način stikanja opek pri obravnavani zunanji steni je prikazan na sliki 2. Pri tem se je uporabljala klasična opeka normalnega formata (NF) 6,5 x 12 x 25 cm. Ta tip opeke se je začel uporabljati v Jugoslaviji po letu 1932 [18].

Komentarji analize rezultatov

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne ustreza zahtevam, določenim v PURES 2010. Prehod toplote skozi konstrukcijski sklop namreč znaša $U_{izr} = 1,105 \text{ W/m}^2\text{K}$, s čimer niso izpolnjene minimalne zahteve, kot jih določa Pravilnik o učinkoviti rabi energije ($U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$). Če bi želeli izpolniti minimalne zahteve glede prehoda toplote z obstoječo toplotno izolacijo, bi morali namestiti toplotno izolacijo, debeline vsaj 11 cm.

Tudi temperatura površine na notranji strani obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne izpolnjuje pogojev toplotnega udobja [24], saj znaša 16,3 °C.

Toplotna stabilnost je sposobnost konstrukcije, da pri spremembah zunanje temperature ohranja v prostoru, ki ga omejuje čim bolj stalno temperaturo. Karakteristična vrednost s katero opišemo toplotno stabilnost konstrukcije je dušenje temperature. Dušenje temperature izražamo s faktorjem in,

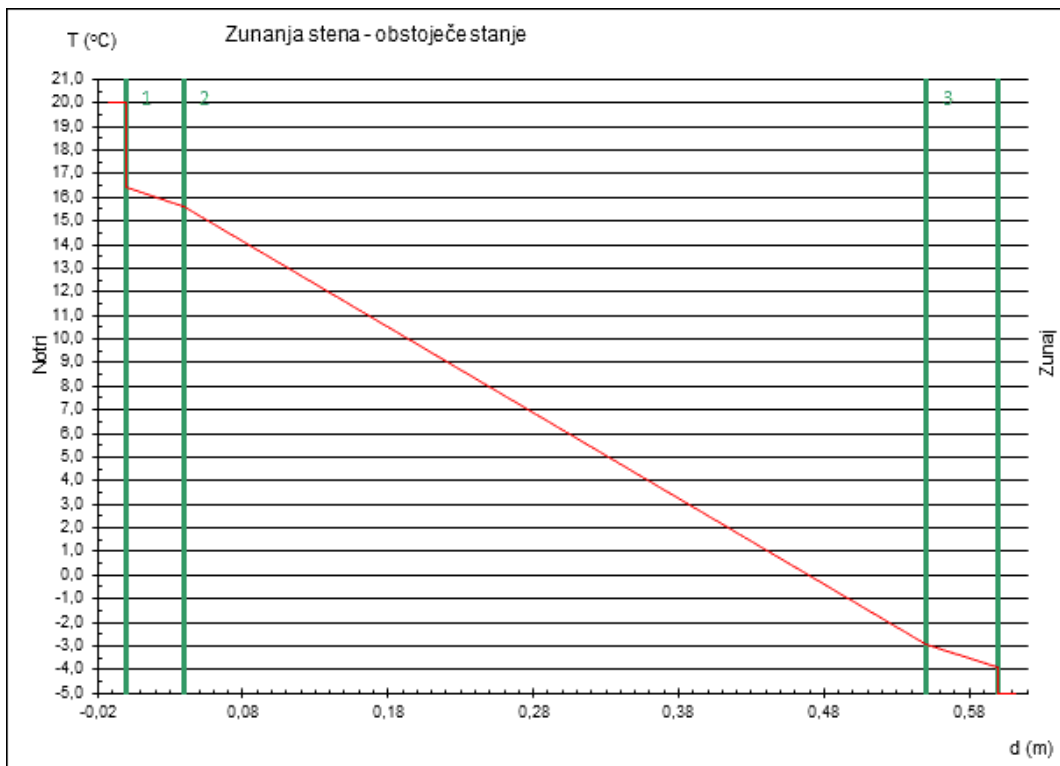
je brez enote. V obravnavanem konstrukcijskem sklopu znaša 298,26. Kar pomeni, da bo temperatura na notranji strani nihala z 298,26 krat manjšo amplitudo [25,26].

Temperaturna zakasnitev je časovna zakasnitev temperature na notranji strani glede na zunanjo temperaturo in jo merimo v urah. V našem primeru ta znaša 20,34 h. Čas, ki preteče med pojavom najvišje temperature na notranji površini konstrukcije imenujemo fazni zamik oziroma temperaturna zakasnitev [25,26].

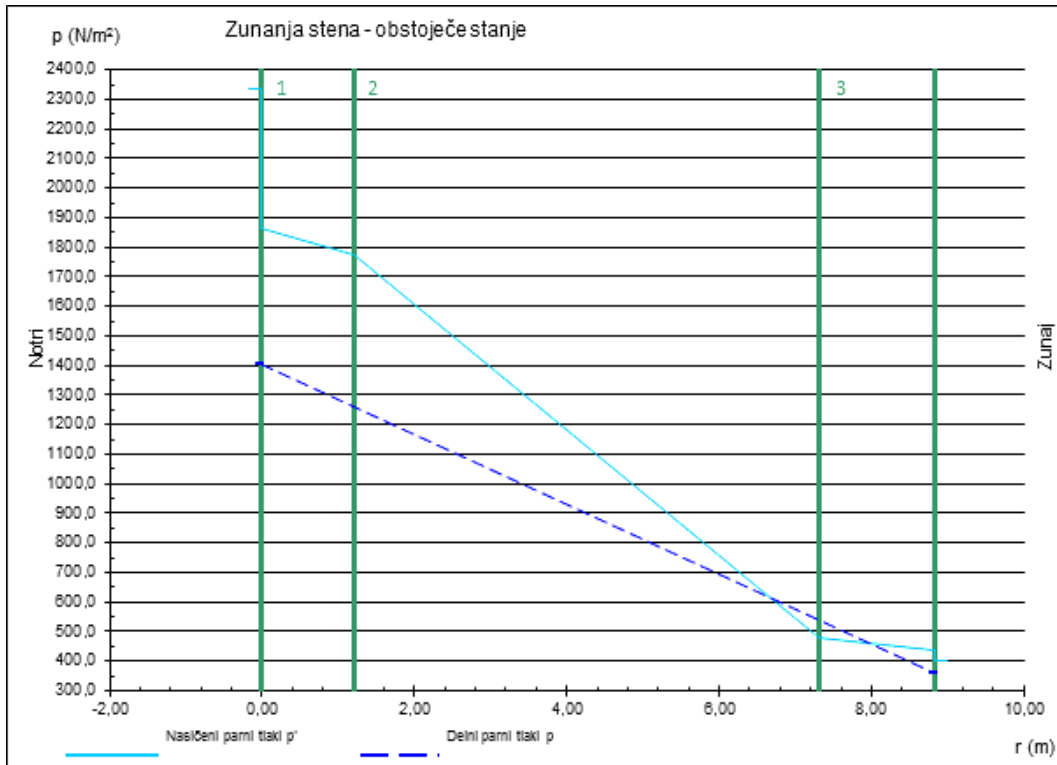
Veljavni standard ne zahteva preverjanja dušenja temperature in temperaturne zakasnitve KS-jev, kljub temu pa ti dve vrednosti povesta kako se bo obravnavani KS obnašal ob cikličnih dnevni nihanjih temperatur.[26]

Grafikon 2 prikazuje padec temperature med posameznimi ploskvami plasti. Opazimo, da do največje spremembe temperature pride med mejnima ploskvama 2. sloja. Večja kot je temperaturna razlika med mejnima ploskvama, večji je toplotni upor in s tem tudi izolativnost plasti.[27, 28]

S pomočjo programa TEDI ugotovim, da v obravnavanem konstrukcijskem sklopu ne prihaja do kondenzacije vodne pare . To lahko vidimo na grafikonu 3, saj delni parni tlak p v nobenem sloju ne doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p' . [27]



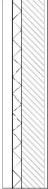
Grafikon 2: Diagram T- d, zunanja stena – stari del (obstoječe stanje)



Grafikon 3: Diagram p-r, zunanja stena – stari del (obstoječe stanje)

8.1.1.2 Konstrukcijski sklop - Zunanja stena in stena proti neogrevanem prostoru – knjižnica (obstoječe stanje)

Preglednica 3: Zunanja stena in stena proti neogrevanem prostoru – knjižnica (obstoječe stanje)

Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Mavčna in apnenomavčna malta	2,0	
		Polna opeka	12,0	
		Plošče iz komprimirane slame	5,0	
		Cementna malta	5,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 1,160 > U _{max} = 0,280		Št. plasti	T notri [°C]	T zunaj [°C]
Difuzija vodne pare		1	16,2	15,4
Pride do kondenzacije vodne pare v KS (3. sloj)		2	15,4	10,8
Toplotna stabilnost		3	10,8	-4,0
Temperatura dušenja	26,27	4	-4,0	-5,0
Temperatura zakasnitve [ura]	8,14			
Površinska temperatura [°C]	16,2			

Obravnavani konstrukcijski sklop predstavlja dejansko sestavo zunanje stene knjižnice, ki je na podstrešju novega dela šole. Zunanja stena je sestavljena iz opeke, debeline 12 cm – klasični enojni zid. Zid je narejen iz opeke, dimenzije 6,5 x 12 x 25 [18].

Komentarji analize rezultatov

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne ustreza zahtevam, določenim v PURES 2010. Prehod toplote skozi konstrukcijski sklop namreč znaša $U_{izr} = 1,160 \text{ W/m}^2\text{K}$, s čimer niso izpolnjene minimalne zahteve, kot jih določa Pravilnik o učinkoviti rabi energije ($U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$). Če bi želeli izpolniti minimalne zahteve glede prehoda toplote z obstoječo toplotno izolacijo, bi morali namestiti toplotno izolacijo, debeline vsaj 32 cm.

Tudi temperatura površine na notranji strani obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne izpolnjuje pogojev toplotnega udobja [24], saj znaša 16,2 °C.

Dušenje temperature znaša 26,27. To pomeni, da bo temperatura na notranji strani nihala s 26,27- krat manjšo amplitudo [25, 26].

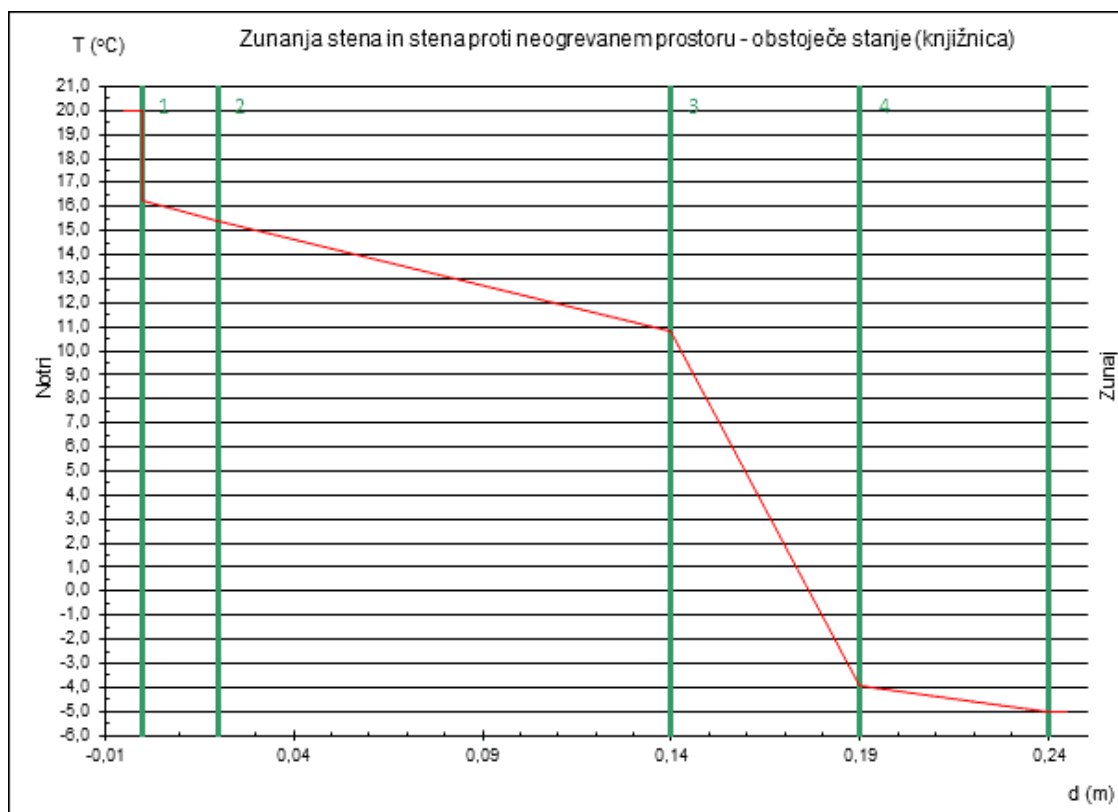
Temperaturna zakasnitev v našem primeru znaša 8,14 h [25, 26].

Največje spremembe temperature zasledimo med mejnima ploskvama 2. sloja (grafikon 4), kar je posledica večjega toplotnega upora in s tem tudi večje izolativnosti plasti [27, 28].

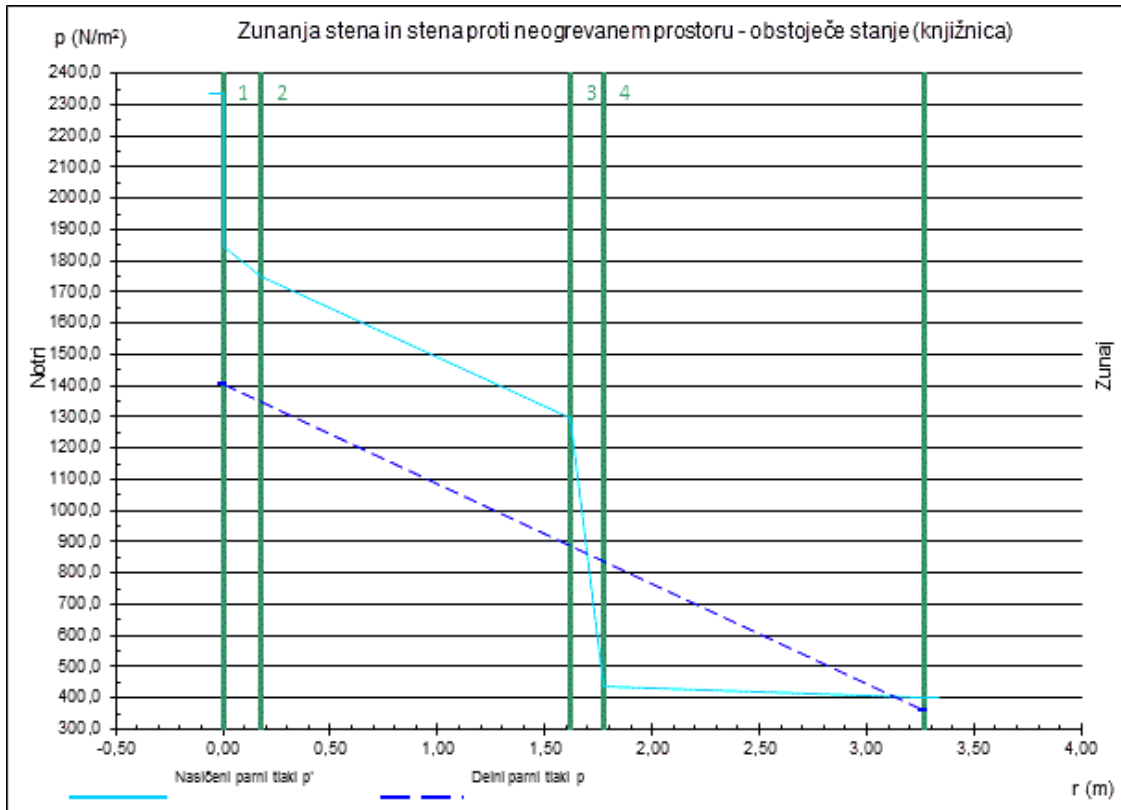
Kot kaže grafikon 5, ugotovimo, da pride do kondenzacije vodne pare v ravnini, v ploščah iz komprimirane slame. To se zgodi, ko delni parni tlak p v 3. sloju doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p^* [27].

Na podlagi PURES-a 2010 morajo biti stavbe projektirane in zgrajene tako, da se vodna para v konstrukciji ne kondenzira. Če pa do kondenzacije že pride, se mora vlaga po obdobju navlaženja in izsuševanja povsem izsušiti. Vsa ta kondenzirana vlaga pa na konstrukcijskem sklopu ne sme povzročiti škode, kot so npr. korozija, plesen in poslabšanje toplotno-izolacijskih lastnosti materialov [6].

Kondenzacijo vodne pare v toplotni izolaciji preprečimo z vgradnjo parne ovire na notranji strani toplotne izolacije. S tem tudi preprečimo, da bi prišlo do poškodb toplotno-izolacijskega materiala.



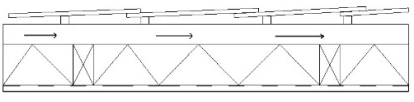
Grafikon 4: Diagram p-r, zunanja stena – knjižnica (obstoječe stanje)



Grafikon 5: Diagram p-r, zunanja stena – knjižnica (obstoječe stanje)

8.1.1.3 Konstrukcijski sklop - Strop v sestavi ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del)

Preglednica 4: Strop v sestavi ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del)

Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Lesena obloga	1,5	
		PVC-folija	0,053	
		Steklena volna	10,0	
		Horizontalna zračna plast	5,0	
		Strešniki	5,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 0,210 > U _{max} = 0,200		Št. plasti	T notri [°C]	T zunaj [°C]
Difuzija vodne pare		1	19,3	18,8
Ne pride do kondenzacije vodne pare v KS		2	18,8	17,3
Toplotna stabilnost		3	17,3	1,8
Temperatura dušenja	107,13	4	1,8	-4,3
Temperatura zakasnitve [ura]	7,37	5	-4,3	-4,8
Površinska temperatura [°C]	19,3			

Obravnavani konstrukcijski sklop predstavlja sestavo stropa v knjižnici, ki je umeščena na podstrešje novega dela šole. Strop je sestavljen iz lesene obloge na notranji strani, nato sledi PVC-folija, ki opravlja naloge parne ovire. V konstrukcijski sklop je med roženike kot toplotna izolacija vgrajena steklena volna, sledi pa še zračna plast in prečne letve, na katerih so pritrjeni strešniki.

Komentarji analize rezultatov

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne ustreza zahtevam, določenim v PURES 2010. Prehod toplote namreč znaša $U_{izr} = 0,210 \text{ W/m}^2\text{K}$ in presega minimalno vrednost prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop ($U_{max} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$). Če bi želeli izpolniti minimalne zahteve, bi morali namestiti še dodatnih 5 cm toplotne izolacije.

Temperatura površine na notranji strani obravnavanega konstrukcijskega sklopa znaša $19,3 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je nad mejo, s čimer zagotovimo parametre, pomembne za toplotno udobje [24].

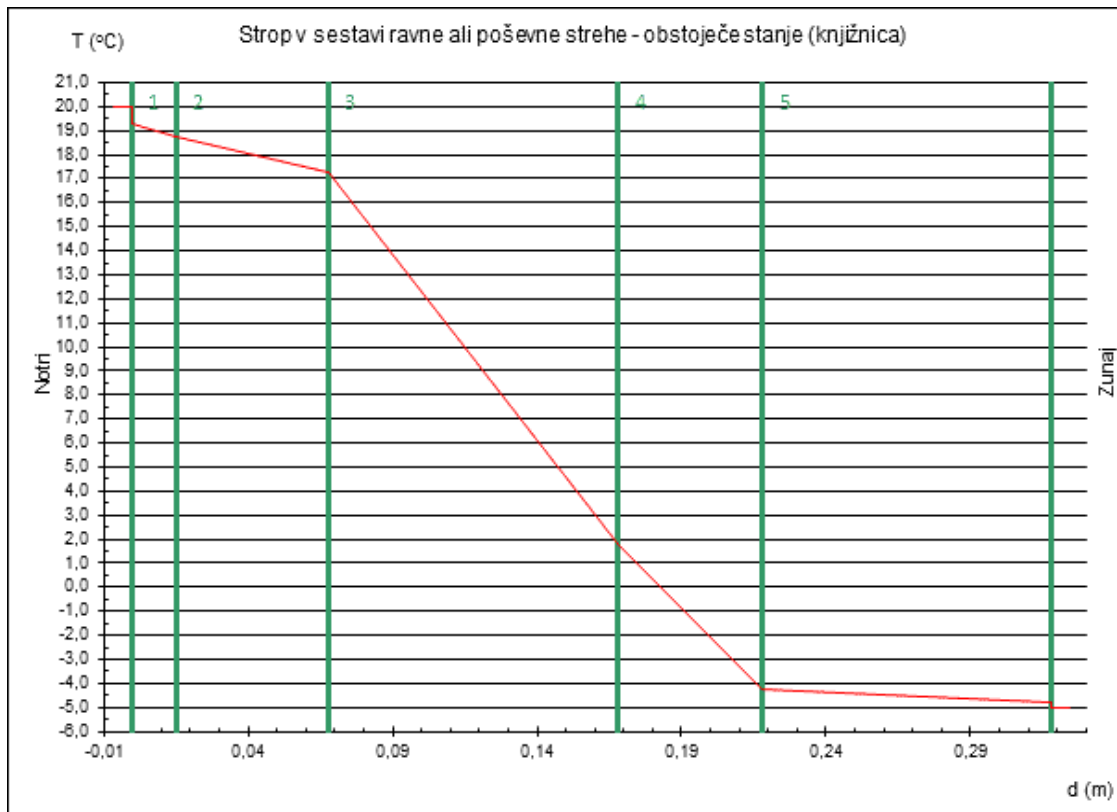
Dušenje temperature znaša 107,13, kar pomeni, da bo temperatura na notranji strani nihala s 107,13-krat manjšo amplitudo [25, 26].

Temperaturna zakasnitev v našem primeru znaša 7,37 h [25, 26].

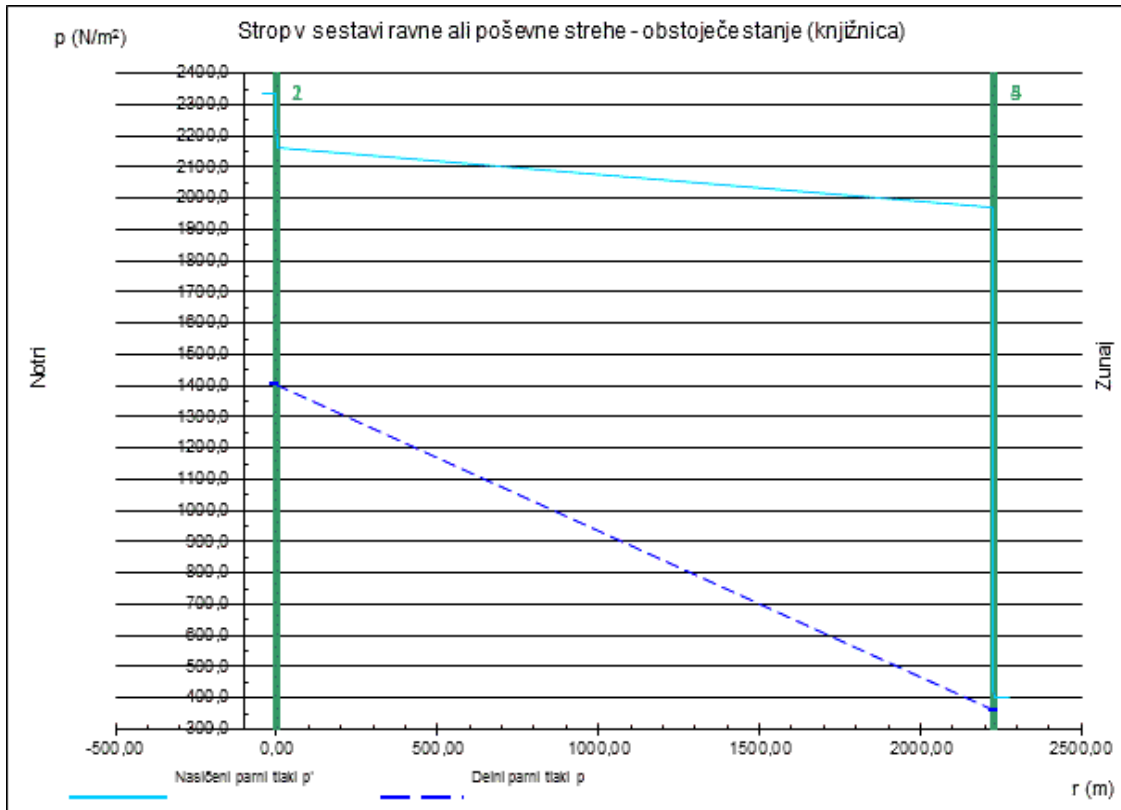
Opazimo lahko, da pri sestavi obravnavanega stropa pri poševni strehi ni nameščena sekundarna kritina. Njena vloga v konstrukcijskem sklopu je predstavljena v članku Sekundarne kritine na bitumenskih osnovah avtorja Romana Kuniča [29].

Kot nam pokaže grafikon 6, lahko opazimo, da pride do največje spremembe temperature med mejnima ploskvama v 3. in 4. sloju, kar pomeni, da sta ta dva sloja bolj izolativna od ostalih [27, 28].

Na osnovi grafikona 7 ugotovimo, da račun difuzije vodne pare ni potreben, ker ne pride do kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu, saj delni parni tlak p v nobenem sloju ne doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p^* [27].



Grafikon 6: Diagram T-d, strop v sestavi ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del)



Grafikon 7: Diagram p-r, strop v sestavi ravne ali poševne strehe – obstoječe stanje (novi del)

8.2 REZULTATI ANALIZE ZDRAVSTVENIH VIDIKOV TRAJNOSTNE GRADNJE

Izbrane zdravstvene vidike trajnostne gradnje smo ocenili s pregledom študij. Analiza zdravstvenih vidikov trajnostne gradnje se je osredotočila na nivo KS, kjer smo na osnovi znanstvenih dognanj preverili, ali imajo uporabljene materiali možen negativni vpliv na zdravje in okolje.

Rezultati pregleda študij so pokazali, da imajo gradbeni proizvodi iz lesa, bitumna, PVC-ja in mineralne volne potencialno negativen vpliv na okolje in zdravje. Glavni izsledki študij so predstavljeni v preglednici 5.

8.2.1 ZDRAVJU IN OKOLJU POTENCIALNO ŠKODLJIVI MATERIALI

Preglednica 5: Zdravju in okolju potencialno škodljivi materiali

GRADBENI PROIZVODI IZ LESA	
ZDRAVJE	<ul style="list-style-type: none"> - pogosto vsebujejo formaldehide lepila, ki emitirajo formaldehid; ta pa je pomemben onesnaževalec notranjega zraka [30]; - v primeru požara tvorijo zdravju škodljive pline in hlape [30]; - formaldehid v notranjem zraku lahko povzroča draženje oči in zgornjih dihalnih poti, slabost, glavobol, težave z dihanjem in alergije [30]; - večje koncentracije povečajo tveganje za razvoj rakastih obolenj na pljučih, žrelu in nosu [30]; - Guo s sod. (2012) je izvedel raziskavo na vzorcu 2324 stanovanj/sob (2007–2009) v Hangzhou, Kitajska. Rezultati raziskave so pokazali, da temperatura zraka in relativna vlažnost zraka vplivata na sproščanje formaldehida in sta pomembna dejavnika pri notranjem onesnaževanju s formaldehidom [31]; - Abdollahi in Hosseini (2014) navajata, da povzroča formaldehid akutno in kronično toksičnost. Ima potencialno vlogo pri genotoksičnosti, kancerogenosti in

	ekotoksičnosti [32].
OKOLJE	<ul style="list-style-type: none"> - negativni vpliv na okolico z odprtimi sežigi odpadkov, ki vsebujejo formaldehid; - v fazi odpadka problem predstavljajo tudi emisije NO_x IZ uree (surov material), ne le emisije formaldehida [30]; - Kim s sod. (2013) je pokazala, da je raven formaldehida povezana z relativno vlažnostjo. Na podlagi raziskave, kjer so preverili vir emisij formaldehida v knjižnicah, čitalnicah in zasebnih čitalnicah, so ugotovili, da je pri tem pomemben dejavnik starost notranjih materialov [33].
BITUMEN	
ZDRAVJE	<ul style="list-style-type: none"> - pri delavcih, ki so izpostavljeni emisijam iz vročih bitumnov, se lahko pojavi draženje oči, nosu in dihal, glavobol, vrtoglavica in slabost [34]; - simptomi so hujši pri delavcih, ki imajo težave z astmo in druge težave z dihanjem [34]; - Botzkaj s sod. (2013) je dokazal, da se med proizvodnjo in uporabo vročega bitumna sproščajo številne lahko hlapne organske snovi (VOC), delci, policiklični aromatski ogljikovodiki ... Na zdravje in okolje imajo možen negativni vpliv in bi jih bilo potrebno zmanjšati (pripraviti ukrepe z za preprečevanje in zmanjšanje negativnega vpliva) [35].
OKOLJE	<ul style="list-style-type: none"> - ne predstavljajo nobene nevarnosti za okolje pri temperaturi okolja [34]; - raziskava je pokazala, da vsebuje površinska voda v kmetijskih naseljih na območju zahodne Nigerije (v plitvih vodnjakih) visoke koncentracije koliformne bakterije zaradi odlaganja bitumna. Zato ta voda ni primerna za

	<p>prehrano ljudi razen če z njo ustrezno ravnamo [37];</p> <ul style="list-style-type: none"> - občutnega generatorja toplogrednih plinov predstavljajo asfaltske dejavnosti [36].
PVC	
ZDRAVJE	<ul style="list-style-type: none"> - pogosto vsebuje ftalate (tj. estre ftalne kisline in alifatskih alkoholov) [38]; - so hlapne tekočine, ki jih dodajajo polimerom v plastičnih masah [38]; - imenujejo jih mehčalci ali plastifikatorji [38]; - so endokrini motilci in motijo normalno delovanje endokrinega sistema [38]; - učinke tega motilca so dokazali s testi na živalih; imajo negativen vpliv na razvoj in razmnoževanje [38]; - pri ljudeh povzročajo nizek nivo testosterona, upadanje spermijev in genitalne okvare, zaustavljajo spolni razvoj in povečujejo možnosti za obolenje z nekaterimi vrstami raka [38]; - ftalate povezujemo z astmo in alergijami ter z njim povezanimi respiratornimi učinki [38]; - kratkotrajna izpostavljenost povzroča draženje oči, kože, dihalnega trakta ter celo kemično pljučnico [38]; - dolgoročna izpostavljenost vpliva na jetra, moda ter na preobčutljivost kože [38]; - poskusi na živalih kažejo toksične učinke na razmnoževanje in razvoj [38]; - pri požarih tvori PVC nevarne pline, kot so CO, CO₂, HCl [38]; - Callesen s sod. 2013 je preučeval koncentracije metabolitov ftalatnih estrov v urinu predšolskih otrok (primerjava skupine z boleznimi dihal in skupine brez boleznih dihal). Med skupinama ni bilo razlik [39].

OKOLJE	<ul style="list-style-type: none">- zelo strupen za vodno okolje, nevarnost za rastline v bližini predelovalnih obratov [40];- ftalati v zunanjem okolju ne ostanejo dolgo, ker so podvrženi fotodegradaciji, degradaciji in anaerobni degradaciji;- v notranjem okolju je življenjska doba daljša [41];- nevaren za okolje in vodne organizme [41];- študija Bamai, Y. A. s sod. (2013) je pokazala povezavo med razširjenostjo bronhialne astme ter alergij in količino ftalatov v hišnem prahu. Ljudje, predvsem otroci, so ftalatom izpostavljeni na nižje ležečih površinah v notranjem prostoru. Medsebojni učinki so bili pridobljeni med dimetil ftalati in senenim nahodom pri otrocih, pri odraslih pa med di-izo-nonil ftalati in bronhialno astmo. [42];- v študiji, ki so jo opravili Bamai in sod., so merili koncentracijo ftalatov v različnih delih stanovanjskih hiš (talni prah, prah s pohištva, ki je dvignjeno več kot 35 cm od tal).. Ugotovili so, da je bila koncentracija ftalatov višja na pohištvu kot na tleh, pri čemer so razlike tudi glede na različna tla (prah na lesenih tleh je vseboval višje koncentracije ftalatov kot na tleh drugih materialov). Študija prikazuje, da je pri ocenjevanju izpostavljenosti ftalatov zaradi hišnega prahu zelo pomembno, od kod prah prihaja (kje so vzeti vzorci) in iz kakšnega materiala so tla[43];- Behl A. 2014: Odpadni PVC-material je v sežigalnicah glavni onesnaževalec zraka z dioksinom, ki se sprošča pri gorenju. Študija govori o tem, da se lahko PVC-odpadki
--------	---

	<p>uporabijo kot modifikator v bitumenski mešanici. Ti odpadki se lahko varno uporabljajo v homogeni mešanici z bitumnom do temperature 160 °C. Mešanici bitumna z uporabo PVC-odpadkov povečamo trdnost in stabilnost [44] ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zhou, Y. 2013. trdi, da hiter razvoj PVC-industrije vodi do različnih okoljskih problemov. Analiza kaže, da bo do leta 2050 v okolju več kot 0,6 milijarde ton odpadnega materiala iz PVC-ja [45]; - študija Yina (2014) govori o tem, da bi lahko v prihodnje uporabljali glukozo, ki bi služila kot zeleno mehčalo. Proizvajajo jo z utekočinjanjem celuloze, nadomestila pa naj bi tradicionalna mehčala iz ftalatov. Rezultati raziskave kažejo, da imajo sintetizirani estri glukoze velik potencial, da nadomestijo PVC-mehčalce, poleg tega pa bi bilo to dobro za premagovanje okoljskih problemov, ki jih povzročajo ftalatna mehčala [46].
MINERALNA VOLNA	
ZDRAVJE	<ul style="list-style-type: none"> - hitro biološko razgradljiva, človeške tekočine jo hitro razgradijo in izločijo iz telesa [47, 48]; - vlakno, ki je prodrlo pljučno krilo, se izloči v 40 dneh, vdihano pa v 10 dneh [48]; - majhni prašni delci dražijo kožo, sluznico, pojavi se lahko rdečica in srbenje [48]; - študija Nielsen je osredotočena na bolezni dihal, predvsem na raka pljuč, pri delavcih, ki delajo v proizvodnji mineralne volne v ZDA in EU. Zaradi podobnosti vlaken mineralne volne z azbestom je bila mineralna volna obravnavana kot rakotvorna. Vendar so najnovejše študije Danskega inštituta za prehrano in veterinarstvo dokazale, da je

	<p>biorazgradljivost mineralnih vlaken krajša (se hitreje izločijo iz organizma – pljuč). S tem so ovrgli dejstva, da mineralna volna povzroča raka na pljučih. Kritična posledica vdihavanja vlaken mineralne volne pa lahko povzroča draženje dihal in obstruktivne pljučne bolezni (kronično obolenje dihal) [49].</p>
OKOLJE	<ul style="list-style-type: none">- pri izdelavi uporabijo do 75 odstotkov recikliranih materialov [50];- mineralne vlaknene odpadke je zelo težko reciklirati v proizvodnjo mineralne volne, saj so premazani z organskimi premazi, ki ob segrevanju v zrak spuščajo emisije [51];- odpadna mineralna vlakna, ki nastanejo pri proizvodnji kot stranski produkt, se lahko uporabijo za stropne plošče [51];- cilj raziskave <u>Kizinievič</u> (2014) je bil ugotoviti, ali lahko odpadke mineralne volne uporabijo kot dodatek pri keramičnih izdelkih. Ugotovili so, da se pri proizvodnji keramičnih izdelkov lahko uporabljajo in pri tem izdelkom celo izboljšujejo določene mehanske in fizikalne lastnosti [52];- <u>F. Stazi</u> (2013) je izvedel oceno stanja izolacije po 25 letih z namenom ugotoviti dejansko toplotno udobje in izvesti primerjavo različnih posegov prenove. Rezultati kažejo, da steklena vlakna in vezivo vplivajo na proces degradacije. Tako je povečana absorpcija vode in toplotna prevodnost. Staranje izolacije ni vplivalo na toplotno udobje in porabo energije za zagotavljanje toplotnega udobja [53].

Pri analiziranih konstrukcijskih sklopih (preglednice 2, 3, 4) lahko ugotovimo, da ne izpolnjujejo minimalne zahteve po učinkoviti rabi energije (PURES 2010) [6]. Nobeden obravnavani konstrukcijski sklop ni ustrezno zasnovan. S pomočjo programa TEDI [7] prikažemo, da je v vseh

konstrukcijskih sklopih nameščeno premalo toplotne izolacije ali je sploh ni, kar vpliva na to, da ni izpolnjen eden izmed ciljev obravnavane metode, optimalni U-faktor. V konstrukcijskem sklopu, kjer je nameščena toplotna izolacija (preglednica 3), ugotovimo, da ni parne ovire, ki bi preprečila difuzijo vodne pare v KS. S tem pa tudi ni izpolnjen drugi cilj, ki je zastavljen na mikroravni, preprečiti difuzijo vodne pare. S pomočjo preglednice 5, kjer smo analizirali uporabljene materiale, ugotovimo, da imajo vsi materiali, ki so bili uporabljeni kot toplotna izolacija, parna ovira, hidroizolacija ter obloge na notranji strani, negativen vpliv na zdravje in okolje.

Na podlagi izračunov U-faktorjev in analize difuzije vodne pare skozi konstrukcijske sklope ter s preglednicami uporabljenih materialov in njihovega vpliva na zdravje in okolje lahko sklenemo, da trajnostni parametri na nivoju mikroravni niso izpolnjeni.

8.3 POVEZAVA MED GRADBENO-TEHNIČNIMI POMANJKLJIVOSTMI IN ZDRAVSTVENIMI PROBLEMI

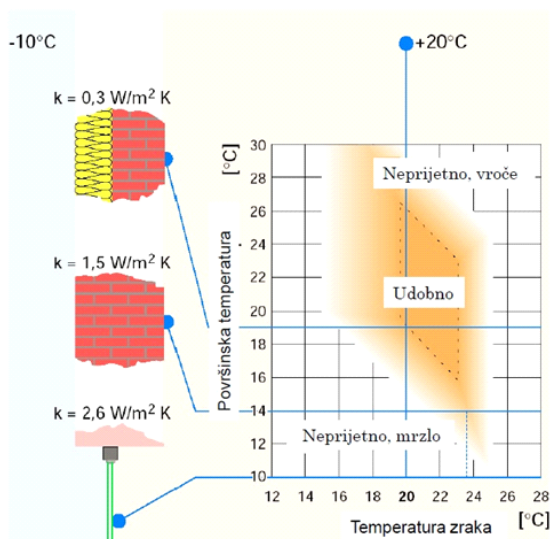
V tem poglavju bomo poskušali prikazati, kako lahko gradbeno-tehnične pomanjkljivosti potencialno vplivajo na zdravje.

Posledice neizoliranih sten se kažejo v obliki mnogih gradbeno-fizikalnih težav, kot so občasna ali stalna prisotnost vlage (nabiranje kondenza), plesni, lišajev, glivic in mahov ter poškodbe zidov, npr. odpadanje ometa in cvetenje. Težave se kažejo na notranjih površinah kot temni madeži na ometih ali pod tapetami, na robovih, v kotih; negativne posledice pa so vidne tudi na področju t. i. toplotnih mostov. Najhujša posledica neizoliranih sten je poleg slabih bivalnih pogojev izredno škodljiva notranja klima, ki vpliva na naše zdravje [54].

Toplotno udobje v prostoru je odvisno od temperature zraka, površinske temperature, hitrosti gibanja zraka in vlažnosti (okoljski parametri). Poleg omenjenega pa ima na zaznavo velik vpliv tudi stopnja metabolizma in izolativnost obleke. Primernost površinske temperature, kjer je zadoščeno toplotnemu udobju, je prikazana na sliki 9 [24]. Predlagana temperatura zraka v bivalnih prostorih, kjer se zadržujemo čez dan, naj bi se v času brez ogrevanja gibala med 22 °C in 26 °C; priporočljivo je 23 °C do 25 °C, med ogrevanjem pa med 19 °C in 24 °C; priporočljivo 20 °C do 22 °C [55].

Pri udobju v prostorih ne smemo pozabiti na vlago. Pri tem naj bi se priporočena relativna vlažnost gibala med 40 in 60 odstotki. Površinska temperatura naj bi bila do max. 2 K razlike s T zraka. Natančneje je definirana v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [55]. V primeru

pomanjkljive izvedbe toplotne izolacije pogosto pride do nizkih površinskih temperatur, kar lahko vpliva na toplotno udobje. Pri nizkih površinskih temperaturah lahko predvidimo, da pojav kondenza predstavlja veliko tveganje za nastanek plesni. Prekomerna relativna zračna vlažnost in vlaga pa povzročata številne težave tudi v gradbeni konstrukciji, kot so plesni, ki lahko povzročajo bolezni dihal, pršice in bakterije[56].



Slika 11: Stopnja toplotnega udobja [24]

Pri obravnavanih konstrukcijskih sklopih lahko opazimo, da pri sestavi stropa pri poševni strehi ni nameščena sekundarna kritina. Ta ima pomembno vlogo v sistemih toplotne zaščite poševnih streh. Pri sodobnih konstrukcijah streh tvori neprepustno plast pod strešniki, s katero ščitimo spodnje sloje pred vodo in vlago. V primeru zamakanja lahko privede do poslabšanja razmer v notranjosti bivalnih in delovnih prostorov [29].

Pravilniki zahtevajo poleg kontrole toplotne prehodnosti tudi kontrolo difuzije vodne pare v zimskih pogojih. Pod pojmom »dihanje stene« razumemo difuzijo vodne pare iz prostora v zunanost, varovanje konstrukcijskega sklopa pred prevelikim naglaševanjem in posledicami razvoja plesni in gliv [57]. Posledica nepravilno sestavljenega konstrukcijskega sklopa je lahko kondenzacija v posameznih plasteh, kar vpliva na poslabšanje U-vrednosti ali pa privede celo do poškodbe konstrukcijskega sklopa [58]. Na mestih, kjer se nabira vlaga v stavbah, se pogosto pojavljajo plesni oziroma glive. Vlaga v prostoru je posledica gradbenih napak, poplav ter varčevanja z energijo in s tem manj intenzivno prezračevanje bivalnega prostora [59].

8.4 PREDLOG REŠITEV

Pri prenovi stavbe skušamo upoštevati naslednje ukrepe, s katerimi bi izpolnili vse štiri vidike trajnostne gradnje:

- namestitev zdravju in okolju neškodljivih materialov,
- namestitev materialov, ki jih je mogoče v čim večji meri ponovno uporabiti ali reciklirati.

Če želimo izpolniti vse zahteve na mikroravni, pa moramo namestiti:

- ustrezno debelino toplotne izolacije,
- parno oviro, kjer je ni ali je nameščena na napačni strani,
- sekundarno kritino.

Da bi izpolnili cilje, določene na mikroravni pri obravnavani metodi, smo predlagali rešitve KS, ki so prikazane v preglednicah 7, 8 in 9. Pri tem smo v vsak KS namestili naravne materiale, ki jih je možno reciklirati in so neškodljivi za zdravje in okolje. V konstrukcijskem sklopu strop–stena je potrebno namestiti še sekundarno kritino, ki varuje sloje pod njo.

Uporabljeno toplotno izolacijo iz mineralne volne in stiskane slame nadomestimo z vlaknastimi lesenimi ploščami. Kljub temu da toplotna izolacija iz slame odgovarja zahtevam trajnostne gradnje, smo se odločili za zamenjavo zaradi nepravilne zaščitenosti. S tem smo se izognili možnosti poškodb konstrukcijskih sklopov ter kondenzacije vodne pare v posameznih plasteh, kar vpliva na poslabšanje U-vrednosti. Za izbrano izolacijo smo se odločili, ker jo lahko uporabimo kot izolacijo zunanjih sten, podstrešja, stropov, medetaž in notranjih sten [17].

Toplotna izolacija iz slame izpolnjuje vse zahteve v zvezi s trajnostno gradnjo. Ima veliko pozitivnih strani. Prednost uporabe slame je, da ima zelo visoko vrednost toplotne izolativnosti. Pri proizvodnji se porabi zelo malo energije; dovolj je že sončna svetloba za gojenje rastlin. Edina potrebna energija se uporabi v procesu baliranja. Poleg tega je 100-odstotno biološko razgradljiva ter zelo obstojna. Ob ustreznem vzdrževanju je njena življenjska doba lahko tudi do 100 let. Prav tako je nestrupena, saj ne vsebuje nobenih kemikalij, ki bi bile zdravju škodljive [60, 61].

Če želimo zadostiti zdravstvenemu in okoljskemu vidiku, moramo pri prenovi zamenjati mineralno volno, ki ima možne negativne vplive na zdravje in okolje. Ti negativni vplivi so prikazani v preglednici 5.

Predvidena izolacija iz vlaknastih lesenih plošč ima med vsemi naravnimi izolacijami najmanjšo toplotno prevodnost ($\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$) in najvišjo specifično toploto ($c = 2100 \text{ J/kgK}$). Njena izolativnost je kar 3,5-krat večja kot pri naravnem masivnem lesu. Takšne lastnosti pa zagotavljajo

visoko toplotno stabilnost in dolg fazni zamik toplote. Poleg tega uravnava tudi mikroklimo, veže vlago nase in jo po potrebi vrača v prostor. Sledi trajnostnim načelom v celotnem življenjskem obdobju, od proizvodnje do uporabe [17].

V vse konstrukcijske sklope, pri katerih bo ugotovljen nastanek kondenza, bomo namestili parno oviro – tako v tiste, v katerih ni bila nameščena, kot v tiste, pri katerih je že bila vgrajena in bi jo bilo potrebno zamenjati. Parna ovira je zelo pomembna za trajnost stenskih in strešnih konstrukcij, saj z njo ohranjamo izolativnost toplotne izolacije in poskrbimo, da ne pride do poslabšanja U-faktorja, poleg tega pa ovira prehod vodne pare iz notranjosti proti zunanosti. Na podlagi sestave obravnavanih konstrukcijskih sklopov lahko razberemo, da se je med izvedbo uporabljala in vgrajevala parna ovira na osnovi PVC-ja. Na podlagi različnih raziskav pa sem ugotovil, da je PVC zelo škodljiv tako za zdravje kot za okolje, zato se uporaba PVC-ja opušča in se ga nadomešča z manj škodljivimi materiali. Njegove negativne lastnosti so prikazane v preglednici 5.

Pri sanaciji obravnavanih konstrukcijskih sklopov bi uporabil parno oviro EKO natur [62], saj izpolnjuje zahteve v zvezi s standardom SIST EN 13859-1 [29], ki je v veljavi od leta 2006. Narejena je iz plasti belega flisa iz celuloze, povezana s slojem kartonastega papirja. Celulozo izdelujejo rastlinske celice in je poglobitna sestavina vseh rastlinskih tkiv ter najbolj razširjena organska snov na Zemlji. Tehnično jo pridobivajo iz lesa [63]. Iz obstoječih podatkov lahko predvidevamo, da verjetno nima negativnega vpliva na zdravje in okolje. Ker pa gre za novejši proizvod, bi bile potrebne dodatne raziskave, s katerimi bi dokazali neškodljivost na okolje in zdravje. Na podlagi članka o montažnih hišah avtorja Mira Puclja lahko ugotovimo, da prav to parno oviro v sedanjih časih uporabljajo pri večini montažnih hiš različnih proizvajalcev [34].

V primeru obnove konstrukcijskega sklopa streha–strop moramo namestiti tudi sekundarno kritino, ki jo imenujemo tudi rezervna ali varovalna kritina. Ta nam poleg toplotne izolacije izboljša pogoje bivanja pod poševno streho. Ima veliko vlogo pri zaščiti spodnjeležečih slojev pred vodo in vlago v primeru zamakanja primarne kritine. Od leta 2006 velja standard za sekundarne kritine, ki določa lastnosti podložnih folij, SIST EN 13859-1 [29]. Pri predlagani obnovi konstrukcijskih sklopov streha–strop bi uporabili sekundarno kritino OMEGA LIGHT [64]. Je zelo obstojna ter v skladu s standardi in v celoti naj bi jo bilo možno reciklirati. Gre za novejši proizvod na trgu, zato bi bile za dokaz neškodljivosti na okolje in zdravje potrebne dodatne raziskave.

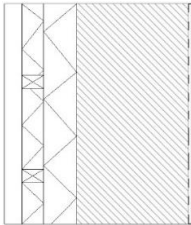
V vseh konstrukcijskih sklopih smo uporabili enako toplotno izolacijo, parno oviro in v primeru strop–streha enako sekundarno kritino. Dognanja o materialih, ki bi jih uporabili pri predvideni sanaciji, in njihovem vplivu na zdravje in okolje so predstavljena pri vsakem konstrukcijskem sklopu pod komentarji analize rezultatov.

Na podlagi vseh rešitev, ki smo jih predlagali pri prenovi konstrukcijskih sklopov, lahko trdimo, da so izpolnjeni vsi cilji, zastavljeni na mikroravni - toplotna prehodnost, difuzija vodne pare in upoštevanje zdravju in okolju prijaznih materialov. Na podlagi tega lahko predvidevamo, da konstrukcijski sklopi izpolnjujejo pogoje trajnostne gradnje in vseh štirih vidikov hkrati.

8.4.1 IZRAČUN U-FAKTORJA IN ANALIZA DIFUZIJE VODNE PARE SKOZI KONSTRUKCIJSKE SKLOPE (PREDVIDENA PRENOVA)

8.4.1.1 Konstrukcijski sklop – zunanja stena (moj predlog)

Preglednica 7: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa, zunanja stena (moj predlog)

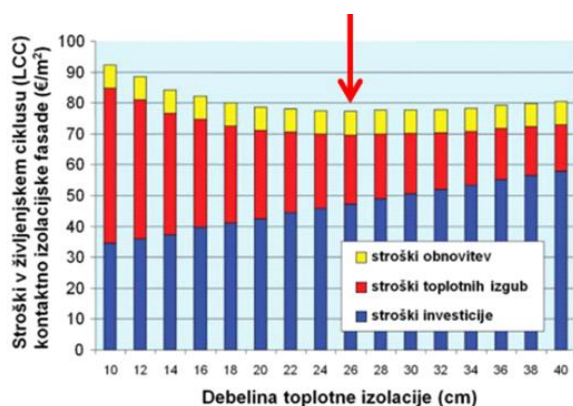
Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Mavčno-kartonaste plošče	1,25	
		Parna ovira	2,0	
		Polna opeka	51,0	
		Vlaknaste lesene plošče	15,0	
		Vlaknaste lesene plošče	10,0	
		Malta DEMIT	6,0	
		Timfas mineral	2,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 0,148 > U _{max} = 0,280		Št. plasti	T notri [°C]	T zunaj [°C]
Difuzija vodne pare		1	19,5	19,3
Ne pride do kondenzacije vodne pare v KS		2	19,3	18,6
Toplotna stabilnost		3	18,6	16,1
Temperatura dušenja	119019,80	4	16,1	3,8
Temperatura zakasnitve [ura]	38,08	5	3,8	-4,4
Površinska temperatura [°C]	19,5	6	-4,4	-4,7
		7	-4,7	-4,9

Obravnavani konstrukcijski sklop predstavlja moj predlog obnove obstoječe sestave zunanje stene na starem delu obravnavanega objekta. Sestava obstoječe stene se nekoliko spremeni predvsem zato, ker opečnemu zidu dodamo toplotno izolacijo na zunanji strani ter polietilensko folijo na notranji strani. Za finalno obdelavo omet na notranji strani nadomestimo z mavčno-kartonastimi ploščami, zunanja stran stene ostane ometana.

Komentar rezultatov analize

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne presega minimalne zahteve v PURES 2010. Prehod toplote skozi konstrukcijski sklop znaša $U_{izr} = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa je bistveno manj, kot zahteva Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010), pri katerem je minimalna vrednost prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop $U_{max} = 0,280$.

Na podlagi grafikona 8 lahko razberemo, da so stroški investicije in toplotnih izgub odvisni od debeline toplotne izolacije, medtem ko so stroški obnovitev neodvisni. Pri določitvi debeline toplotne izolacije sem si pomagal z raziskavo o ekonomični upravičenosti vgrajene toplotne izolacije v celotnem življenjskem ciklu KS [65].



Grafikon 8: Stroški v življenjskem ciklusu (LCC) kontaktno-izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije

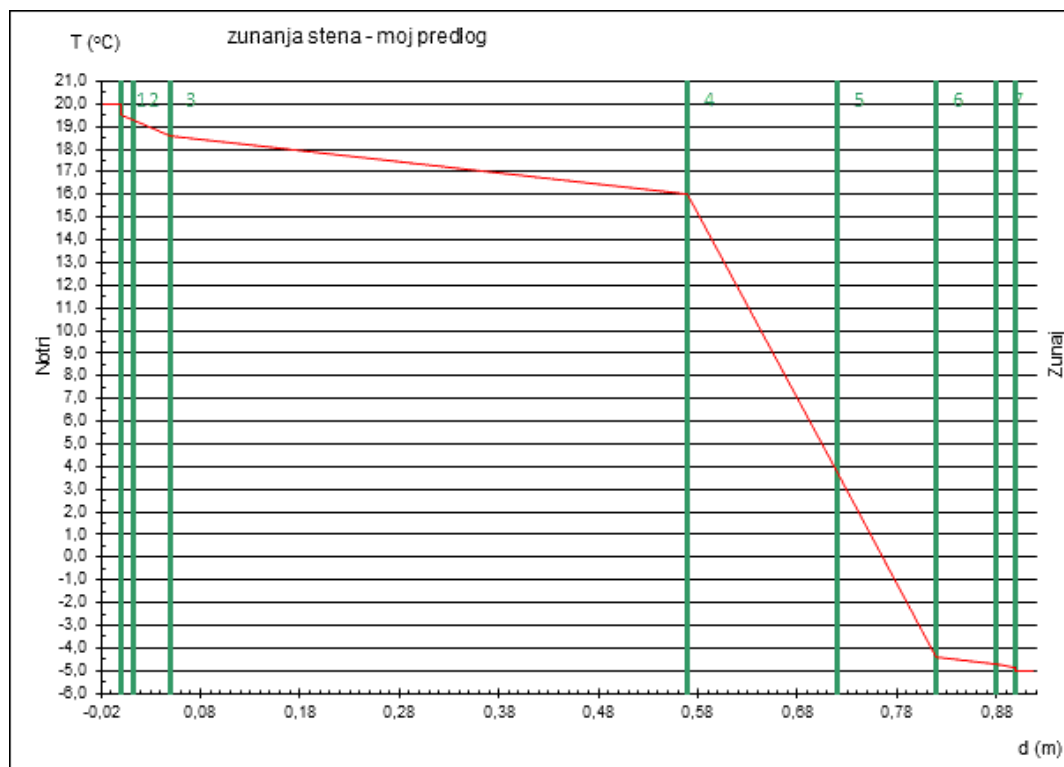
Na notranji strani obravnavanega sklopa znaša temperatura površine $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je nad mejo, s čimer zagotovimo ustrezeni parameter toplotnega udobja [24].

S toplotno stabilnostjo na splošno označujemo sposobnost konstrukcije, da ohranja v prostoru, ki ga omejuje, čim bolj stalno temperaturo kljub zunanjim temperaturnim spremembam. Karakteristična vrednost, s katero opišemo toplotno stabilnost konstrukcije, je dušenje temperature. V našem primeru znaša $119.019,80$. Pri tem bo temperatura na notranji strani nihala s $119.019,80$ -krat manjšo amplitudo [25, 26].

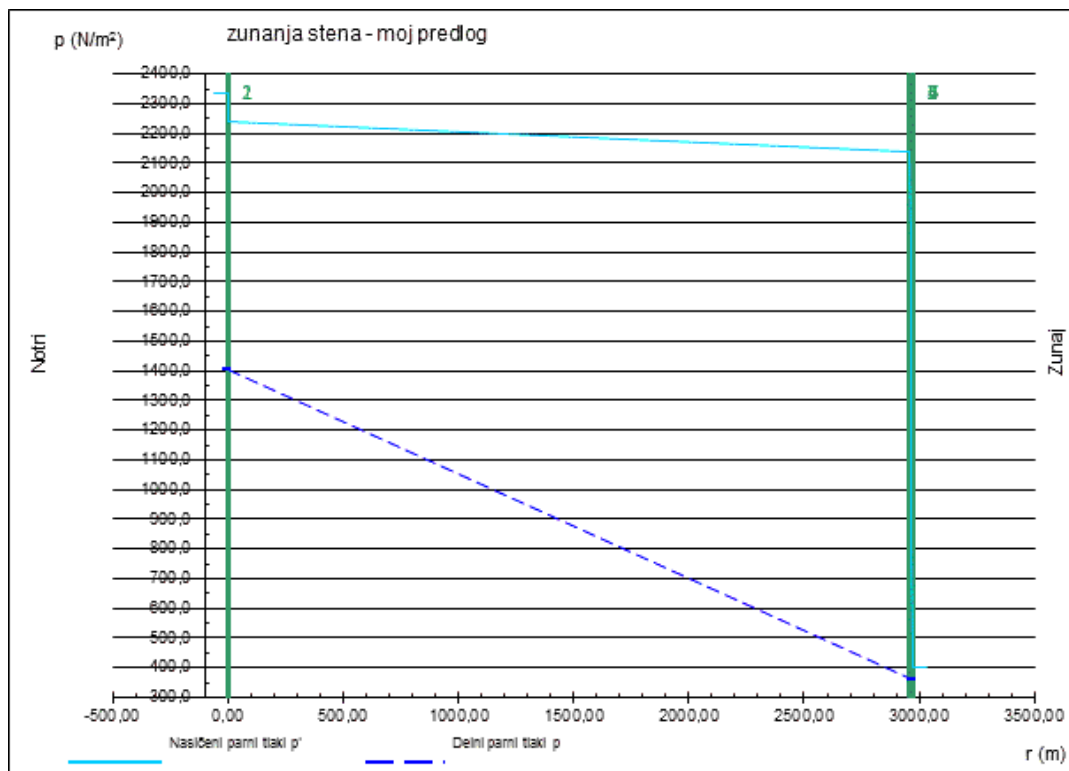
Toplotna zakasnitev je zakasnitev amplitud temperaturnega nihanja na notranji površini gradbene konstrukcije glede na amplitudo nihanja zunanje temperature. Enota toplotne zakasnitve je časovna enota, najpogosteje ura. Temperaturna zakasnitev v našem primeru znaša 38,09 h. Z vgradnjo toplotne izolacije lesenih vlaken dosežemo največjo temperaturno zakasnitev v primerjavi z ostalimi toplotno izolacijskimi materiali [25, 26].

Grafikon 9 prikazuje padec temperature med posameznimi ploskvami plasti. Do največjega padca temperature pride v 4. in 5. sloju, se pravi v toplotni izolaciji. Večja kot je temperaturna razlika med mejnima ploskvama, večji je toplotni upor in s tem tudi izolativnost plasti [27, 28].

Pravilniki od nas zahtevajo, da poleg kontrole toplotne prehodnosti preverimo tudi difuzijo vodne pare v zimskih pogojih [66]. S pomočjo grafikona 10 ugotovimo, da račun difuzije vodne pare ni potreben, ker ne pride do kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu, saj delni parni tlak p v nobenem sloju ne doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p^* [27].



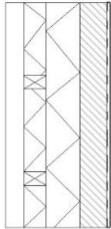
Grafikon 9: Diagram T-d, zunanja stena – stari del (moj predlog)



Grafikon 10: Diagram p-r, zunanja stena – stari del (moj predlog)

8.4.1.2 Konstrukcijski sklop - zunanja stena in stena proti neogrevanem prostoru – knjižnica (moj predlog)

Preglednica 7: Zunanja stena in stena proti neogrevanem prostoru –knjižnica (moj predlog)

Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Mavčno-kartonaste plošče	1,25	
		Parna ovira	2,0	
		Opečni zid	51,0	
		Vlaknaste lesene plošče	15,0	
		Vlaknaste lesene plošče	10,0	
		Malta DEMIT	6,0	
		TIMFAS MINERSL	2,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 0,161 > U _{max} = 0,280		Št. plasti	T notri [°C]	T zunaj [°C]
Difuzija vodne pare		1	19,5	19,2
Ne pride do kondenzacije vodne pare v KS		2	19,2	18,5
Toplotna stabilnost		3	18,5	17,8
Temperatura dušenja	3383,36	4	17,8	4,4
Temperatura zakasnitve [ura]	24,49	5	4,4	-4,5
Površinska temperatura [°C]	19,8	6	-4,5	-4,9
		7	-4,9	-5,0

Obravnavani konstrukcijski sklop predstavlja moj predlog sanacije zunanje stene knjižnice. Knjižnica je umeščena na podstrežje novega dela šole. Na notranji strani zidu bi kot finalni sloj namestili mavčno-kartonaste plošče. Sledila bi vgradnja polietilenske folije, ki bi služila kot zaščita toplotne izolacije, da ne bi prišlo do kondenzacije vodne pare. Na zunanjo stran zida bi namestili toplotno izolacijo iz vlaknastih lesenih plošč, debeline 25 cm. Kot zaključni sloj na zunanji strani bi uporabili cementi omet.

Komentar rezultatov analize

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne presega minimalne zahteve v PURES 2010. Prehod toplote skozi konstrukcijski sklop znaša $U_{izr} = 0,161 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa je bistveno manj, kot zahteva Pravilnik o učinkoviti rabi energije, pri katerem je minimalna vrednost prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop $U_{max} = 0,280$.

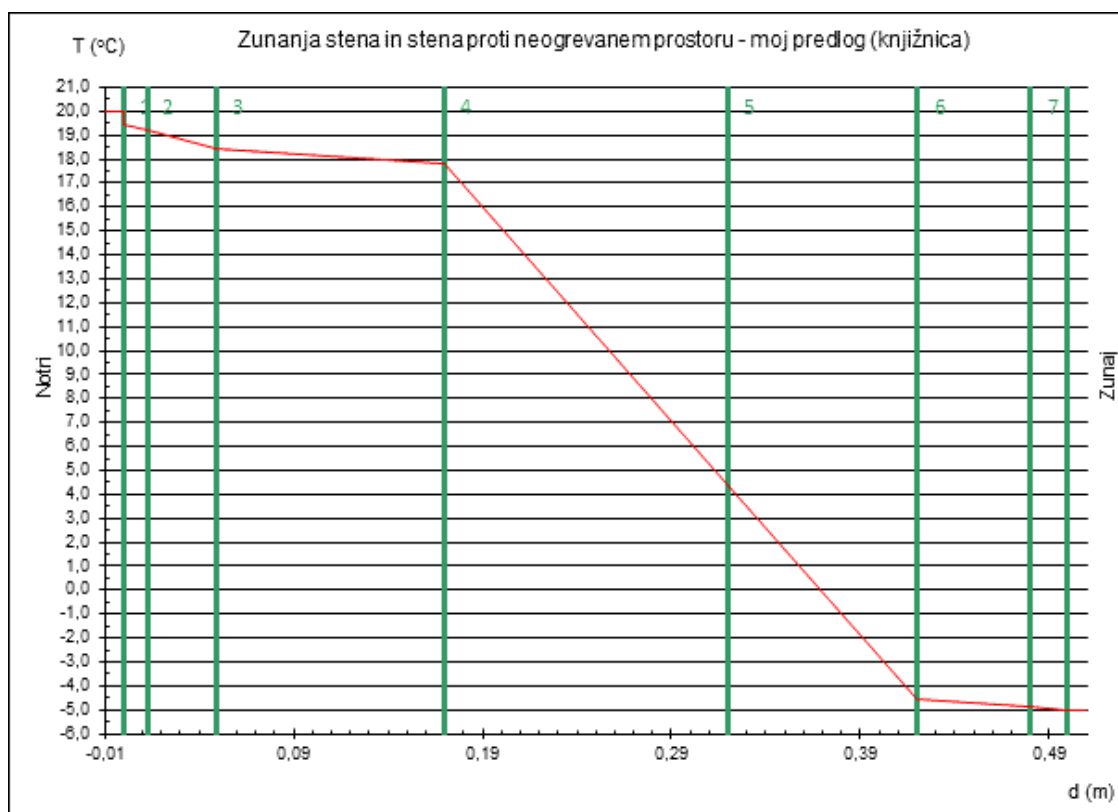
Pri tem konstrukcijskem sklopu je temperatura površine na notranji strani $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je nad mejo, s čimer zagotovimo ustrezeni parameter toplotnega udobja [24].

Dušenje temperature znaša 3383,36. Pri tem bo temperatura na notranji strani nihala s 3383,36-krat manjšo amplitudo [25, 26].

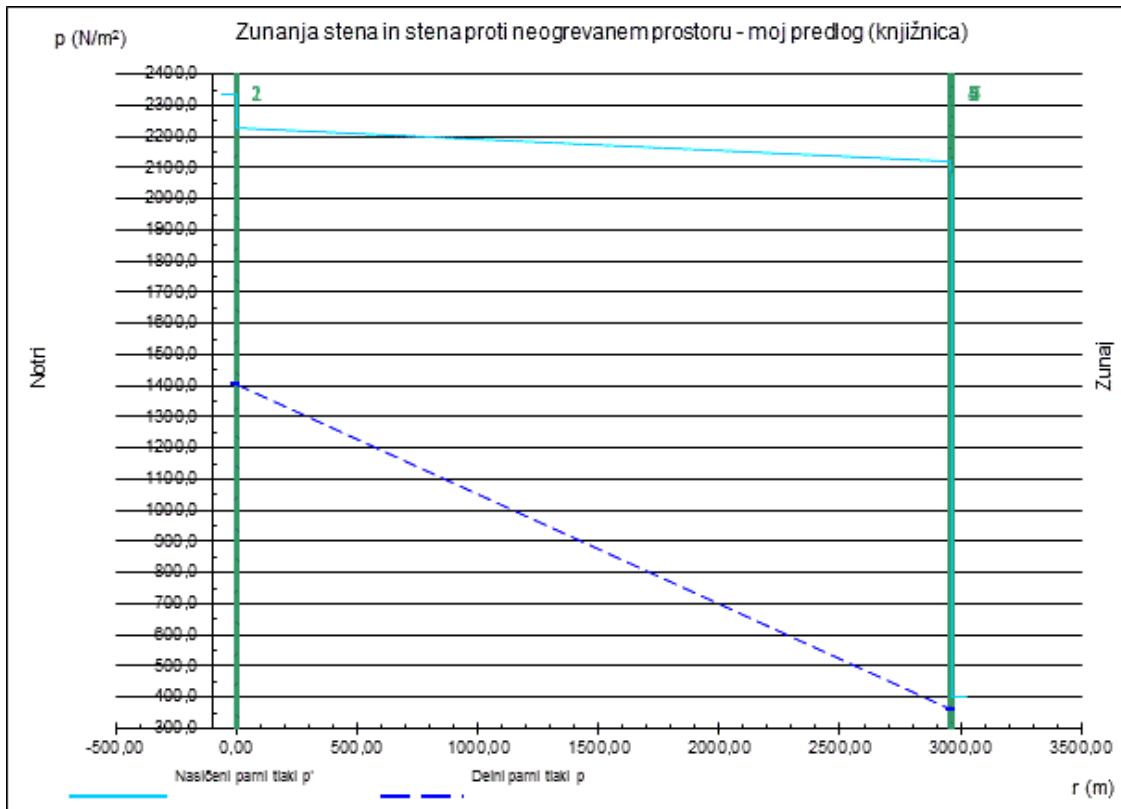
Temperaturna zakasnitev v našem primeru je 24,49 h [25, 26].

Grafikon 9 prikazuje padec temperature med posameznimi ploskvami plasti. Do največjega padca temperature pride v 4. in 5. sloju, kar predstavlja toplotno izolacijo [27, 28].

S pomočjo grafa 12 ugotovimo, da izračun difuzije vodne pare ni potreben, ker ne pride do kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu zaradi pravilno predvidene postavitve parne ovire. Pri tem delni parni tlak p v nobenem sloju ne doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p^* [27].



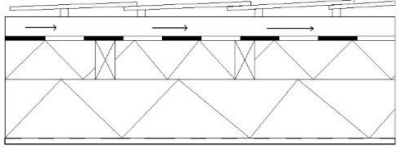
Grafikon 11: Diagram T-d, zunanja stena – knjižnica (moj predlog)



Grafikon 12: Diagram p-r, zunanja stena – knjižnica (moj predlog)

8.4.1.3 Konstrukcijski sklop - strop v sestavi ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del)

Preglednica 8: Strop v sestavi ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del)

Slika KS	Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)			
	Material	d [cm]		
	Mavčno-kartonaste plošče	1,25		
	Parna ovira	2,0		
	Vlaknaste lesene plošče	15,0		
	Vlaknaste lesene plošče	10,0		
	Sekundarna kritina	2,0		
	Horizontalna zračna plast	5,0		
	Strešniki	5,0		
Toplotna prehodnost [W/m²K]	Temperatura na stikih plasti			
U _{izr} = 0,138 > U _{max} = 0,200	Št. plasti	T notri [°C]	T zunaj [°C]	
Difuzija vodne pare	1	19,6	19,3	
Ne pride do kondenzacije vodne pare v KS	2	19,3	19,0	
Toplotna stabilnost	3	19,0	7,5	
Temperatura dušenja	1479,41	4	7,5	-0,1
Temperatura zakasnitve [ura]	18,72	5	-0,1	-0,5
Površinska temperatura [°C]	19,7	6	-0,5	-4,5
		7	-4,5	-4,9

Konstrukcijski sklop predstavlja moj predlog predvidene sanacije obstoječe sestave stropa v knjižnici, na podstrešju novega dela šole. Obnovljeni sklop bi bil sestavljen iz mavčno-kartonastih plošč, ki jim sledi polietilenska folija kot parna ovira. Toplotna izolacija bi bila vgrajena med strešne nosilce in nad njimi. Pri sanaciji bi za toplotno izolacijo uporabili vlaknaste lesene plošče, ki bi nadomestile predvideno uporabo steklene volne. Sledila bi sekundarna kritina, horizontalna zračna plast ter za konec še prečne letve in strešna kritina.

Komentar analize rezultat

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne presega minimalne zahteve v PURES 2010. Prehod toplote skozi konstrukcijski sklop znaša $U_{izr} = 0,138 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa je bistveno manj, kot zahteva Pravilnik o učinkoviti rabi energije, pri katerem je minimalna vrednost prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop $U_{max} = 0,280$.

Na notranji strani tega konstrukcijskega sklopa je temperatura površine $19,6 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je nad mejo, s čimer zagotovimo toplotno udobje [24].

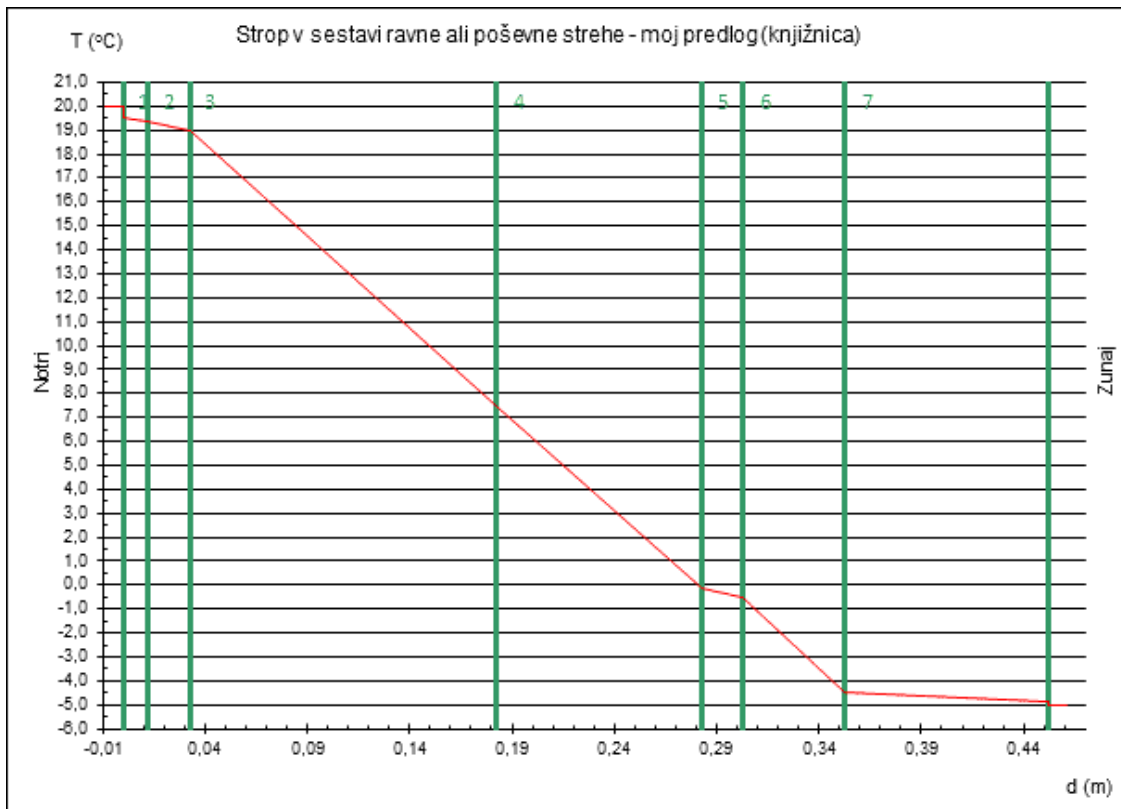
Dušenje temperature znaša 1479,41, pri čemer bo temperatura na notranji strani nihala s 1479,41-krat manjšo amplitudo [25, 26].

Temperaturna zakasnitev v našem primeru je 18,72 h [25, 26].

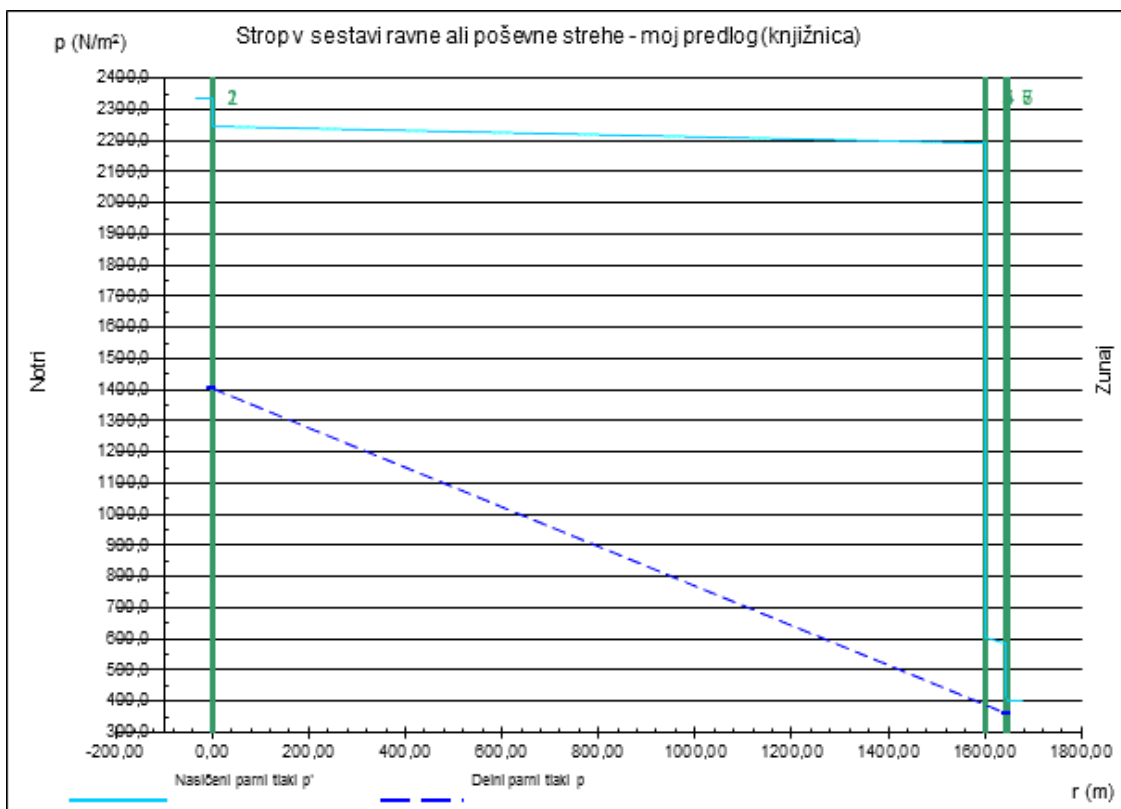
V primeru obnove konstrukcijskega sklopa streha–strop moramo namestiti tudi sekundarno kritino, ki pred prenavo sklopa ni bila nameščena. To lahko v primeru zamakanja strešne kritine povzroči poškodbe spodnjih slojev [29].

Kot je razvidno iz grafikona 13, pride do največjega padca temperature v 4., 5. in 6. sloju. Sloja 4 in 5 predstavlja toplotno izolacijo iz vlaknastih lesenih plošč, medtem ko sloj 6 predstavlja zračno plast, ki deluje tudi kot toplotna izolacija [27, 28].

Na podlagi grafikona 14 ugotovimo, da račun difuzije vodne pare ni potreben, ker ne pride do kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu, saj delni parni tlak p v nobenem sloju ne doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p^* [27]. Do kondenzacije ne pride zaradi pravilno nameščene parne ovire v konstrukcijskem sklopu.



Grafikon 13: Diagram T-d, strop v sestavi ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del)



Grafikon 14: Diagram p-r, strop v sestavi ravne ali poševne strehe – moj predlog (novi del)

9 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga temelji na hipotezi, da parametri trajnostne gradnje na OŠ dr. Mihajla Rostoharja ne bodo izpolnjeni. Tako predvidevanje je bilo pričakovano predvsem zaradi starosti objekta in načina gradnje v tistem času (okrog leta 1930 in pri prenovi 1984). Največ dvomov se je porajalo okoli zdravstvenega vidika stavbe, ki je prevečkrat zanemarjen, ter okolijskega vidika.

Pri analizi rezultatov okolijskih kriterijev/parametrov glede izpolnitve minimalnih zahtev o učinkoviti rabi energije po PURES-u 2010 se je naša hipoteza potrdila. Vsi obravnavani konstrukcijski sklopi so se izkazali za neustrezne, saj nobeden od njih ni izpolnjeval minimalnih zahtev glede prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop. Do teh ugotovitev smo prišli s pomočjo izračunov v programu TEDI.

Tudi drugo predvidevanje pri hipotezi se je izkazalo za pravilno. V objektu so bili uporabljeni materiali, ki so bili v tistem času na razpolago, vendar so potencialno škodljivi zdravju in okolju. Do te ugotovitve smo prišli na podlagi znanstvenih študij o materialih. Njihov vpliv na zdravje in okolje je prikazan v preglednici 5.

Na začetku smo si zastavili pet ciljev, ki smo jih želeli doseči z raziskavo pri diplomski nalogi. Najprej smo preverili prehod toplote skozi konstrukcijske sklope obstoječega stanja. Rezultati so se ujemali s predvidevanjem, ki smo ga zastavili v hipotezi. Na podlagi analize konstrukcijskih sklopov s pomočjo programa TEDI smo dobljene rezultate primerjali s trenutno veljavnimi zakonskimi zahtevami in s tem izpolnili tudi drugi zastavljeni cilj. Na podlagi sestave konstrukcijskih sklopov smo uporabljene materiale analizirali in podali njihov vpliv na zdravje in okolje. Pri tem so se naše ugotovitve ujemale s predvidevanji iz hipoteze. Naš naslednji cilj je bil določiti povezavo med gradbeno-tehničnimi pomanjkljivostmi in zdravstvenimi problemi ter raziskati, kakšen vpliv ima prvi na slednjega. Dobljene ugotovitve niso bile presenetljive. Gradbeno-tehnične pomanjkljivosti imajo velik vpliv na zdravje ljudi. S tem ko gradbeno-tehnične zahteve niso izpolnjene, se potencialno slabšajo bivalni pogoji, ki lahko vplivajo na zdravje. Dani rezultati so bili izhodišče za zadnji cilj, pri katerem smo predlagali rešitve, ki bi izpolnile zahteve trajnostne gradnje.

Na podlagi analiz smo ugotovili, da obstoječi konstrukcijski sklopi ne zadostujejo zahtevam, ki jih določa uporabljena metoda na mikroravni. V večini sklopov vse tri zahteve niso uresničene. Tako lahko trdimo, da parametri trajnostne gradnje na obravnavanem izobraževalnem objektu niso izpolnjeni. V primeru predlaganih rešitev konstrukcijskih sklopov smo uresničili vse zahteve, določene na mikroravni. Na podlagi tega lahko trdimo, da bi bile s predlagano obnovo zgradbe izpolnjene zahteve trajnostne gradnje.

VIRI

- [1] Levin, H. 1997. Systematic evaluation and assessment of building environmental performance (SEABAP). Submitted for presentation at Buildings and Environment. Pariz.
http://www.buildingecology.net/index_files/publications/SystemicEvaluationandAssessmentSEABEP.pdf (Pridobljeno 20. 3. 2014.)
- [2] Šijanec Zavrl, M. 2012. Trajnostna gradnja: Od energijsko učinkovite do zelene in trajnostne stavbe. ZMRK. Mladina 49.
<http://www.mladina.si/118540/trajnostna-gradnja/> (Pridobljeno 20. 7. 2014.)
- [3] Semič El-Masri, M., Šuman N. 2009. Trajnostna gradnja. Ekolist 9: 43-45.
http://www.ekolist.si/documents/ekolist_09/09_S089.pdf (Pridobljeno 20. 7. 2014.)
- [4] Dovjak, M., Krainer, A. 2013. A tool for the design of sustainable building concepts. V: Hauser, G. (ur.), Lützkendorf, T. (ur.), Eßig, N. (ur.). Implementing Sustainability – Barriers and Chances: book of abstract: SB 13 Munich. Muenchen, 24.-26. april 2013: loč. pag.
- [5] Dovjak, M., Kukec, A., Kristl, Ž., Košir, M., Bilban, M., Shukuya, M., Krainer, A. Integral control of health hazards in hospital environment. Indoor + built environment 22, 5: 776-795.
<http://ibe.sagepub.com/content/22/5/776.full.pdf>, doi:10.1177/1420326X12459867 (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [6] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). Uradni list RS, št. 52/2010: str.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [7] Perdan, R., Krainer, A. Uporabniški priročnik, računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 45 str.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/programi/TEDINavodila.pdf> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [8] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske unije, št. 88: 38 str.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)

- [9] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). Uradni list RS, št. 41/2004.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=48407> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [10] Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1). Uradni list RS, št. 110/2004,
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1581> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [11] Zakon o javnem naročanju (ZJN-2). Uradni list RS, št. 128/2006.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4298> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [12] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS, št. 110/2002.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO3490> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- [13] Agenda 21 za Slovenijo. Prispevek nevladnih organizacij. 1995. Ljubljana, Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.umanotera.org/index.php?node=8&p=5&id=36> (Pridobljeno 22. 7. 2014.)
- [14] Za zeleni razvojni preboj. 2012. Plan B 4.0: Prispevek za strategijo razvoja Slovenije 2014 – 2020. Ljubljana, Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.planbzaslovenijo.si/upload/SRS/plan-b-zeleni-razvojni-preboj.pdf>
(Pridobljeno 22. 7. 2014.)
- [15] Strategija za razvoj Slovenije 2014–2020. 2013. Ljubljana, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo.
http://www.mgrt.gov.si/fileadmin/mgrt.gov.si/pageuploads/EKP/Drugi_dokumenti/SRS_09_08_2013.pdf (Pridobljeno 22. 7. 2014.)
- [16] Šijanec Zavrl, M. 2012. Kriteriji za trajnostno gradnjo in zeleno javno naročanje. Gradbeni inštitut ZRMK.
<http://www.gi-zrmk.si/zrmkinstitut/pdf/Kriteriji-za-trajnostno-gradnjo-in-zeleno-javno-narocanje-GI-ZRMK.PDF> (Pridobljeno 22. 7. 2014.)
- [17] Török, T. 2013. Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Samozaložba Török, T: 107 str.
- [18] Brojan, L. 2009. Opeka in njena problematika. Arhitektura, Raziskave: 86-93.
http://www.fa.uni-lj.si/filelib/9_ar/2009/ar2009-2_splet.pdf (Pridobljeno 28. 7. 2014.)

- [19] Göres H., Hans. Velika knjiga o gradnjah. 1984. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije: 263 str.
- [20] Pravilnik o normativih za graditev in opremo osnovnih šol. 1968. Uradni list SRS, št. 21/68, 12/71 in 5/80.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV12137> (Pridobljeno 28. 7. 2014.)
- [21] Google maps. 2014.
<https://maps.google.si/> (Pridobljeno 28. 7. 2014.)
- [22] SAVA PROJEKT. 1985. Osnovna šola dr. Mihajlo Rostohar – PGD, PZI: 108 str.
- [23] SAVA PROJEKT. 1984. Osnovna šola dr. Mihajlo Rostohar – PGD, PZI: 39 str.
- [24] Kravanja, D. 2013. Udobje in energija kakovost zraka v prostorih termostatski ventili energetska izkaznica. GI ZRMK.
<http://ekosola.si/uploads/201008/KONFERENCA%20EKO%20SOL%20BRDO%2023%209%202013.pdf> (Pridobljeno 28. 7. 2014.)
- [25] Kunič, R. 2009. Mehanizem prehoda vlage skozi konstrukcijske sklope v stavbah (1. del). Revija Gradbenik: str.
http://www.fragmat.si/download/clanki/Gradbenik%20Prehod%20vlage_1.pdf (Pridobljeno 5. 8. 2014.)
- [26] Grobovšek, B. Toplotna stabilnost strešnih konstrukcij. GI-ZRMK: str.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT276.htm> (Pridobljeno 5. 8. 2014.)
- [27] Krainer, A. 2009. Faktor toplotne prehodnosti, ocena difuzije vodne pare, toplotna stabilnost.
<ftp://www.fgg.uni-lj.si/Sendable/Patricia/STAVBARSTVO/Stavbarstvo%20II%202009-10/Krainer%20Staro%20stavbarstvo/Stavbarstvo1/8%20difuzija%20toplote%20in%20vodne%20pare.pdf> (Pridobljeno 5. 8. 2014.)
- [28] Kunič, R. 2009. Mehanizem prehoda toplote skozi konstrukcijske sklope v stavbah (2. del). Revija Gradbenik (september): 46-47.
http://www.fragmat.si/download/clanki/Gradbenik%20Prehod%20toplote_1.pdf (Pridobljeno 8. 8. 2014.)

- [29] Kunič, R. 2008. Sekundarne kritine na bitumenskih osnovah. Gradbenik (februar): 52-53.
<http://www.fragmat.si/download/clanki/Sekundarne%20kritine%20na%20bitumenskih%20osnovah.pdf> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [30] Šestan, P., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2013. Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi. Gradbeni vestnik 62: 190-203.
- [31] Guo, M. s sod. 2012. Formaldehyde concentration and its influencing factors in residential homes after decoration at Hangzhou. China, Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074212601703> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [32] Abdollahi, M. Hosseini, A. 2014. Formaldehyde. Science Direct. (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [33] Kim, J. s sod. 2013. Indoor aldehydes concentration and emission rate of formaldehyde in libraries and private reading rooms. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013000848> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [34] Pucelj, M. 2010. Sestava montažne stene priča o kakovosti gradnje montažne hiše. Dnevnik.
<https://www.dnevnik.si/dom/gradnja-in-prenova/ sestava-montazne-stene-prica-o-kakovosti-gradnje-montazne-hise> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [35] Boczkaj, G. s sod. 2014. Characteristics of volatile organic compounds emission profiles from hot road bitumens. Science Direct. (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [36] Britovšek, Z. 2013. Zdravje in varstvo delavcev ter varovanje okolja v industriji asfalta. Zavoda za gradbeništvo (ZAG).
<http://www.zdruzenje-zas.si/index.php/si/component/k2/item/160-strokovno-sre%4%8danje-kakovost-bitumnov-in-trajnostni-vidiki-asfalteriske-panoge#> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [37] Fagbote, E. O. s sod. 2013. Water quality index of the ground water of bitumen deposit impacted farm settlements using entropy weighted method.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s13762-012-0149-0> (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [38] Dovjak, M., Kristl, Ž. 2011. Helath concerns of PVC materials in the built environment.

- International journal of sanitary engineering research 5, 1: 4-26. (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [39] Callesen, M. s sod. 2013. Phthalate metabolites in urine and asthma, allergic rhinoconjunctivitis and atopic dermatitis in preschool children. Science Direct. (Pridobljeno 8. 8. 2014.)
- [40] The European Council of Vinyl Manufacturers and VinylPlus. 2014.
<http://www.pvc.org/en/p/european-council-of-vinyl-manufacturers-ecvm-charters>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [41] Dovjak, M., Krainer, A., Kristl, Ž.. 2012. PVC-materiali v stavbah so lahko škodljivi za zdravje. Delo.
<http://www.delo.si/druzba/znanost/pvc-materiali-v-stavbah-so-lahko-skodljivi-za-zdravje.html>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [42] Bamai, Y. A. s sod. 2013. Associations of phthalate concentrations in floor dust and multi-surface dust with the interior materials in Japanese dwellings. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713008917>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [43] Bamai, Y. A. s sod. 2014. Exposure to house dust phthalates in relation to asthma and allergies in both children and adults. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714003891>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [44] Behl, A. s sod. 2014. A sustainable approach: Utilization of waste PVC in asphaltting of roads. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813012063>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [45] Zhou, Y. 2013. Industrial metabolism of PVC in China: A dynamic material flow analysis. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912002303>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [46] Yin, B. s sod. 2014. Glucose esters as biobased PVC plasticizers. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014305714001931>

(Pridobljeno 13. 8. 2014.)

- [47] Wilson, A. 2012. Expanded Cork - The Greenest Insulation Material?
<http://www2.buildinggreen.com/blogs/expanded-cork-greenest-insulation-material>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [48] Ehrlich, B. 2009. Mineral Wool Residential and Commercial Insulation.
<http://www2.buildinggreen.com/article/mineral-wool-residential-and-commercial-insulation>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [49] Nielsen, E. 2006. Evaluation of health hazards by inhalation of mineral wools. Danski inštitut za prehrano in veterinarstvo. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378427406005017>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [50] Ehrlich, B. 2009. Mineral Wool Residential and Commercial Insulation.
<http://www2.buildinggreen.com/article/mineral-wool-residential-and-commercial-insulation>
(Pridobljeno 13. 8. 2014.)
- [51] Dunster, M. A. 2007. Waste mineral fibre in ceiling tile manufacture. Characterisation of Mineral Wastes, Resources and Processing technologies – Integrated waste management for the production of construction material.
http://www.smartwaste.co.uk/filelibrary/Ceiling_tiles_waste_mineral_wool.pdf
(Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [52] Kizinievič, O. 2014. Investigation of the usage of centrifuging waste of mineral wool melt (CMWW), contaminated with phenol and formaldehyde, in manufacturing of ceramic products. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14000191>
(Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [53] Stazi, F. 2014. Assessment of the actual hygrothermal performance of glass mineral wool insulation applied 25 years ago in masonry cavity walls. Science Direct.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813006142>
(Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [54] Fragmat. 2009. Izredno učinkovita srebrno-siva izolacija. Gradim 12: 72-73.
<http://www.gradim.si/images/revije/gradim-12/3.pdf> (Pridobljeno 15. 8. 2014.)

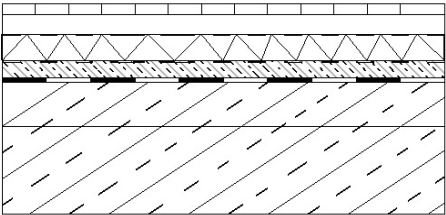
- [55] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=36371>
(Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [56] Valenčič, M. 2012. Kakovost zraka v stavbah.
<http://www.zenergija.si/images/Kakovost.pdf> (Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [57] Kunič, R. 2009. Mehanizem prehoda vlage skozi konstrukcijske sklope v stavbah (1. del).
Revija Gradbenik (november): 46-47 str.
http://www.fragmat.si/download/clanki/Gradbenik%20Prehod%20vlage_1.pdf
(Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [58] Grobovšek, B. 2008. Toplotna zaščita ovoja stavbe. ZRMK.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT47.htm> (Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [59] Pajek, L. s sod. 2013. Vpliv gliv v grajenem okolju na zdravje ljudi.
<http://www.zveza-dgits.si/vpliv-gliv-v-grajenem-okolju-na-zdravje-ljudi>
(Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [60] Owens, T. 2009. The Pros and Cons of Straw Bale Wall Construction In Green Building.
<http://www.buildingwithawareness.com/blog/2009/04/the-pros-and-cons-of-straw-bale-wall-construction-in-green-building/> (Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [61] Ong, J. Why build with straw? BBC News.
<http://www.homegrownhome.co.uk/homegrownhomewhystraw.html#thermal>
(Pridobljeno 21. 8. 2014.)
- [62] Certifikat za parno oviro EKO nature.
http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/2c7/013/Eko-natur-parna-ovira-slo.pdf
(Pridobljeno 21. 8. 2014.)
- [63] Celuloza. 2014.
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Celuloza> (Pridobljeno 21. 8. 2014.)
- [64] Certifikat za sekundarno kritino OMEGA LIGHT. 2007
http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/2c8/e89/CE-Label---INTERBUILD-ACTIVE---OMEGA-LIGHT---0-5m---11.06.07.pdf (Pridobljeno 21. 8. 2014.)

- [65] Kunič, R. 2012. Ekonomična debelina toplotne izolacije v ovoju stavbe. Gradbenik 5: 22-23.
<http://www.fragmat.si/download/clanki/Koliksna%20debelina%20toplotnih%20izolacij%20v%20fasadah%20je%20se%20upravicena.pdf> (Pridobljeno 21. 8. 2014.)
- [66] Učinkovita raba energije. 2010. Tehnična smernica za graditev TSG-1-004. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 106 str.
http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 23. 8. 2014.)
- [67] Nemanič, K. 2007. Kamena in steklena, podobnosti in razlike. Delo in dom.
<http://www.deloindom.si/enostanovanjske-hise/kamena-steklena-podobnosti-razlike>
(Pridobljeno 23. 8. 2014.)
- [68] Nemanič, K. 2011. Mineralna volna – preverjena toplotna izolacija. Delo in dom.
<http://www.deloindom.si/mineralna-volna-preverjena-toplotna-izolacija>
(Pridobljeno 23. 8. 2014.)
- [69] Wilson, A. 2012. Expanded Cork - The Greenest Insulation Material?
<http://www2.buildinggreen.com/blogs/expanded-cork-greenest-insulation-material>
(Pridobljeno 23. 8. 2014.)
- [70] Žiroš, E. 2014. Trajno elastična hidroizolacija.
<http://varcevanje-energije.si/napredne-gradbene-resitve/trajno-elasticna-hidroizolacija.html>
(Pridobljeno 23. 8. 2014.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: KONSTRUKCIJSKI SKLOP – TLA NA TERENU V KLETI (OBSTOJEČE STANJE)

Preglednica 9: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa, zunanja stena (obstoječe stanje)

Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Parket	2,5	
		Zaščitni beton	4,5	
		PVC-folija	2,0	
		EPS	6,0	
		PVC-folija	2,0	
		Cementni estrih	4,0	
		Bitumenska lepenka	1,0	
		Podložni beton	10,0	
		Tampon	20,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 0,471 > U _{max} = 0,350		Št. plasti	T znotraj [°C]	T zunaj [°C]
Difuzija vodne pare		1	19,4	18,8
Pride do kondenzacije vodne pare v KS (4. sloj)		2	18,8	18,7
Toplotna stabilnost		3	18,7	18,2
Temperatura dušenja	329,2	4	18,2	11,7
Temperatura zakasnitve [ura]	11,52	5	11,7	11,2
Površinska temperatura [°C]	19,4	6	11,2	11,0
		7	11,0	10,8
		8	10,8	10,6
		9	10,6	10,2

Obravnavani konstrukcijski sklop predstavlja sestavo tal v kleti v starem delu šole. Tla s takšno sestavo konstrukcijskega sklopa najdemo v jedilnici, kotlarni, v prostoru s čistili in na hodniku. Med obnovo in dozidavo šole je prišlo do sprememb namembnosti prostorov. Tako so jedilnico prestavili v pritličje novega dela šole.

Pod parketom je zaščitni beton, sledi mu PVC-folija kot parna ovira. Nato je nameščen stiropor, ki služi kot toplotna in zvočna izolacija, temu sledi še ena PVC-folija, nato cementni estrih, bitumenska lepenka kot hidroizolacija, podložni beton in na koncu še tampon.

Komentarji analize rezultatov

S pomočjo programa TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne ustreza zahtevam v skladu s PURES 2010. V našem primeru prehod toplote skozi konstrukcijski sklop znaša $U_{izr} = 0,471 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar presega minimalno vrednost prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop ($U_{max} = 0,280$). Če bi želeli izpolniti minimalne zahteve o prehodu toplote, bi morali namestiti toplotno izolacijo debeline 10 cm.

Temperatura površine na notranji strani obravnavanega konstrukcijskega sklopa je $19,4 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je nad mejo zagotavljanja toplotnega udobja [24]. Dušenje temperature znaša 329,20. Pri tem bo temperatura na notranji strani nihala s 329,20-krat manjšo amplitudo [25, 26]. Tako v našem primeru beležimo temperaturno zakasnitev 11,52 h [25, 26].

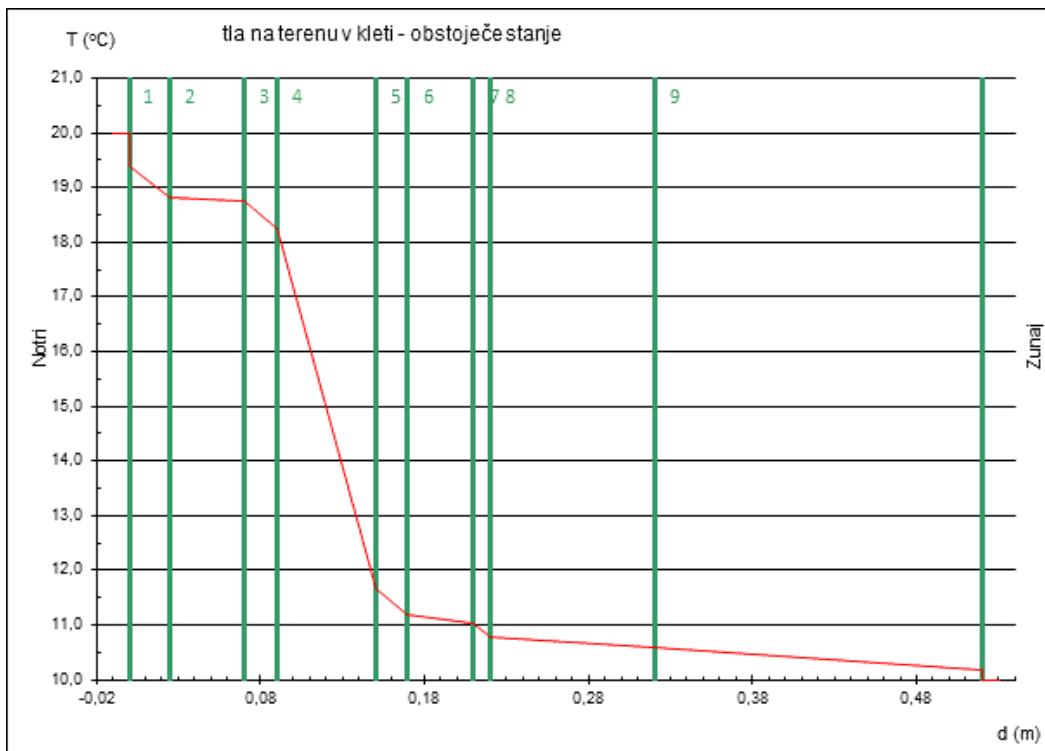
Uporabljena steklena volna na zdravje nima večjega vpliva. Prašni delci sicer lahko dražijo kožo, sluznico in dihala, a najpomembnejše je to, da steklena volna ni rakotvorna. Prav tako nima posebno škodljivega vpliva na okolje, možno jo je tudi reciklirati. Problem je predvsem v tem, da za njeno izdelavo potrebujemo sorazmerno veliko energije [67, 68].

PVC-folija, ki je nameščena kot parna ovira, vsebuje ftalate. To so hlapne tekočine, ki se dodajajo polimerom. Delujejo kot endokrini motilci oz. kot hormon, ki moti delovanje endokrinega sistema. Pri ljudeh povzročajo nizek nivo testosterona, upadanje spermijev, genitalne okvare in zaostali spolni razvoj ter večajo možnosti za obolenje za nekaterimi vrstami raka. V primeru kratkotrajne izpostavljenosti povzročajo draženje oči, kože, dihalnega trakta ter celo kemično pljučnico; pri dolgoročni izpostavljenosti pa vplivajo na jetra, moda ter preobčutljivost kože. V notranjem okolju je življenjska doba daljša zaradi odsotnosti fotodegradacije, degradacije in anaerobne degradacije. Nima nevarnega vpliva samo na zdravje ljudi, ampak tudi na okolje in vodne organizme [38].

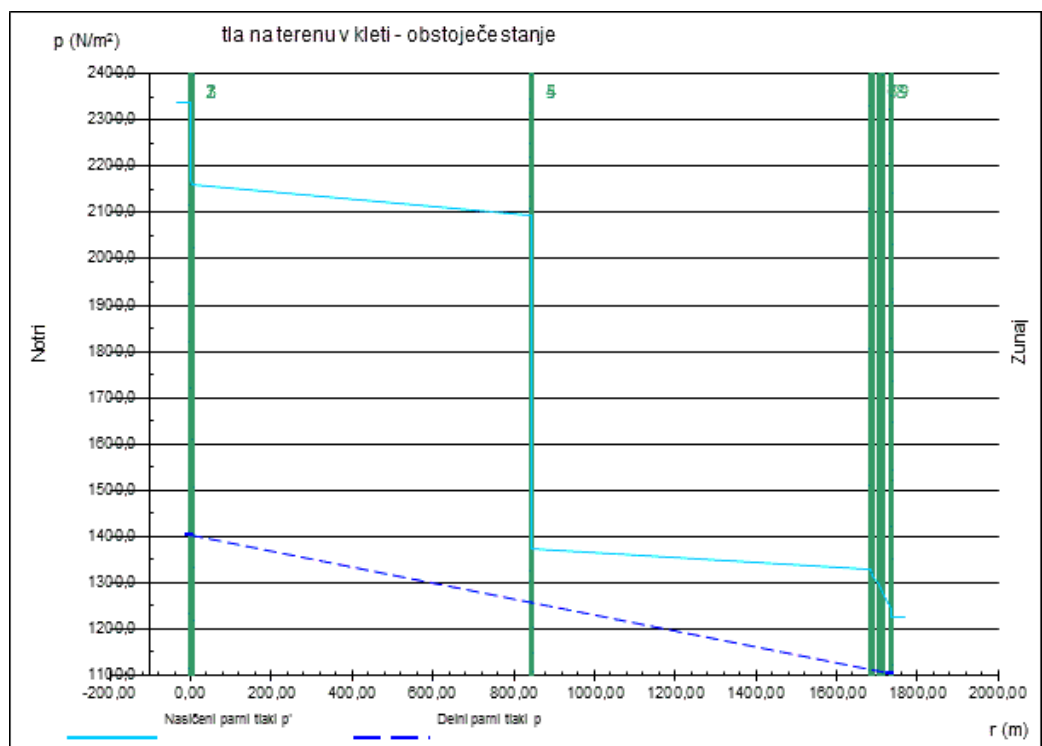
Za preprečitev vdora v konstrukcijski sklop je uporabljena bitumenska lepenka. Na zdravje delavcev vpliva bitumen, ko je vroč, saj izhlapevajo škodljive emisije. Blagi in kratkotrajni učinki se kažejo v

obliki draženja oči, glavobolu, vrtoglavici in slabosti. Tudi za okolje ne predstavlja nobene nevarnosti pri okolijskih temperaturah [34].

S programom TEDI ugotovimo, da pride do kondenzacije vodne pare v 4. sloju, v toplotni izolaciji EPS. To je razvidno v grafikonu 2. Delni parni tlak p preseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p' , kar prikazuje grafikon 16 [27].



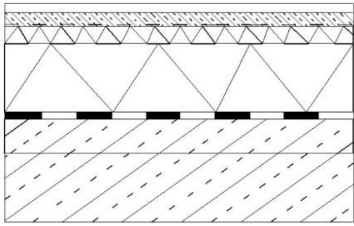
Grafikon 15: Diagram T-d, tla v kleti – stari del (obstoječe stanje)



Grafikon 16: Diagram P-r, tla v kleti – stari del (obstoječe stanje)

PRILOGA B: KONSTRUKCIJSKI SKLOP – TLA NA TERENU V KLETI (MOJ PREDLOG)

Preglednica 10: Analiza izvedbe konstrukcijskega sklopa, zunanja stena (moj predlog)

Slika KS		Sestava KS (potek plasti od znotraj navzven)		
		Material	d [cm]	
		Parket	2,5	
		Cementi estrih	4,5	
		Parna ovira	2,0	
		Pluta	5,0	
		Vlknaste lesene plošče	15,0	
		Hidroizolacijski premaz	4,0	
		Podložni beton	10,0	
		Tampon	20,0	
Toplotna prehodnost [W/m²K]		Temperatura na stikih plasti		
U _{izr} = 0,192 > U _{max} = 0,350		Št. plasti	T _{notri} [°C]	T _{zunaj} [°C]
Difuzija vodne pare		1	19,8	19,5
Pride do kondenzacije vodne pare v KS (4. sloj)		2	19,5	19,5
Toplotna stabilnost		3	19,5	19,3
Temperatura dušenja	3128,97	4	19,3	17,1
Temperatura zakasnitve [ura]	23,47	5	17,1	10,7
Površinska temperatura [°C]	19,8	6	10,7	10,5
		7	10,5	10,3
		8	10,3	10,1

Obravnani konstrukcijski sklop predstavlja predlog sanacije tal v kleti starega dela šole. Tla s takšno sestavo konstrukcijskega sklopa najdemo v jedilnici, kotlarni, v prostoru s čistili in na hodniku. Med obnovo in dozidavo šole je prišlo do sprememb namembnosti prostorov. Tako so jedilnico prestavili v pritličje novega dela šole.

Tla prekriva parket, pod njim je cementi estrih, sledi polietilenska folija kot parna ovira. Nato je kot zvočna izolacija nameščena pluta, sledi toplotna izolacija iz vlaknastih lesenih plošč ter podložni beton in na koncu še tampon.

Komentarji analize rezultatov

S programom TEDI ugotovimo, da toplotna prehodnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa ne presega minimalne zahteve v skladu s PURES 2010. V našem primeru prehod toplote skozi konstrukcijski sklop znaša $U_{izr} = 0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar je pod minimalno vrednostjo prehoda toplote skozi konstrukcijski sklop ($U_{max} = 0,350$).

Temperatura površine na notranji strani obravnavanega konstrukcijskega sklopa je $19,8 \text{ }^\circ\text{C}$, kar je nad mejo zagotavljanja toplotnega udobja [24].

Dušenje temperature znaša 3128,97. Pri tem bo temperatura na notranji strani nihala s 3128,97-krat manjšo amplitudo [25, 26].

Temperaturna zakasnitev v našem primeru znaša 23,47 h [25, 26].

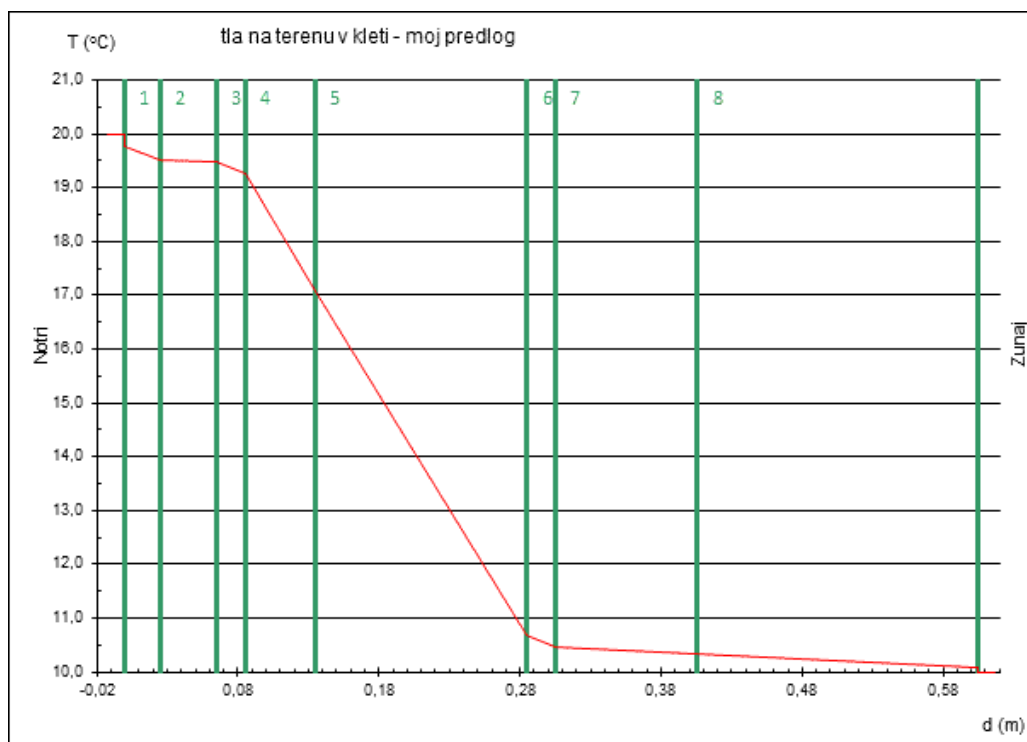
Pri določitvi debeline toplotne izolacije sem si pomagal z raziskavo o ekonomični upravičenosti vgrajene toplotne izolacije v celotnem življenjskem ciklu KS [65].

Pri našem konstrukcijskem sklopu bi uporabili izolacijo iz vlaknastih lesenih plošč. Ta izolacija ima med vsemi naravnimi izolacijami najmanjšo toplotno prevodnost ($\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$) in najvišjo specifično toploto ($c = 2100 \text{ J/kgK}$). Takšne lastnosti pa zagotavljajo največjo toplotno stabilnost in največji fazni zamik toplote. Poleg tega uravnava tudi mikroklimo v prostoru; nase veže vlago in jo po potrebi vrača v prostor. Poleg tega sledi trajnostnim načeloma v celotnem življenjskem obdobju – od proizvodnje do uporabe [17].

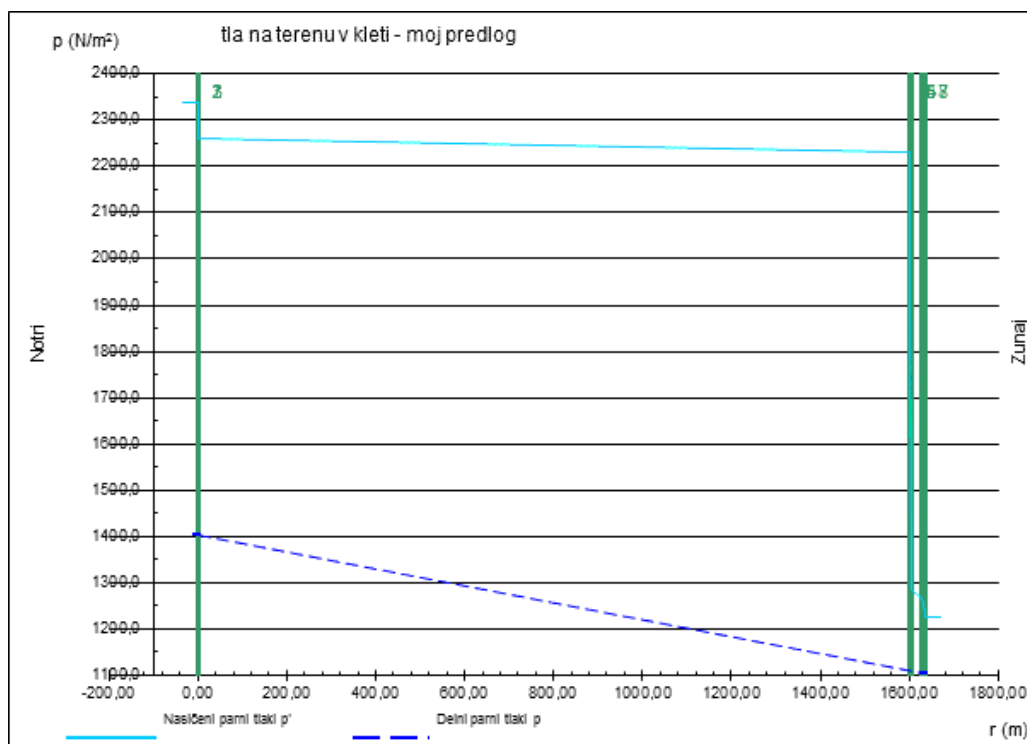
Za zvočno izolacijo bi uporabili pluto, ki služi hkrati kot toplotna in kot zvočna izolacija. Pluta se pridobiva iz hrasta plutovca, tako da na 9 do 12 let oberejo lubje, pri čemer ne uničijo drevesa. Na podlagi LEED bonitetnega sistema je pluta opredeljena kot 100-odstotni naravni material, hitro obnovljiv in biorazgradljiv. Na podlagi tega sklepamo, da jo v primeru trajnostne gradnje lahko uporabljamo [69].

Kot hidroizolacijo namesto bitumske lepenke uporabimo hidroizolacijski premaz na osnovi MS-polimerov. Ta je tako pri visokih kot nizkih temperaturah čvrst in elastičen kot guma. Material je brez topil in okolju prijazen, saj ne vsebuje izocianata, cinka in bitumna. Prav tako je odlično odporen na vremenske vplive ter UV [70].

S pomočjo grafikona 18 ugotovimo, da račun difuzije vodne pare ni potreben, ker do kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu ne pride, saj delni parni tlak p v nobenem sloju ne doseže vrednosti nasičenega parnega tlaka p^* [27].



Grafikon 17: T-d diagram, tla v kleti – stari del (moj predlog)



Grafikon 18: P-r diagram, tla v kleti – stari del (moj predlog)